

JALAKA KINNISTU ERAMU REKONSTRUEERIMINE
LAIENDATUD ARHITEKTUURNE EELPROJEKT

RECONSTRUCTION OF THE JALAKA PRIVATE RESIDENCE
EXTENDED PRELIMINARY ARCHITECTURAL DESIGN

Magistritöö
ehitiste restaureerimise erialal

Üliõpilane: Taavi Mals

Juhendaja: Lehar Leetsaar

Kaasjuhendaja: Aime Ruus

Tartu, 2016

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.
Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite
tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt
pärinevad andmed on viidatud.

..... (töö autori allkiri ja kuupäev)

Üliõpilase kood: 110540EAEI

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

..... (juhendaja allkiri ja kuupäev)

Kaitsmisele lubatud: (kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees: (allkiri)

ABSTRACT

Mals, T. Reconstruction of the Jalaka private residence. Extended preliminary architectural design. Master`s thesis. In one volume. Tartu, 2016. 147 pages, 49 illustrations, 24 tables, 15 architectural drawings on A3 paper, 22 architectural drawings on A4 paper. In Estonian language.

The purpose of this master`s thesis is to create a new architectural solution for the existing log house and to make strength calculations for roof and ceiling structures. The building is situated in Varbla village, Varbla parish, Pärnu county. It was first taken into use in 1938 and it is still in use as a private residence. All the bearing structures are made of wood, except foundation, which is made out of reinforced concrete. The building has a gable roof. The new architectural design has been developed by taking into account the requests of the client. The shape of the roof changes due to planning the second floor as a living space. The exterior structures are thermally insulated for the purpose of energy efficiency. The building is given a new interior design where modernity is combined with nature. The new exterior design uses natural materials with colors that contrast. Due to additional loads applying to structures, strength calculations are made for wooden rafters, ceiling beams, window lintel and engineered beam joint. In the process of current master`s thesis there are taken thermographic pictures of the building to analyse heatflows through exterior structures. In order to prove the building`s compliance with the minimum requirements for energy performance, the energy calculation is performed.

Architectural drawings were drawn with Graphisoft ArchiCAD 16. Calculation models for defining internal forces in structure elements were created with Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2016. Thermal images were edited with FLIR Tools. All calculations in current master`s thesis were made according to the valid Estonian standards.

As a result of this master`s thesis the extended preliminary architectural design has been created. It can be used to apply the construction permit.

Keywords: preliminary architectural design, private residence, reconstruction, log house, strength calculation, insulation, thermography, energy efficiency.

SISUKORD

ABSTRACT	3
SISUKORD	4
TÄHISED	8
SISSEJUHATUS	12
1 EELPROJEKTI SELETUSKIRI	14
1.1 Üldosa	14
1.1.1 Sissejuhatus	14
1.1.2 Üldandmed	14
1.1.3 Alusdokumendid.....	15
1.2 Asendiplaan	16
1.2.1 Lähteandmed	16
1.2.2 Olemasolev olukord.....	16
1.2.3 Asendiplaani lahendus	17
1.2.4 Vertikaalplaneering	18
1.2.5 Teed ja platsid.....	18
1.2.6 Haljastus ja heakorrastus	19
1.2.7 Maa-ala tehnilised andmed.....	20
1.3 Arhitektuur.....	20
1.3.1 Üldandmed	20
1.3.2 Olemasolev	20
1.3.3 Arhitektuuri üldlahendus	21
1.3.4 Hoone tehnilised andmed	22
1.3.5 Sisearhitektuur	23
1.4 Konstruktsioonid.....	24
1.4.1 Üldandmed	24
1.4.2 Tehnilised põhinõuded hoone kandekonstruktsioonidele.....	25

1.4.3	Hoone kandeskelett.....	25
1.4.4	Maa-alused konstruktsioonid.....	26
1.4.5	Maapealsed konstruktsioonid	27
1.4.6	Tuleohutus	32
1.4.7	Keskkonnakaitse ja heakorrastus.....	35
1.5	Küte ja ventilatsioon	35
1.6	Veevarustus ja kanalisatsioon	35
1.7	Elekter ja nõrkvool.....	35
2	TUGEVUSARVUTUSED	36
2.1	Üldosa	36
2.2	Kasutatud normdokumendid.....	36
2.3	Kasutatud abimaterjalid	36
2.4	Kasutatud arvutiprogrammid	37
2.5	Arvutusmeetodi põhimõte.....	37
2.6	Lumekoormus	38
2.6.1	Lumekoormus katustel kaldega $\alpha_1 = 45^\circ$, $\alpha_2 = 31^\circ$ ja $\alpha_3 = 34^\circ$	39
2.6.2	Katuse neelu lumekoormus	40
2.7	Tuulekoormus	40
2.7.1	Tuulekoormus katustel kaldega $\alpha_1 = 45^\circ$, $\alpha_2 = 31^\circ$ ja $\alpha_3 = 34^\circ$	42
2.8	Konstruktsioonide omakaalukoormused.....	46
2.8.1	Katuse omakaal.....	46
2.8.2	Katuslae omakaal.....	47
2.8.3	Vahelaie omakaal.....	47
2.8.4	Esiku katuslae omakaal	48
2.8.5	Pööninglae omakaal.....	49
2.8.6	Metallkarkassil kipsseina omakaal	50
2.9	Sarikate tugevuskontroll	50

2.9.1	Projekteeritavad sarikad	51
2.9.2	Koormuskombinatsioonid	51
2.9.3	Sarika kandevõime kontroll survele koos paindega	52
2.9.4	Sarikas kaldega 45°	54
2.9.5	Sarikas kaldega 31°	60
2.9.6	Sarikas kaldega 34°	64
2.9.7	Neelusarikas.....	67
2.10	Vahelaetalade tugevuskontroll	72
2.10.1	Vahelaetalad	72
2.10.2	Koormuskombinatsioonid	73
2.10.3	Laetala kandevõime kontroll tõmbele koos paindega	74
2.10.4	Läbipainde kontroll	75
2.10.5	Projekteeritav lisatala	77
2.10.6	Olemasolev vahelaetala	81
2.10.7	Laetala kandevõime kontroll paindele.....	84
2.10.8	Projekteeritav esiku katuslae tala	84
2.11	Akna silluse tugevuskontroll.....	87
2.11.1	Akna sillus	88
2.11.2	Joonkoormused.....	88
2.11.3	Läbipainde arvutus kasutuspiirseisundis	90
2.12	Projekteeritavate lisatalade naelliite dimensioneerimine	91
2.12.1	Liite materjalid	92
2.12.2	Koormused	92
2.12.3	Liite dimensioneerimine	93
3	TERMOVISIOON.....	98
3.1	Üldosa	98
3.2	Kasutatud abimaterjalid	98

3.3	Kasutatud arvutiprogrammid	98
3.4	Kasutatud seadmed	98
3.5	Termografeerimine	98
3.6	Külmasildade kriitilisus	99
3.6.1	Külmasildade kriitilisuse hindamine	100
3.7	Tulemused.....	104
4	ENERGIAARVUTUSED	105
4.1	Üldosa	105
4.2	Kasutatud normdokumendid.....	105
4.3	Kasutatud abimaterjalid	105
4.4	Kasutatud arvutiprogrammid	105
4.5	Töendamismeetodi põhimõte.....	106
4.6	Piirdetarindite soojapidavus.....	106
4.6.1	Välispiirete soojusjuhtivuse arvutused	109
4.7	Piirdetarindite joonkülmasillad.....	122
4.7.1	Joonkülmasildade arvutus	122
4.8	Õhulekked.....	123
4.9	Ventilatsioon.....	124
4.10	Välispiirete summaarne soojuserikadu.....	125
4.11	Energiaarvutuse lähteandmed ja arvutustulemus	127
	KOKKUVÕTE.....	128
	KASUTATUD KIRJANDUS	130
	LISAD	133
	Lisa 1. Inventariseerimisjoonised.....	134
	Lisa 2. Ruumide eksplikatsioon	136
	Lisa 3. Tugevusarvutuste lahenduskäigud.....	137
	Lisa 4. Graafiline osa.....	146

TÄHISED

Ladina suurtähed

A	- ristlõikepindala (mm^2); tarindi pindala (m^2)
B'	- põrandat iseloomustav mõõde
C_e	- avatustegur
C_t	- soojustegur
$E_{0,05}$	- elastsusmoodul 5% pikikiudu (N/mm^2)
$E_{0,mean}$	- elastsusmoodul pikikiudu (N/mm^2)
$F_{c,d}$	- arvutuslik survejõud (N)
$F_{t,d}$	- arvutuslik tõmbejõud (N)
$F_{v,Rd}$	- kinniti arvutuslik kandevõime (N)
G	- alaline koormus
H	- soojuskadu (W/K)
$I_{z(y)}$	- inertsimoment z- või y-telje suhtes (mm^4)
L	- sildeava pikkus (mm)
$M_{s,d}$	- konstruktsioonelemendi paindemoment (Nm)
$M_{z(y),d}$	- arvutuslik paindemoment z- või y-telje suhtes (Nm)
$M_{y,Rd}$	- kinniti voolavuspiirile vastav arvutuslik paindemoment (Nmm)
$M_{y,Rk}$	- kinniti voolavuspiirile vastav normatiivne paindemoment (Nmm)
N_d	- konstruktsioonelemendi normaaljõud (N)
P	- eelpingekoormus (N); perimeeter (m)
Q	- aastane soojuskadu (kWh/a)
$Q_{k,1}$	- domineeriv muutuvkoormus (N)
$Q_{k,i}$	- muu muutuvkoormus (N)
R_i	- materjalikihi soojatakistus ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
R_T	- tarindi kogusoojatakistus ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
R_T'	- tarindi kogusoojatakistuse ülemine piirväärtus ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
R_T''	- tarindi kogusoojatakistuse alumine piirväärtus ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
U	- tarindi soojajuhtivus ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)
$W_{z(y)}$	- ristlõike vastupanumoment z- või y-telje suhtes (N/mm^2)
V	- õhuvooluhulk köetava pinna ruutmeetri kohta (l/sm^2)

X_d	- tugevusomaduse arvutusväärtus (N/mm^2)
X_k	- tugevusomaduse normatiivne väärtus (N/mm^2)

Ladina väiketähed

b	- ristlõike laius (mm)
c_{pe}	- välisrõhutegur
c_a	- õhu erisoojus (J/kg)
d	- kinniti läbimõõt (mm)
d_i	- materjalikihi paksus (m)
d_t	- põranda ekvivalentne paksus (m)
e	- maksimaalne arvutusviga
$f_{c,0,d}$	- arvutuslik survetugevus pikikiudu (N/mm^2)
$f_{c,0,k}$	- normatiivne survetugevus pikikiudu (N/mm^2)
$f_{h,d}$	- arvutuslik muljumistugevus (N/mm^2)
$f_{h,k}$	- normatiivne muljumistugevus (N/mm^2)
f_i	- tarindi osa suhteline pindala
f_{kj}	- tarindi kihi suhteline pindala
$f_{m,k}$	- normatiivne paindetugevus (N/mm^2)
$f_{m,z(y),k}$	- arvutuslik paindetugevus z- või y-telje suhtes (N/mm^2)
f_{Rsi}	- temperatuuriindeks
$f_{t,0,d}$	- arvutuslik tõmbetugevus pikikiudu (N/mm^2)
$f_{t,0,k}$	- normatiivne tõmbetugevus pikikiudu (N/mm^2)
f_u	- kinniti tõmbetugevus (N/mm^2)
g_k	- kaal pindalaühiku kohta (N/m^2); kaal pikkusühiku kohta (N/m)
h	- ristlõike kõrgus (mm); hoone kõrgus (m)
$i_{z(y)}$	- inertsiraadius z- või y-telje suhtes (mm)
$k_{c,z(y)}$	- ebastabiilsust z- või y-telje suhtes arvestav tegur
k_{def}	- deformatsioonitegur
k_{mod}	- modifikatsioonitegur
k_m	- ristlõikes paindepinge ümberjaotust arvestav tegur
$k_{z(y)}$	- ebastabiilsustegur z- või y-telje suhtes
$l_{ef,z(y)}$	- nõtkepikkus z- või y-telje suhtes (mm)

l	- pikkus (m)
n	- kinnitite arv
q_i	- infiltratsiooni õhuvooluhulk (l/s)
q_k	- ühtlaselt jaotatud koormuse normsuurus (N/m ²)
q_p	- tippkiirusrõhk (N/m ²)
s	- lumekoormus katusel (N/m ²); samm (m)
s_k	- normatiivne lumekoormus maapinnal (N/m ²)
t	- elemendi paksus (mm)
t_{si}	- sisepinna temperatuur (°C)
t_e	- välistemperatuur (°C)
t_i	- sisetemperatuur (°C)
\dot{v}_{inf}	- infiltratsiooni õhuvooluhulk (m ³ /s)
w	- seinapaksus (m)
w_e	- konstruktsiooni välispinnale mõjuv tuulerõhk (N/m ²)
w_{inst}	- hetkeline läbipaine (mm)
$w_{net,fin}$	- lubatud lõplik läbipaine (mm)
w_{fin}	- lõplik läbipaine (mm)
x	- tegur, mis arvestab hoone korruselisust
z_e	- arvutuskõrgus (m)
z_{min}	- miinimumkõrgus (m)

Kreeka suurtähed

Ψ_0	- koormuse kombinatsioonitegur
Ψ_2	- koormuse kombinatsioonitegur
Ψ_j	- joonsoojuslähivus

Kreeka väiketähed

α	- kaldenurk (°)
β	- muljumistugevuste suhe
β_c	- sirguse tegur
γ	- mahukaal (N/m ³)
γ_G	- alaliskoormuse osavarutegur
γ_M	- materjali tugevusomaduse osavarutegur

γ_Q	- muutuvkoormuse osavarutegur
θ	- tuule suund ($^{\circ}$)
λ_i	- materjalikihi sooja-erijuhtivus (W/(mK))
$\lambda_{rel,z(y)}$	- suhteline saledus paindel z- või y-telje suhtes
$\lambda_{z(y)}$	- saledus z- või y-telje suhtes
μ_i	- lumekoormuse kujutegur
ρ_a	- õhutihedus (kg/m ³)
ρ_k	- puidu normtihedus (kg/m ³)
ρ_{mean}	- puidu keskmine tihedus (kg/m ³)
$\sigma_{c,0,d}$	- arvutuslik survepinge pikikiudu (N/mm ²)
$\sigma_{c,0,k}$	- normatiivne survepinge pikikiudu (N/mm ²)
$\sigma_{m,z(y),d}$	- arvutuslik paindepinge z- või y-telje suhtes (N/mm ²)
$\sigma_{t,0,d}$	- arvutuslik tõmbepinge pikikiudu (N/mm ²)
$\sigma_{t,0,k}$	- normatiivne tõmbepinge pikikiudu (N/mm ²)

SISSEJUHATUS

Käesoleva magistritöö teemaks on Pärnu maakonnas Varbla külas Jalaka kinnistul asuva eramu rekonstrueerimine. Hoone võeti esmaselt kasutusele 1938. aastal. Maja seinad on ehitatud tahatud rõhtpalkidest, vahelae kandekonstruktsioon puidust prussidest ja katusekonstruktsioon ümarpalkidest. Eramu ristkülikulise plaaniga põhiosast eendub idaküljel eeskoda ja lääneküljel veranda. Hoonet katab eterniidist viilkatus, mille väljaehitisi katvad katuseosad on põhiosa katusest madalamad. Majas on elamispinnana kasutusel vaid esimene korrus.

Magistritöö teema valikul lähtuti tellija soovist võtta kasutusele teine korrus elamispinnana, mis annab võimaluse rakendada insenertehnilisi teadmisi olemasoleva hoone rekonstrueerimisel, võttes uute konstruktsioonide projekteerimisel arvesse olemasolevaid tarindeid. Lisaks oli tellija sooviks suurendada hoone energiatõhusust, mis suurendas töö autori huvi teema vastu. Magistritöö autor tahtis teostada töö, mis leiab tulevikus praktilist kasutust.

Käesoleva magistritöö eesmärkidest lähtuvalt püstitatud ülesanded olid:

- rekonstrueeritava hoone ülesmõõdistamine,
- termovisiooni teostamine hoone soojalekete leidmiseks ja külmasildade kriitilisuse hindamiseks,
- arhitektuurse lahenduse väljatöötamine, arvestades tellija soove ja võimalusi ning olemasolevast hoonest tekkivaid piiranguid,
- sobiva ruumiprogrammi koostamine, arvestades vajadust luua pääs teisele korrusele,
- arhitektuurse eelprojekti seletuskirja ja jooniste koostamine,
- hoone katuseosadele mõjuvate tuule- ja lumekoormuste leidmine,
- konstruktsioonide omakaalude ja kasuskoormuste leidmine,
- projekteeritud katusekonstruktsiooni tugevusarvutuste tegemine,
- olemasolevate ja projekteeritavate lisa vahelaetalade tugevusarvutuste tegemine,
- vahelaele lisanduvate koormuste tõttu akna silluse tugevusarvutuste tegemine,
- projekteeritava lisa vahelaetala naelliite dimensioneerimine,
- piirdetarindite soojusjuhtivuse leidmine,

- energiaarvutuste tegemine väikeelamu energiatõhususe miinimumnõuetele vastavuse tõendamiseks lihtsustatud meetodil.

Käesolev magistritöö on jaotatud neljaks osaks. Esimese osa moodustab arhitektuurse eelprojekti seletuskiri, milles kirjeldatakse hoone asendiplaanilist lahendust, sise- ja välisarhitektuuris kasutatavaid lahendusi ja viimistlusmaterjale. Lisaks käsitletakse konstruktsioonimaterjale ja tuleohutust.

Magistritöö teise osa moodustavad katuse- ja vahelae konstruktsiooni tugevusarvutused, akna silluse tugevusarvutused ning projekteeritava vahelaetala naelliite dimensioneerimine.

Töö kolmas osa käsitleb hoone termovisionil tehtud fotode ja mõõdetud keskkonna temperatuuride põhjal külmasildade kriitilisuse hindamist. Sellega tahetakse välja selgitada soojalekete asukohti, millele peaks rekonstrueerimisel olulisemat tähelepanu pöörama.

Magistritöö neljandas osas tõendatakse lihtsustatud meetodil hoone vastavust energiatõhususe miinimumnõuetele.

Lisades on esitatud olemasolevad inventariseerimisjoonised, ruumide eksplikatsioon, tüüpsete tugevusarvutuste lahenduskäigud ja eelprojekti graafiline osa.

1 EELPROJEKTI SELETUSKIRI

1.1 Üldosa

1.1.1 Sissejuhatus

Käesoleva tööga on koostatud Pärnu maakonnas Varbla vallas Jalaka kinnistul asuva palkmaja rekonstrueerimisprojekt laiendatud arhitektuurse eelprojekti staadiumis.

Arhitektuurse eelprojekti seletuskirja koostamise aluseks on võetud EVS 865-1:2013 „Ehitusprojekti kirjeldus. Osa 1: Eelprojekti seletuskiri“ [1].

Projekt vastab Eesti Vabariigis kehtivatele projekteerimismäärustele, määrustele ja standarditele ning omaniku poolt esitatud lähteülesandele. Hoone planeeritav eluiga on vähemalt 50 aastat.

1.1.2 Üldandmed

1.1.2.1 Ehitise asukoht

Jalaka kinnistu, Varbla küla, Varbla vald, Pärnumaa

Kinnistu katastriüksuse tunnus: 86301:005:0103

1.1.2.2 Ehitise lühikirjeldus

Tegemist on monoliitbetoonist vundamendil asetseva rõhtpalkmajaga, mille külge on ehitatud veranda. Hoone katuse, vahelae ja põranda kandekonstruktsioonid on puidust. Rekonstrueerimistöode käigus rajatakse uus katuse- ja põrandakonstruktsioon, vahelaeakonstruktsiooni tugevdatakse, hoone põhiosa kandeseinad säilitatakse ning veranda rekonstrueeritakse. Olemasolev küttesüsteem lammutatakse ja asendatakse uuega. Hoone piirdekstruktsioonid soojustatakse.

1.1.3 Alusdokumendid

1.1.3.1 Lähteülesanne

Hoone rekonstrueerimisprojekti koostamisel on lähtunud omaniku poolsest lähteülesandest. Rekonstrueerimise peamiseks eesmärgiks on hoone katusealuse korruse kasutuselevõtt eluruumidena ning sellega seonduvalt teisele korrusele viiva trepi jaoks sobivaima asukoha leidmine. Teise korruse parema ruumilahenduse ja suurema kasuliku pinna saamiseks ehitatakse vintskapid. Rekonstrueerimise käigus soovib omanik ehitada elamu mõlemale korrusele WC ja teostada esimese korruse kapitaalremondi. Ühtlasi tahetakse minna üle hoone mugavamale ja energiasäästlikumale kütmissviisile, omaniku soovi kohaselt võiks ruumide kütteallikana kasutada maasoojuspumpa. Energiasäästu tagamiseks peab hoone olema hea soojapidavusega. Olemasolevad hiljuti paigaldatud uued puitraamiga aknad võetakse uuesti kasutusse. Lisanduvad aknad tellitakse omaniku soovil olemasolevatele sarnase klaasijaotusega.

1.1.3.2 Olemasolevad ehitusprojektid

Hoone kohta puudub varasem mõõdistusprojekt, olemas on inventariseerimisjoonised (vt. lisa 1). Käesoleva projekti koostamisel lähtutakse magistritöö autori poolt teostatud ülesmõõdistustest.

1.1.3.3 Normdokumendid

Seadused

- Ehitusseadus [2]

Määrused

- Majandus- ja taristuministri määrus nr.97/17.07.2015 „Nõuded ehitusprojektile“ [3]
- Majandus- ja taristuministri määrus nr.54/02.06.2015 „Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded“ [4]
- Majandus- ja taristuministri määrus nr. 57/05.06.2015 „Ehitise tehniliste andmete loetelu ja arvestamise alused“ [5]

- Majandus- ja taristuministri määrus nr.55/03.06.2015 „Hoone energiatõhususe miinimuminõuded“ [6]
- Majandus- ja taristuministri määrus nr.85/02.07.2015 „Eluruumile esitatavad nõuded“ [7]

Standardid

- EVS 865-1:2013 „Ehitusprojekti kirjeldus. Osa 1: Eelprojekti seletuskiri“ [1]
- EVS 811:2012 „Hoone ehitusprojekt“ [8]
- EVS 812-7:2008 „Ehitise tuleohutus. Osa 7: Ehitistele esitatava põhinõude, tuleohutusnõude tagamine projekteerimise ja ehitamise käigus“ [9]

Projekteerimismid

- EPN 11.1 „Piirdetarindid. Osa 1. Üldnõuded“
- EPN 11.2 „Katused“
- EPN 14.1 „Ruumide ja nende osade mõõtmetele esitatavad üldnõuded“

1.2 Asendiplaan

1.2.1 Lähteandmed

Kinnistu asendiplaani koostamisel on alusena kasutatud Maa-ameti põhikaarti.

1.2.2 Olemasolev olukord

1.2.2.1 Paiknemine

Rekonstrueeritav elamu asub Pärnu maakonnas, Varbla vallas, Varbla külas, kinnistul katastriüksuse tunnusega 86301:005:0103. Kinnistu sihtotstarbeks on elamumaa. Kinnistu on kolmnurga lähedase kujuga ning on kõigist kolmest küljest piiratud kruusakattega sõiduteega.

1.2.2.2 Olemasolev hoonestus

Kinnistu põhjapoolsel küljel asub rekonstrueeritav elamu (Ehitisregistri kood: 103026243). Elumajast lääne suunas, kinnistu põhjapoolsel küljel, paikneb kuur (Ehitisregistri kood: 120641516), mille idapoolses otsas on garaaž.

1.2.2.3 Olemasolev reljeef

Kinnistu maapinna reljeef on tasane, kalle on ida-lääne suunaline, langusega läände. Rekonstrueeritava hoone ümber on maapinna absoluutkõrgused vahemikus 25,85 – 26,00 meetrit.

1.2.2.4 Olemasolev haljastus

Rekonstrueeritavast hoonest ida, lõuna ja edela suunas ning krundi läänepiiril kasvavad kõrged lehtpuud. Kinnistu põhjapoolsel küljel kuuri ja tee vahele jääval alal kasvab elupuuhekk. Ülejäänud osa kinnistust on kaetud murukattega.

1.2.2.5 Olemasolevad tänavad, juurdesõiduteed ja kõnniteed

Kinnistu piirneb kõigist kolmest küljest kruuskattega sõiduteega. Juurdepääs krundile on põhjapoolse piiriga külgnevalt teelt elamu ja kuuri vaheliselt lõigult. Kinnistusesed teed puuduvad.

1.2.3 Asendiplaani lahendus

1.2.3.1 Hoone ja rajatise paigutus

Hoone paigutus jääb rekonstrueerimise käigus muutumatuks. Välismõõtmed suurenevad paigaldatava soojusisolatsiooni arvelt.

1.2.3.2 Ehitusetapid

Hoone rekonstrueerimine toimub ühes etapis.

1.2.4 Vertikaalplaneering

1.2.4.1 Vertikaalplaneerimise lahenduse lähteandmed

Vertikaalplaneeringut muudetakse hoone perimeetri ümber nii, et oleks tagatud sadevete eemale juhtimine soklist. Maakütte kollektori ning vee- ja kanalisatsioonitrassi paigaldamise järgselt krundi pind tasandatakse.

1.2.4.2 Hoone paiknemiskõrgus

Rekonstrueeritava hoone ± 0.00 paiknemiskõrguseks on võetud esimese korruse põrandapinna kõrgus, absoluutkõrgusega 26,51 m.

1.2.4.3 Sademevee käitlemine

Sadevesi kogutakse katusele vihmaveerennide ja -torudega. Torudest alla jõudev vesi juhitakse panduse abil soklist eemale, kus see haljasalal pinnasesse imbub.

1.2.5 Teed ja platsid

1.2.5.1 Juurdesõidutee

Kinnistule juurdepääs on põhjapoolse piiriga külgnevalt teelt.

1.2.5.2 Krundisisesed teed ja platsid

Krundi sissepääsu juurde on projekteeritud kuuri ja elamu vahelisele alale kivilillutisega plats, kus on ruumi parkimiseks kahel sõiduautil. Plats ulatub elumaja peauksest kuuri idapoolses otsas asuva garaažini, kust jätkudes viib kuuri lõunapoolsel küljel asuv kivilillutisega kõnnitee edasi kuuri erinevatesse ruumidesse. Platsi kivilillutis viiakse kokku elamut ümbritseva pandusega. Planeeritav kõnnitee, plats ja pandus rajatakse kaldega hoonetest eemale.

1.2.5.3 Katendid

Platsi ja kõnnitee alt eemaldatakse pinnas. Paigaldatakse geotekstiil ja sellele omakorda killustik, mis tihendatakse. Seejärel paigaldatakse tasanduseks liiv ning kogu ettenähtud ala kaetakse betoonkivilillutisega.

1.2.5.4 Äärekivid

Kogu kivilillutisega kaetud ala ääristatakse äärekividega.

1.2.6 Haljastus ja heakorrastus

1.2.6.1 Olemasolev, säilitatav haljastus

Olemasolev kõrghaljastus säilitatakse. Peale kaevetöid, krundi tasandamise järgselt külvatakse projekteeritud haljasalale uus muru.

1.2.6.2 Projekteeritud haljastus

Täiendavat kõrghaljastust krundile planeeritud ei ole.

1.2.6.3 Piirded ja väravad

Krundil piirdeid ja väravaid käesoleva projektiga ei projekteerita.

1.2.6.4 Jäätmekäitlus

Prügikonteiner paigaldatakse krundi sissepääsu kõrvale. Konteineri tühjendamine toimub sellekohast litsentsi omava jäätmekäitlusettevõtte poolt.

1.2.7 Maa-ala tehnilised andmed

Krundi pindala ja sihtotstarve: 2559 m², elamumaa 100 %

Ehitusalune pindala: 206 m²

Täisehitusprotsent: 8,1 %

Parkimiskohtade arv: 2

Krundisiseste teede ja platside pindala: 120 m²

Hoone tuleohutusklass: TP-2

1.3 Arhitektuur

1.3.1 Üldandmed

Rekonstrueeritav hoone on tahatud rõhtpalkidest kandeseintega viilkatusega 78 aastat vana elumaja. Hoone ristkülikulise plaaniga põhiosa idaküljel endub eeskoda ja lääneküljel veranda, mõlemaid katab põhiosa katusest madalam viilkatus.

1.3.2 Olemasolev

Hoone on rajatud monoliitbetoonist vundamendile. Elamu rõhtpalkidest välisseintele on välja poole paigaldatud tuuletõkkeplaat ja see kaetud horisontaalse välisvoodrilauaga. Seinte palgid on tugevad ja kahjustumata. Majal on kandvad rõhtpalkidest siseseinad ja

puittaladel tuulutatav laudpõrand. Vahelage kannavad puittalad, mille vahel on liiv. Olemasolev katusekonstruktsioon on puidust, seda katavad eterniitplaadid, katusest väljub hoone telliskividest korsten. Katuse kalded on 45°. Hoone katusealune korrus on kasutusel pööninguna. Põhiosa esimesele korrusele ja otsaviiludele on paigaldatud uued puitraamid aknad.

1.3.3 Arhitektuuri üldlahendus

1.3.3.1 Hoone paiknemine, planeeringu piirangud

Rekonstrueeritav hoone paikneb kinnistu põhjapoolisel küljel. Rekonstrueerimise käigus hoone asukohta ei muudeta. Hoone ehitusalune pind suureneb tingituna lisasoojustuse paigaldamisest. Idaküljel asuva eeskoja peale projekteeritakse teise korruse väljaehitis, mille viilkatuse kalle on 31° ning harjakõrgus ühtib põhiosa harjakõrgusega 7,95 m maapinnast. Lääneküljel asuv veranda lammutatakse ning selle asemele ehitatakse lintvundamendile sama pindalaga puitkarkassil tuulekoda, mille peal on terrass. Lääneküljele projekteeritud terrassi ja vintskappi katab 34° kaldega viilkatus, mille harjakõrgus ühtib põhiosa harjakõrgusega. Rekonstrueerimise käigus lammutatakse maja korsten ja senised küttekolded.

1.3.3.2 Hoone ehitusetapid ja laiendamise võimalused

Hoone rekonstrueeritakse ühes etapis ning projekteerimisel ei arvestata edasise laiendamisega.

1.3.3.3 Hoone arhitektuurne üldkontseptsioon

Projekteeritav ehitis on kahekorruseline viilkatusega elamu, mille ida ja lääne külge ilmestavad hoone põhiosast kahe korruse kõrguselt eenduvad väljaehitised. Läänepoolse külje väljaehitise teisel korrusel paikneb katusealune terrass. Rekonstrueeritava hoone kandetarindiks jääv rõhtpalk soojustatakse väljastpoolt ning viimistletakse horisontaalse heledat tooni välisvoodrilauaga. Ehitatava tuulekoja ja väljaehitiste välisseinad ning

põhiosa otsaviilud rajatakse puitkarkass-seintena, mis samuti viimistletakse horisontaalse heledat tooni välisvoodrilauaga. Fassaadi ilmestavad tumepruuni tooni akna-, ukse- ja nurgaliistud, vihmaveesüsteem ning akna- ja liiteplekid. Vundament soojustatakse väljast poolt ning sokliosa viimistletakse graniitkivipuruga kaetud sokliplaadiga. Väljaehitistele teise korruse pealeehitamise tõttu muutub katuse kuju, hoonele paigaldatakse pruun kivikatus. Lammutatakse korsten. Katusealune korrus ehitatakse välja ja võetakse kasutusele eluruumidena, sinna pääsemiseks rajatakse trepp. Elamu mõlemale korrusele projekteeritakse WC, praegune tualettruum ehitatakse ümber katlaruumiks, mille käigus eemaldatakse vahesein. Hoone mittekandvad vaheseinad rajatakse metallkarkassil kipsseintena ning teise korruse kandvad vaheseinad puitkarkass-seintena.

1.3.3.4 Energiatõhusus ja sisekliima

Hoone energiatõhususe ja mugava sisekliima tagavad soojapidavad piirdekonstruktsioonid ja avatäited, energiasäästlik kütte- ja ventilatsioonilahendus. Rekonstrueeritava hoone projekteerimisel on lähtutud väikeelamutele kehtivatest „Hoone energiatõhususe miinimumnõuetest“ [6].

1.3.3.5 Hoone ruumid

Rekonstrueeritava hoone peasissepääs on lääneküljel asuvast tuulekojast. Elamu esimese korruse lõunapoolses otsas asub elutuba ja magamistuba, idapoolses eeskojas paikneb abiruum ja väljapääsuga katlaruum, maja keskel on duširuum ja WC. Hoone põhjapoolses otsas asub köök ja tuba, kust viib trepp teisele korrusele. Teise korruse moodustavad peamiselt lõunapoolses otsas asuvad terrassiga magamistuba ja abiruum. Idapoolses väljaehitises paikneb WC. Põhjapoolsesse otsa on planeeritud trepihall ja garderoob.

1.3.4 Hoone tehnilised andmed

Hoone otstarve: elumaja

Hoone kasutusotstarve: üksikelamu

Hoonealune pind: 104 m²
Gabariitmõõdmed: 11,46 x 11,34 x 7,95 m
Korruselisus: 2 korrust
Suletud netopindala: 142,7 m²
Kõetav pindala: 142,7 m²
Ehitise eluiga: 50 aastat

1.3.5 Sisearhitektuur

1.3.5.1 Olemasolev

Hoone olemasolevad rõhtpalkseinad on krohvitud ning viimistletud üldiselt tapeediga, kuid vannitoas värviga. Krohv on mõraline ning tapeet kulunud ja kohati puudulik. Idapoolse eeskoja seinad on seest poolt kaetud horisontaalse laudisega. Hoone põrandaks on puittaladel asetsevad 180 mm laiused põrandalauad, köögi laudpõrand on kaetud põrandapapiga. Vannitola põrandaks on liivalusele valatud viimistluseta betoon. Vahelagi on kaetud värvitud sisevoodrilauaga. Siseusteks on puidust tahveluksed.

1.3.5.2 Sisearhitektuuri kontseptsioon

Sisearhitektuuris lähtutakse olemasolevatest pinnakatete tüüpidest ning omaniku soovidest.

1.3.5.3 Valgustuse kontseptsioon

Loomuliku valgusallikana kasutatakse hoones soojapidavaid ja valgusküllaseid puitraamiga aknaid. Valgustite valgusallikateks on energiasäästlikud kuid suure valgushulgaga LED lambid. Kasutatakse nii lae- kui ka seinavalgusteid.

1.3.5.4 Viimistlusmaterjalid

Põrandad

Põrandakatteks kasutatakse esimesel korrusel peamiselt 14 mm paksust naturaalselt tammeparketti. Esiku, duširuumi, WC, katlaruumi ja abiruumi põrandad kaetakse keraamiliste plaatidega. Teise korruse magamistoa, abiruumi, garderoobi ja trepihalli põrandad kaetakse 10 mm paksuse korkparketiga. Ülakorruse WC põrandale paigaldatakse linoleum.

Seinad

Vannitoa seintele paigaldatakse keraamilised plaadid. Kipsplaadiga kaetud seinte viimistlemiseks kasutatakse eri seintel tapeeti või värvi ning kohati mõlemaid koos, kombineeritult. Teise korruse kandev puitkarkass vahesein kaetakse mõlemalt poolt vertikaalselt paigaldatud 12 mm paksuse täispunn laudisega, mille pind viimistletakse lakiga.

Laed

Lakke paigaldatakse 12 mm paksune täispunn laudis, mille pind viimistletakse lakiga. Kipsplaadiga kaetud katuslae viimistluskihiks on värv või tapeet.

Siseuksed

Siseusteks kasutatakse männipuidust tahveluksi, mis viimistletakse lakiga.

Trepp

Hoone põhjapoolsesse otsa rajatakse teisele korrusele pääsemiseks puidust kandekonstruktsiooniga L - kujuline mademega trepp.

1.4 Konstruktsioonid

1.4.1 Üldandmed

Rekonstrueeritava hoone konstruktsioonid on projekteeritud Eesti Vabariigi projekteerimismääruste, määruste ja standardite alusel.

1.4.1.1 Projekteerimistöö piiritlus

Käesolev rekonstrueerimisprojekt on koostatud laiendatud arhitektuurse eelprojekti staadiumis.

1.4.2 Tehnilised põhinõuded hoone kandekonstruktsioonidele

1.4.2.1 Projekteeritud kasutusiga

Hoone kasutuseaks on projekteeritud 50 aastat

1.4.3 Hoone kandeskelett

Hoone kandekonstruktsiooniks on rõhtpalk- ning puitkarkass-seinad. Olemasolevad rõhtpalgist välisseinad säilitatakse. Puitkarkassina rajatud veranda lammutatakse täielikult. Välisseinte palkide paksus on 160 mm, projekteeritavad puitkarkass-seinad ehitatakse 600 mm sammuga puitprussidest mõõtmetega 50x200 mm. Kandvateks siseseinteks on olemasolevad 150 mm paksused rõhtpalkseinad ja projekteeritavad puitkarkass-seinad, mis ehitatakse 600 mm sammuga puitprussidest mõõtmetega 50x150 mm.

Hoone põhiosa vahelae kandekonstruktsiooni moodustavad olemasolevad puittalad ristlõikega 200x200 mm, mida rekonstrueerimise käigus tugevdatakse 50x200 mm ristlõikega puidust lisatalade paigaldamisega. Idapoolse eeskoja olemasolevad vahelaetalad asendatakse 50x200 mm ristlõikega saematerjaliga, mis paigaldatakse 600 mm sammuga.

Olemasolev katuse kandekonstruktsioon koosneb ümarpalksarikatest ja pennidest. Rekonstrueerimise käigus katusekonstruktsioon lammutatakse. Uuteks katusekandjateks on 50x200 mm ristlõikega puidust sarikad ja pennid sammuga 600 mm. Hoone põhiosa sarikad toetuvad 150x150 mm ristlõikega harjapärilinile ja palkseinale. Pennid toetuvad penni alusele pärilinile. Pärlineid toetavad 600 mm sammuga ja 50x150 mm ristlõikega postid kannavad koormused üle piki hoonet kulgevale kandvale esimese korruse vaheseinale. Hoone väljaehitiste katusekandjad toetuvad 100x200 mm ristlõikega äärmistele põõninglae taladele, mis omakorda toetuvad kandvatele seintele ja terrassi osas

150x150 mm postidele. Neelusarikad on toetatud ülevalt harjapärilinile ja alt kinnitatud hoone põhisarika külge.

1.4.4 Maa-alused konstruktsioonid

1.4.4.1 Vundament

Hoone on rajatud monoliitbetoonist lintvundamendile laiusega 650 mm, veranda toetub kohtvundamentidele. Vundamendi konstruktsioone pole avatud, seega on täpne konstruktsioon ja selle mõõtmed teadmata. Konstruktsioonide avamisel tuleb olemasolevat vundamenti vajadusel tugevdada.

Rekonstrueerimistööde käigus olemasoleva kuivkäimla kogumiskast tühjendatakse ja puhastatakse, seejärel välisseina vundamendi ja kogumiskasti põhja vaheline osa armeeritakse, armatuur ankurdatakse olemasolevate vundamendiosade külge, paigaldatakse raketised ning raketiste vaheline osa betoneeritakse. Raketised eemaldatakse, kui betoon on saavutanud vajaliku tugevuse. Vundamendist väljapoole jääv kogumiskasti osa lammutatakse. Olemasoleva vundamendi tuulutused täidetakse betooniseguga.

Lääneküljele projekteeritava tuulekoja lintvundament rajatakse olemasolevate kohtvundamentide asemele. Vundament valatakse raketiste vahele raudbetoonist. Vundamendi laius on 250 mm ning rajamissügavus 1,8 m hoone nullist. Vundamendi alla valmistatakse armeeritud betoonist taldmik, mis on 450 mm lai ja 200 mm kõrge. Taldmiku rajamissügavus on 2,0 m hoone nullist allpool. Taldmiku alla rajatakse tihendatud killustikukiht paksusega 200 mm. Raketised eemaldatakse, kui betoon on saavutanud vajaliku tugevuse.

Vundamendi pinnasesse jääv osa kaetakse kogu perimeetri ulatuses 100 mm paksuse Styrofoam XPS soojustusplaadiga ning sokli osa 150 mm kõrguselt maapinnast 100 mm paksuse soojustusplaadiga EPS 60. Lisaks paigaldatakse ümber hoone perimeetri 400 mm sügavusele maapinnast 100 mm paksune horisontaalne soojustus XPS 100. Olemasoleva vundamendi ja palgi ning rajatava vundamendi ja puitkarkassi vahele paigaldatakse puitkonstruktsioonide niiskuskahjustuste eest kaitsmiseks kapillaartõusu takistav hüdroisolatsiooni kiht. Vundamendi ümber paigaldatakse tihendatud liivalusele 600 mm

laiune pandus 2% kaldega hoonest eemale. Sokliosas paigaldatakse vundamendi soojustuse peale vertikaalselt 630 mm sammuga mütsprofiil MP16/50, mis kinnitatakse betoonikruvidega läbi soojustusplaadi vundamendi külge. Sokkel kaetakse sokliplaadiga Tempsi Zoccolo, plaatide liitekohtades kasutatakse vuugi- ja nurgaliiste, panduse ja sokliplaadi vahele jäetakse 15 mm tuulutuspilu.

1.4.5 Maapealsed konstruktsioonid

1.4.5.1 Põrand pinnasel

Esimesele korrusele on projekteeritud pinnasele toetuvad betoonpõrandad. Olemasolev põrandalaudis ja talad eemaldatakse, vannitoa põrand ning küttekehade ja korstna alused vundamendid lammutatakse. Põrandate alune pind täidetakse kihtide kaupa tihendatud liivaga. Aluspind peab jääma tasane. Soojustusena kasutatakse EPS 100 soojustusplaate paksusega 100 mm, mis paigaldatakse kahekihiliselt. Soojustuse alla paigaldatakse kanalisatsiooni- ja külmaveetorustik. Kahe soojustusplaadi kihi vahele paigaldatakse soojaveetorustik. Soojustuse peale paigaldatakse ehituskile, armatuurvõrk ja põrandakütte torustik, mille peale valatakse betoon tugevusklassiga C25/30 paksusega 80 mm. Esiku, duširuumi, WC, katlaruumi ja abiruumi põrandad kaetakse keraamiliste plaatidega, nendes ruumides paigaldada enne plaatimist põrandale hüdroisolatsioon. Ülejäänud esimese korruse ruumidesse paigaldada betoonplaadile parketi alusvaip ja naturaalne tammeparkett.

1.4.5.2 Välisseinad

Olemasolev välissein

Hoone olemasolevad rõhtpalkidest välisseinad kuuluvad säilitamisele, konstruktsioon avatakse mõlemalt poolt palgini ning soojustatakse. Otsaviilud lammutatakse.

Seinale kinnitatakse väljapoole vertikaalselt 600 mm sammuga puitprussid ristlõikega 50x100 mm, mille vahele paigaldatakse soojustuseks 100 mm kivivilla Paroc Extra. Karkassi peale on projekteeritud 13 mm paksune tuuletõkkeplaat Isover VKL, millele paigaldatakse vertikaalselt 25x50 mm distanttsliist 600 mm sammuga. Välisviimistlusena kasutatakse horisontaalset värvitud välisvoodrilauda.

Välisseina palgi siseküljele paigaldatakse aurutõkkele Paroc XMV 020bas, millest sissepoole rajatakse metallkarkassil kipssein karkassi paksusega 42 mm sammuga 600 mm, mille vahele paigaldatakse kivivill paksusega 42 mm. Karkassi peale kinnitatakse kipsplaat. Siseviimistluseks kasutatakse värvi või tapeeti.

Projekteeritav välissein

Projekteeritavateks välisseinteks on rajatava tuulekoja ja teise korruse välisseinad.

Sein ehitatakse 50x200 mm ristlõikega puitpostidest sammuga 600 mm. Puitkarkassi vahele paigaldatakse soojustuseks kivivill Paroc Extra 200 mm, sellest väljapoole 13 mm paksune tuuletõkkeplaat Isover VKL. Tuuletõkkeplaadi peale kinnitatakse 25x50 mm distantssliist sammuga 600 mm. Välisviimistluseks kasutatakse värvitud horisontaalset laudist.

Seina kandvale puitkarkassile sissepoole kinnitatakse aurutõke Paroc XMV 020bas, mille peale paigaldatakse horisontaalselt 50x50 mm prussid sammuga 600 mm ja nende vahele kivivill Paroc Extra paksusega 50 mm. Seejärel paigaldatakse kipsplaat. Siseviimistlusena kasutatakse tapeeti või värvi.

1.4.5.3 Vahelaed

Hoonele on projekteeritud puittaladel vahelagi. Rekonstrueerimise käigus hoone põhiosa vahelaed konstruktsiooni tugevdatakse 50x200 ristlõikega lisatalade paigaldamisega ning idapoolsele eeskojale paigaldatakse olemasolevate talade asemele 50x200 mm ristlõikega vahelaetalad.

Talade alla kinnitatakse 22x50 mm distantssliist sammuga 400 mm. Vannitoa laele paigaldatakse distantssliistu ja laetala vahele aurutõkkele Paroc XMV 020bas. Lae viimistluseks on lakitud täispunn laudis. Talade vahele on projekteeritud 200 mm paksune kiht mineraalvilla Paroc Extra.

Vahelaetalade peale põranda ehitamiseks kinnitatakse taladele 22 mm paksune sulundiga puitlaastplaat, sellele paigaldatakse müratõkkeplaat Isover FLO 20 mm, mis kaetakse 18

mm paksuse puitlaastplaadiga. Põranda viimistluseks kasutatakse WC-s linoleumi, teistes ruumides aga korkparketti.

1.4.5.4 Katuslagi

Hoonele on projekteeritud kivikattega viilkatus koos vihmaveesüsteemiga.

Katuslae konstruktsiooniks on 50x200 mm saematerjal sammuga 600 mm, mille vahel on soojustuseks 200 mm mineraalvilla Paroc Extra. Sarikate peale paigaldatakse tuuletõkkeplaat Isover VKL. Tuuletõkke plaadi peale on projekteeritud 50x50 mm distantssliist sammuga 600 mm, millele paigaldatakse mittehingav aluskate ja 25x50mm distantssliist sammuga 600 mm. Seejärel kinnitatakse 350 mm sammuga 50x50 mm puitroovid, millele paigaldatakse katusekatteks olev katusekivi Monier Protector.

Sarikatest sissepoole paigaldatakse aurutõke Paroc XMV 020bas, selle horisontaalselt 50x50 mm puitpruss sammuga 600 mm, mille vahel on 50 mm paksune mineraalvill Paroc Extra. Puitprussidele kinnitatakse kipsplaat, siseviimistluseks on värv või tapeet.

1.4.5.5 Pööninglagi

Pööninglae kandetarindiks on hoone põhiosal sarikaid ühendavad pennid ristlõikega 50x200 mm ning väljaehitise osas pööninglae talad ristlõikega 50x200 mm, sammuga 600 mm. Kandekonstruktsiooni vahele ja peale paigaldatakse puistevill Paroc BLT 3 kogupaksusega 400 mm. Kandekonstruktsiooni alla paigaldatakse 12 mm paksune sulundiga puitlaastplaat OSB, aurutõke Paroc XMV 020bas, 22x50 mm distantssliist sammuga 400 mm ning siseviimistluseks lakitud täispunn laudis.

1.4.5.6 Terrass

Hoonele on projekteeritud lääne küljele terrass, mille alla jääb esik.

Terrassi kandekonstruktsiooniks on saematerjalist 50x250 mm ristlõikega tala 600 mm sammuga, mille vahele paigaldatakse soojustuseks 250 mm kivivilla Paroc Extra. Talade peale on projekteeritud tuuletõkkeplaat Isover VKL ning distanttsliist 50x100 mm sammuga 600 mm. Distanttsliistule kinnitatakse 12 mm paksune sulundiga OSB puitlaastplaat, millele paigaldatakse 2xSBS bituumenrullmaterjal. Järgnevas kihiks on distanttsliist 25x50 mm, sammuga 600 mm, mille peale paigaldatakse 5 mm vahedega terrassilaud 28x120 mm.

Terrassi kandvatest taladest hoone sissepoole paigaldatakse aurutõke Paroc XMV 020bas, seejärel puitpruss 50x50 mm sammuga 600 mm, mille vahele on projekteeritud 50 mm mineraalvilla Paroc Extra. Lae siseviimistluseks kasutatakse lakitud täispunn laudist.

1.4.5.7 Siseseinad

Olemasolev sisesein

Rekonstrueerimise käigus lammutatakse olemasolevatest siseseintest ainult algse esiku ja tualeti vaheline sein, sinna projekteeritakse katlaruum.

Olemasolevad rõhtpalkidest siseseinad avatakse palgini. Küttekehade ja korstna lammutamisel sein tekkinud tühimikud ehitatakse kinni 50x150 mm puitkarkassiga, posti samm 600 mm. Karkassi vahele paigaldatakse 150 mm mineraalvilla Paroc Extra. Seinte mõlemale küljele paigaldatakse horisontaalselt kipsplaadi mütsprofiil MP16/50 sammuga 600 mm ning sellele 12,5 mm kipsplaat, mis viimistletakse tapeedi või värviga. Vannitoas paigaldatakse mütsprofiilile 12,5 mm niiskuskindel kipsplaat, sellele hüdroisolatsioon ning viimistluseks keraamiline seinaplaat.

Projekteeritavad siseseinad

Metallkarkassil mittekanvdvad vaheseinad on projekteeritud esimese korruse WC-le, teise korruse toale, abiruumile ja garderoobile. Metallkarkass seinad ehitatakse 95 mm paksustest metallkarkassi postidest sammuga 600 mm, mille vahele paigaldatakse 100 mm Paroc Extra mineraalvilla plaat. Karkass kaetakse kahelt poolt 12,5 mm paksuse kipsplaadiga kahekordselt ning viimistletakse värvi või tapeediga.

Katusekonstruktsiooni kandva teisekorruse vaheseina kandekonstruktsiooniks on puitkarkass 50x150 mm ristlõikega postidest sammuga 600 mm. Karkassi vahele paigaldatakse 150 mm mineraalvilla Paroc Extra, kahele poole karkassi kinnitatakse sulundiga 12 mm puitlaastplaat OSB ning sellele paigaldatakse vertikaalselt täispunn laudis, mis on viimistletud lakiga.

Pööninglae talasid kandev teise korruse WC vahesein rajatakse 50x150 mm puitpostidest sammuga 600 mm. Karkassi vahele paigaldatakse mineraalvill Paroc Extra 150 mm, kahele poole karkassi horisontaalselt kipsplaadi mütsprofiil MP16/50 sammuga 600 mm, millele kinnitatakse 12,5 mm paksune kipsplaat. Viimistluskihina kasutatakse värvi või tapeeti.

Teisele korrusele on katuslae alla vertikaalse pinna loomiseks projekteeritud karkass-sein puitpostidest ristlõikega 50x150 mm sammuga 600 mm, millele paigaldatakse horisontaalselt 600 mm sammuga kipsplaadi mütsprofiil MP16/50. Mütsprofiili külge kinnitatakse 12,5 mm paksune kipsplaat. Viimistluspinnaks on värv või tapeet. Seina taha jäävasse nurka on võimalus rajada panipaigad.

1.4.5.8 Trepid

Välistrepid

Olemasolevad puidust välistrepid lammutatakse. Hoone mõlema sissepääsu juurde ehitatakse puitkarkassil 28x120 mm terrassilauaga viimistletud trepp. Trepiastmed jäävad mõlemal trepil kolmele küljele.

Sisetrepp

Hoone põhjapoolsesse otsa rajatakse puidust kandekonstruktsiooniga L - kujuline mademega trepp.

1.4.5.9 Avatäited

Aknad

Rekonstrueeritavale hoonele on paigaldatud uued aknad esimese korruse tubadele ja kööki ning pööningu otsaviiludele.

Olemasolevad uued aknad säilitatakse, kuid tõstetakse rekonstrueerimistöõde käigus välimise soojustuskihi sisse. Olemasolevad otsaviiludel paiknevad kaks akent paigaldatakse rekonstrueerimisel rajatavasse läänepoolse väljaehitise esikusse. Säilitatavad aknad on puidust paarisraamidega, mille sisemises raamis on kasutatud kahekihilist klaaspaketti ning välimine raam on ühekordse klaasiga.

Lisanduvad aknad on projekteeritud puitaluiniium kaheraamilised aknad, mille klaasijaotus sarnaneb olemasolevatele akendele. Uued aknad paigaldatakse katlaruumi, abiruumi ja kogu teisele korrusele.

Välisüksed

Rekonstrueeritavale hoonele paigaldatakse uued energiatõhusad välisüksed. Peasissepääsu uks on klaasiavaga ning katlaruumi uks ilma klaasiavata soojustatud puidust uks. Terrassile pääsuks paigaldatakse puitaluiniium raamil väljapoole kahes osas avanev kolmekordse pakettklaasiga uks.

1.4.6 Tuleohutus

1.4.6.1 Normdokumendid

Määrused

- Majandus- ja taristuministri määrus nr.54/02.06.2015 „Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded“ [4]

Standardid

- EVS 812-7:2008 „Ehitise tuleohutus. Osa 7: Ehitistele esitatava põhinõude, tuleohutusnõude tagamine projekteerimise ja ehitamise käigus“ [9]

1.4.6.2 Hoone kasutusviis

Hoone kasutusviis I (elamu).

1.4.6.3 Hoone tulepüsivusklass

Rekonstrueeritav hoone on TP-2 tulepüsivusklassiga.

1.4.6.4 Kandekonstruktsiooni tulepüsivus

Hoone kandekonstruktsiooni tulepüsivus on R30.

1.4.6.5 Korruste arv

Hoone on kahekorruseline.

1.4.6.6 Pindade tuletundlikkuse klassid

Põrand	Nõudeid ei esitata
Seinad ja lagi	B-s1,d0
Mittekasutatav pööning ja katusealune õõnsus	B-s1,d0
Välisseinte välispinnad	D-s2,d2
Katusekate	B _{ROOF}

1.4.6.7 Tuletõkkesektsioonid

Rekonstrueeritav hoone ei jagune eraldi tuletõkkesektsioonideks.

1.4.6.8 Evakuatsioonilahendus

Hoonest on projekteeritud neljaliikmelise pere elamuks. Hoone esimeselt korruselt evakueerumine õue toimub hoone peaukse ja katlaruumi ukse kaudu. Teiselt korruselt toimub evakueerumine mööda treppi esimesele korrusele, kust väljutakse hoonest välisuste kaudu. Evakuatsioonitee pikkus ei ületa lubatavat 45 meetrit ning evakuatsioonitee ja väljapääsude laius on vähemalt 900 mm.

1.4.6.9 Suitsuärastus

Suitsuärastus toimub ruumides avatavate uste ja akende kaudu.

1.4.6.10 Tuleohutusabinõud hoones

Autonoomne tulekahjusignalisatsioonandur paigaldatakse vähemalt ühte eluruumi.

1.4.6.11 Pääsud katusele

Hoone katusele pääseb teisaldatava redeliga.

1.4.6.12 Päästemeeskonna juurdepääs ehitisele

Päästetehnika juurdepääs hoonele toimub krundi põhja- ja lõunaküljega piirnevatelt teedelt. Lähim tuletõrje veevõtukoht asub rekonstrueeritavast elamust 900 m kaugusel Varbla vallavalitsuse hoone juures.

1.4.6.13 Tuleohutuskujad

Rekonstrueeritava hoone ja naaberkrundil paikneva kuuri vahemaa on suurem kui 8 meetrit, seega on tulekaitsekuja tagatud.

1.4.7 Keskkonnakaitse ja heakorrastus

Projekteeritud ehitise ei ole keskkonda reostav. Tahked jäätmed kogutakse prügikonteinerisse ja antakse üle sellekohast litsentsi omavale jäätmekäitlusettevõttele. Ehitustööde käigus tekkinud ehitusjäätmed utiliseeritakse kehtivate Eesti Vabariigi seadustega kehtestatud korras. Ehitustööde lõppedes krunt heakorrastatakse.

1.5 Küte ja ventilatsioon

Hoonesse on projekteeritud küttesüsteem, mille soojusallikaks on maasoojuspump ning soojuskandjaks vesi. Soojusvahetus toimub esimesel korrusel põrandakütte torustiku ning teisel korrusel radiaatoritega. Hoonesse rajatakse soojustagastusega sundventilatsioon. Küte ja ventilatsioon lahendatakse eraldi projektiga.

1.6 Veevarustus ja kanalisatsioon

Rekonstrueeritava hoone veevarustus lahendatakse tsentraalse veevõrguga liitumisel. Sooja tarbeveega varustamine toimub katlaruumis asuva maasoojuspumba abil. Kanalisatsioon lahendatakse tsentraalse kanalisatsioonitorustikuga liitumisel. Hoone veevarustus ja kanalisatsioon lahendatakse eraldi eriosa projektiga.

1.7 Elekter ja nõrkvool

Hoonel on olemas liitumine elektrivõrguga. Liitumispunkt asub krundi põhjaküljel rekonstrueeritava hoone otsa juures. Elektri osa lahendatakse eraldi projektiga.

2 TUGEVUSARVUTUSED

2.1 Üldosa

Käesolevas magistritöös teostatakse projekteeritavate katusekonstruktsioonide kriitilisemate elementide tugevusarvutused kandepiirseisundis. Ühtlasi kontrollitakse olemasolevate ning lisatud vahelaetalade ja akna silluse kandevõimet kandepiirseisundis ja deformatsioone kasutuspiirseisundis. Dimensioneeritakse lisatalade naelliide.

2.2 Kasutatud normdokumendid

Standardid

- EVS-EN 1990:2002+NA:2002 „Eurokoodeks. Ehituskonstruktsioonide projekteerimise alused“ [10]
- EVS-EN 1991-1-1:2002+NA:2002 „Eurokoodeks 1: Ehituskonstruktsioonide koormused. Osa 1-1: Üldkoormused. Mahukaalud, omakaalud, hoonete kasuskoormused“ [11]
- EVS-EN 1991-1-3:2006+NA:2006 „Eurokoodeks 1: Ehituskonstruktsioonide koormused. Osa 1-3: Üldkoormused. Lumekoormus“ [12]
- EVS-EN 1991-1-4:2005+NA:2007 „Eurokoodeks 1: Ehituskonstruktsioonide koormused. Osa 1-4: Üldkoormused. Tuulekoormus“ [13]
- EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009 „Eurokoodeks 5: Puitkonstruktsioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldist. Üldreeglid ja reeglid hoonete projekteerimiseks“ [14]
- EVS-EN 338:2009 „Ehituspuit. Tugevusklassid“ [15]

2.3 Kasutatud abimaterjalid

- Ehituskonstruktorigi käsiraamat [16]

2.4 Kasutatud arvutiprogrammid

- Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2016 (edaspidi ROBOT)
- Microsoft Excel 2010
- ArchiCAD 16

2.5 Arvutusmeetodi põhimõte

Käesolevas töös liigitatakse koormused ajalise kestuse alusel alaliskoormusteks ja muutuvkoormusteks. Alaliskoormuseks on konstruktsiooni omakaal, muutuvkoormusteks aga katusekonstruktsioonile mõjuvad lume- ja tuulekoormused ning vahelaetaladele mõjuv kasuskoormus. [10]

Alalised ja muutuvad koormused kantakse arvutiprogrammi ROBOT tasapinnalistele konstruktsiooniskeemidele joonkoormustena.

Arvutuste tegemisel kasutatakse koormuste arvutusväärtusi, mis saadakse normväärtuste korrutamisel osavaruteguriga. Osavarutegurid arvestavad arvutusmudeli ebatäpsusi ja mõõtmete hälbeid ebasoodsamas suunas. Koormuskombinatsioon on konstruktsioonile samaaegselt mõjuvate koormuste arvutusväärtuste kogum. Koormusi rakendatakse arvutustes kombinatsioonidena, vastavalt koormusjuhtudele ja piirilukorraale. Arvesse võetakse kõigi kombinatsioonis üheaegselt mõjuvate koormuste mõju. Iga koormuskombinatsioon sisaldab püsikoormust ja sellele lisanduvat domineerivat muutuvkoormust või erakordset koormust. Domineerivaks muutuvkoormuseks koormuskombinatsioonis on see, mille mõju koormustulemile on teistest muutuvkoormustest suurem. [16]

Kandepiiriseisundi alaliste ja ajutiste arvutusolukordade koormuskombinatsioonid:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (1)$$

Kasutuspiiriseisundi normatiivsed koormuskombinatsioonid:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} Q_{k,i} , \quad (2)$$

kus

γ - koormuse osavarutegur vastavalt indeksile,

G - alaliskoormus,

P - eelpingestuskoormus,

$Q_{k,1}$ - domineeriv muutuvkoormus,

Ψ_0 - koormuse kombinatsioonitegur

$Q_{k,i}$ - muu muutuvkoormus.

2.6 Lumekoormus

Lumekoormus liigitub muutuvkoormuse alla. Lumekoormuste arvutamisel on kasutatud standardit EVS-EN 1991-1-3:2006+NA:2006. [12] Lumekoormuste määramisel on arvestatud hoone asukohaga, katuse kujuga ning ühtlaselt sadanud lume ja kuhjunud lume koormusvariantidega.

Käesolevas töös leitakse lumekoormused erinevate kalletega viilkatustele. Põhikatuse kalle on $\alpha_1 = 45^\circ$, idapoolse väljaehitise katuse kalle $\alpha_2 = 31^\circ$ ja läänepoolse väljaehitise katuse kalle $\alpha_3 = 34^\circ$. Arvutatakse ka laugema katuseneelu lumekoormus.

Katuse lumekoormus leitakse alalise arvutusolukorra puhul valemiga:

$$s = \mu_i C_e C_t S_k , \quad (3)$$

kus

μ_i - lumekoormuse kujutegur,

S_k - normatiivne lumekoormus maapinnal,

C_e - avatustegur,

C_t - soojustegur.

Rekonstrueeritava hoone katus on vähe soojust edastav, mistõttu soojustegurit C_t ei tule arvesse võtta ning selle väärtuseks võib võtta 1,0. Asukohalt paikneb hoone tavaliste maastikutingimustega alal, seega on avatusteguri C_e väärtuseks 1,0. [12]

Normatiivne lumekoormus maapinnal saadakse standardi EVS-EN 1991-1-3:2006+NA:2006 [12] jooniselt NA.4.1, mille kohaselt Pärnumaal on selleks väärtuseks: $s_k = 1,25 \text{ kN/m}^2$.

2.6.1 Lumekoormus katustel kaldega $\alpha_1 = 45^\circ$, $\alpha_2 = 31^\circ$ ja $\alpha_3 = 34^\circ$

Tegemist on viilkatustega, mille kaldenurgad α jäävad vahemikku $30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$. Lumekoormuse kujutegur μ_1 leitakse sel juhul standardi EVS-EN 1991-1-3:2006+NA:2006 [12] tabelis 5.2 toodud valemiga:

$$\mu_1 = \frac{0,8(60 - \alpha)}{30} , \quad (4)$$

kus

α - kaldenurk.

Katus kaldega $\alpha_1 = 45^\circ$

Lumekoormuse kujutegur vastavalt valemile 4:

$$\mu_1 = \frac{0,8(60 - 45)}{30} = 0,4$$

Lumekoormuse normsuurus vastavalt valemile 3:

$$s = 0,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

Katus kaldega $\alpha_2 = 31^\circ$

Lumekoormuse kujutegur vastavalt valemile 4:

$$\mu_1 = \frac{0,8(60 - 31)}{30} = 0,773$$

Lumekoormuse normsuurus vastavalt valemile 3:

$$s = 0,773 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 0,966 \text{ kN/m}^2$$

Katus kaldega $\alpha_3 = 34^\circ$

Lumekoormuse kujutegur vastavalt valemile 4:

$$\mu_1 = \frac{0,8(60 - 34)}{30} = 0,693$$

Lumekoormuse normsuurus vastavalt valemile 3:

$$s = 0,693 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 0,866 \text{ kN/m}^2$$

2.6.2 Katuse neelu lumekoormus

Katuse neelu all peetakse silmas kalletega katuste liitumiskohta. Lumekoormuse arvutustes käsitletakse neelu saagkatuseksena. Lumekoormus leitakse laugema ja ühtlasi ka pikema neelu jaoks. Katuse neelu lumekoormuse kujutegur μ_2 määratakse standardi EVS-EN 1991-1-3:2006+NA:2006 [12] jaotise 5.3.4 järgi:

$$\alpha_k = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}, \quad (5)$$

kus

α_k - keskmine katuse kaldenurk

α_1, α_2 - liituvate katuste kaldenurgad

Keskmise kaldenurga arvutus vastavalt valemile 5:

$$\alpha_1 = 45^\circ$$

$$\alpha_2 = 31^\circ$$

$$\alpha_k = \frac{45^\circ + 31^\circ}{2} = 38^\circ$$

Lumekoormuse kujutegur vastavalt standardi EVS-EN 1991-1-3:2006+NA:2006 [12] tabelile 5.2:

$$\mu_2 = 1,6$$

Lumekoormuse normsuurus vastavalt valemile 3:

$$s = 1,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

2.7 Tuulekoormus

Tuulekoormus on ajas muutuv ning esitatakse konstruktsioonile mõjuvate staatiliste rõhkude või jõudude kombinatsioonina. [13]

Tuulekoormus arvutatakse vastavalt standardile EVS-EN 1991-1-4:2005+NA:2007. [13]

Konstruksiooni välispindadele mõjuv tuulerõhk leitakse valemiga:

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} , \quad (6)$$

kus

$q_p(z_e)$ - tippkiirusrõhk,

c_{pe} - välisrõhutegur,

z_e - arvutuskõrgus.

Rekonstrueeritav hoone paikneb vastavalt standardile EVS-EN 1991-1-4:2005+NA:2007 [13] III maastikutüübi alal (maastik, mis on kaetud ühtlase taimkatte või ehitistega või üksikute takistustega, mille vaheline kaugus ei ole suurem 20-kordsest kõrgusest). Välisrõhu arvutuskõrguseks võetakse hoone kõrgus $z_e = h = 7,95$ m, kuna hoone on kõrgem kui III maastikutüübile vastav $z_{min} = 5$ m.

Maastikutüübil III leitakse tuule tippkiirusrõhk järgneva valemiga [16]:

$$q_p = 12,81 \ln^2 \frac{z_e}{0,3} + 89,64 \ln \frac{z_e}{0,3} , \quad (7)$$

kus

z_e - arvutuskõrgus.

Tuule tippkiirusrõhk vastavalt valemile 7:

$$q_p = 12,81 \ln^2 \frac{7,95}{0,3} + 89,64 \ln \frac{7,95}{0,3} = 431,3 \text{ N/m}^2 = 0,431 \text{ kN/m}^2$$

Koormustsoonide mõõtmed ja koormustsoonidele mõjuvad tuulerõhuregurid leitakse standardi EVS-EN 1991-1-4:2005+NA:2007 [13] tabelitest 7.4a, 7.4b ja joonisest 7.8 lähtuvalt. Tuulerõhutegurid 31° ja 34° kaldega katustele saadakse interpoleerides.

2.7.1 Tuulekoormus katustel kaldega $\alpha_1 = 45^\circ$, $\alpha_2 = 31^\circ$ ja $\alpha_3 = 34^\circ$

Rekonstrueeritava hoone katus koosneb kolmest eri kaldenurgaga (45° , 31° ja 34°) viilkatusest. Käesolevas töös leitakse tuulerõhud katuste koormustsoonidele erinevate tuulesuundade (0° , 90° , 180° ja 270°) puhul ja esitatakse tabelkujul arvutatuna valemiga 6. Lähtuvalt standardist EVS-EN 1991-1-4:2005+NA:2007 [13] on katuste puhul 0° ja 180° tuulesuuna korral arvestatud nelja juhuga, kus suurimad ja vähimad väärtused tsoonides F, G ja H kombineeritakse suurimate ja vähimate väärtustega tsoonides I ja J. Ühel katuseküljel ei kasutata samaaegselt negatiivseid ja positiivseid väärtusi.

Tuulerõhu joonkoormused saadakse tuulerõhu korrutamisel sarikate sammuga $s = 0,6$ m.

$$Q_k = w_e \cdot s \quad , \quad (8)$$

kus

w_e - tuulerõhk,

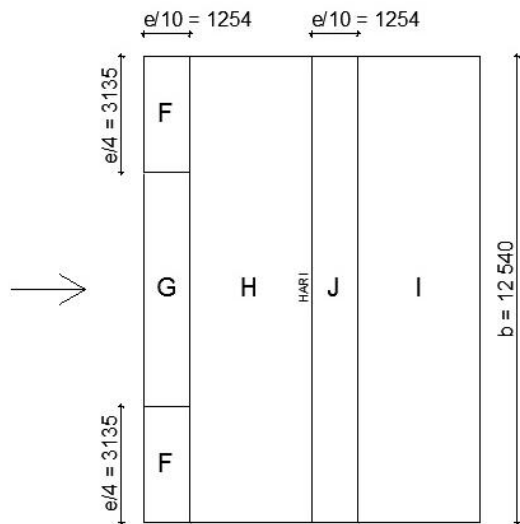
s - samm.

Joonistel tuuakse välja katuseosa tuulerõhkude koormustsoonid koos mõõtmete ja noolega tähistatud tuule suunaga. Koormustsoonide mõõde $e = b$ või $2h$ (kumb on väiksem), kus b on mõõt tuule ristsihis ja $h = 7,95$ m on hoone kõrgus.

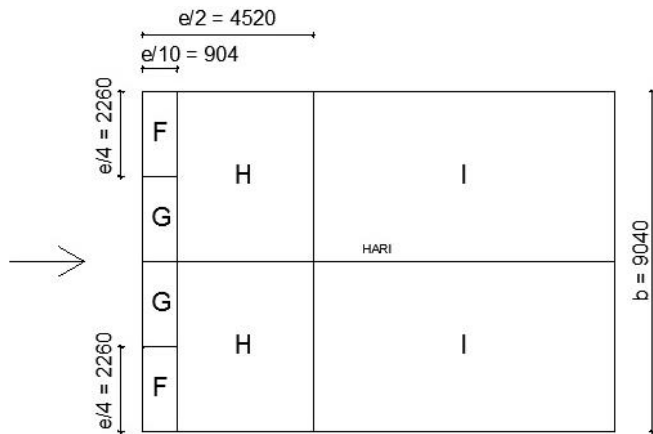
Katus kaldega $\alpha_1 = 45^\circ$

Tabel 1. Kahekaldelise katuse $\alpha_1 = 45^\circ$ tuulerõhutegurid $c_{pe,10}$ ja tuulerõhu väärtused

Katuse kaldenurk α	Tuule suund $\theta = 0^\circ$ ja 180°					Tuule suund $\theta = 90^\circ$ ja 270°				
	Tsoon	F	G	H	I	J	F	G	H	I
45°		-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3	-1,1	-1,4	-0,9	0,5
		+0,7	+0,7	+0,6	+0,0	+0,0				
Tuulerõhk w_e (kN/m ²)		0	0	0	-0,083	-0,124	-0,454	-0,578	-0,372	0,207
		0,289	0,289	0,248	0	0				
Tuulerõhu joonkoormus Q_k (kN/m)		0	0	0	-0,05	-0,074	-0,273	-0,347	-0,223	0,1239
		0,174	0,174	0,149	0	0				



Joonis 1. Ida-läänesuunalise tuule $\theta = 0^\circ$ ja $\theta = 180^\circ$ koormustsoonid



Joonis 2. Põhja-lõunasuunalise tuule $\theta = 90^\circ$ ja $\theta = 270^\circ$ koormustsoonid

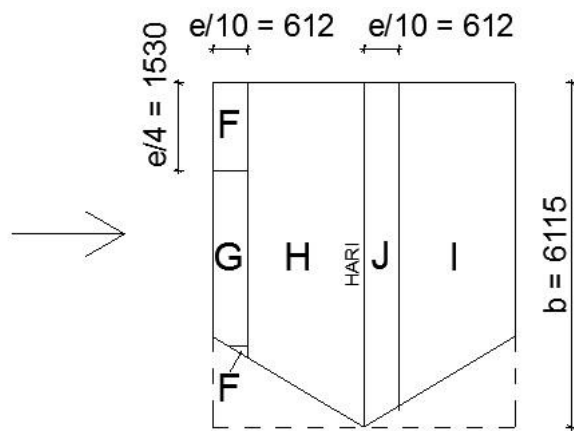
Katus kaldega $\alpha_2 = 31^\circ$

Tabel 2. Kahekaldelise katuse $\alpha_2 = 31^\circ$ tuulerõhutegurid $c_{pe,10}$

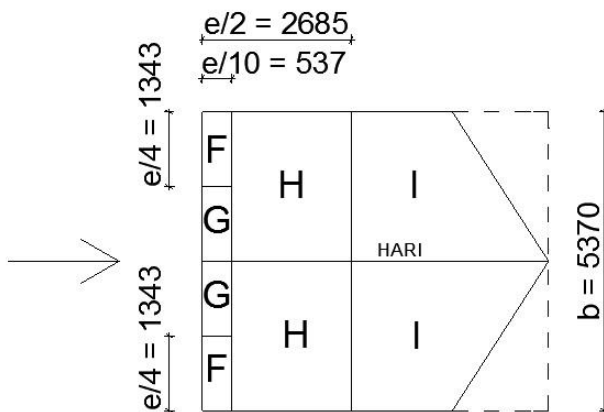
Katuse Kaldenurk α	Tuule suund $\theta = 0^\circ$ ja 180°					Tuule suund $\theta = 90^\circ$				
	Tsoon	F	G	H	I	J	F	G	H	I
45°		-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3	-1,1	-1,4	-0,9	0,5
		+0,7	+0,7	+0,6	+0,0	+0,0				
31°		-0,467	-0,467	-0,187	-0,387	-0,487	-1,1	-1,4	-0,807	-0,433
		+0,7	+0,7	+0,413	+0,0	+0,0				
30°		-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
		+0,7	+0,7	+0,4	+0,0	+0,0				

Tabel 3. Kahekaldelise katuse $\alpha_2 = 31^\circ$ tuulerõhu väärtused

Katuse kaldenurk α	Tuule suund $\theta = 0^\circ$ ja 180°					Tuule suund $\theta = 90^\circ$				
	Tsoon	F	G	H	I	J	F	G	H	I
31°		-0,467	-0,467	-0,187	-0,387	-0,487	-1,1	-1,4	-0,807	-0,433
		+0,7	+0,7	+0,413	+0,0	+0,0				
Tuulerõhk w_e (kN/m ²)		-0,193	-0,193	-0,077	-0,16	-0,201	-0,454	-0,578	-0,333	-0,179
		0,289	0,289	0,170	0	0				
Tuulerõhu joonkoormus Q_k (kN/m)		-0,116	-0,116	-0,046	-0,096	-0,121	-0,273	-0,347	-0,2	-0,107
		0,174	0,174	0,102	0	0				



Joonis 3. Põhja-lõunasuunalise tuule $\theta = 0^\circ$ ja $\theta = 180^\circ$ koormustsoonid



Joonis 4. Idasuunalise tuule $\theta = 90^\circ$ koormustsoonid

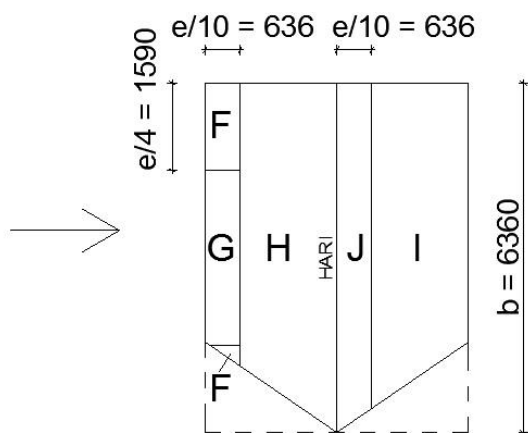
Katus kaldega $\alpha_3 = 34^\circ$

Tabel 4. Kahekaldelise katuse $\alpha_3 = 34^\circ$ tuulerõhutegurid $c_{pe,10}$

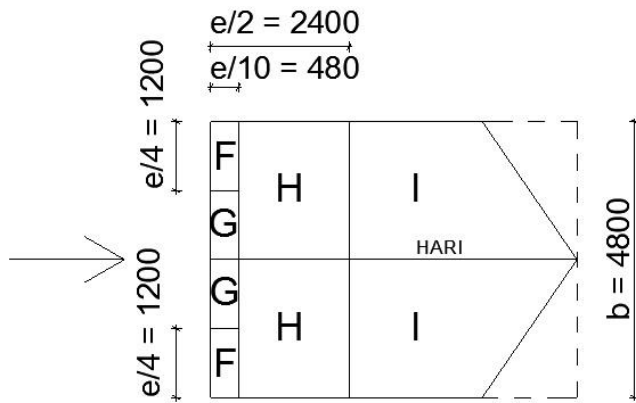
Katuse Kaldenurk α	Tuule suund $\theta = 0^\circ$ ja 180°					Tuule suund $\theta = 90^\circ$				
	Tsoon	F	G	H	I	J	F	G	H	I
45°		-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3	-1,1	-1,4	-0,9	0,5
		+0,7	+0,7	+0,6	+0,0	+0,0				
34°		-0,367	-0,367	-0,147	-0,347	-0,447	-1,1	-1,4	-0,827	-0,233
		+0,7	+0,7	+0,453	+0,0	+0,0				
30°		-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
		+0,7	+0,7	+0,4	+0,0	+0,0				

Tabel 5. Kahekaldelise katuse $\alpha_3 = 34^\circ$ tuulerõhu väärtused

Katuse kaldenurk α	Tuule suund $\theta = 0^\circ$ ja 180°					Tuule suund $\theta = 90^\circ$				
	Tsoon	F	G	H	I	J	F	G	H	I
34°		-0,367	-0,367	-0,147	-0,347	-0,447	-1,1	-1,4	-0,827	-0,233
		+0,7	+0,7	+0,453	+0,0	+0,0				
Tuulerõhk w_e (kN/m ²)		-0,151	-0,151	-0,061	-0,143	-0,184	-0,454	-0,578	-0,341	-0,096
		0,289	0,289	0,187	0	0				
Tuulerõhu joonkoormus Q_k (kN/m)		-0,091	-0,091	-0,036	-0,086	-0,111	-0,273	-0,347	-0,205	-0,058
		0,174	0,174	0,112	0	0				



Joonis 5. Põhja-lõunasuunalise tuule $\theta = 0^\circ$ ja $\theta = 180^\circ$ koormustsoonid



Joonis 6. Läänesuunalise tuule $\theta = 90^\circ$ koormustsoonid

2.8 Konstruktsioonide omakaalukoormused

Omakaalukoormus on tingitud konstruktsioonide omakaalust. Konstruktsioonide omakaalukoormus leitakse konstruktsioonimaterjalide mõõtmete, sammu ja mahukaalu järgi. Materjalide mahukaalude väärtused võetakse standardist EVS-EN 1991-1-1:2002+NA:2002 [11], Ehituskonstruktori käsiraamatust [16] ja materjalitootjate tootekataloogidest.

2.8.1 Katuse omakaal

Väljaehitiste katuse materjalid ja omakaalukoormused on esitatud tabelis 6.

Tabel 6. Katuste kaldega $\alpha_2 = 31^\circ$ ja $\alpha_3 = 34^\circ$ materjalid ja omakaalukoormused

Materjal	Laius	Kõrgus	Samm	Mahukaal	Normkoormus
	m	m	m	kN/m ³	kN/m ²
	b	h	s	γ	g_k
Katusekivi Monier Protector	-	-	-	-	0,400
Roovitus	0,05	0,05	0,35	5,00	0,036
Tuulutusliist	0,05	0,025	0,6	5,00	0,010
Mittehingav aluskate Spanflex	-	-	-	-	0,002
Tuulutusliist	0,05	0,05	0,6	5,00	0,021
Tuuletõkkeplaat Isover VKL	1,2	0,013	1,2	1,18	0,015
Sarikas	0,05	0,2	0,6	5,00	0,083
Kokku:					0,568

Katuste kaldega $\alpha_2 = 31^\circ$ ja $\alpha_3 = 34^\circ$ normatiivseks omakaaluks võetakse arvutustes $g_{k,K} = 0,568 \text{ kN/m}^2$.

2.8.2 Katuslae omakaal

Katuslae materjalid ja omakaal on esitatud tabelis 7.

Tabel 7. Katuslae materjalid ja omakaalukoormused

Materjal	Laius	Kõrgus	Samm	Mahukaal	Normkoormus
	m	m	m	kN/m^3	kN/m^2
	b	h	s	γ	g_k
Katusekivi	-	-	-	-	0,400
Roovitus	0,05	0,05	0,35	5,00	0,036
Tuulutusliist	0,05	0,025	0,6	5,00	0,010
Mittehingav aluskate Spanflex	-	-	-	-	0,002
Tuulutusliist	0,05	0,05	0,6	5,00	0,021
Tuuletõkkeplaat Isover VKL	1,2	0,013	1,2	1,18	0,015
Sarikas	0,05	0,2	0,6	5,00	0,083
Mineraalvill Paroc Extra	0,55	0,2	0,6	0,28	0,051
Aurutõke Paroc XMV 020bas	3	0,0002	2,8	9,60	0,002
Puitpruss	0,05	0,05	0,6	5,00	0,021
Mineraalvill Paroc Extra	0,55	0,05	0,6	0,28	0,013
Kipsplaat	1,2	0,013	1,2	7,40	0,093
Kokku:					0,747

Katuslae normatiivseks omakaaluks võetakse arvutustes $g_{k,KL} = 0,747 \text{ kN/m}^2$.

2.8.3 Vahelae omakaal

Vahelagede materjalid ja omakaalud on esitatud tabelites 8 ja 9.

Tabel 8. Vahelae materjalid ja omakaalukoormused lisatalaga lõikes

Materjal	Laius	Kõrgus	Samm	Mahukaal	Normkoormus
	m	m	m	kN/m ³	kN/m ²
	b	h	s	γ	g _k
Korkparkett	0,3	0,01	0,3	7,80	0,078
Parketi alusvaip	1,2	0,002	1,2	0,45	0,001
Puitlaastplaat OSB	2,5	0,018	2,5	6,00	0,108
Müratõkkeplaat Isover Flo	0,6	0,02	0,6	0,85	0,017
Puitlaastplaat OSB	2,5	0,022	2,5	6,00	0,132
Vahelaetala	0,05	0,2	0,405	5,00	0,123
Mineraalvill Paroc Extra	0,355	0,2	0,405	0,28	0,049
Distantssliist	0,05	0,022	0,4	5,00	0,014
Sisevoodrilaud	0,12	0,012	0,12	5,00	0,060
Kokku:					0,582

Vahelae normatiivseks omakaaluks lisatalaga lõikes võetakse arvutustes $g_{k,VL1} = 0,582 \text{ kN/m}^2$.

Tabel 9. Vahelae materjalid ja omakaalu koormused olemasoleva talaga lõikes

Materjal	Laius	Kõrgus	Samm	Mahukaal	Normkoormus
	m	m	m	kN/m ³	kN/m ²
	b	h	s	γ	g _k
Korkparkett	0,3	0,01	0,3	7,80	0,078
Parketi alusvaip	1,2	0,002	1,2	0,45	0,001
Puitlaastplaat OSB	2,5	0,018	2,5	6,00	0,108
Müratõkkeplaat Isover Flo	0,6	0,02	0,6	0,85	0,017
Puitlaastplaat OSB	2,5	0,022	2,5	6,00	0,132
Vahelaetala	0,2	0,2	0,405	5,00	0,494
Mineraalvill Paroc Extra	0,205	0,2	0,405	0,28	0,028
Distantssliist	0,05	0,022	0,4	5,00	0,014
Sisevoodrilaud	0,12	0,012	0,12	5,00	0,060
Kokku:					0,932

Vahelae normatiivseks omakaaluks olemasoleva talaga lõikes võetakse arvutustes $g_{k,VL1.1} = 0,932 \text{ kN/m}^2$.

2.8.4 Esiku katuslae omakaal

Esiku katuslae materjalid ja omakaal on esitatud tabelis 10.

Tabel 10. Esiku katuslae materjalid ja omakaalu koormused

Materjal	Laius	Kõrgus	Samm	Mahukaal	Normkoormus
	m	m	m	kN/m ³	kN/m ²
	b	h	s	γ	g_k
Terrassilaud	0,12	0,028	0,125	5,00	0,134
Distantliist	0,05	0,025	0,6	5,00	0,010
2x SBS	1	0,006	0,9	11,70	0,078
Puitlaastplaat OSB	2,5	0,012	2,5	6,00	0,072
Tuulutusliist	0,05	0,1	0,6	5,00	0,042
Tuuletõkkeplaat Isover VKL	1,2	0,013	1,18	1,18	0,015
Vahelaetala	0,05	0,25	0,6	5,00	0,104
Mineraalvill Paroc Extra	0,55	0,25	0,6	0,28	0,064
Aurutõke Paroc XMV 020bas	3	0,0002	2,8	9,60	0,002
Puitpruss	0,05	0,05	0,6	5,00	0,021
Mineraalvill Paroc Extra	0,55	0,05	0,6	0,28	0,013
Sisevoodrilaud	0,12	0,012	0,12	5,00	0,060
Kokku:					0,616

Esiku katuslae normatiivseks omakaaluks võetakse arvutustes $g_{k,VL4} = 0,616 \text{ kN/m}^2$.

2.8.5 Pööninglae omakaal

Pööninglae materjalid ja omakaal on esitatud tabelis 11.

Tabel 11. Pööninglae materjalid ja omakaalu koormused

Materjal	Laius	Kõrgus	Samm	Mahukaal	Normkoormus
	m	m	m	kN/m ³	kN/m ²
	b	h	s	γ	g_k
Puistevill Paroc BLT 3	-	0,2	-	0,33	0,066
Penn	0,05	0,2	0,6	5,00	0,083
Puistevill Paroc BLT 3	0,55	0,2	0,6	0,33	0,061
Aurutõke Paroc XMV 020bas	3	0,0002	2,8	9,6	0,002
Puitlaastplaat OSB	2,5	0,012	2,5	6,00	0,072
Distantliist	0,05	0,022	0,4	5,00	0,014
Sisevoodrilaud	0,12	0,012	0,12	5,00	0,060
Kokku:					0,358

Pööninglae normatiivseks omakaaluks võetakse arvutustes $g_{k,PL} = 0,358 \text{ kN/m}^2$.

2.8.6 Metallkarkassil kipsseina omakaal

Metallkarkassil kipsseina materjalid ja omakaal on esitatud tabelis 12.

Tabel 12. Metallkarkassil kipsseina materjalid ja omakaalukoormus

Materjal	Laius	Paksus	Samm	Mahukaal	Normkoormus
	m	m	m	kN/m ³	kN/m ²
	b	h	s	γ	g_k
Kipsplaat 2x	1,2	0,025	1,2	7,40	0,185
Metallkarkass	0,035	0,095	0,6	-	0,005
Mineraalvill Paroc Extra	0,6	0,1	0,6	0,28	0,028
Kipsplaat 2x	1,2	0,025	1,2	7,40	0,185
Kokku:					0,403

Metallkarkassil kipsseina normatiivseks omakaaluks võetakse arvutustes $g_{k,vahesein} = 0,403 \text{ kN/m}^2$.

2.9 Sarikate tugevuskontroll

Hoone katus koosneb kolmest erineva kaldega viilkatusest, põhikatus on 45° kaldega katuslagi ning väljaehitiste katuste kalded on 31° ja 34°. Põhikatuse kandekonstruktsiooni moodustavad sarikad, penn, penni alune pärilin, harjapärilin ning pärilineid toestav puitkarkass-sein. Väljaehitiste katuse kandekonstruktsiooni moodustavad sarikad ja pennid. Erinevate kalletega katuste liitumiskohtades paiknevad neelusarikad, mis toetuvad põhisarikale ja harjapärilinile.

Käesolevas magistritöös teostatakse sarikate tugevuskontroll kõige kriitilisema koormus-kombinatsiooni korral erinevate katuseosade sarikatele lähtuvalt standardist EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009 [14].

2.9.1 Projekteeritavad sarikad

Rekonstrueeritava hoone katuse sarikateks kasutatakse saematerjali ristlõikega 50x200 mm, mis paigaldatakse sammuga 600 mm. Materjali tugevusklassiks on arvestatud C22. Konstruksiooni kasutusklass on 1.

Saematerjali tugevusklassiga C22 tugevusomadused võetakse standardist EVS-EN 338:2009 [15].

Tugevusklass:	C22
Paindetugevus:	$f_{m,k} = 22 \text{ N/mm}^2$
Survetugevus(pikikiudu):	$f_{c,0,k} = 20 \text{ N/mm}^2$
Elastsusmoodul (5% pikikiudu):	$E_{0,05} = 6700 \text{ N/mm}^2$

Materjali tugevusomaduse arvutusväärtus X_d leitakse standardi EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009 [14] kohaselt valemiga:

$$X_d = k_{mod} \cdot \frac{X_k}{\gamma_M}, \quad (9)$$

kus

- k_{mod} - koormuse kestuse ja niiskussisalduse mõju arvestav modifikatsioonitegur,
- X_k - tugevusomaduse normväärtus,
- γ_M - materjali omaduste osavarutegur.

2.9.2 Koormuskombinatsioonid

Katusekonstruktsiooni tugevusarvutuskontrolli tegemiseks sisestatakse arvutiprogrammi ROBOT vastavalt valemile 1 järgmised kandepiirseisundi koormuskombinatsioonid:

- $\gamma_G G_k + \gamma_Q Q_{k,lumi}$
- $\gamma_G G_k + \gamma_Q (Q_{k,lumi} + \Psi_{0,tuul} Q_{k,tuul})$
- $\gamma_G G_k + \gamma_Q Q_{k,tuul}$
- $\gamma_G G_k + \gamma_Q (Q_{k,tuul} + \Psi_{0,lumi} Q_{k,lumi})$

kus tuulekoormus $Q_{k,tuul}$ jaguneb tuule suuna ja tuulerõhu väärtuste alusel omakorda:

- Tuul 0° ja 180° neli võimaliku juhtu tähistatuna tsoonide järgi:
 - Suurim F/G/H ja suurim I/J
 - Vähim F/G/H ja suurim I/J
 - Suurim F/G/H ja vähim I/J
 - Vähim F/G/H ja vähim I/J
- Positiivne tuul 90° ja 270°
- Negatiivne tuul 90° ja 270°

Kombinatsiooni- ja osavarutegurite väärtused saadakse standardi EVS-EN 1990:2002+NA:2002 [10] tabelitest NA.1.1 ja NA.1.2(B):

$$\gamma_G = 1,20$$

$$\gamma_Q = 1,50$$

$$\Psi_{0,tuul} = 0,6$$

$$\Psi_{0,lumi} = 0,5$$

2.9.3 Sarika kandevõime kontroll survele koos paindega

Sarika kandevõime kontroll teostatakse surutud ja painutatud elemendi arvutusmeetodist lähtudes. Standardi EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009 [14] kohaselt peavad suhtelise saledusega $\lambda_{rel} > 0,3$ varda korral olema täidetud tingimused:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (10)$$

ja

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad , \quad (11)$$

kus

- $\sigma_{c,0,d}$ - arvutuslik survepinge pikikiudu,
- $\sigma_{m,z(y),d}$ - arvutuslik paindepinge z- või y-telje suhtes,
- $f_{c,0,d}$ - arvutuslik survetugevus pikikiudu,
- $f_{m,z(y),d}$ - arvutuslik paindetugevus z- või y-telje suhtes,
- $k_{c,z(y)}$ - ebastabiilsust arvestav tegur,

k_m - tegur, mis arvestab painepinge ümberjaotus ristlõikes, täisnurkse ristlõike korral $k_m = 0,7$.

Arvutuslik survepinge $\sigma_{c,0,d}$ pikikiudu leitakse valemiga:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{c,d}}{A} , \quad (12)$$

kus

A - ristlõike pindala,
 $F_{c,d}$ - arvutuslik survejõud.

Arvutuslik painepinge $\sigma_{m,z(y),d}$ leitakse valemiga:

$$\sigma_{m,z(y),d} = \frac{M_{z(y),d}}{W_{z(y)}} , \quad (13)$$

kus

$M_{z(y),d}$ - paindemomendi z- või y- telje suhtes arvutusväärtus,
 $W_{z(y)}$ - ristlõike vastupanumoment z- või y-telje suhtes.

Nõtketegurid $k_{c,z}$ ja $k_{c,y}$ leitakse valemiga:

$$k_{c,z(y)} = \frac{1}{k_{z(y)} + \sqrt{k_{z(y)}^2 - \lambda_{rel,z(y)}^2}} , \quad (14)$$

Ebastabiilsustegur $k_{z(y)}$ leitakse valemiga:

$$k_{z(y)} = 0,5 \cdot [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z(y)} - 0,3) + \lambda_{rel,z(y)}^2] , \quad (15)$$

kus

β_c - sirguse tegur, monoliitpuidu(saepuidu) korral 0,2,
 $\lambda_{rel,z(y)}$ - suhteline saledus.

Suhtelised saledused leitakse valemiga:

$$\lambda_{rel,z(y)} = \frac{\lambda_{z(y)}}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} , \quad (16)$$

kus

$f_{c,0,k}$ - normatiivne survetugevus pikikiudu,

$E_{0,05}$ - 5% elastsusmoodul pikikiudu,

$\lambda_{z(y)}$ - saledus z- või y-telje suhtes.

Saledus telgede suhtes leitakse valemiga:

$$\lambda_{z(y)} = \frac{l_{ef,z(y)}}{i_{z(y)}} , \quad (17)$$

kus

$l_{ef,z(y)}$ - nõtkepikkus z- või y-telje suhtes,

$i_{z(y)}$ - inertsiraadius z- või y-telje suhtes.

Inertsiraadiused ristkülikulise ristlõike korral leitakse valemitega:

$$i_z = \frac{b}{\sqrt{12}} \quad (18)$$

ja

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} , \quad (19)$$

kus

b - ristlõike laius,

h - ristlõike kõrgus

Nõtkepikkus $l_{ef,z(y)}$ leitakse liigendkinnitusega varda korral valemiga:

$$l_{ef,z(y)} = 1,0 \cdot l , \quad (20)$$

kus

l - varda pikkus.

2.9.4 Sarikas kaldega 45°

2.9.4.1 Koormuskombinatsioon

Arvutiprogrammi ROBOT sisestatud katuse kandekonstruktsiooni andmete põhjal kujuneb tugevusarvutustes kandepiir seisundis kriitilisemaks koormuskombinatsiooniks: omakaalu koormus + domineeriv lumi (kuhjunud lume koormusvariant) + tuul 0° (suurim F/G/H ja vähim I/J).

Vastavalt koormuskombinatsioonide valemile 1:

$$\gamma_G G_k + \gamma_Q (Q_{k,lumi} + \Psi_{0,tuul} Q_{k,tuul})$$

2.9.4.2 Joonkoormused

Sarikatele mõjuvad joonkoormused saadakse sarikatele mõjuvate lauskoormuste korrutamisel sarikate sammuga $s = 600$ mm.

Normatiivsed alaliskoormused

Pööninglae omakaal: $G_{k,PL} = 0,358 \cdot 0,6 = 0,215$ kN/m

Katuslae omakaal: $G_{k,KL} = 0,747 \cdot 0,6 = 0,448$ kN/m

Normatiivsed muutuvkoormused

Lumekoormus:

Vastavalt standardi EVS-EN 1991-1-3:2006+NA:2006 [12] joonisele 5.3 kuhjunud lume koormusvariandi korral:

$$Q_{k,lumi1} = 0,5 \cdot 0,6 = 0,300 \text{ kN/m}$$

$$Q_{k,lumi2} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,6 = 0,150 \text{ kN/m}$$

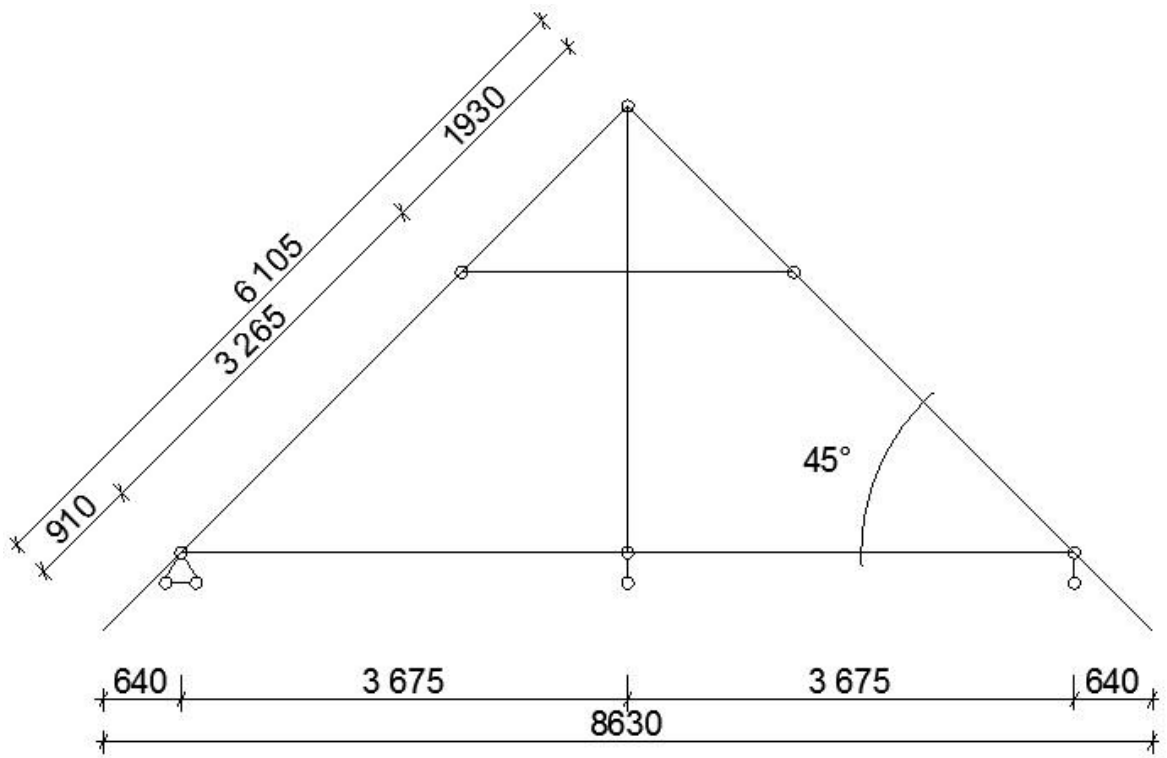
Tuulekoormus: Tabel 1 kohaselt

$$Q_{k,tuul1} = 0,174 \text{ kN/m}$$

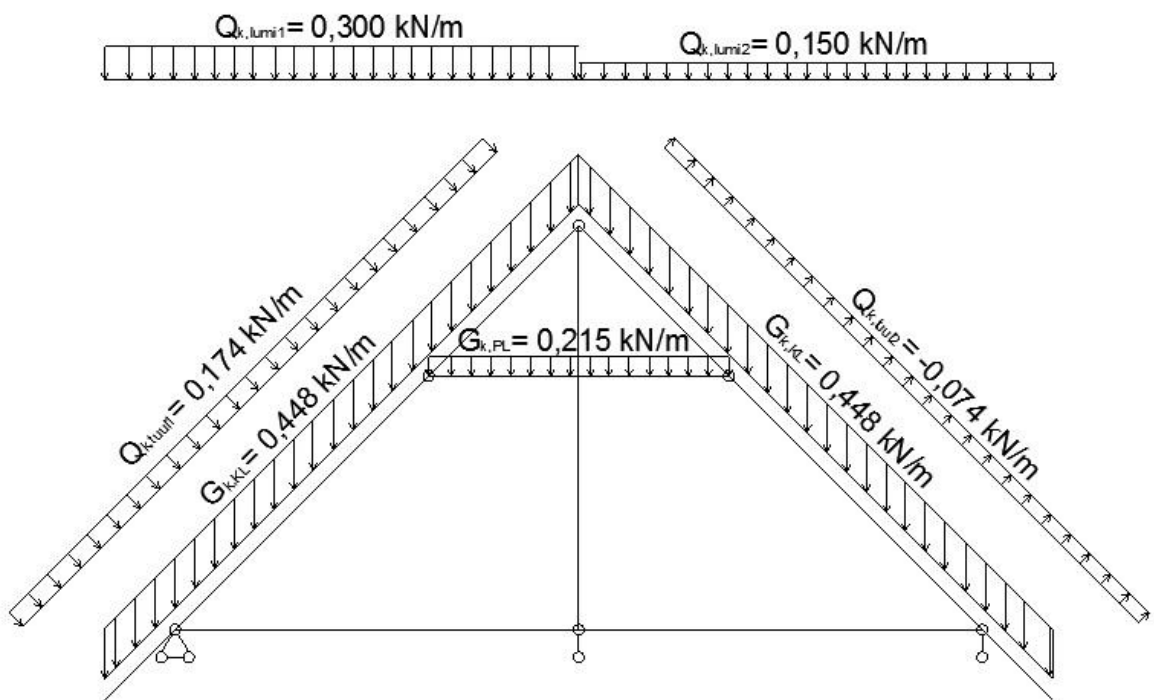
$$Q_{k,tuul2} = -0,074 \text{ kN/m}$$

2.9.4.3 Epüürid

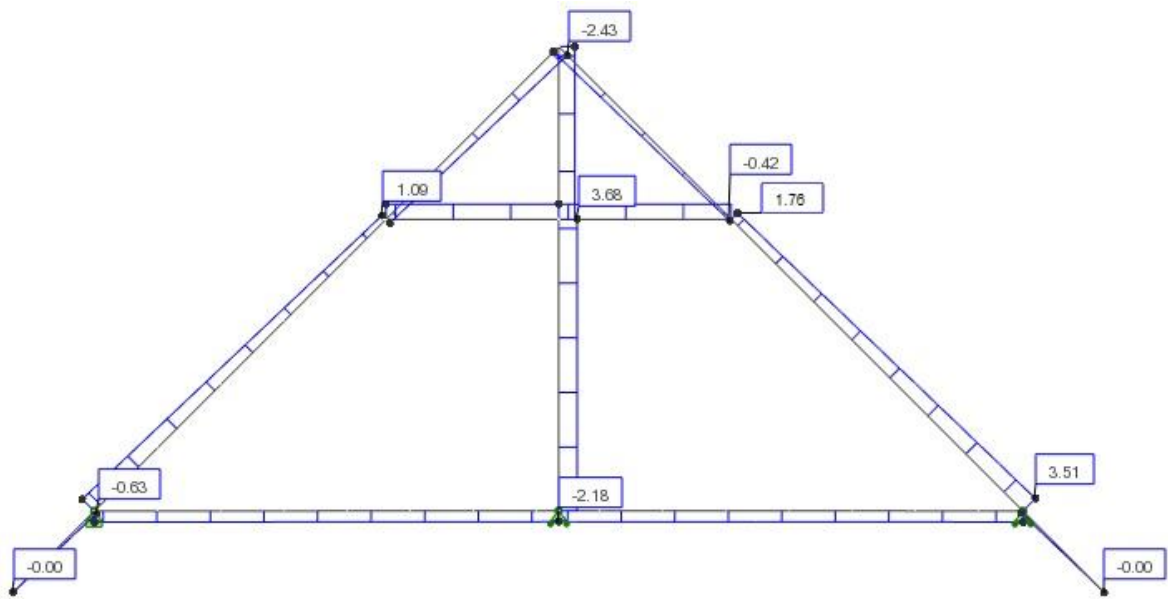
Joonisel 7 on välja toodud katuse kandekonstruktsiooni arvutuskeem, joonisel 8 kriitilisema koormuskombinatsiooni korral katusekonstruktsioonile mõjuvad koormused. Joonistel 9–11 on esitatud sisejõudude epüürid kriitilisema koormuskombinatsiooni korral. Joonisel 12 on toodud katusekonstruktsiooni deformatsioonid kasutuspiirseisundis.



Joonis 7. Varrasskeem (mm)

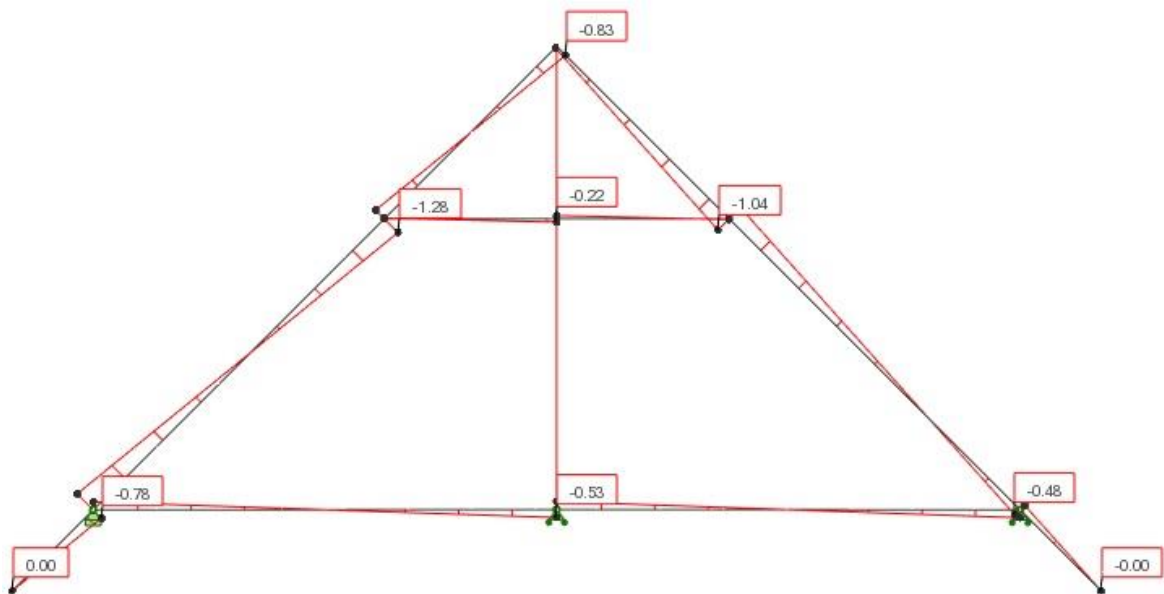


Joonis 8. Koormuskeem

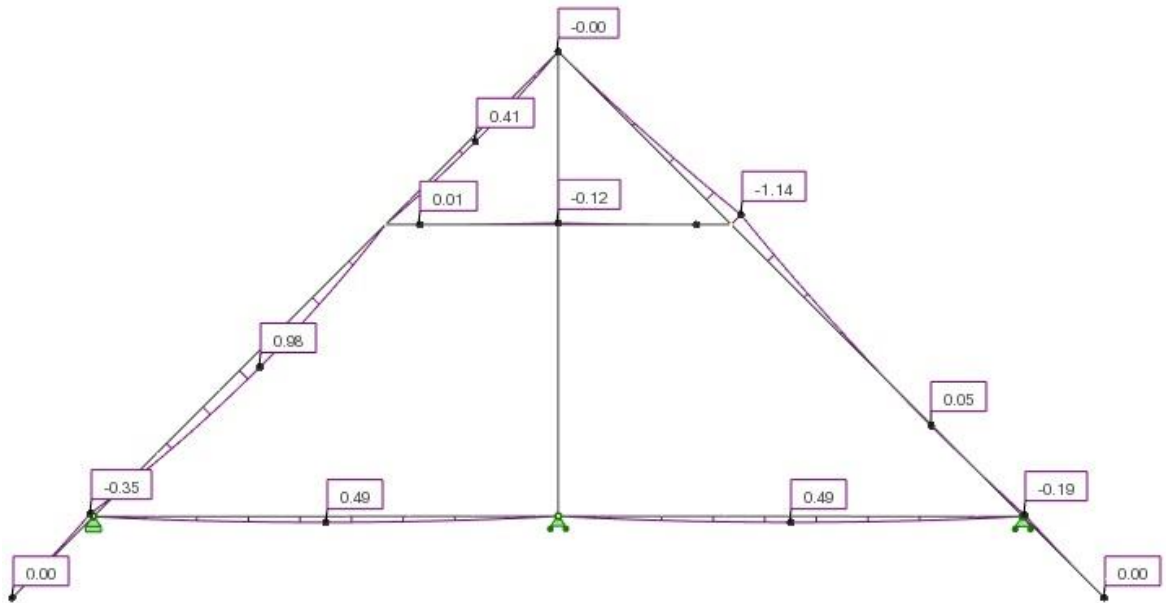


Joonis 9. Pikijõudude epüürid (kN)

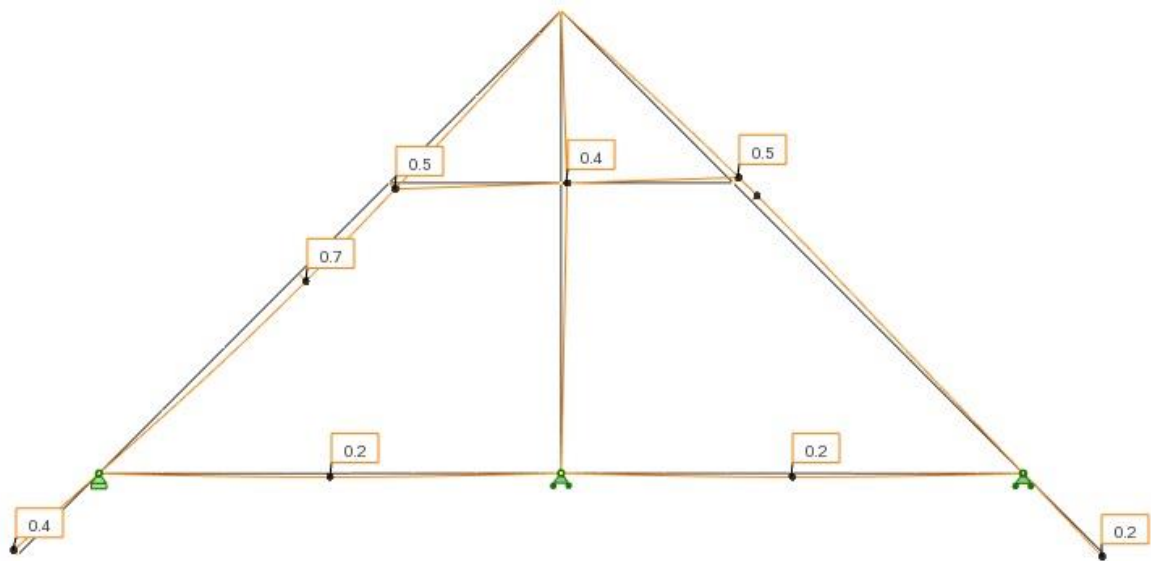
Joonisel 9 on tõmbejõud negatiivse(-) märgiga ja survejõud positiivse(+) märgiga.



Joonis 10. Põikjõudude epüürid (kN)



Joonis 11. Paindemomentide epüürid (kNm)



Joonis 12. Deformatsioonid kasutuspiirseisundis (cm)

2.9.4.4 Kandevõime kontroll survele koos paindega

Arvutiprogrammist ROBOT saadud epüüridelt leitakse sarikale mõjuv maksimaalne paindemoment $M_{sd} = 1,14 \text{ kNm}$ ja samas lõikes tekkev survejõud $N_d = F_{c,d} = 1,76 \text{ kN}$.

Sarika nõtkepikkus:

Sarika nõtkepikkus y-telje suhtes vastavalt valemile 20:

$$l_{ef,y} = 1,0 \cdot 3265 = 3265 \text{ mm}$$

Sarika nõtkes z-telje suhtes on tagatud roovlattidega.

Inertsiraadius y-telje suhtes vastavalt valemile 19:

$$i_y = \frac{200}{\sqrt{12}} = 57,74 \text{ mm}$$

Sarika saledus y-telje suhtes vastavalt valemile 17:

$$\lambda_y = \frac{3265}{57,74} = 56,55$$

Suhteline saledus y-telje suhtes vastavalt valemile 16:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{56,55}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{20}{6700}} = 0,98$$

Ebastabiilsustegur y-telje suhtes vastavalt valemile 15:

$$k_y = 0,5 \cdot [1 + 0,2(0,98 - 0,3) + 0,98^2] = 1,05$$

Nõtketegur y-telje suhtes vastavalt valemile 14:

$$k_{c,y} = \frac{1}{1,05 + \sqrt{1,05^2 - 0,98^2}} = 0,70$$

Nõtketegur z-telje suhtes võetakse $k_{c,z} = 1$, kuna sarikaid ühendavate roovlattidega on stabiilsus tagatud. Seega z-telje suhtes nõtket ei arvestata.

Materjali osavaruteguri γ_M ja modifikatsiooniteguri k_{mod} väärtused saadakse standardi EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009 [14] tabelitest 2.3 ja 3.1:

$$\gamma_M = 1,3 \text{ (saepuit)}$$

$$k_{mod} = 0,90 \text{ (lühiajaline koormus)}$$

Puidu arvutuslik paindetugevus vastavalt valemile 9:

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = 0,9 \cdot \frac{22}{1,3} = 15,23 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik survetugevus vastavalt valemile 9:

$$f_{c,0,d} = 0,9 \cdot \frac{20}{1,3} = 13,85 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik paindepinge vastavalt valemile 13:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{1,14 \cdot 10^6 \cdot 6}{50 \cdot 200^2} = 3,42 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik survepinge vastavalt valemile 12:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{1,76 \cdot 10^3}{50 \cdot 200} = 0,176 \text{ N/mm}^2$$

Sarika kandevõime kontroll survele koos paindega vastavalt valemitele 10 ja 11:

$$\frac{0,176}{0,70 \cdot 13,85} + \frac{3,42}{15,23} + 0,7 \cdot \frac{0}{15,23} = 0,24 \leq 1$$

$$\frac{0,176}{1 \cdot 13,85} + 0,7 \cdot \frac{3,42}{15,23} + \frac{0}{15,23} = 0,17 \leq 1$$

Sarikate kandevõime survele koos paindega on tagatud.

2.9.5 Sarikas kaldega 31°

2.9.5.1 Koormuskombinatsioon

Arvutiprogrammi ROBOT sisestatud katuse kandekonstruktsiooni andmete põhjal kujuneb tugevusarvutustes kandepiiriseisundis kriitilisemaks koormuskombinatsiooniks: omakaalukoormus + domineeriv lumi + tuul 0° (suurim F/G/H ja suurim I/J) .

Vastavalt koormuskombinatsioonide valemile 1:

$$\gamma_G G_k + \gamma_Q (Q_{k,lumi} + \Psi_{0,tuul} Q_{k,tuul})$$

2.9.5.2 Joonkoormused

Sarikatele mõjuvad joonkoormused saadakse sarikatele mõjuvate lauskoormuste korrutamisel sarikate sammuga $s = 600$ mm.

Normatiivsed alaliskoormused

Katuse omakaal: $G_{k,K} = 0,568 \cdot 0,6 = 0,341$ kN/m

Normatiivsed muutuvkoormused

Lumekoormus:

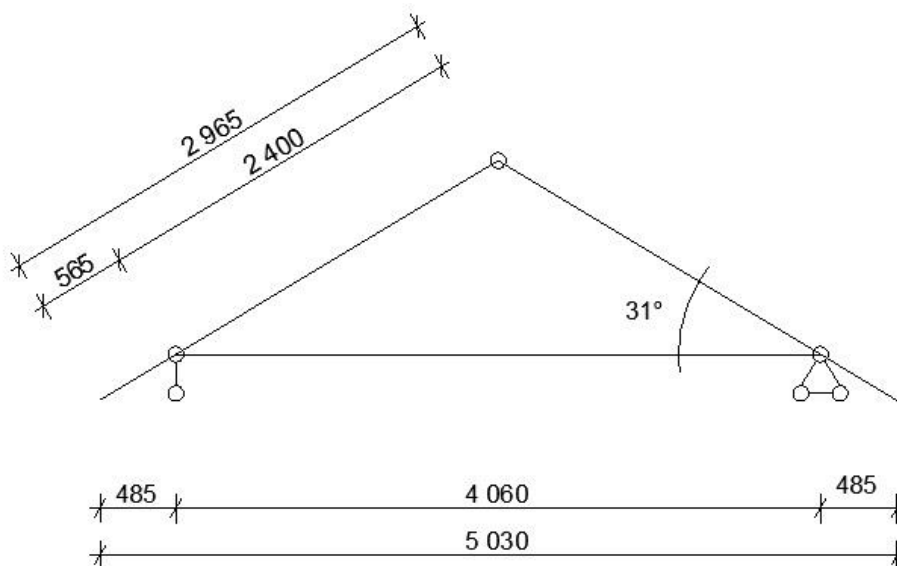
$$Q_{k,lumi} = 0,966 \cdot 0,6 = 0,580 \text{ kN/m}$$

Tuulekoormus: Tabel 3 kohaselt

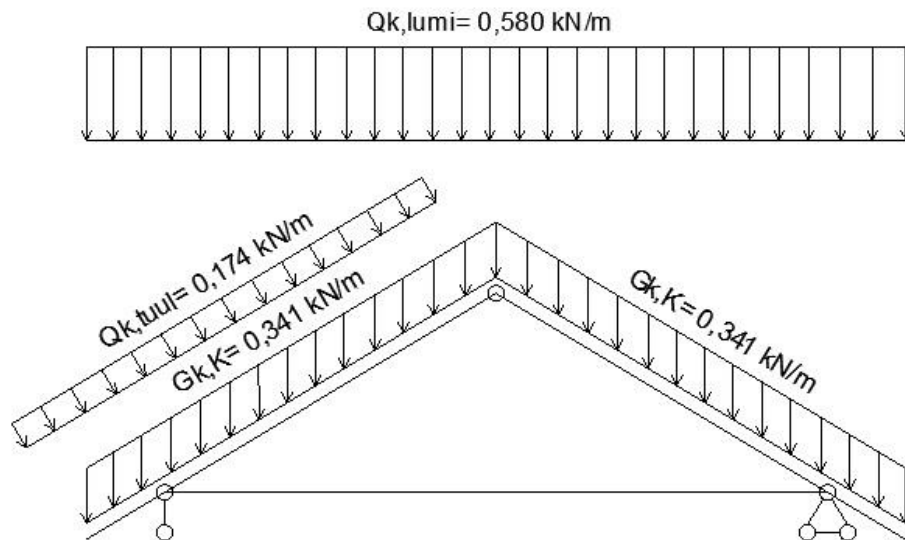
$$Q_{k,tuul} = 0,174 \text{ kN/m}$$

2.9.5.3 Epüürid

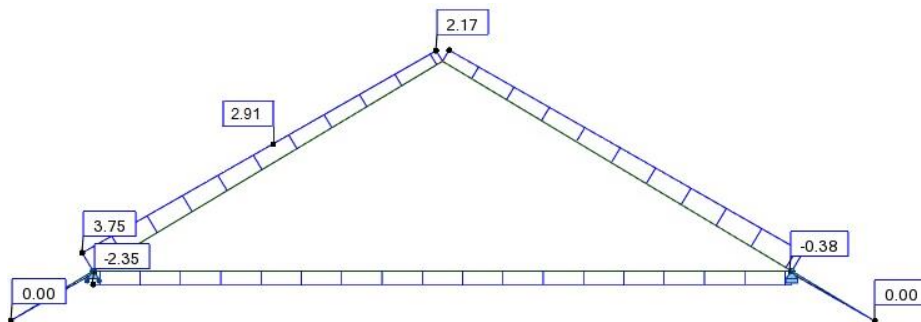
Joonisel 13 on välja toodud katuse kandekonstruktsiooni arvutuskeem, joonisel 14 kriitilisema koormuskombinatsiooni korral katusekonstruktsioonile mõjuvad koormused. Joonistel 15–17 on esitatud sisejõudude epüürid kriitilisema koormuskombinatsiooni korral. Joonisel 18 on toodud katusekonstruktsiooni deformatsioonid kasutuspiirsesundis.



Joonis 13. Varraskeem (mm)

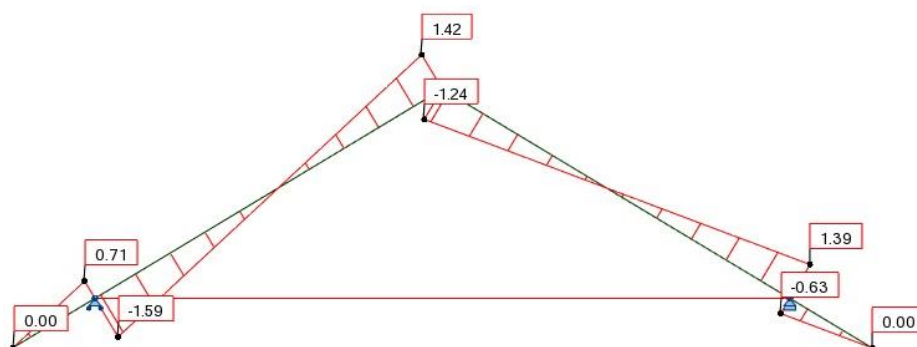


Joonis 14. Koormusskeem

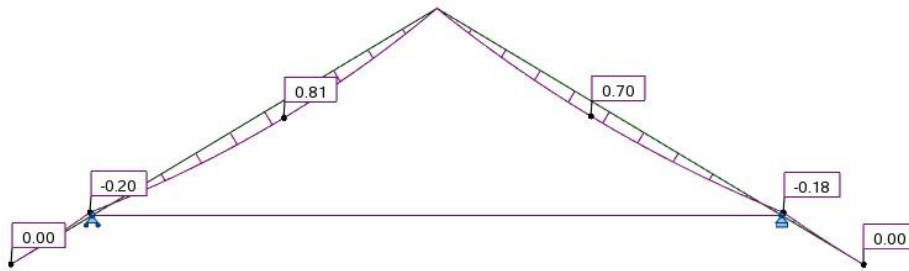


Joonis 15. Pikijõudude epüürid (kN)

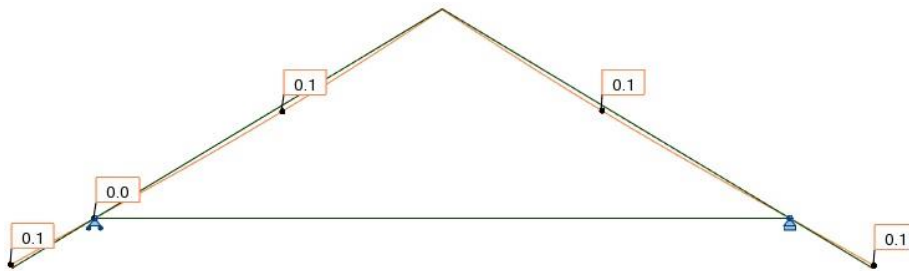
Joonisel 15 on tõmbejõud negatiivse(-) märgiga ja survejõud positiivse(+) märgiga.



Joonis 16. Põikjõudude epüürid (kN)



Joonis 17. Paindemomentide epüürid (kNm)



Joonis 18. Deformatsioonid kasutuspiirseisundis (cm)

2.9.5.4 Kandevõime kontroll survele koos paindega

Arvutiprogrammist ROBOT saadud epüüridelt leitakse sarikale mõjuv maksimaalne paindemoment $M_{sd} = 0,81 \text{ kNm}$ ja samas lõikes tekkev survejõud $N_d = F_{c,d} = 2,91 \text{ kN}$.

Sarika kaldega 31° kandevõime kontroll survele koos paindega on teostatud alapunkti 2.9.3 põhjal. Arvutuskäik on toodud lisa 3.

Tugevustingimus:

$$\frac{0,291}{0,87 \cdot 13,85} + \frac{2,43}{15,23} + 0,7 \cdot \frac{0}{15,23} = 0,18 \leq 1$$

$$\frac{0,291}{1 \cdot 13,85} + 0,7 \cdot \frac{2,43}{15,23} + \frac{0}{15,23} = 0,13 \leq 1$$

Sarikate kandevõime survele koos paindega on tagatud.

2.9.6 Sarikas kaldega 34°

2.9.6.1 Koormuskombinatsioon

Arvutiprogrammi ROBOT sisestatud katuse kandekonstruktsiooni andmete põhjal kujuneb tugevusarvutustes kandepiir seisundis kriitilisemaks koormuskombinatsiooniks: omakaalukoormus + domineeriv lumi + tuul 0° (suurim F/G/H ja suurim I/J) .

Vastavalt koormuskombinatsioonide valemile 1:

$$\gamma_G G_k + \gamma_Q (Q_{k,lumi} + \Psi_{0,tuul} Q_{k,tuul})$$

2.9.6.2 Joonkoormused

Sarikatele mõjuvad joonkoormused saadakse sarikatele mõjuvate lauskoormuste korrutamisel sarikate sammuga $s = 600$ mm.

Normatiivsed alaliskoormused

Katuse omakaal: $G_{k,K} = 0,568 \cdot 0,6 = 0,341$ kN/m

Normatiivsed muutuvkoormused

Lumekoormus:

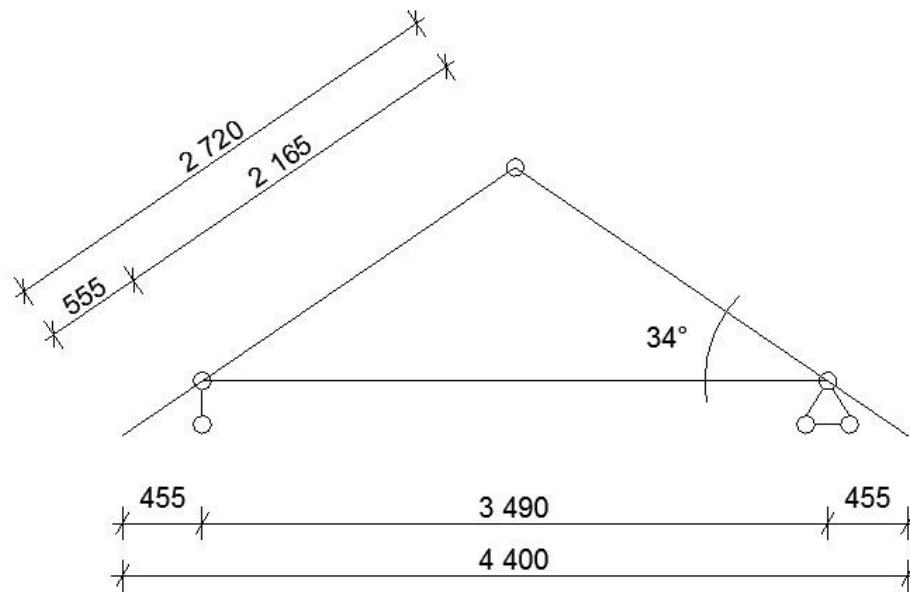
$$Q_{k,lumi} = 0,866 \cdot 0,6 = 0,520 \text{ kN/m}$$

Tuulekoormus: Tabel 5 kohaselt

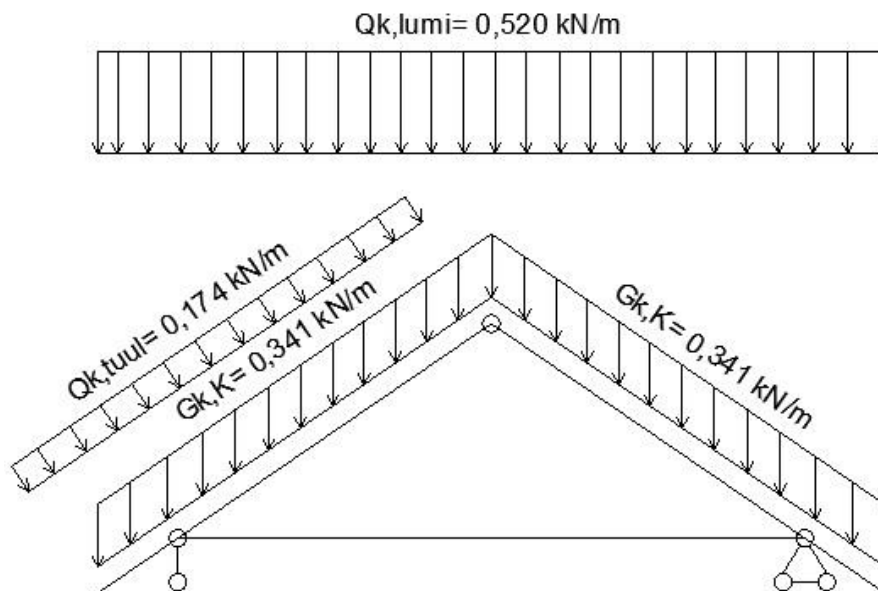
$$Q_{k,tuul} = 0,174 \text{ kN/m}$$

2.9.6.3 Epüürid

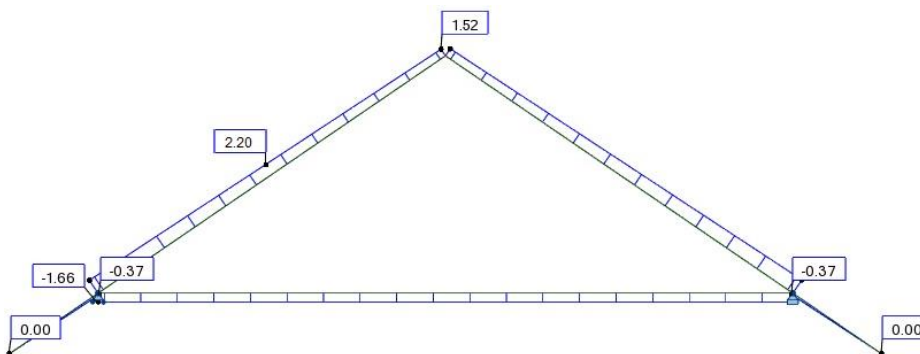
Joonisel 19 on välja toodud katuse kandekonstruktsiooni arvutuskeem, joonisel 20 kriitilisema koormuskombinatsiooni korral katusekonstruktsioonile mõjuvad koormused. Joonistel 21–23 on esitatud sisejõudude epüürid kriitilisema koormuskombinatsiooni korral. Joonisel 24 on toodud katusekonstruktsiooni deformatsioonid kasutuspiir seisundis.



Joonis 19. Arvutuskeem (mm)

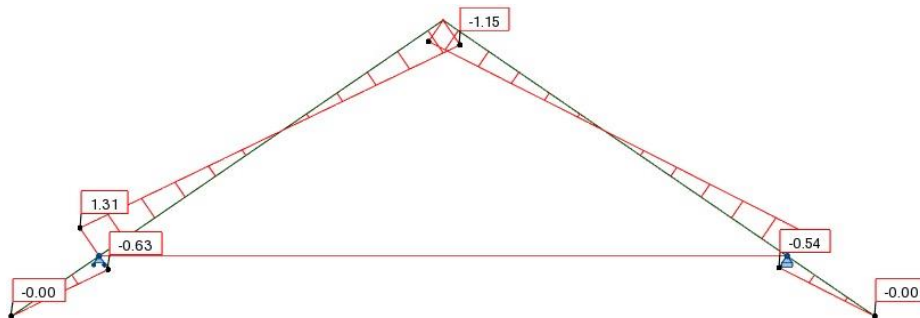


Joonis 20. Koormuskeem

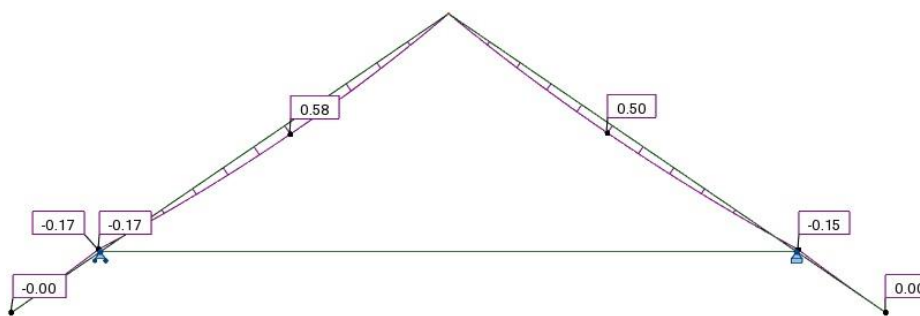


Joonis 21. Pikijõudude epüürid (kN)

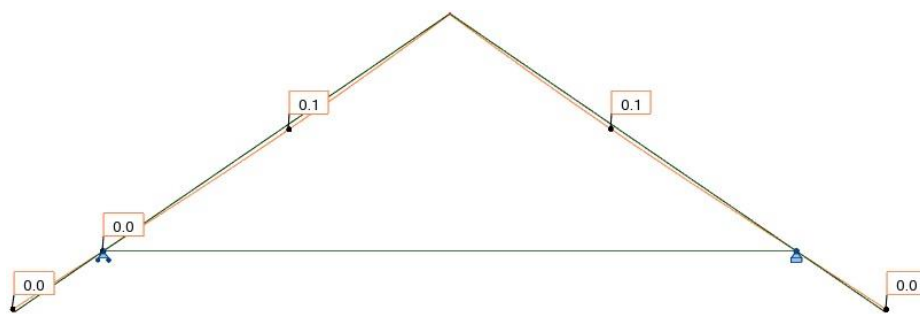
Joonisel 21 on tõmbejõud negatiivse(-) märgiga ja survejõud positiivse(+) märgiga.



Joonis 22. Põikjõudude epüürid (kN)



Joonis 23. Paindemomentide epüürid (kNm)



Joonis 24. Deformatsioonid kasutuspiirseisundis (cm)

2.9.6.4 Kandevõime kontroll survele koos paindega

Arvutiprogrammist ROBOT saadud epüüridelt leitakse sarikale mõjuv maksimaalne paindemoment $M_{sd} = 0,58 \text{ kNm}$ ja samas lõikes tekkiv pikijõud $N_d = F_{c,d} = 2,20 \text{ kN}$.

Sarika kaldega 34° kandevõime kontroll survele koos paindega on teostatud alapunkti 2.9.3 põhjal. Arvutuskäik on toodud lisa 3.

Tugevustingimus:

$$\frac{0,220}{0,89 \cdot 13,85} + \frac{1,74}{15,23} + 0,7 \cdot \frac{0}{15,23} = 0,13 \leq 1$$

$$\frac{0,220}{1 \cdot 13,85} + 0,7 \cdot \frac{1,74}{15,23} + \frac{0}{15,23} = 0,10 \leq 1$$

Sarikate kandevõime survele koos paindega on tagatud.

2.9.7 Neelusarikas

2.9.7.1 Koormuskombinatsioon

Tugevuskontroll teostatakse neelusarikale, mis on suurema sildega ja paikneb laugemas neeluosas, 45° ja 31° kaldega katuste liitumiskohas.

Neelusarikale mõjuvad koormused arvestatakse punktkoormustena, mis on tingitud neelusarikale toetuvatest sarikatest. Punktkoormuste väärtused saadakse toetuvatele sarikatele mõjuvate joonkoormuste tõttu neelusarikale tekkivatest z-telje sihelistest toereaktsioonidest kriitilisema koormuskombinatsiooni korral.

Arvutiprogrammi ROBOT sisestatud katuse kandekonstruktsiooni andmete põhjal kujuneb tugevusarvutustes kandepiirseisundis kriitilisemaks koormuskombinatsiooniks: omakaalukoormus + domineeriv lumi + tuul 0°.

Vastavalt koormuskombinatsioonide valemile 1:

$$\gamma_G G_k + \gamma_Q (Q_{k,lumi} + \Psi_{0,tuul} Q_{k,tuul})$$

2.9.7.2 Joonkoormused

Sarikatele mõjuvad joonkoormused saadakse sarikatele mõjuvate lauskoormuste korrutamisel sarikate sammuga $s = 600$ mm.

Normatiivsed alaliskoormused

Katuse omakaalu puhul on arvestatud neelusarika asukohaga, kus puudub soojustus.

Katuse omakaal: $G_{k,K} = 0,568 \cdot 0,6 = 0,341$ kN/m

Normatiivsed muutuvkoormused

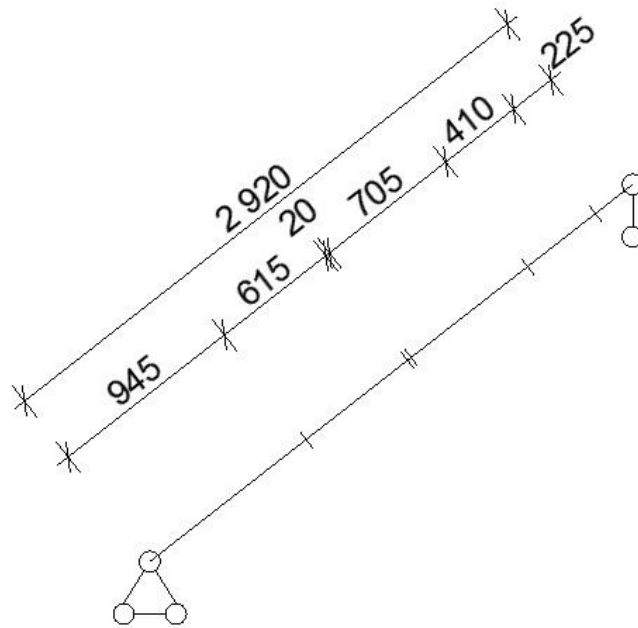
Lumekoormus:

$$Q_{k,lumi} = 2,0 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ kN/m}$$

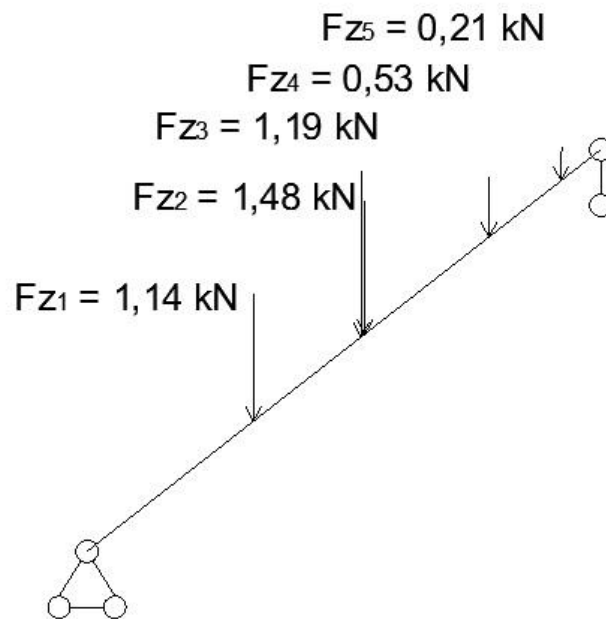
Tuulekoormused on arvestatud erineva katusekaldega neeluosadele eraldi ning kantud neelusarikale toetuvatele sarikatele joonkoormusena. Tuule suunad koormuskombinatsioonides on tähistatud lähtuvalt põhikatuse tuule suundadest, seega tähistus tuul 0° neeluosas tähendab tuule puhumist 45° kaldega katuse harjaga risti. Tuulerõhu joonkoormused on määratud lähtuvalt neelusarika asukohast tuulerõhu koormustsoonides.

2.9.7.3 Epüürid

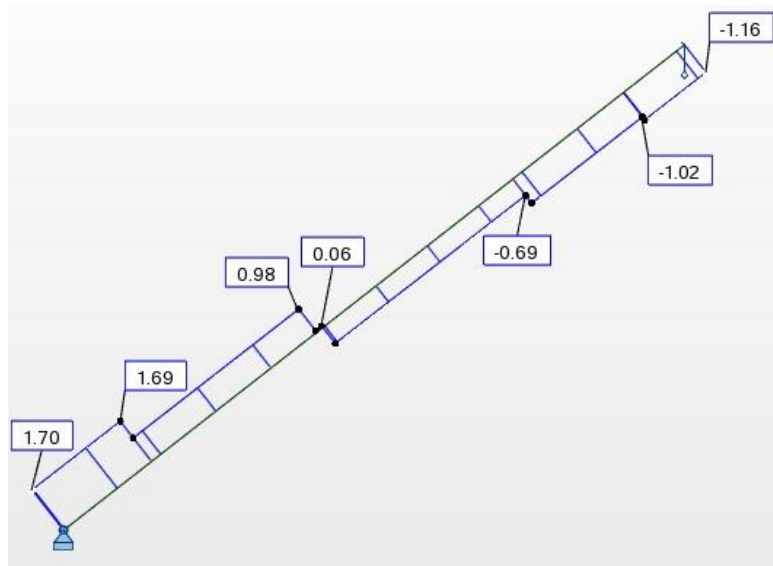
Joonisel 25 on välja toodud neelusarika arvutusskeem, joonisel 26 kriitilisema koormuskombinatsiooni korral katusekonstruktsioonile mõjuvad koormused. Joonistel 27–29 on esitatud sisejõudude epüürid kriitilisema koormuskombinatsiooni korral. Joonisel 30 on toodud neelusarika deformatsioonid kasutuspiiriseisundis.



Joonis 25. Varraskeem (mm)

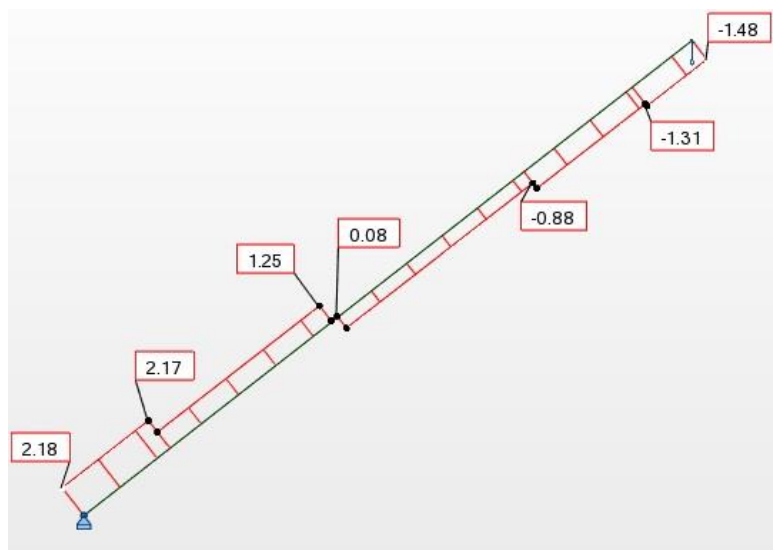


Joonis 26. Koormusskeem

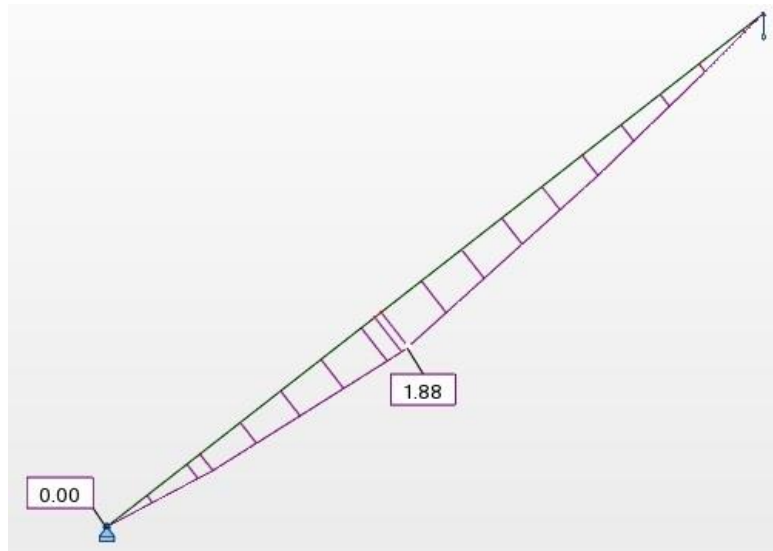


Joonis 27. Pikijõu epüür (kN)

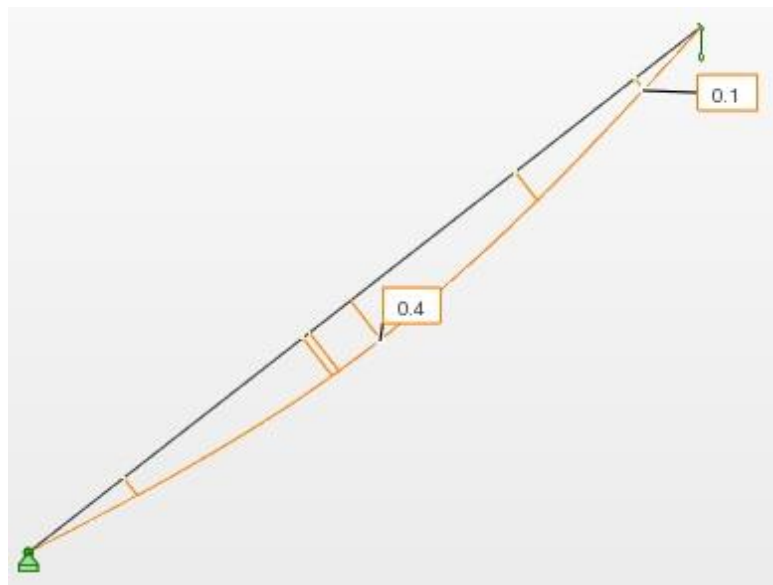
Joonisel 27 on tõmbejõud negatiivse(-) märgiga ja survejõud positiivse(+) märgiga.



Joonis 28. Põikjõu epüür (kN)



Joonis 29. Paindemomendi eptüür (kNm)



Joonis 30. Deformatsioonid kasutuspiirseisundis (cm)

2.9.7.4 Kandevõime kontroll survele koos paindega

Arvutiprogrammist ROBOT saadud eptüüridelt leitakse sarikale mõjuv maksimaalne paindemoment $M_{sd} = 1,88 \text{ kNm}$ ja samas lõikes tekkiv survejõud $N_d = F_{c,d} = 0,98 \text{ kN}$.

Neelusarika kandevõime kontroll survele koos paindega on teostatud alapunkti 2.9.3 põhjal. Arvutuskäik on toodud lisa 3.

Tugevustingimus:

$$\frac{0,098}{0,79 \cdot 13,85} + \frac{5,64}{15,23} + 0,7 \cdot \frac{0}{15,23} = 0,38 \leq 1$$

$$\frac{0,098}{1 \cdot 13,85} + 0,7 \cdot \frac{5,64}{15,23} + \frac{0}{15,23} = 0,27 \leq 1$$

Neelusarika kandevõime survele koos paindega on tagatud.

2.10 Vahelaetalade tugevuskontroll

Hoone vahelaekandekonstruktsioon toetub palkseintele ja koosneb olemasolevatest välisseinast välisseinani ulatuvatest taladest ja projekteeritavatest lisataladest, mis jätkatakse ülekattega kandval vaheseinal. Terrassi kandekonstruktsioon toetub puitkarkassseintele.

Käesolevas magistritöös teostatakse tugevuskontroll olemasolevale vahelaetalale, millele lisaks omakaalule ja kasuskoormusele mõjub ka vahelaekandekonstruktsiooni metallkarkassil vaheseinast tulenev koormus. Kontrollitakse ka projekteeritava lisatala ja terrassi kandekonstruktsiooni kandevõimet. Vahelaetalade tugevuskontroll teostatakse kõige kriitilisema koormuskombinatsiooni korral lähtuvalt standardist EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009 [14].

2.10.1 Vahelaetalad

Rekonstrueeritava hoone olemasolevad laetalad on ristlõikega 200x200 mm, samm 1215 mm, mille tugevusklassiks arvutustes võetakse C16. Olemasolevate talade igasse vahesse projekteeritakse kaks rida lisatalasid, milleks kasutatakse saematerjali ristlõikega 50x200 mm ja tugevusklassiga C22. Koos lisataladega arvestatult on vahelaetalade sammuks 405 mm. Terrassi kandekonstruktsiooniks on 50x250 mm ristlõikega saepuit, samm 600 mm, tugevusklass C22. Konstruktsioonide kasutusklass on 1.

Saematerjali tugevusklassiga C16 ja C22 tugevusomadused võetakse standardist EVS-EN 338:2009 [15].

Tugevusklass:	C16
Paindetugevus:	$f_{m,k} = 16 \text{ N/mm}^2$
Tõmbetugevus(pikikiudu):	$f_{t,0,k} = 10 \text{ N/mm}^2$
Elastsusmoodul (5% pikikiudu):	$E_{0,05} = 5400 \text{ N/mm}^2$
Elastsusmoodul (pikikiudu):	$E_{0,\text{mean}} = 8000 \text{ N/mm}^2$

Tugevusklass:	C22
Paindetugevus:	$f_{m,k} = 22 \text{ N/mm}^2$
Tõmbetugevus(pikikiudu):	$f_{t,0,k} = 13 \text{ N/mm}^2$
Elastsusmoodul (5% pikikiudu):	$E_{0,05} = 6700 \text{ N/mm}^2$
Elastsusmoodul (pikikiudu):	$E_{0,\text{mean}} = 10000 \text{ N/mm}^2$

Kasuskoormuse väärtused saadakse standardi EVS-EN 1991-1-1:2002+NA:2002 [11] tabelist 6.2:

vahelaed	$q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$
terrass	$q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$

2.10.2 Koormuskombinatsioonid

Vahelaetalade tugevusarvutuskontrolli tegemiseks sisestatakse arvutiprogrammi ROBOT vastavalt valemile 1 järgmised kandepiiriseisundi koormuskombinatsioonid:

- $\gamma_G G_k + \gamma_Q (Q_{k,kasus} + \Psi_{0,lumi} Q_{k,lumi})$
- $\gamma_G G_k + \gamma_Q (Q_{k,kasus} + \Psi_{0,lumi} Q_{k,lumi} + \Psi_{0,tuul} Q_{k,tuul})$
- $\gamma_G G_k + \gamma_Q (Q_{k,lumi} + \Psi_{0,kasus} Q_{k,kasus})$
- $\gamma_G G_k + \gamma_Q (Q_{k,lumi} + \Psi_{0,kasus} Q_{k,kasus} + \Psi_{0,tuul} Q_{k,tuul})$
- $\gamma_G G_k + \gamma_Q (Q_{k,tuul} + \Psi_{0,kasus} Q_{k,kasus})$
- $\gamma_G G_k + \gamma_Q (Q_{k,tuul} + \Psi_{0,kasus} Q_{k,kasus} + \Psi_{0,lumi} Q_{k,lumi})$

kus tuulekoormus $Q_{k,tuul}$ jaguneb tuule suuna ja tuulerõhu väärtuste alusel omakorda:

- Tuul 0° ja 180° neli võimalikku juhtu tähistatuna tsoonide järgi:
 - Suurim F/G/H ja suurim I/J
 - Vähim F/G/H ja suurim I/J
 - Suurim F/G/H ja vähim I/J
 - Vähim F/G/H ja vähim I/J
- Positiivne tuul 90° ja 270°
- Negatiivne tuul 90° ja 270°

Kombinatsiooni- ja osavarutegurite väärtused saadakse standardi EVS-EN 1990:2002+NA:2002 [10] tabelitest NA.1.1 ja NA.1.2(B):

$$\gamma_G = 1,20$$

$$\gamma_Q = 1,50$$

$$\Psi_{0,tuul} = 0,6$$

$$\Psi_{0,lumi} = 0,5$$

$$\Psi_{0,kasus} = 0,7$$

2.10.3 Laetala kandevõime kontroll tõmbele koos paindega

Laetala kandevõime kontroll teostatakse tõmmatud ja painutatud elemendi arvutusmeetodist lähtudes. Standardi EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009 [14] kohaselt peavad tõmbel koos paindega olema täidetud tingimused:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (21)$$

ja

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad , \quad (22)$$

kus

- $\sigma_{t,0,d}$ - arvutuslik tõmbepinge pikikiudu,
- $\sigma_{m,z(y),d}$ - arvutuslik paindepinge z- või y-telje suhtes,
- $f_{t,0,d}$ - arvutuslik tõmbetugevus pikikiudu,
- $f_{m,z(y),d}$ - arvutuslik paindetugevus z- või y-telje suhtes,

k_m - tegur, mis arvestab paindepinge ümberjaotus ristlõikes, täisnurkse ristlõike korral $k_m = 0,7$.

Arvutuslik tõmbepinge $\sigma_{t,0,d}$ pikikiudu leitakse valemiga:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{F_{t,d}}{A} , \quad (23)$$

kus

A - ristlõike pindala,

$F_{t,d}$ - arvutuslik tõmbejõud.

2.10.4 Läbipainde kontroll

Vahelaetalade soovitatavad piirläbipainded saadakse standardi EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+ NA:2009 [14] tabelist NA.7.2:

Lubatud hetkeline läbipaine leitakse valemiga:

$$w_{inst} \leq \frac{L}{400} , \quad (24)$$

kus

L - sildeava pikkus

Lubatud lõplik läbipaine leitakse valemiga:

$$w_{net,fin} \leq \frac{L}{300} , \quad (25)$$

kus

L - sildeava pikkus

Hetkeline läbipaine alalisest koormusest leitakse valemiga:

$$w_{inst,G} = \frac{5 \cdot g_k \cdot L^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I_y} , \quad (26)$$

kus

g_k - normatiivne alaline joonkoormus,

L - sildeava pikkus,

$E_{0,mean}$ - elastsusmoodul,

I_y - ristlõike inertsimoment y-telje suhtes.

Hetkeline läbipaine muutuvast koormusest leitakse valemiga:

$$w_{inst,Q} = \frac{5 \cdot q_k \cdot L^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I_y} , \quad (27)$$

kus

q_k - normatiivne muutuv joonkoormus.

Inertsimoment y-telje suhtes leitakse valemiga:

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} , \quad (288)$$

kus

b - ristlõike laius

h - ristlõike kõrgus

Hetkeline läbipaine leitakse valemiga:

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q} \quad (29)$$

Lõplik läbipaine alalisest koormusest leitakse valemiga:

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) , \quad (30)$$

kus

k_{def} - deformatsioonitegur, mis arvestab roome ja niiskuse koosmõjust tekkinud deformatsiooni.

Deformatsiooniteguri k_{def} väärtus saadakse standardi EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009 [14] tabelist 3.2:

$$k_{def} = 0,6 \text{ (saepuit, kasutusklass 1)}$$

Lõplik läbipaine muutuvast koormusest leitakse valemiga:

$$w_{fin,Q} = w_{inst,Q} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}) , \quad (31)$$

kus

Ψ_2 - kombinatsioonitegur.

Kombinatsiooniteguri Ψ_2 väärtus saadakse standardi EVS-EN 1990:2002+NA:2002 [10] tabelist NA.1.1:

$$\Psi_2 = 0,3 \text{ (elamispindade kasuskoormus)}$$

Lõplik läbipaine leitakse valemiga:

$$w_{fin} = w_{fin.G} + w_{fin.Q} \quad (32)$$

2.10.5 Projekteeritav lisatala

Projekteeritava lisatala ristlõige on 50x200 mm, samm 405 mm, sildeava pikkuseks 3675 mm, tugevusklass C22.

2.10.5.1 Koormuskombinatsioon

Arvutiprogrammi ROBOT sisestatud andmete põhjal kujuneb projekteeritava lisa vahelaetala tugevusarvutustes kandepiirseisundis kriitilisemaks koormuskombinatsiooniks: omakaalukoormus + domineeriv kasuskoormus + lumi(kuhjunud lume koormusvariant) + tuul 0° (suurim F/G/H ja vähim I/J)

Vastavalt koormuskombinatsioonide valemile 1:

$$\gamma_G G_k + \gamma_Q (Q_{k,kasus} + \Psi_{0,lumi} Q_{k,lumi} + \Psi_{0,tuul} Q_{k,tuul})$$

2.10.5.2 Joonkoormused

Vahelaetaladele mõjuvad joonkoormused saadakse neile mõjuvate pinnakoormuste korrutamisel tala sammuga $s = 405$ mm.

Normatiivsed alaliskoormused

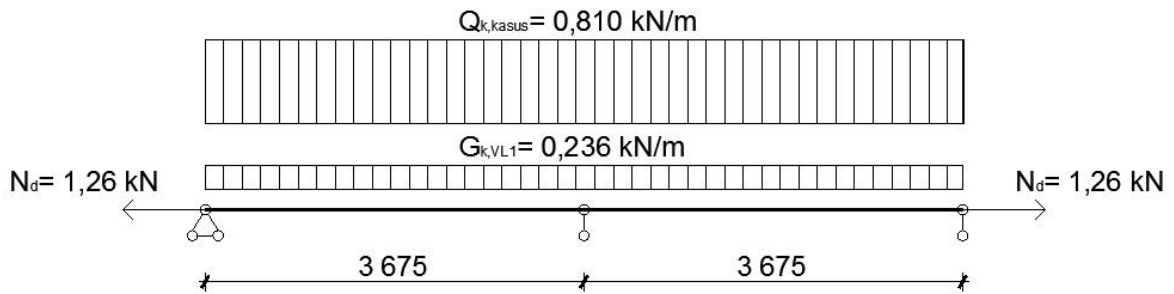
Vahelae omakaal: $G_{k,VL1} = 0,582 \cdot 0,405 = 0,236$ kN/m

Normatiivsed muutuvkoormused

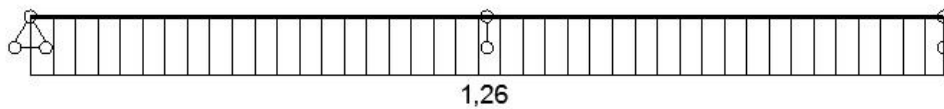
Kasuskoormus: $Q_{k,kasus} = 2,0 \cdot 0,405 = 0,81$ kN/m

2.10.5.3 Epüürid

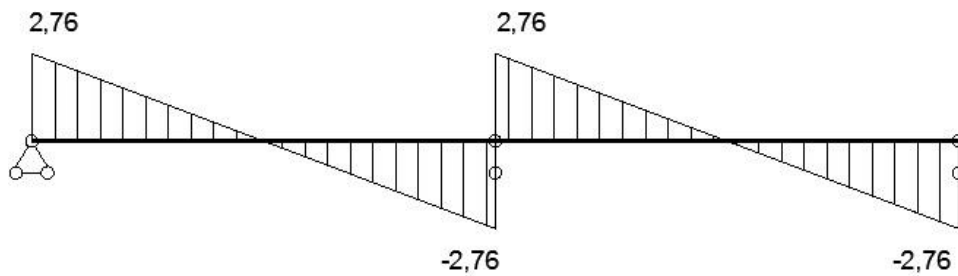
Joonisel 31 on välja toodud projekteeritava lisatala varrasskeem kriitilisema koormuskombinatsiooni korral mõjuvate koormustega. Joonistel 32–34 on esitatud sisejõudude epüürid kriitilisema koormuskombinatsiooni korral.



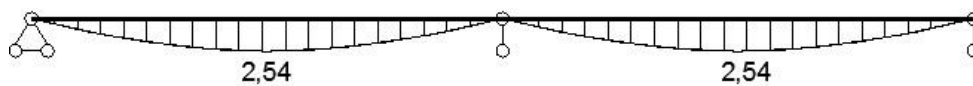
Joonis 31. Lisatala koormusskeem (mm)



Joonis 32. Pikijõu epüür (kN)



Joonis 33. Põikjõu epüür (kN)



Joonis 34. Paindemomendi epüür (kNm)

2.10.5.4 Kandevõime kontroll tõmbele koos paindega

Vahelaetalade jäikus külgsuunaliselt on tagatud taladele kinnitatud puitlaastplaatidega, mistõttu kiivet ei teki. Joonisel 34 esitatud paindemomendi epüüriolt leitakse vahelaetalale mõjuv maksimaalne paindemoment $M_{sd} = 2,54 \text{ kNm}$ ja jooniselt 32 samas lõikes tekkiv tõmbejõud $N_d = F_{t,d} = 1,26 \text{ kN}$.

Materjali osavaruteguri γ_M ja modifikatsiooniteguri k_{mod} väärtused saadakse standardi EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009 [14] tabelitest 2.3 ja 3.1:

$$\gamma_M = 1,3 \text{ (saepuit)}$$

$$k_{mod} = 0,90 \text{ (lühiajaline koormus)}$$

Arvutuslik paindetugevus vastavalt valemile 9:

$$f_{m,y,d} = 0,9 \cdot \frac{22}{1,3} = 15,23 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik tõmbetugevus vastavalt valemile 9:

$$f_{t,0,d} = 0,9 \cdot \frac{13}{1,3} = 9,00 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik paindepinge vastavalt valemile 13:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{2,54 \cdot 10^6 \cdot 6}{50 \cdot 200^2} = 7,62 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik tõmbepinge vastavalt valemile 23:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{1,26 \cdot 10^3}{50 \cdot 200} = 0,126 \text{ N/mm}^2$$

Vahelaetala kandevõime kontroll tõmbele koos paindega vastavalt valemitele 21 ja 22:

$$\frac{0,126}{9,00} + \frac{7,62}{15,23} + 0,7 \cdot \frac{0}{15,23} = 0,51 \leq 1$$

$$\frac{0,126}{9,00} + 0,7 \cdot \frac{7,62}{15,23} + \frac{0}{15,23} = 0,36 \leq 1$$

Projekteeritava lisatala kandevõime tõmbele koos paindega on tagatud.

2.10.5.5 Läbipaine kontroll kasutuspiiriseisundis

Lubatud hetkeline läbipaine vastavalt valemile 24:

$$w_{inst} \leq \frac{3675}{400} = 9,19 \text{ mm}$$

Lubatud lõplik läbipaine vastavalt valemile 25:

$$w_{net,fin} \leq \frac{3675}{300} = 12,25 \text{ mm}$$

Hetkeline läbipaine alalisest koormusest vastavalt valemile 26:

$$w_{inst,G} = \frac{5 \cdot 0,236 \cdot 3675^4 \cdot 12}{384 \cdot 10000 \cdot 50 \cdot 200^3} = 1,68 \text{ mm}$$

Hetkeline läbipaine muutuvast koormusest vastavalt valemile 27:

$$w_{inst,Q} = \frac{5 \cdot 0,81 \cdot 3675^4 \cdot 12}{384 \cdot 10000 \cdot 50 \cdot 200^3} = 5,77 \text{ mm}$$

Hetkeline läbipaine vastavalt valemile 29:

$$w_{inst} = 1,68 + 5,77 = 7,45 \text{ mm} < 9,19 \text{ mm}$$

Lõplik läbipaine alalisest koormusest vastavalt valemile 30:

$$w_{fin,G} = 1,68 \cdot (1 + 0,6) = 2,69 \text{ mm}$$

Lõplik läbipaine muutuvast koormusest vastavalt valemile 31:

$$w_{fin,Q} = 5,77 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,6) = 6,80 \text{ mm}$$

Lõplik läbipaine vastavalt valemile 32:

$$w_{fin} = 2,69 + 6,80 = 9,49 \text{ mm} < 12,25 \text{ mm}$$

Projekteeritava lisatala läbipaine jääb lubatud piiridesse.

2.10.6 Olemasolev vahelaetala

Olemasoleva vahelaetala ristlõige on 200x200 mm, samm 405 mm, sildeava pikkuseks 3675 mm, tugevusklass C16.

2.10.6.1 Koormuskombinatsioon

Arvutiprogrammi ROBOT sisestatud andmete põhjal kujuneb olemasoleva vahelaetala tugevusarvutustes kandepiirseisundis kriitilisemaks koormuskombinatsiooniks: omakaalukoormus + domineeriv kasuskoormus + lumi(kuhjunud lume koormusvariant) + tuul 0° (suurim F/G/H ja vähim I/J)

Vastavalt koormuskombinatsioonide valemile 1:

$$\gamma_G G_k + \gamma_Q (Q_{k,kasus} + \Psi_{0,lumi} Q_{k,lumi} + \Psi_{0,tuul} Q_{k,tuul})$$

2.10.6.2 Joonkoormused

Vahelaetaladele mõjuvad joonkoormused saadakse neile mõjuvate pinnakoormuste korrutamisel tala sammuga $s = 405$ mm. Vaheseinast tulenev joonkoormus saadakse seinä normatiivse omakaalu korrutamisel seinä kõrgusega.

Normatiivsed alaliskoormused

Vahelae omakaal: $G_{k,VL1.1} = 0,932 \cdot 0,405 = 0,378$ kN/m

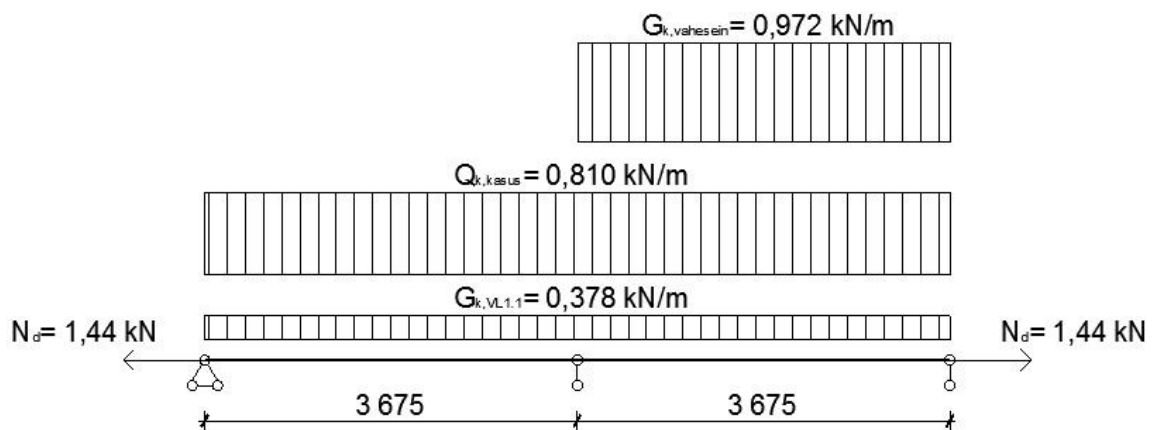
Vaheseina omakaal: $G_{k,vahesein} = 0,403 \cdot 2,4 = 0,972$ kN/m

Normatiivsed muutuvkoormused

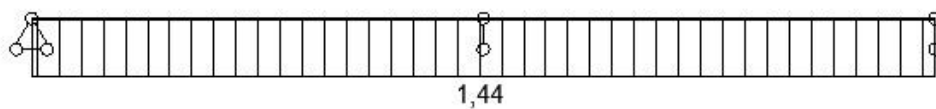
Kasuskoormus: $Q_{k,kasus} = 2,0 \cdot 0,405 = 0,81$ kN/m

2.10.6.3 Epüürid

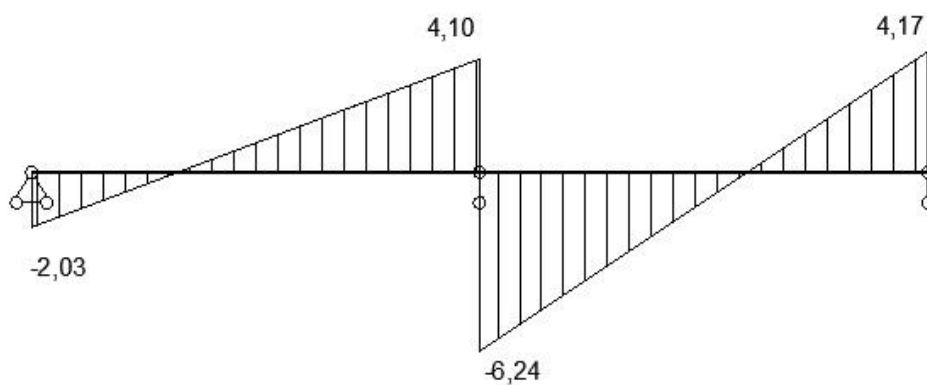
Joonisel 35 on välja toodud olemasoleva vahelaetala varrasskeem kriitilisema koormuskombinatsiooni korral mõjuvate koormustega. Joonistel 36–38 on esitatud sisejõudude epüürid kriitilisema koormuskombinatsiooni korral.



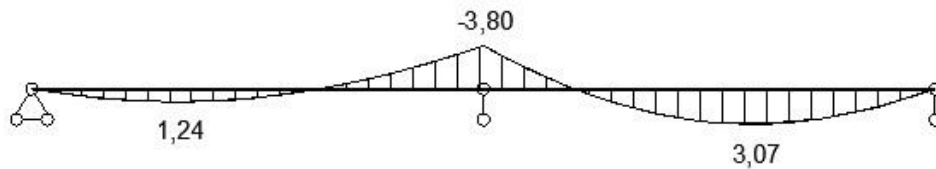
Joonis 35. Olemasoleva vahelaetala koormusskeem (mm)



Joonis 36. Pikijõu epüür (kN)



Joonis 37. Põikjõu epüür (kN)



Joonis 38. Paindemomendi epüür (kNm)

2.10.6.4 Kandevoime kontroll tõmbele koos paindega

Vahelaetalade jäikus külgsuunaliselt on tagatud taladele kinnitatud puitlaastplaatidega, mistõttu kiivet ei teki. Joonisel 38 esitatud paindemomendi epüüriolt leitakse vahelaetalale mõjuv maksimaalne paindemoment $M_{sd} = 3,80 \text{ kNm}$ ja jooniselt 36 samas lõikes tekkiv tõmbejõud $N_d = F_{t,d} = 1,44 \text{ kN}$.

Olemasoleva vahelaetala kandevoime kontroll tõmbele koos paindega on teostatud alapunkti 2.10.3 põhjal. Arvutuskäik on toodud lisas 3.

Tugevustingimus:

$$\frac{0,036}{6,92} + \frac{2,85}{11,08} + 0,7 \cdot \frac{0}{11,08} = 0,26 \leq 1$$

$$\frac{0,036}{6,92} + 0,7 \cdot \frac{2,85}{11,08} + \frac{0}{11,08} = 0,19 \leq 1$$

Olemasoleva vahelaetala kandevoime tõmbele koos paindega on tagatud.

2.10.6.5 Läbipainde kontroll kasutuspiiriseisundis

Olemasoleva vahelaetala läbipainde kontroll kasutuspiiriseisundis on teostatud alapunkti 2.10.4 põhjal. Arvutuskäik on toodud lisas 3.

Tugevustingimus:

$$w_{fin} = 6,94 \text{ mm} < 12,25 \text{ mm}$$

Olemasoleva vahelaetala läbipaine jääb lubatud piiridesse.

2.10.7 Laetala kandevõime kontroll paindele

Standardi EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+ NA:2009 [14] kohaselt peavad paindekandevõime tagamiseks olema täidetud tingimused:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (33)$$

ja

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad , \quad (34)$$

kus

- $\sigma_{m,z(y),d}$ - arvutuslik paindepinge z- või y-telje suhtes,
- $f_{m,z(y),d}$ - arvutuslik paindetugevus z- või y-telje suhtes,
- k_m - tegur, mis arvestab paindepinge ümberjaotus ristlõikes, täisnurkse ristlõike korral $k_m = 0,7$.

2.10.8 Projekteeritav esiku katuslae tala

Esiku projekteeritava katuslae tala ristlõige on 50x250 mm, samm 600 mm, sildeava pikkuseks 3270 mm, tugevusklass C22.

2.10.8.1 Koormuskombinatsioon

Arvutiprogrammi ROBOT sisestatud andmete põhjal kujuneb esiku katuslae tala tugevusarvutustes kandepiirseisundis kriitilisemaks koormuskombinatsiooniks: omakaalu koormus + domineeriv kasuskoormus.

Vastavalt koormuskombinatsioonide valemile 1:

$$\gamma_G G_k + \gamma_Q Q_{k,kasus}$$

2.10.8.2 Joonkoormused

Esiku katuslae talale mõjuvad joonkoormused saadakse neile mõjuvate pinnakoormuste korrutamisel tala sammuga $s = 600$ mm.

Normatiivsed alaliskoormused

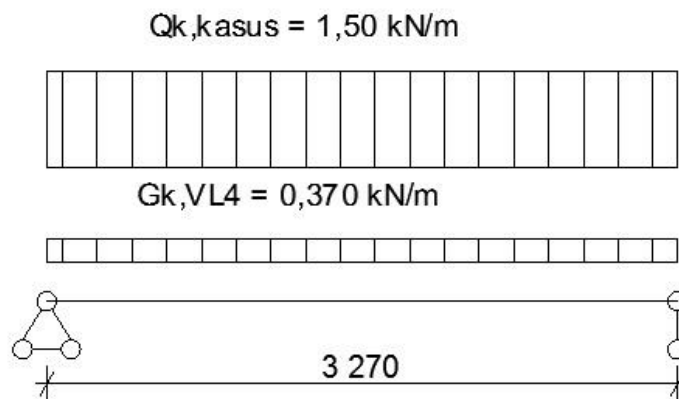
Katuslae omakaal: $G_{k,VL4} = 0,616 \cdot 0,6 = 0,370$ kN/m

Normatiivsed muutuvkoormused

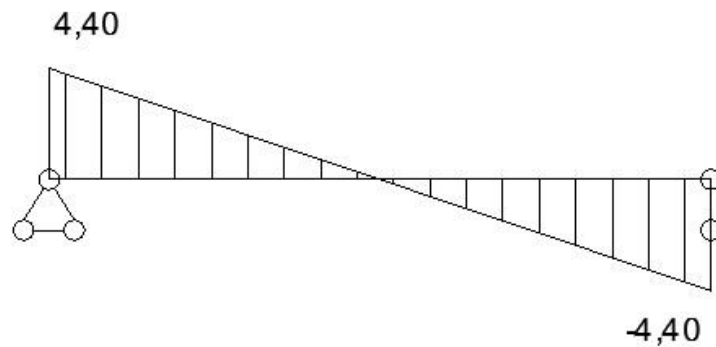
Kasuskoormus: $Q_{k,kasus} = 2,5 \cdot 0,6 = 1,50$ kN/m

2.10.8.3 Epüürid

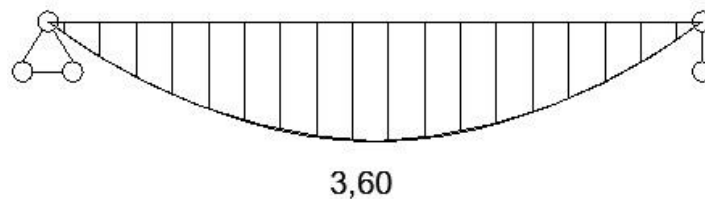
Joonisel 39 on välja toodud esiku projekteeritava katuslae tala varrasskeem kriitilisema koormuskombinatsiooni korral mõjuvate koormustega. Joonistel 40–41 on esitatud sisejõudude epüürid kriitilisema koormuskombinatsiooni korral.



Joonis 39. Esiku katuslae tala koormusskeem (mm)



Joonis 40. Põikjõu epüür (kN)



Joonis 41. Paindemomendi epüür (kNm)

2.10.8.4 Kandevõime kontroll paindele

Esiku katuslae talade jäikus külgsuunaliselt on tagatud taladele kinnitatud roovitusega, mistõttu kiivet ei teki. Joonisel 41 esitatud paindemomendi epüüriolt leitakse laetalale mõjuv maksimaalne paindemoment $M_{sd} = 3,60 \text{ kNm}$.

Materjali osavaruteguri γ_M ja modifikatsiooniteguri k_{mod} väärtused saadakse standardi EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009 [14] tabelitest 2.3 ja 3.1:

$$\gamma_M = 1,3 \text{ (saepuit)}$$

$$k_{mod} = 0,80 \text{ (keskmise kestusega koormus)}$$

Arvutuslik paindetugevus vastavalt valemile 9:

$$f_{m,y,d} = 0,8 \cdot \frac{22}{1,3} = 13,54 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik paindepinge vastavalt valemile 13:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{3,60 \cdot 10^6 \cdot 6}{50 \cdot 250^2} = 6,91 \text{ N/mm}^2$$

Laetala kandevõime kontroll paindele vastavalt valemitele 33 ja 34:

$$\frac{6,91}{13,54} + 0,7 \cdot \frac{0}{13,54} = 0,51 \leq 1$$

$$0,7 \cdot \frac{6,91}{13,54} + \frac{0}{13,54} = 0,36 \leq 1$$

Esiku katuslae tala paindekandevõime on tagatud.

2.10.8.5 Läbipainde kontroll kasutuspiiriseisundis

Esiku katuslae tala läbipainde kontroll kasutuspiiriseisundis on teostatud alapunkti 2.10.4 põhjal. Arvutuskäik on toodud lisas 3.

Tugevustingimus:

$$w_{fin} = 5,41 \text{ mm} < 10,90 \text{ mm}$$

Esiku katuslae tala läbipaine jääb lubatud piiridesse.

2.11 Akna silluse tugevuskontroll

Rekonstrueeritava palkmaja põhiosa vahelae kandekonstruktsioon toetub palkseintele, milles paiknevad akna- ja ukseavad. Hoone teise korruse elamispinnana kasutusele võtmise tõttu suureneb sillustele mõjuv koormus.

Käesolevas magistritöös kontrollitakse teise korruse väljaehitamise ja kasutuselevõtmise tulemusena vahelaetalade kaudu mõjuvate koormuste tõttu suurima sildeavaga akna silluse paindekandevõimet ja läbipainet. Akna silluse tugevuskontroll vahelaest tulenevate koormuste tõttu teostatakse lähtuvalt standardist EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009 [14] ja Ehituskonstruktorigi käsiraamatust [16].

2.11.1 Akna sillus

Rekonstrueeritava hoone pikima silluse sildeava pikkuseks on 1600 mm. Sillus koosneb kahest üksteise peal paiknevast tahatud rõhtpalgist ristlõike laiusel 160 mm ja kõrgusega 200 mm. Puidu tugevusklassiks arvestatakse C16. Konstruktsiooni kasutusklass on 1.

Saematerjali tugevusklassiga C16 tugevusomadused võetakse standardist EVS-EN 338:2009 [15].

Tugevusklass:	C16
Elastsusmoodul (pikikiudu):	$E_{0,mean} = 8000 \text{ N/mm}^2$
Paindetugevus:	$f_{m,k} = 16 \text{ N/mm}^2$

2.11.1.1 Koormuskombinatsioon

Akna silluse tugevusarvutustes kandepiiriseisundis on kriitilisemaks koormuskombinatsiooniks:

omakaalukoormus + domineeriv kasuskoormus.

Vastavalt koormuskombinatsioonide valemile 1:

$$\gamma_G G_k + \gamma_Q Q_{k,kasus}$$

2.11.2 Joonkoormused

Akna sillusele mõjuvad joonkoormused saadakse vahelaetaladele mõjuvate pinnakoormuste korrutamisel poole vahelaetala silde pikkusega.

Normatiivsed alaliskoormused

Akna sillusele pikkusega 1600 mm toetub maksimaalselt kolm vahelaetala, millest üks on olemasolev 200x200 mm ristlõikega tala ja kaks on projekteeritavad lisatalad ristlõikega 50x200 mm. Vahelae omakaalu pinnakoormuseks võtame kahe erineva omakaalu kaalutud keskmise. Akna silluse omakaalu arvutamisel võtame puidu mahukaaluks $\rho = 5,00 \text{ kN/m}^3$.

$$g_{k,keskmine} = \frac{2 \cdot g_{k,VL1} + g_{k,VL1.1}}{3} = \frac{2 \cdot 0,582 + 0,932}{3} = 0,699 \text{ kN/m}^2$$

$$G_{k,sillus} = 2 \cdot 0,160 \cdot 0,200 \cdot 5,00 = 0,320 \text{ kN/m}$$

Akna silluse alalisele joonkoormuse saame vahelae omakaalust tuleneva joonkoormuse ja silluse omakaalust tuleneva joonkoormuse summeerimisel.

Sillusele mõjuv alaline joonkoormus:

$$G_k = \frac{0,699 \cdot 3,675}{2} + 0,320 = 1,60 \text{ kN/m}$$

Normatiivsed muutuvkoormused

Sillusele mõjuv kasuskoormus:

$$Q_k = \frac{2,0 \cdot 3,675}{2} = 3,68 \text{ kN/m}$$

2.11.2.1 Kandevoime kontroll paindele

Vastavalt koormuskombinatsioonile mõjub sillusele arvutuslik joonkoormus:

$$q_d = 1,20 \cdot 1,60 + 1,50 \cdot 3,68 = 7,44 \text{ kN/m}$$

Maksimaalne paindemoment leitakse valemiga:

$$M_{sd} = \frac{qL^2}{8} \tag{35}$$

Sillusele mõjuv maksimaalne paindemoment vastavalt valemile 35:

$$M_{sd} = \frac{7,44 \cdot 1,60^2}{8} = 2,38 \text{ kNm}$$

Materjali osavaruteguri γ_M ja modifikatsiooniteguri k_{mod} väärtused saadakse standardi EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009 [14] tabelitest 2.3 ja 3.1:

$$\gamma_M = 1,3 \text{ (saepuit)}$$

$$k_{mod} = 0,80 \text{ (keskmise kestusega koormus)}$$

Arvutuslik paindetugevus vastavalt valemile 9:

$$f_{m,y,d} = 0,8 \cdot \frac{16}{1,3} = 9,85 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik paindepinge vastavalt valemile 13:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{2,38 \cdot 10^6 \cdot 6}{2 \cdot 160 \cdot 200^2} = 1,12 \text{ N/mm}^2$$

Akna silluse kandevõime kontroll paindele vastavalt valemitele 33 ja 34:

$$\frac{1,12}{9,85} + 0,7 \cdot \frac{0}{9,85} = 0,11 \leq 1$$

$$0,7 \cdot \frac{1,12}{9,85} + \frac{0}{9,85} = 0,08 \leq 1$$

Akna silluse paindekandevõime on tagatud.

2.11.3 Läbipaine arvutus kasutuspiirseisundis

Olukordades, kus läbipaine võib kahjustada vaadeldava konstruktsiooniga seotud elemente peale nende paigaldamist, leitakse lubatud lõplik läbipaine valemiga:

$$w_{net,fin} \leq \frac{L}{500} \tag{36}$$

Lubatud lõplik läbipaine vastavalt valemile 36:

$$w_{net,fin} \leq \frac{1600}{500} = 3,20 \text{ mm}$$

Ühe palgi inertsimoment vastavalt valemile 28:

$$I_{y,1} = \frac{160 \cdot 200^3}{12} = 1,07 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

Sillus koosneb kahest sama ristlõikega palgist, seega saame silluse inertsimomendiks:

$$I_y = 2 \cdot 1,07 \cdot 10^8 = 2,14 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

Hetkeline läbipaine alalisest koormusest vastavalt valemile 26:

$$w_{inst,G} = \frac{5 \cdot 1,60 \cdot 1600^4}{384 \cdot 8000 \cdot 2,14 \cdot 10^8} = 0,08 \text{ mm}$$

Hetkeline läbipaine muutuvast koormusest vastavalt valemile 27:

$$w_{inst,Q} = \frac{5 \cdot 3,68 \cdot 1600^4}{384 \cdot 8000 \cdot 2,14 \cdot 10^8} = 0,18 \text{ mm}$$

Hetkeline läbipaine vastavalt valemile 29:

$$w_{inst} = 0,08 + 0,18 = 0,26 \text{ mm}$$

Lõplik läbipaine alalisest koormusest vastavalt valemile 30:

$$w_{fin,G} = 0,08 \cdot (1 + 0,6) = 0,13 \text{ mm}$$

Lõplik läbipaine muutuvast koormusest vastavalt valemile 31:

$$w_{fin,Q} = 0,18 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,6) = 0,21 \text{ mm}$$

Lõplik läbipaine kokku vastavalt valemile 32:

$$w_{fin} = 0,13 + 0,21 = 0,34 \text{ mm} < 3,20 \text{ mm}$$

Akna silluse läbipaine jääb lubatud piiridesse.

2.12 Projekteeritavate lisatalade naelliite dimensioneerimine

Rekonstrueeritava palkmaja põhiosa projekteeritavateks lisataladeks on kahest lihttalast koosnevad jätkatud talad, mis toetuvad välisseintele ja hoone pikisuunalisele kandvale siseseinale. Talade jätkukoht asetseb kandval siseseina palgil paksusega 150 mm ning jätkatavad talaotsad paiknevad paralleelselt üksteise kõrval ülekattega.

Käesolevas magistritöös dimensioneeritakse lisatalade ühelõikeline puit-puiduga naelliide kõige kriitilisema koormuskombinatsiooni korral. Liide ei võta vastu paindemomenti, kuid tagatud peab olema pikijõudude ülekanne. Liite dimensioneerimine toimub lähtuvalt

standardist EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009 [14] ja Ehituskonstruktori käsiraamatust [16].

2.12.1 Liite materjalid

Projekteeritavad vahelaetalad on saepuidust ristlõikega 50x200 mm ja tugevusklassiga C22. Talade liitmiseks kasutatakse siledaid naelu 4x100 mm, tõmbetugevusega $f_u = 600 \text{ N/mm}^2$. Konstruktsiooni kasutusklass on 1.

Saematerjali tugevusklassiga C22 tugevusomadused võetakse standardist EVS-EN 338:2009 [15].

Tugevusklass:	C22
Tihedus:	$\rho_k = 340 \text{ kg/m}^3$
Keskmine tihedus:	$\rho_{\text{mean}} = 410 \text{ kg/m}^3$

2.12.1.1 Koormuskombinatsioon

Arvutiprogrammi ROBOT sisestatud andmete põhjal tekib suurim tõmbejõud vahelae projekteeritavas lisatalas kandepiirseisundi järgneva koormuskombinatsiooni korral: omakaalukoormus + domineeriv lumi (kuhjunud lume koormusvariant) + kasuskoormus + tuul 0° (suurim F/G/H ja vähim I/J)

Vastavalt koormuskombinatsioonide valemile 1:

$$\gamma_G G_k + \gamma_Q (Q_{k,lumi} + \Psi_{0,kasus} Q_{k,kasus} + \Psi_{0,tuul} Q_{k,tuul})$$

2.12.2 Koormused

Arvutuslik tõmbejõud sõlmes võetakse võrdseks kriitilisema koormuskombinatsiooni korral talas tekkiva tõmbejõuga. Arvutusliku tõmbejõu väärtuseks on $N_d = 1,47 \text{ kN}$.

2.12.3 Liite dimensioneerimine

Puitelemendile aukude ettepuurimise vajadus leitakse valemiga:

$$t = \max \left\{ \begin{array}{l} 7d \\ (13d - 30) \frac{\rho_k}{400} \end{array} \right. , \quad (37)$$

kus

t - puitelemendi minimaalne paksus, mille korral ei ole vaja puitu auke ette puurida,

d - naela läbimõõt,

ρ_k - puidu normtihedus.

Aukude ettepuurimise vajaduse kontroll vastavalt valemile 37:

$$t = \max \left\{ \begin{array}{l} 7 \cdot 4 = 28 \text{ mm} \\ (13 \cdot 4 - 30) \frac{340}{400} = 18,7 \text{ mm} \end{array} \right.$$

Auke pole vaja ette puurida, kuna liidet ühendavate puitelementide paksus $t_1 = t_2 = 50 \text{ mm} > 28 \text{ mm}$.

Siledade naelte teravikupoolne süvistussügavus peab olema vähemalt $8d = 8 \cdot 4 = 32 \text{ mm} < t_2 = 50 \text{ mm}$. Tingimus on täidetud.

Puidu muljumistugevuse normväärtused auke ettepuurimata kuni 8 mm läbimõõduga naelte korral leitakse valemiga:

$$f_{h.k} = 0,082 \rho_k d^{-0,3} , \quad (38)$$

kus

d - naela läbimõõt,

ρ_k - puidu normtihedus.

Tala normatiivne muljumistugevus vastavalt valemile 38:

$$f_{h.1.k} = f_{h.1.k} = 0,082 \cdot 340 \cdot 4^{-0,3} = 18,39 \text{ N/mm}^2$$

Tala arvutuslik muljumistugevus vastavalt valemile 9:

$$f_{h.1.d} = f_{h.1.d} = 0,9 \cdot \frac{18,39}{1,3} = 12,73 \text{ N/mm}^2$$

Materjali osavaruteguri γ_M ja modifikatsiooniteguri k_{mod} väärtused saadakse standardi EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009 [14] tabelitest 2.3 ja 3.1:

$$\gamma_M = 1,3 \text{ (saepuit)}$$

$$k_{mod} = 0,90 \text{ (lühiajaline koormus)}$$

Siledade terastraadist valmistatud minimaalse tõmbetugevusega 600 N/mm^2 ümarnaelte voolavuspiirile vastav paindemomendi normväärtus leitakse valemiga:

$$M_{y,Rk} = 0,3f_u d^{2,6} \quad , \quad (39)$$

kus

f_u - naela tõmbetugevus,

d - naela läbimõõt.

Siledade ümarnaelte voolavuspiirile vastav paindemomendi normväärtus vastavalt valemile 39:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot 600 \cdot 4^{2,6} = 6616,50 \text{ Nmm}$$

Voolavuspiirile vastav paindemomendi arvutusväärtus leitakse valemiga:

$$M_{y,Rd} = \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M,teras}} \quad , \quad (40)$$

kus osavarutegur $\gamma_{M,teras} = 1,1$, kuna tegemist on liite terasosaga.

Siledade ümarnaelte voolavuspiirile vastav paindemomendi arvutusväärtus vastavalt valemile 40:

$$M_{y,Rd} = \frac{6616,50}{1,1} = 6015,0 \text{ Nmm}$$

Ühelõikelise puit-puiduga liite korral leitakse arvutuslik kandevõime ühe kinnituselemendi kohta minimaalse väärtusena valemist:

$$F_{v,Rd} = \min \begin{cases} f_{h,1,d} t_1 d \\ f_{h,2,d} t_2 d \\ \frac{f_{h,1,d} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] \\ 1,05 \frac{f_{h,1,d} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \left[\frac{4\beta(2 + \beta) M_{y,Rd}}{f_{h,1,d} d t_1^2} \right]} - \beta \right] \\ 1,05 \frac{f_{h,1,d} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \left[\frac{4\beta(1 + 2\beta) M_{y,Rd}}{f_{h,1,d} d t_2^2} \right]} - \beta \right] \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2 M_{y,Rd} f_{h,1,d} d} \end{cases}, \quad (41)$$

kus

t_i - puitelemendi paksus,

$f_{h,i,d}$ - arvutuslik muljumistugevus puitelemendis i ,

d - kinnituselemendi läbimõõt,

$M_{y,Rd}$ - kinnituselemendi voolavusmomendi arvutusväärtus,

β - puitelementide muljumistugevuste suhe.

Elementide muljumistugevuste suhe leitakse valemiga:

$$\beta = \frac{f_{h,2,d}}{f_{h,1,d}} \quad (42)$$

Elementide muljumistugevuste suhe vastavalt valemile 42:

$$\beta = \frac{12,73}{12,73} = 1$$

Ühelõikelise puit-puiduga naelliite ühe naela arvutuslik kandevõime vastavalt valemile 41:

koormamata servast $a_{4,c} = 5d = 5 \cdot 4 = 20 \text{ mm}$.

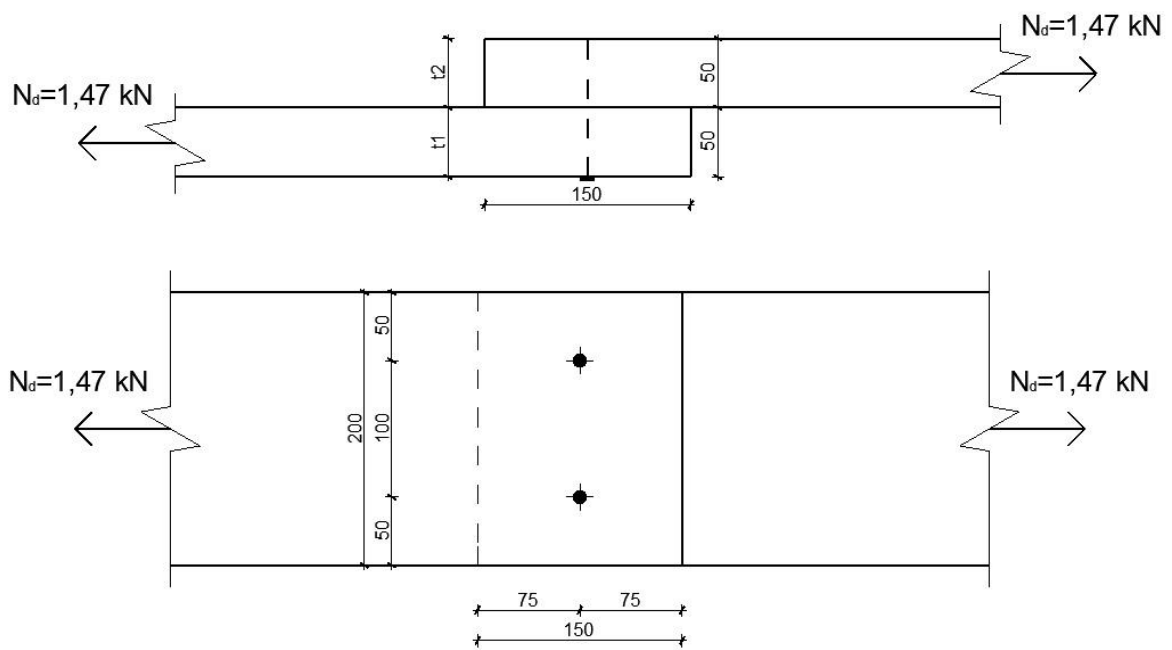
Naelte projekteeritud vahekaugused arvestades naelte arvu ja liitekohta mõõtmeid:

ristikiudu $a_2 = 100 \text{ mm}$,

koormatud otsast $a_{3,t} = 75 \text{ mm}$,

koormamata servast $a_{4,c} = 50 \text{ mm}$.

Naelte projekteeritud paigutus on toodud joonisel 42.



Joonis 42. Naelte paigutus liites

3 TERMOVISIOON

3.1 Üldosa

Käesoleva magistritöö käigus teostati rekonstrueeritava hoone termovisioon enne rekonstrueerimistööid. Termopildistamisega tegeleti 2016. aasta veebruarikuus. Pildid on tehtud hoone sisepindadest külmasilla ohtlikes kohtades.

3.2 Kasutatud abimaterjalid

- Ehitusfüüsika ABC [17]

3.3 Kasutatud arvutiprogrammid

- Microsoft Excel 2010
- FLIR Tools

3.4 Kasutatud seadmed

- Extech RHT20 temperatuuri-niiskuse loger
- FLIR E6 termokaamera

3.5 Termografeerimine

Termografeerimiseks kasutatud termokaameraga FLIR E6 saab mõõtmisi teostada temperatuurivahemikus $-15^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$. Objektide pinnatemperatuure mõõdab seade vahemikus $-20^{\circ}\text{C} \dots +250^{\circ}\text{C}$. Mõõtmistäpsus on $\pm 2^{\circ}\text{C}$ või $\pm 2\%$ näidust, kui ümbritseva keskkonna temperatuur on vahemikus $10^{\circ}\text{C} \dots +35^{\circ}\text{C}$ ning mõõdetava objekti temperatuur on üle 0°C . Termokaamera FLIR E6 temperatuuritundlikkus on $< 0,06^{\circ}\text{C}$ [18].

Ruumitemperatuuride mõõtmiseks kasutati Extech RHT20 temperatuuri-niiskuse logerit. Seadme temperatuuri mõõtmise vahemik on $-40^{\circ}\text{C}\dots+70^{\circ}\text{C}$. Mõõtmise intervalli saab sättida vahemikus 1 sekund kuni 24 tundi. Mõõtetulemuse täpsus temperatuurivahemikus $-10^{\circ}\text{C}\dots+40^{\circ}\text{C}$ on $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ ning ülejäänud temperatuuride korral $\pm 2,0^{\circ}\text{C}$ [19].

Termovisiooni käigus mõõdetakse keha pindadelt kiirguvat või peegelduvat soojusenergiat. Termografeerimisel on tähtis, et välis- ja sisetemperatuuride vahe oleks vähemalt 15°C ning ühtlasi on oluline päikesepaiste puudumine [20].

3.6 Külmasildade kriitilisus

Külmasilla kriitilisuse taset hinnatakse temperatuuriindeksite abil, mida suurem on temperatuuriindeks, seda väiksem on niiskuse kondenseerumise oht. Tarindi temperatuuriindeks leitakse sisepinna temperatuuri, välistemperatuuri ja sisetemperatuuri kaudu [17].

Temperatuuriindeks arvutatakse valemiga [17]:

$$f_{Rsi} = \frac{t_{si} - t_e}{t_i - t_e} , \quad (44)$$

kus

- f_{Rsi} - temperatuuriindeks,
- t_{si} - sisepinna temperatuur,
- t_e - välistemperatuur,
- t_i - sisetemperatuur.

Käesolevas töös saadakse sisepinna temperatuur külmasildade kriitilisuse hindamiseks termofotodelt.

Tabelis 13 tuuakse välja temperatuuriindeksite piirväärtused, millest suurema väärtuse korral on 90% tõenäosusega välditud vastavalt kas kondenseerumine tarindi sisepinnal või hallituse teke [17].

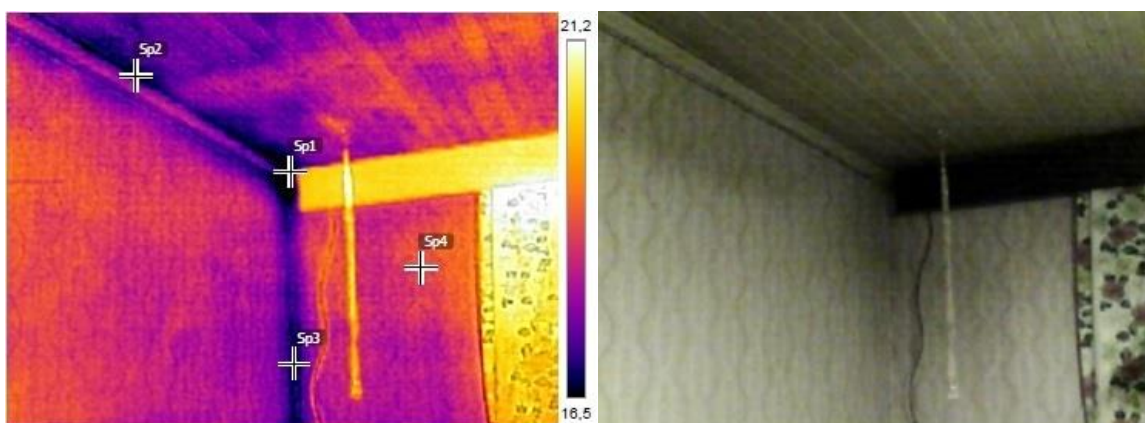
Tabel 13. Niiskustehniliselt turvalised temperatuuriindeksi piirväärtused Eestis

Niiskukoormus	Temperatuuriindeksi f_{Rsi} piirsuurus	
	Hallituse vältimine	Kondenseerumise vältimine
Niiskuslisa talvel $+6 \text{ g/m}^3$ ja suvel $+2,5 \text{ g/m}^3$ (suure niiskukoormusega ja halvasti ventileeritud elamud)	0,8	0,7
Niiskuslisa talvel $+4 \text{ g/m}^3$ ja suvel $+1,5 \text{ g/m}^3$ (väikse niiskukoormusega ja hästi ventileeritud elamud)	0,65	0,55

3.6.1 Külmasildade kriitilisuse hindamine

Elutuba

Joonisel 43 on esitatud elutoa välisseinte välisnurga termopilt ja sellel paiknevad temperatuuri punktid. Termofotol on näha nurkades tumedamaid kontuure, mis on külmasildadeks. Need tarindite liitekohatadele omased joonkülmasillad on tingitud asjaolust, et välisnurkades on konstruktsioonil jahutavat välispinda tunduvalt rohkem kui sooja keskkonnaga kokkupuutuvat sisepinda. Termofotol on näha laetala kontuure, see viitab kehvale lae soojustusele.



Joonis 43. Elutoa välisseinte välisnurk, vasakul termopilt ja paremal tavaline foto

Tabelis 14 on esitatud elutoa välisseina välisnurga termopildilt mõõdetud temperatuuri punktide pinnatemperatuurid ja temperatuuriindeksid arvutatuna valemiga 44.

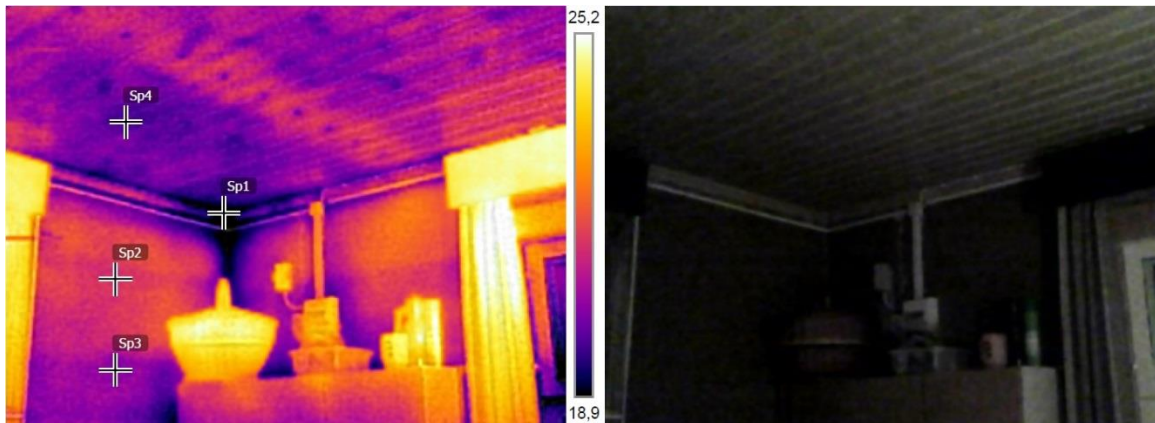
Tabel 14. Elutoa välisseinte välisnurga temperatuuriindeksid

Temperatuuri asukoht	Temperatuur	Temperatuuriindeks
Sees	20,3°C	
Väljas	-1,5°C	
Sp1	15,7°C	0,79
Sp2	16,7°C	0,83
Sp3	16,9°C	0,84
Sp4	18,4°C	0,91

Temperatuuriindeksite väärtuste järgi on fotol oleva nurga punktis Sp1 hallituse tekke oht. Teistes pildil olevates punktides ei ole hallituse ega kondenseerumise ohtu.

Köök

Joonisel 44 on esitatud köögi välisseinte välisnurga termopilt ja sellel paiknevad temperatuuri punktid. Termofotol on näha nurgas tumedamat ala, mis on konstruktsiooni liitekohale omane külmasild. Termofotol joonistub välja laetala kontuur, mis viitab kehvale lae soojustusele.



Joonis 44. Köögi välisseinte välisnurk, vasakul termopilt ja paremal tavaline foto

Tabelis 15 on esitatud elutoa välisseina välisnurga termopildilt mõõdetud temperatuuri punktide pinnatemperatuurid ja temperatuuriindeksid arvutatuna valemiga 44.

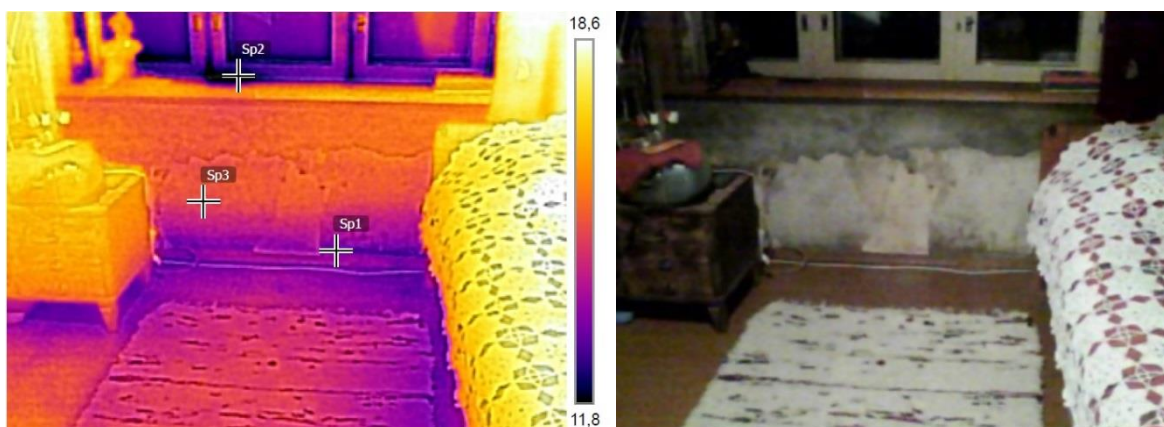
Tabel 15. Köögi välisseinte välisnurga temperatuuriindeksid

Temperatuuri asukoht	Temperatuur	Temperatuuriindeks
Sees	20,3°C	
Väljas	-1,5°C	
Sp1	18,1°C	0,90
Sp2	20,3°C	1,00
Sp3	20,5°C	1,01
Sp4	20,2°C	1,00

Temperatuuriindeksite väärtuste järgi ei ole fotol olevas nurgas hallituse ega kondenseerumise ohtu.

Magamistuba 1

Joonisel 45 on esitatud magamistoa välisseina termopilt ja sellel paiknevad temperatuuri punktid. Termofotol on näha tumedamat ala põranda ja seinä liitekohas mis on tingitud seinä ja põranda kokkupuutest soojustamata vundamendiga. Aknaraami juures on märgata jahedamat kohta, mis tuleneb raami ja lengi vahelisest ebatihedusest. Parema soojustatavuse saavutamiseks tuleks aken tihendada.



Joonis 45. Magamistoa välissein, vasakul termopilt ja paremal tavaline foto

Tabelis 16 on esitatud magamistoa välisseina termopildilt mõõdetud temperatuuri punktide pinnatemperatuurid ja temperatuuriindeksid arvutatuna valemiga 44.

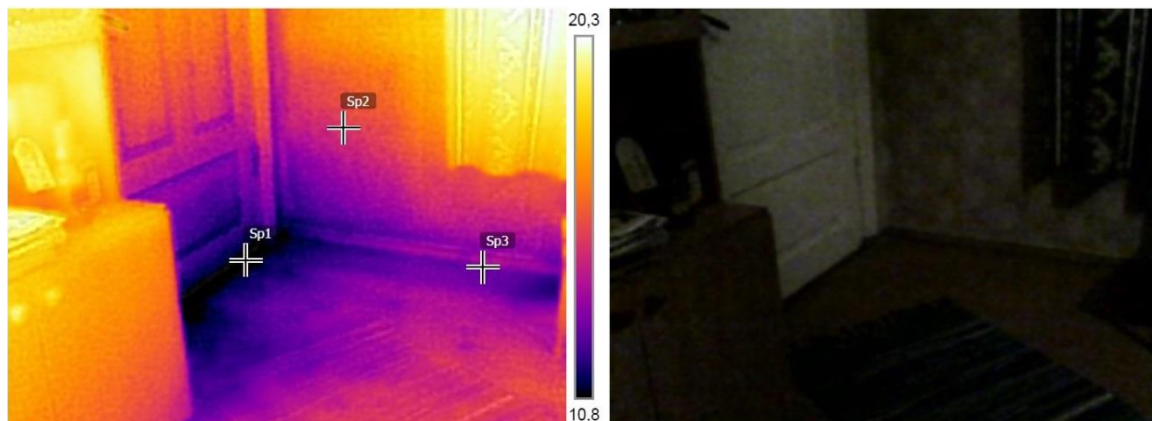
Tabel 16. Magamistoa välisseina temperatuuriindeksid

Temperatuuri asukoht	Temperatuur	Temperatuuriindeks
Sees	20,3°C	
Väljas	-1,5°C	
Sp1	13,6°C	0,69
Sp2	10,6°C	0,56
Sp3	15,2°C	0,77

Temperatuuriindeksite väärtuste järgi on fotol oleval seinal hallituse tekke oht punktis Sp3 ning kondenseerumise oht punktides Sp1 ja Sp2. Aknaraami korrektse tihendamise järel kaob kondensaadi tekke oht punktis Sp2.

Magamistuba 2

Joonisel 46 on esitatud magamistoa ja mitteköetava esiku vahelise ukse ning välisseina liitekohta termopilt sellel paiknevate temperatuuri punktidega. Termofotol on näha tumedat ala ukse ja põranda liitekohas, mille põhjustab soojaleke ukse ebatiheduse tõttu. Põranda ja seinaliitekohas on tumedam ala tingitud kokkupuutest soojustamata vundamendiga.



Joonis 46. Magamistoa ja esiku nurk, vasakul termopilt ja paremal tavaline foto

Tabelis 17 on esitatud magamistoa ja mitteköetava esiku nurga termopildilt mõõdetud temperatuuri punktide pinnatemperatuurid ja temperatuuriindeksid arvutatuna valemiga 44.

Tabel 17. Magamistoa ja esiku nurga temperatuuriindeksid

Temperatuuri asukoht	Temperatuur	Temperatuuriindeks
Sees	20,3°C	
Väljas	-1,5°C	
Sp1	8,8°C	0,47
Sp2	14,8°C	0,75
Sp3	13,0°C	0,67

Temperatuuriindeksite väärtuste järgi on fotol oleval seinal punktis Sp2 hallituse tekke oht. Punktides Sp1 ja Sp3 eksisteerib kondenseerumise oht.

3.7 Tulemused

Termograferimise ja külmasildade kriitilisuse hindamise tulemusena avastati hoone tarindites soojalekkeid, mis võivad põhjustada hallitust või kondenseerumist konstruktsioonipindadel. Kondensaadi ja hallituse ohtlikud kohad on tingitud peamiselt puudulikust vundamendi soojustusest ning kehvast välisseinte ja lae soojusisolatsioonist. Ühtlasi on hoones kaks mitteköetavat esikut, mille ebatihedate vaheuste tõttu tekivad soojuskaod. Rekonstrueerimise käigus paigaldatakse välispiirete soojapidavuse parandamiseks ja hoone energiatõhususe suurendamiseks välisseintele ja vundamendile lisasoojustus, ehitatakse põrandaküttesüsteemiga soojustatud betoonpõrand, soojustatakse katusealune korrus ning paigaldatakse ühtlasemalt ruume soojendav keskküte. Rekonstrueerimistööde tulemusena konstruktsioonide soojapidavus paraneb ja külmasildade mõju sisekliimale väheneb.

4 ENERGIAARVUTUSED

4.1 Üldosa

Käesolevas magistritöös teostatakse rekonstrueeritava hoone energiaarvutused energiatõhususe miinimumnõuetele vastavuse tõendamiseks rekonstrueerimisjärgselt.

4.2 Kasutatud normdokumendid

Standardid

- EVS-EN ISO 13370:2008 „Hoonete soojuslik toimivus. Soojusülekanne pinnasesse. Arvutusmeetodid“ [22]

Määrused

- Majandus- ja taristuministri määrus nr. 57/05.06.2015 „Ehitise tehniliste andmete loetelu ja arvestamise alused [5]
- Majandus- ja taristuministri määrus nr.55/03.06.2015 „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded“ [6]
- Majandus- ja taristuministri määrus nr.58/05.06.2015 „Hoone energiatõhususe arvutamise meetodika“ [21]

4.3 Kasutatud abimaterjalid

- Ehituskonstruktori käsiraamat [16]

4.4 Kasutatud arvutiprogrammid

- Microsoft Excel 2010

4.5 Tõendamismeetodi põhimõte

Hoone energiatõhususe miinimumnõuetele vastavuse tõendamiseks kasutatakse lihtsustatud tõendamismeetodit. Lähtuvalt määrusest „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded“ [6] võib rekonstrueeritava hoone puhul kasutada energiatõhususe miinimumnõuetele vastavuse lihtsustatud tõendamismeetodit, kuna hoone kasutusotstarbeks on üksikelamu (kood: 11101). Lihtsustatud tõendamismeetodi kasutamisel tõendatakse hoone energiatõhususarvu piirväärtusele vastavust järgides järgnevaid nõudeid [6]:

- kui hoone küttesüsteemi ja tarbevee soojendamise süsteemi peamiseks energiaallikaks on maasoojuspump, ei tohi hoone välispiirde summaarne soojuserikadu kõetava pinna ruutmeetri kohta ületada piirväärtust $1,00 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- ventilatsioonisüsteemil peab olema soojustagastus, mille temperatuuri suhtarv on vähemalt 0,8;
- ventilatsioonisüsteemi ventilaatori erivõimsus ei tohi olla suurem kui $2,0[\text{W}/(\text{l/s})]$.

Piirde soojuserikao arvutamisel kasutatakse välispiirete pindalade määramisel nende sisemõõte. Välispiirete pindalad mõõdetakse joonistelt.

4.6 Piirdetarindite soojapidavus

Hoone välispiirded peavad olema pikaajaliselt õhkupidav ja piisavalt soojustatud. Otstarbeka soojustuse määramisel lähtutakse hoone energiatõhususe nõuetest, ruumi soojuslikust mugavusest ja hallituse ning kondensaadi vältimisest sisepindadel, külmasildades ja tarindites. Soojustuse valikul lähtutakse sellest, et hoone oleks hea energiatõhususe tasemega. Elamu välispiirete valikul lähtutakse esmase lähenemisena järgmistest väärtustest [6]:

- välisseinte soojajuhtivus on vahemikus $0,12\text{--}0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- katuse ja põranda soojajuhtivus on vahemikus $0,1\text{--}0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- akende ja uste soojajuhtivus on vahemikus $0,6\text{--}1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Piirde soojatakistus koosneb materjali- ja pinnakihtide ning tuulutusega õhkvahe soojatakistuste summast ning leitakse valemiga [16]:

$$R_{Ti} = R_{se} + \sum \left(\frac{d_i}{\lambda_i} \right) + \sum R_{\delta} + R_{si} \quad , \quad (45)$$

kus

R - soojatakistus,

d - kihi paksus,

λ - materjali sooja-erijuhtivus,

indeks si tähistab sisekihti, se väliskihti ja δ õhkvahesid.

Pinnakihtide soojatakistused on toodud tabelis 18.

Tabel 18. Pinnakihtide soojatakistus m^2K/W

Sisepind (R_{si})			Välispind (R_{se})		
Soojavoolu suund					
üles	horisontaalne	alla	Üles	horisontaalne	alla
0,10	0,13	0,17	0,04	0,04	0,04

Kui konstruktsioonis esineb tuulutatav õhkvahe, siis piirde soojustakistust hakatakse arvestama alates tuulutusvahest.

Mittehomogeensete materjalikihtide korral jaotatakse tarind soojustehniliselt homogeenseteks lõikudeks, arvutatakse iga lõigu soojatakistus, seejärel leitakse piirde kogusoojatakistuse ülem- ja alampiir. Seda meetodit ei rakendata juhul, kui tegemist on metallkülmasildadega või kui maksimaalne arvutusviga on suurem kui 20% [16].

Piirde kogusoojatakistus R_T leitakse valemiga:

$$R_T = \frac{R_T' + R_T''}{2} \quad , \quad (46)$$

kus

R_T' - mittehomogeensete kihtidega piirdetarindi kogusoojustakistuse ülemine piirväärtus

R_T'' - mittehomogeensete kihtidega piirdetarindi kogusoojustakistuse alumine piirväärtus

Ülemise piirväärtuse arvutamiseks jaotatakse tarindi pind sektsioonideks ja arvutatakse tarindi pinnaga risti olevate ühedimensiooniliste soojavoogude summa [16].

Kogu soojustakistuse ülemine piirväärtus leitakse valemiga:

$$\frac{1}{R_T'} = \sum \frac{f_i}{R_{Ti}} , \quad (47)$$

kus

f_i - piirde vastava osa suhteline pindala,

R_{Ti} - piirde vastava osa soojatakistus.

Alumise piirväärtuse arvutamiseks jaotatakse tarind kihtideks ja arvutatakse iga kihi soojatakistus [16].

Kihtide soojatakistused leitakse valemiga:

$$\frac{1}{R_j} = \sum \frac{f_{kj}}{R_{kj}} , \quad (48)$$

kus

f_{kj} - kihi vastava osa suhteline pindala,

R_{kj} - kihi vastava osa soojatakistus.

Kogu soojustakistuse alumine piirväärtus leitakse valemiga:

$$R_T'' = R_{Si} + \sum R_j + R_{Se} \quad (49)$$

Maksimaalne viga leitakse valemiga:

$$e = \frac{R_T' - R_T''}{2 \cdot R_T} \cdot 100\% \quad (50)$$

Piirde soojajuhtivus leitakse valemiga:

$$U = \frac{1}{R_T} , \quad (51)$$

kus

R_T - kogu tarindi soojatakistus.

Materjalide sooja-erijuhtivuse väärtused võetakse Ehituskonstruktori käsiraamatust [16] ja materjalitootjate tootekataloogidest.

Piirde summaarne soojuserikadu arvutatakse piirde soojajuhtivuse ja pindala korrutisena.

4.6.1 Välispiirete soojusjuhtivuse arvutused

4.6.1.1 Välisseinad

Välissein 1

Välissein 1 materjalikihid, kihtide paksused ja sooja-erijuhtivused alates tuulutatavast õhkvahest väljastpoolt sissepoole on toodud tabelis 19.

Tabel 19. Välissein 1 materjalikihid, kihtide paksused ja sooja-erijuhtivused

Materjalikiht	Kihi paksus d, m	Materjali sooja- erijuhtivus λ , W/(mK)
Tuuletõkkeplaat Isover VKL	0,013	0,032
Puitpost (50x100 mm, s = 600 mm) + mineraalvill Paroc Extra	0,100	0,13 0,036
Palk	0,160	0,13
Mineraalvill Paroc Extra	0,042	0,036
Kipsplaat	0,0125	0,25

Välissein 1 soojatakistus villaga lõikes vastavalt valemile 45:

$$R_{Ti} = 0,04 + \frac{0,013}{0,032} + \frac{0,100}{0,036} + \frac{0,160}{0,13} + \frac{0,042}{0,036} + \frac{0,0125}{0,25} + 0,13 = 5,80 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Välissein 1 soojatakistus 100 mm puitpostiga lõikes vastavalt valemile 45:

$$R_{Ti} = 0,04 + \frac{0,013}{0,032} + \frac{0,100}{0,13} + \frac{0,160}{0,13} + \frac{0,042}{0,036} + \frac{0,0125}{0,25} + 0,13 = 3,79 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Kogusoojustakistuse ülemine piirväärtus vastavalt valemile 47:

$$\frac{1}{R_T'} = \frac{1/12}{3,79} + \frac{11/12}{5,80} = \frac{1}{5,56} \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Mittehomogeense 100 mm paksuse soojustuskihi soojatakistus vastavalt valemile 48:

$$\frac{1}{R_{post/vill}} = \frac{1/12}{\left(\frac{0,100}{0,13}\right)} + \frac{11/12}{\left(\frac{0,100}{0,036}\right)} = \frac{1}{2,28} \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Kogusoojustakistuse alumine piirväärtus vastavalt valemile 49:

$$R_{T''} = 0,04 + \frac{0,013}{0,032} + 2,28 + \frac{0,16}{0,13} + \frac{0,042}{0,036} + \frac{0,0125}{0,25} + 0,13 = 5,30 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Piirde kogusoojustakistus vastavalt valemile 46:

$$R_T = \frac{5,56 + 5,30}{2} = 5,43 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Maksimaalne suhteline arvutusviga vastavalt valemile 50:

$$e = \frac{5,56 - 5,30}{2 \cdot 5,43} \cdot 100\% = 2,40\%$$

Välissein 1 soojajuhtivus vastavalt valemile 51:

$$U_{VS1} = \frac{1}{5,43} = 0,18 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Välissein 1 pindala $A_{VS1} = 74,2 \text{ m}^2$.

Välissein 1 summaarne soojuserikadu:

$$H_{juhtivus} = 0,18 \cdot 74,2 = 13,36 \text{ W/K}$$

Välissein 2

Välissein 2 materjalikihid, kihtide paksused ja sooja-erijuhtivused alates tuulutatavast õhkvahest väljastpoolt sissepoole on toodud tabelis 20.

Tabel 20. Välissein 2 materjalikihid, kihtide paksused ja sooja-erijuhtivused

Materjalikiht	Kihi paksus d, m	Materjali sooja- erijuhtivus λ , W/(mK)
Tuuletõkkeplaat Isover VKL	0,013	0,032
Puitpost (50x200 mm, s = 600 mm) + mineraalvill Paroc Extra	0,200	0,13 0,036
Puitpruss (50x50 mm, s = 600 mm) + Mineraalvill Paroc Extra	0,050	0,13 0,036
Kipsplaat	0,0125	0,25

Välissein 2 soojatakistus 250 mm villa kihiga lõikes vastavalt valemile 45:

$$R_{Ti} = 0,04 + \frac{0,013}{0,032} + \frac{0,200}{0,036} + \frac{0,05}{0,036} + \frac{0,0125}{0,25} + 0,13 = 7,57 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Välissein 2 soojatakistus 200 mm postiga ja 50 mm villaga lõikes vastavalt valemile 45:

$$R_{Ti} = 0,04 + \frac{0,013}{0,032} + \frac{0,200}{0,13} + \frac{0,05}{0,036} + \frac{0,0125}{0,25} + 0,13 = 3,55 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Välissein 2 soojatakistus 200 mm villaga ja 50 mm prussiga lõikes vastavalt valemile 45:

$$R_{Ti} = 0,04 + \frac{0,013}{0,032} + \frac{0,200}{0,036} + \frac{0,05}{0,13} + \frac{0,0125}{0,25} + 0,13 = 6,57 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Välissein 2 soojatakistus 200 mm postiga ja 50 mm prussiga lõikes vastavalt valemile 45:

$$R_{Ti} = 0,04 + \frac{0,013}{0,032} + \frac{0,200}{0,13} + \frac{0,05}{0,13} + \frac{0,0125}{0,25} + 0,13 = 2,55 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Kogusoojustakistuse ülemine piirväärtus vastavalt valemile 47:

$$\frac{1}{R_T'} = \frac{121/144}{7,57} + \frac{11/144}{3,55} + \frac{11/144}{6,57} + \frac{1/144}{2,55} = \frac{1}{6,81} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Mittehomogeense 200 mm paksuse soojustuskihi soojatakistus vastavalt valemile 48:

$$\frac{1}{R_{post/vill}} = \frac{1/12}{\left(\frac{0,200}{0,13}\right)} + \frac{11/12}{\left(\frac{0,200}{0,036}\right)} = \frac{1}{4,56} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Mittehomogeense 50 mm paksuse soojustuskihi soojatakistus vastavalt valemile 48:

$$\frac{1}{R_{pruss/vill}} = \frac{1/12}{\left(\frac{0,05}{0,13}\right)} + \frac{11/12}{\left(\frac{0,05}{0,036}\right)} = \frac{1}{1,14} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Kogusoojustakistuse alumine piirväärtus vastavalt valemile 49:

$$R_T'' = 0,04 + \frac{0,013}{0,032} + 4,56 + 1,14 + \frac{0,0125}{0,25} + 0,13 = 6,33 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Piirde kogusoojustakistus vastavalt valemile 46:

$$R_T = \frac{6,81 + 6,33}{2} = 6,57 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Maksimaalne suhteline arvutusviga vastavalt valemile 50:

$$e = \frac{6,81 - 6,33}{2 \cdot 6,57} \cdot 100\% = 3,65\%$$

Välissein 2 soojajuhtivus vastavalt valemile 51:

$$U_{Vs2} = \frac{1}{6,57} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Välissein 2 pindala $A_{VS2} = 55,6 \text{ m}^2$.

Välissein 2 summaarne soojuserikadu:

$$H_{juhtivus} = 0,15 \cdot 55,6 = 8,34 \text{ W/K}$$

4.6.1.2 Katuslaed

Katuslagi - soojustatud viilkatus

Katuslae materjalikihid, kihtide paksused ja sooja-erijuhtivused alates tuulutatavast õhkvahest väljastpoolt sissepoole on toodud tabelis 21.

Tabel 21. Katuslae materjalikihid, kihtide paksused ja sooja-erijuhtivused

Materjalikiht	Kihi paksus d, m	Materjali sooja- erijuhtivus λ , W/(mK)
Tuuletõkkeplaat Isover VKL	0,013	0,032
Sarikas (50x200 mm, s = 600 mm) + mineraalvill Paroc Extra	0,200	0,13 0,036
Puitpruss (50x50 mm, s = 600 mm) + Mineraalvill Paroc Extra	0,050	0,13 0,036
Kipsplaat	0,0125	0,25

Katuslae soojatakistus 250 mm villa kihiga lõikes vastavalt valemile 45:

$$R_{Ti} = 0,04 + \frac{0,013}{0,032} + \frac{0,200}{0,036} + \frac{0,05}{0,036} + \frac{0,0125}{0,25} + 0,10 = 7,54 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Katuslae soojatakistus 200 mm sarikaga ja 50 mm villaga lõikes vastavalt valemile 45:

$$R_{Ti} = 0,04 + \frac{0,013}{0,032} + \frac{0,200}{0,13} + \frac{0,05}{0,036} + \frac{0,0125}{0,25} + 0,10 = 3,52 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Katuslae soojatakistus 200 mm villaga ja 50 mm prussiga lõikes vastavalt valemile 45:

$$R_{Ti} = 0,04 + \frac{0,013}{0,032} + \frac{0,200}{0,036} + \frac{0,05}{0,13} + \frac{0,0125}{0,25} + 0,10 = 6,54 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Katuslae soojatakistus 200 mm sarikaga ja 50 mm prussiga lõikes vastavalt valemile 45:

$$R_{Ti} = 0,04 + \frac{0,013}{0,032} + \frac{0,200}{0,13} + \frac{0,05}{0,13} + \frac{0,0125}{0,25} + 0,10 = 2,52 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Kogusoojustakistuse ülemine piirväärtus vastavalt valemile 47:

$$\frac{1}{R_T'} = \frac{121/144}{7,54} + \frac{11/144}{3,52} + \frac{11/144}{6,54} + \frac{1/144}{2,52} = \frac{1}{6,78} \text{ W}/(m^2K)$$

Mittehomogeense 200 mm paksuse soojustuskihi soojatakistus vastavalt valemile 48:

$$\frac{1}{R_{post/vill}} = \frac{1/12}{\left(\frac{0,200}{0,13}\right)} + \frac{11/12}{\left(\frac{0,200}{0,036}\right)} = \frac{1}{4,56} \text{ W}/(m^2K)$$

Mittehomogeense 50 mm paksuse soojustuskihi soojatakistus vastavalt valemile 48:

$$\frac{1}{R_{pruss/vill}} = \frac{1/12}{\left(\frac{0,05}{0,13}\right)} + \frac{11/12}{\left(\frac{0,05}{0,036}\right)} = \frac{1}{1,14} \text{ W}/(m^2K)$$

Kogusoojustakistuse alumine piirväärtus vastavalt valemile 48:

$$R_T'' = 0,04 + \frac{0,013}{0,032} + 4,56 + 1,14 + \frac{0,0125}{0,25} + 0,10 = 6,30 \text{ m}^2K/W$$

Piirde kogusoojustakistus vastavalt valemile 46:

$$R_T = \frac{6,78 + 6,30}{2} = 6,54 \text{ m}^2K/W$$

Maksimaalne suhteline arvutusviga vastavalt valemile 50:

$$e = \frac{6,78 - 6,30}{2 \cdot 6,54} \cdot 100\% = 3,67\%$$

Katuslae soojajuhtivus vastavalt valemile 51:

$$U_{KL} = \frac{1}{6,54} = 0,15 \text{ W}/(m^2K)$$

Katuslae pindala $A_{KL} = 40,9 \text{ m}^2$.

Katuslae summaarne soojuserikadu:

$$H_{juhtivus} = 0,15 \cdot 40,9 = 6,14 \text{ W}/K$$

Esiku katuslagi

Esiku katuslae materjalikihid, kihtide paksused ja sooja-erijuhtivused alates tuulutatavast õhkvahest väljastpoolt sissepoole on toodud tabelis 22.

Tabel 22. Esiku katuslae materjalikihid, kihtide paksused ja sooja-erijuhtivused

Materjalikiht	Kihi paksus d, m	Materjali sooja-erijuhtivus λ , W/(mK)
Tuuletõkkeplaat Isover VKL	0,013	0,032
Laetala (50x250 mm, s = 600 mm) + mineraalvill Paroc Extra	0,250	0,13 0,036
Puitpruss (50x50 mm, s = 600 mm) + Mineraalvill Paroc Extra	0,050	0,13 0,036
Voodrilaud	0,012	0,13

Esiku katuslae soojatakistus 300 mm villa kihiga lõikes vastavalt valemile 45:

$$R_{Ti} = 0,04 + \frac{0,013}{0,032} + \frac{0,250}{0,036} + \frac{0,05}{0,036} + \frac{0,012}{0,13} + 0,10 = 8,97 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Esiku katuslae soojatakistus 250 mm talaga ja 50 mm villaga lõikes vastavalt valemile 45:

$$R_{Ti} = 0,04 + \frac{0,013}{0,032} + \frac{0,250}{0,13} + \frac{0,05}{0,036} + \frac{0,012}{0,13} + 0,10 = 3,95 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Esiku katuslae soojatakistus 250 mm villa ja 50 mm prussiga lõikes vastavalt valemile 45:

$$R_{Ti} = 0,04 + \frac{0,013}{0,032} + \frac{0,250}{0,036} + \frac{0,05}{0,13} + \frac{0,012}{0,13} + 0,10 = 7,97 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Esiku katuslae soojatakistus 250 mm tala ja 50 mm prussiga lõikes vastavalt valemile 45:

$$R_{Ti} = 0,04 + \frac{0,013}{0,032} + \frac{0,250}{0,13} + \frac{0,05}{0,13} + \frac{0,012}{0,13} + 0,10 = 2,95 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Kogusoojustakistuse ülemine piirväärtus vastavalt valemile 47:

$$\frac{1}{R_T'} = \frac{121/144}{8,97} + \frac{11/144}{3,95} + \frac{11/144}{7,97} + \frac{1/144}{2,95} = \frac{1}{8,00} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Mittehomogeense 250 mm paksuse soojustuskihi soojatakistus vastavalt valemile 48:

$$\frac{1}{R_{tala/vill}} = \frac{1/12}{\left(\frac{0,250}{0,13}\right)} + \frac{11/12}{\left(\frac{0,250}{0,036}\right)} = \frac{1}{5,70} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Mittehomogeense 50 mm paksuse soojustuskihi soojatakistus vastavalt valemile 48:

$$\frac{1}{R_{pruss/vill}} = \frac{1/12}{\left(\frac{0,05}{0,13}\right)} + \frac{11/12}{\left(\frac{0,05}{0,036}\right)} = \frac{1}{1,14} \text{ W}/(m^2K)$$

Kogusoojustaktistuse alumine piirväärtus vastavalt valemile 49:

$$R_T'' = 0,04 + \frac{0,013}{0,032} + 5,70 + 1,14 + \frac{0,012}{0,13} + 0,10 = 7,48 \text{ m}^2K/W$$

Piirde kogusoojustakistus vastavalt valemile 46:

$$R_T = \frac{8,00 + 7,48}{2} = 7,74 \text{ m}^2K/W$$

Maksimaalne suhteline arvutusviga vastavalt valemile 50:

$$e = \frac{8,00 - 7,48}{2 \cdot 7,74} \cdot 100\% = 3,36\%$$

Esiku katuslae soojajuhtivus vastavalt valemile 51:

$$U_{VL4} = \frac{1}{7,74} = 0,13 \text{ W}/(m^2K)$$

Esiku katuslae pindala $A_{VL4} = 4,9 \text{ m}^2$.

Esiku katuslae summaarne soojuserikadu:

$$H_{juhtivus} = 0,13 \cdot 4,9 = 0,64 \text{ W}/K$$

4.6.1.3 Pööninglagi

Pööninglae materjalikihid, kihtide paksused ja sooja-erijuhtivused väljastpoolt sissepoole on toodud tabelis 23.

Tabel 23. Pööninglae materjalikihid, kihtide paksused ja sooja-erijuhtivused

Materjalikiht	Kihi paksus d, m	Materjali sooja- erijuhtivus λ , W/(mK)
Puistevill Paroc BLT 3	0,200	0,041
Penn (50x200 mm, s = 600 mm) + puistevill Paroc BLT 3	0,200	0,13
Puitlaastplaat OSB	0,012	0,14
Tuulutusetä õhkvahe	0,022	0,16
Voodrilaud	0,012	0,13

Külma pööningu soojatakistus leitakse valemiga:

$$R_{Ti} = R_{se} + \sum \left(\frac{d_i}{\lambda_i} \right) + R_u + R_{si} \quad , \quad (52)$$

kus

R_u - ventileeritava pööninguruumi ja katusetarindi soojatakistus

Aluskattega kivikatuse korral $R_u = 0,20 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Pööninglae soojatakistus 200 mm penniga ja 200 mm villaga lõikes vastavalt valemile 52:

$$R_{Ti} = 0,04 + \frac{0,200}{0,041} + \frac{0,200}{0,13} + \frac{0,012}{0,14} + \frac{0,022}{0,16} + \frac{0,012}{0,13} + 0,20 + 0,10 = 7,08 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Pööninglae soojatakistus 400 mm villa kihiga lõikes vastavalt valemitele 52:

$$R_{Ti} = 0,04 + \frac{0,400}{0,041} + \frac{0,012}{0,14} + \frac{0,022}{0,16} + \frac{0,012}{0,13} + 0,20 + 0,10 = 10,42 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Kogusoojustakistuse ülemine piirväärtus vastavalt valemile 47:

$$\frac{1}{R_T'} = \frac{1/12}{7,08} + \frac{11/12}{10,42} = \frac{1}{10,03} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Mittehomogeense 200 mm paksuse soojustuskihi soojatakistus vastavalt valemile 48:

$$\frac{1}{R_{penn/vill}} = \frac{1/12}{\left(\frac{0,200}{0,13}\right)} + \frac{11/12}{\left(\frac{0,200}{0,036}\right)} = \frac{1}{4,13} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Kogusoojustakistuse alumine piirväärtus vastavalt valemile 49:

$$R_T'' = 0,04 + \frac{0,200}{0,041} + 4,13 + \frac{0,012}{0,14} + \frac{0,022}{0,16} + 0,20 + 0,10 = 9,58 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Piirde kogusoojustakistus vastavalt valemile 46:

$$R_T = \frac{10,03 + 9,58}{2} = 9,81 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Maksimaalne suhteline arvutusviga vastavalt valemile 50:

$$e = \frac{10,03 - 9,58}{2 \cdot 9,81} \cdot 100\% = 2,29\%$$

Pööninglae soojajuhtivus vastavalt valemile 51:

$$U_{PL} = \frac{1}{9,81} = 0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Pööninglae pindala $A_{PL} = 44,2 \text{ m}^2$.

Pööninglae summaarne soojuserikadu:

$$H_{juhtivus} = 0,10 \cdot 44,2 = 4,42 \text{ W/K}$$

4.6.1.4 Põrand pinnasel

Põranda materjalikihid, kihtide paksused ja sooja-erijuhtivused altpoolt ülespoole on toodud tabelis 24.

Tabel 24. Põranda materjalikihid, kihtide paksused ja sooja-erijuhtivused

Materjalikiht	Kihi paksus d, m	Materjali sooja- erijuhtivus λ , W/(mK)
Pinnas	-	1,40
Soojustus EPS 100	0,200	0,037

Pinnasel asuva põranda soojajuhtivus arvutatakse vastavalt standardile EVS-EN ISO 13370:2008 [22].

Soojuslevi kolmemõõtmelisuse ja ruumigeomeetria arvestamiseks leitakse põrandat iseloomustav mõõde B' valemiga:

$$B' = \frac{A}{0,5P} \quad , \quad (53)$$

kus

- A - põranda pindala,
- P - põranda perimeeter.

Põrandat iseloomustav mõõde vastavalt valemile 53:

$$B' = \frac{89,6}{0,5 \cdot 41,3} = 4,34 \text{ m}$$

Soojustakistuse kirjeldamiseks kasutatakse ekvivalentset paksust, mis leitakse valemiga:

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}) \quad , \quad (54)$$

kus

- d_t - põranda ekvivalentne paksus
- w - seinte paksus,
- λ - külmumata pinnase sooja-erijuhtivus,
- R_{si}, R_{se}, R_f - põranda sise- ja välispinna ning põranda kihtide soojustakistused.

Põranda ekvivalentne paksus vastavalt valemile 54:

$$d_t = 0,273 + 1,4 \cdot \left(0,17 + \frac{0,200}{0,037} + 0,04 \right) = 8,14 \text{ m}$$

Kuna $d_t = 8,14 > B' = 4,34$, leitakse põranda soojajuhtivus valemiga:

$$U = \frac{\lambda}{0,457 \cdot B' + d_t} \quad (55)$$

Põrand-pinnasel soojajuhtivus vastavalt valemile 55:

$$U_p = \frac{1,4}{0,457 \cdot 4,34 + 8,14} = 0,14 \text{ W}/(m^2K)$$

Põrand-pinnasel pindala $A_p = 81,6 \text{ m}^2$.

Põrand-pinnasel summaarne soojuserikadu:

$$H_{juhtivus} = 0,14 \cdot 81,6 = 11,26 \text{ W}/K$$

4.6.1.5 Aknad

Aken 1 – olemasolevad aknad

Olemasolevateks akendeks on puidust paarisraamiga aknad, mille lengi paksus on 180 mm, raamide paksus 50 mm, välimiseks klaasiks kasutatakse ühekordset klaasi ning sisemiseks kahekihilist klaaspaketti. Olemasolevate akende soojusjuhtivus pole teada. Akende soojusjuhtivuse määramiseks tehakse arvutused mittehomogeensele mitmekihilisele tuulutusetä õhkvahedega piirdekonstruktsioonile. Arvutused tehakse aknale mõõtmetega 1600x1600 mm Akna soojusjuhtivuse arvutusel lähtutakse määruses „Hoone energia-tõhususe arvutamise meetodika“ [21] esitatud valemist:

$$U_a = \frac{U_k A_k + U_r A_r + U_p A_p + \Psi_k l_k}{A_k + A_r + A_p}, \quad (56)$$

kus

- U_k - klaasiosa soojajuhtivus,
- A_k - klaasiosa pindala,
- U_r - raamiosa soojajuhtivus,
- A_r - raamiosa pindala,
- U_p - läbipaistmatu kilbiosa soojajuhtivus,
- A_p - läbipaistmatu kilbiosa pindala,
- Ψ_k - klaasiserva joonsoojuslääbivus,
- l_k - klaasiserva perimeetri pikkus.

Lengiosa soojajuhtivus vastavalt valemitele 45 ja 51:

$$R_{T.p} = 0,04 + \frac{0,18}{0,13} + 0,13 = 1,56 \text{ m}^2 \text{K/W}$$

$$U_p = \frac{1}{1,56} = 0,64 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Lengiosa pindala $A_p = 0,37 \text{ m}^2$.

Avatava raamiosa soojajuhtivus vastavalt valemitele 45 ja 51:

$$R_{T.r} = 0,04 + \frac{0,05}{0,13} + \frac{0,08}{0,18} + \frac{0,05}{0,13} + 0,13 = 1,39 \text{ m}^2 \text{K/W}$$

$$U_r = \frac{1}{1,39} = 0,72 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Avatava raamiosa pindala $A_r = 0,69 \text{ m}^2$.

Klaasiosa soojajuhtivus vastavalt valemitele 45 ja 51:

$$R_{T,k} = 0,04 + \frac{0,004}{1,00} + \frac{0,15}{0,18} + \frac{0,004}{1,00} + \frac{0,009}{0,15} + \frac{0,004}{1,00} + 0,13 = 1,08 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_k = \frac{1}{1,08} = 0,93 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Klaasiosa pindala $A_k = 1,50 \text{ m}^2$.

Klaasiserva joonsoojuslähivus puitakendel on $\Psi_k = 0,06 \text{ W/(mK)}$. Klaasiserva perimeetri pikkus olemasoleval aknal on $l_k = 11,20 \text{ m}$.

Olemasolevate akende soojajuhtivus vastavalt valemile 56:

$$U_{a1} = \frac{0,93 \cdot 1,50 + 0,72 \cdot 0,69 + 0,64 \cdot 0,37 + 0,06 \cdot 11,20}{1,50 + 0,69 + 0,37} = 1,09 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Olemasolevate akende kogupindala $A_{a1} = 15,5 \text{ m}^2$.

Aken 1 summaarne soojuserikadu:

$$H_{juhtivus} = 1,09 \cdot 15,5 = 16,90 \text{ W/K}$$

Aken 2 – lisanduvad aknad

Lisanduvad aknad on kaheraamilised puitalumiiniumaknad. Akende (Fenstra FW-Passive) soojajuhtivus on $U_{a2} = 0,79 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ [24]. Lisanduvate akende kogupindala $A_{a2} = 10,0 \text{ m}^2$.

Aken 2 summaarne soojuserikadu:

$$H_{juhtivus} = 0,79 \cdot 10,0 = 7,90 \text{ W/K}$$

4.6.1.6 Uksed

Välisuks 1

Välisuks 1 on katlaruumi uks, milleks on projekteeritud ilma klaasiavata soojustatud puituks. Katlaruumi välisukse (Viljandi Aken ja Uks, klaasiavata puituksed) soojajuhtivus on $U_{u1} = 0,77 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ [23] ning pindala $A_{u1} = 2,0 \text{ m}^2$.

Välisuks 1 summaarne soojuserikadu:

$$H_{juhtivus} = 0,77 \cdot 2,0 = 1,54 \text{ W/K}$$

Välisuks 2

Välisuks 2 on peasissepääsu uks, milleks on projekteeritud soojustatud puituks klaasiavaga. Peasissepääsu ukse (Viljandi Aken ja Uks, klaasiavaga puituksed) soojajuhtivus on $U_{u2} = 1,00 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ [23] ning pindala $A_{u2} = 2,0 \text{ m}^2$.

Välisuks 2 summaarne soojuserikadu:

$$H_{juhtivus} = 1,00 \cdot 2,0 = 2,00 \text{ W/K}$$

Terrassiuks

Terrassile pääsuks on projekteeritud puitaluminiium raamil väljapoole kahes osas avanev kolmekordse pakettklaasiga uks (Fenstra – FB-IOU ALU-153), mille soojajuhtivus on $U_{tu} = 0,74 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ [24] ja pindala $A_{tu} = 3,2 \text{ m}^2$.

Terrassiukse summaarne soojuserikadu:

$$H_{juhtivus} = 0,74 \cdot 3,2 = 2,37 \text{ W/K}$$

Elamu kõikide välispiirete soojajuhtivused jäävad määruises „Hoone energiatõhususe miinimunõuded“ [6] toodud soovituslikesse piiridesse (vt. jaotis 4.6).

4.7 Piirdetarindite joonkülmasillad

Välispiirete nurkades ja liitekohtades tekivad lisasoojuskadude tõttu joonkülmasillad. Soojuskadude leidmiseks arvutatakse joonkülmasildade soojusläbivused lähtudes määruises „Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika“ [21] toodud tarindite liitekohtade joonsoojusläbivustest ja valemist:

$$\Sigma\Psi = \sum \Psi_j I_j + \sum X_p n_p \quad , \quad (57)$$

kus

$\Sigma\Psi$ - välispiirde summaarne soojusläbivus,

Ψ_j - tarindi liitekohta joonsoojusläbivus,

I_j - liitekohta pikkus,

X_p - soojustuse katkestuse või soojustusest läbiviigu punktsoojusläbivus,

n_p - samasuguste punktsoojusläbivuste arv välispiirdeosas.

4.7.1 Joonkülmasildade arvutus

Arvutustes kasutatavad liitekohtade pikkused saadakse joonistelt ning tarindi liitekohta joonsoojusläbivuse väärtused määruise „Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika“ [21] tabelist 7. Arvutuste tegemisel lähtutakse oluliselt rekonstrueeritud hoone tarindi liitekohtade joonsoojusläbivuste väärtustest. Külmasildade summaarsed soojuserikaod arvutatakse tarindi liitekohtade joonsoojusläbivuse ja liitekohta pikkuse korrutisena. Arvutuse aluseks on võetud valem 57, mis viiakse üle energiaarvutuste lähteandmete ja tulemuste tabelis esitatavate tähistustega kujule: $H_{k\ddot{u}lmasild} = \Psi_j \cdot I_j$

Külmasildade summaarsed soojuserikaod:

Välisseina välisnurk:

$$H_{k\ddot{u}lmasild} = 0,3 \cdot 30,7 = 9,21 \text{ W/K}$$

Välisseina sisenurk:

$$H_{k\ddot{u}lmasild} = -0,2 \cdot 13,0 = -2,60 \text{ W/K}$$

Välisseina ja siseseina liitekoht:

$$H_{k\ddot{u}lmasild} = 0,1 \cdot 15,3 = 1,53 \text{ W/K}$$

Välisseina ja pööningu vahelae liitekoht:

$$H_{k\ddot{u}lmasild} = 0,1 \cdot 23,8 = 2,38 \text{ W/K}$$

Katuslae ja välisseina liitekoht:

$$H_{k\ddot{u}lmasild} = 0,2 \cdot 20,8 = 4,16 \text{ W/K}$$

Pörand-pinnasel ja välisseina liitekoht:

$$H_{k\ddot{u}lmasild} = 0,3 \cdot 41,3 = 12,39 \text{ W/K}$$

Akna liitumine välisseinaga (aken soojustuse kihis):

$$H_{k\ddot{u}lmasild} = 0,1 \cdot 73,2 = 7,32 \text{ W/K}$$

Ukse liitumine välisseinaga (uks soojustuse kihis):

$$H_{k\ddot{u}lmasild} = 0,1 \cdot 19,2 = 1,92 \text{ W/K}$$

4.8 Õhulekked

Hoone välispiirde keskmine õhulekkearv ei tohi olla suurem kui üks kuupmeeter tunnis välispiirde ruutmeetri kohta. Niiskuskonvektsiooni riski vältimiseks peavad tarindite kriitilised sõlmed olema võimalikult õhkupidavad. Kuna hoonele tehakse energiatõhususe nõuetele vastavuse tõendamine, ei tohi hoone välispiirde keskmine õhulekkearv ületada energiaarvutustes kasutatud väärtust [6]. Kui välispiirde õhuleket ei ole mõõdetud või muul viisil selle väärtust tõendatud, võetakse energiaarvutustes aluseks õhulekete baasväärtused, mis on toodud määruse „Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika“ [21] tabelis 6.

Infiltratsiooni õhuvooluhulga määramine

Aasta keskmine infiltratsiooni õhuvooluhulk arvutatakse valemiga:

$$q_i \leq \frac{q_{50}}{3,6 \cdot x} A \quad , \quad (58)$$

kus

q_{50} - hoone välispiirde keskmine õhulekkearv, oluliselt rekonstrueeritud väikeelamu korral on õhulekke baasväärtus $6 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$,

A - hoone välispiirde sisepindala,

x - tegur, mille väärtus kahekorruselise hoone korral on 24.

3,6 - tegur, mis teisendab õhuvooluhulga m^3/h ühikust l/s ühikuks.

Aasta keskmine infiltratsiooni õhuvooluhulk vastavalt valemile 58:

$$q_i = \frac{6}{3,6 \cdot 24} \cdot 334,1 = 23,20 \text{ l/s}$$

Aasta keskmine infiltratsiooni õhuvooluhulk energiaarvutuste lähteandmete vormis esitataval kujul:

$$\dot{v}_{inf} = q_i \cdot 10^3 = 23,20 \cdot 10^3 = 0,0232 \text{ m}^3/\text{s}$$

Õhuleketest tingitud soojuserikadu leitakse valemiga:

$$H_{\text{õhuleke}} = \rho_a c_a \dot{v}_{inf} \quad , \quad (59)$$

kus

ρ_a - õhutihedus, $1,2 \text{ kg/m}^3$,

c_a - õhu erisoojus, 1005 J/kg ,

\dot{v}_{inf} - infiltratsiooni õhuhulk.

Õhuleketest tingitud soojuserikadu vastavalt valemile 59:

$$H_{\text{õhuleke}} = 1,2 \cdot 1005 \cdot 0,0232 = 28,0 \text{ W/K}.$$

4.9 Ventilatsioon

Hoonesse rajatakse soojustagastusega sundventilatsioon. Hoonesse projekteeritava ventilatsiooniagregaadi PAUL Novus 300 energiatagastus on 94,4% ning ventilatsioonisüsteemi ventilaatori erivõimsus $1,08 \text{ W}/(\text{l/s})$ [25].

Ventilatsiooni välisõhu minimaalseks vooluhulgaks väikeelamutes hoone kasutusajal on määrusest „Hoone energiatõhususe miinimunõuded“ [6] lähtudes $0,42 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$.

Projekteeritava ventilatsiooniagregaadi õhuvooluhulk on toote tehniliste andmete põhjal $300 \text{ m}^3/\text{h}$ [25]. Arvestades ventilatsiooniagregaadi õhuvooluhulga ümber ühikule l/s kõetava pinna ruutmeetri kohta, saame:

$$V = \frac{300}{142,7 \cdot 3,6} = 0,58 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$$

Seega on projekteeritava ventilatsiooniagregaadiga vajalik õhuvooluhulk tagatud ning ventilatsioonisüsteemi tingimused energiatõhususe miinimumnõuetele vastavuse lihtsustatud tõendamismeetodi kasutamiseks täidetud.

4.10 Välispiirete summaarne soojuserikadu

Välispiirete summaarne soojuserikadu saadakse piirdetarindite summaarsete soojuserikadude, külmasildade summaarsete soojuserikadude ja õhuleketest tingitud soojuserikadude summeerimisel:

$$\sum H = \sum H_{juhtivus} + \sum H_{külmasild} + H_{õhuleke} = 141,5 \text{ W/K}$$

Välispiirete keskmine soojusläbivus saadakse välispiirete summaarse soojuserikao jagamisel välispiirete kogupinnaga:

$$\frac{\sum H}{A_{vp}} = \frac{141,5}{334,1} = 0,42 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$$

Välispiirete summaarne soojuserikadu kõetava pinna ruutmeetri kohta saadakse välispiirete summaarse soojuserikao jagamisel kõetava pinnaga:

$$\frac{\sum H}{A_{kõetav}} = \frac{141,5}{142,7} = 0,99 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$$

Energiatõhususe miinimumnõuetele vastavuse lihtsustatud tõendamismeetodi korral ei tohi hoone välispiirde summaarne soojuserikadu kõetava pinna ruutmeetri kohta ületada piirväärtust $1,00 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, kui hoone küttesüsteemi ja tarbevee soojendamise süsteemi peamiseks energiaallikaks on maasoojuspump.

Lihtsustatud energiatõhususarvu piirväärtuse tõendamise kasutamiseks määratud nõuded on täidetud (vt. jaotis 4.5). Rekonstrueerimisjärgselt vastab hoone energiatõhususe miinimumnõuetele.

Aastane soojuskadu läbi piirete lähtudes välispiirete summaarsest soojuserikaost ja normaalaasta kraadpäevadest Pärnus:

$$Q = 141,5 \cdot 4070 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 13821,7 \text{ kWh/a}$$

Aastane soojuskadu läbi piirete kõetava pinna ruutmeetri kohta:

$$\frac{Q}{A_{kõetav}} = \frac{13821,7}{142,7} = 96,9 \text{ kWh}/(m^2 \cdot a)$$

Energiatõhususe miinimumnõuetele vastavuse tõendamiseks on kasutatud lihtsustatud meetodit, mistõttu aastase soojuskao tulemuseks saadud väärtus $96,9 \text{ kWh}/(m^2 \cdot a)$ ei ole mitte energiatõhususarv, vaid selle üks komponent. Energiatõhususarvu teisteks komponentideks on lokaalselt toodetud taastuvenergia hulk ning kütte-, jahutus-, ventilatsiooni- ja elektriseadmete tarbitavad energiahulgad hoone tüüpilisel kasutamisel.

Oluliselt rekonstrueeritava hoone energiatõhususarv väikeelamu korral ei tohi ületada piirväärtust $210 \text{ kWh}/(m^2 \cdot a)$ [6]. Käesolevas magistritöös käsitletav elamu vastab lihtsustatud meetodil tõendades rekonstrueerimisjärgselt energiatõhususe miinimumnõuetele. Hoone aastane soojuskadu läbi piirete kõetava pinna ruutmeetri kohta moodustab väikeelamu energiatõhususarvu piirväärtusest 46%, mis jätab piisava varu energiatõhususarvu teiste komponentide energiatarbeks. Seega võib järeldada, et hoone energiatõhususarv ei ületa lubatud piirväärtust.

4.11 Energiaarvutuse lähteandmed ja arvutustulemus

Energiaarvutuse lähteandmete esitamine väikeelamu lihtsustatud energiatõhususarvu piirväärtuse tõendamise puhul

Andmed hoone kohta										
Adress	Jalaka kinnistu, Varbla vald, Pärnu maakond						<input type="checkbox"/> Uusehitus <input checked="" type="checkbox"/> Oluline rekonstrueerimine <input type="checkbox"/> Rekonstrueerimine <input type="checkbox"/> Olemasolev hoone			
Ehitusaasta	1938									
Köetav pind	142,7 m ²									
Netopind	142,7 m ²									
Peamine soojusallikas ruumide kütteks					Maasoojuspump					
Ventilatsioonisüsteemi välisõhu vooluhulk (l/s)					0,58					
Ventilatsioonisüsteemi soojustagastuse temperatuuri suhtarv					0,94					
Ventilatsioonisüsteemi ventilatori erivõimsus, W/(l/s)					1,08					
Soojuskadu läbi piirdetarindite				Soojuskadu läbi külmasildade				Õhulekkest tingitud soojuskadu		
Piirdetarind	g	U_i	A_i	H_{juhtiv}	Külmasild	Ψ_i	l_i	$H_{külmasild}$	Omadus	Suurus
	-	W/(m ² ·K)	m ²	W/K		W/(m·K)	m	W/K		
Välissein 1	0,18	74,2	13,4	Välissein-välissein 1	0,30	30,7	9,2	Õhulekke-arv q_{50}	6,0	
Välissein 2	0,15	55,6	8,3	Välissein-välissein 2	-0,20	13,0	-2,6	m ³ /(h·m ²)		
Katuslagi	0,15	40,9	6,1	Katuslagi-välissein	0,20	20,8	4,2	A_{vp} (välispiirded), m ²	334,1	
Pööningu vahelagi	0,10	44,2	4,4	Pööningu vahelagi-välissein	0,20	23,8	4,8	Korruste arv (täisarv)	2,0	
Põrand pinnasel	0,14	81,6	11,3	Põrand pinnasel-välissein	0,30	41,3	12,4	\dot{V}_{inf} , m ³ /s	0,0232	
Esiku katuslagi	0,13	4,9	0,6	Sisesein-välissein	0,10	15,3	1,5			
Välisuks 1	0,77	2,0	1,5	Akna seinakinnitus	0,10	73,2	7,3			
Välisuks 2	1,00	2,0	2,0	Ukse seinakinnitus	0,10	19,2	1,9			
Terrassiuks	0,74	3,2	2,4							
Aken 1	0,00	1,09	15,5							
Aken 2	0,00	0,79	10,0							
Kokku:				H_{juhtiv} , W/K	74,8	$H_{külmasild}$, W/K		38,7	$H_{õhuleke}$, W/K	28,0
Välispiirete summaarne soojuserikadu				$\sum H$, W/K				141,5		
Välispiirete keskmine soojusläbivus				$\sum H / A_p$				0,4		
Hoone köetav pind				$A_{köetav}$, m ²				142,7		
Välispiirete summaarne soojuserikadu köetava pinna kohta				$\sum H / A_{köetav}$				0,99		
30.05.2016		Taavi Mals								
Kuupäev		Nimi							Allikri	

Joonis 47. Energiaarvutuste lähteandmed ja arvutustulemus

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö raames koostati Pärnumaal Varbla vallas Jalaka kinnistul asuva eramu rekonstrueerimiseks arhitektuurne eelprojekt. Rekonstrueerimise käigus sooviti võtta eluruumidena kasutusele maja teine korrus, viia hoone üle mugavamale ja energiasäästlikumale kütteviisile ning suurendada elamu energiatõhusust. Eelprojekti koostamisel projekteeriti hoonele uus katusekonstruktsioon ja teise korruse väljaehitised ning tugevdati olemasolevat vahelage. Lisaks arhitektuursele osale teostati lõputöö käigus uute konstruktsioonide projekteerimise ja olemasolevatele tarinditele mõjuvate koormuste suurenemise tõttu katusekandjate, vahelae konstruktsiooni ning akna silluse tugevusarvutused. Olemasolevale hoonele teostati termovisioon ning energiatõhususe miinimumnõuetele vastavuse tõendamise lihtsutatud meetodil rekonstrueerimisjärgselt.

Magistritöö esimeses osas koostati rekonstrueeritava hoone arhitektuurne lahendus, mille käigus leiti tellijale sobiv ruumilahendus ja trepi asukoht. Esimese korruse ruumiprogrammi muudeti minimaalselt, katusealune korrus projekteeriti elamispinnaks. Teisele korrusele suurema kasuliku pinna saamiseks projekteeriti väljaehitised. Kasutatavate ehitusmaterjalide valikul jälgiti tellija soove ja võimalusi. Hoone energiatõhususe suurendamiseks määrati lisasoojustus säilitatavatele piirdekonstruktsioonidele, olemasolevad küttekolded otsustati lammutada ning elamu kütmise soojusallikaks valiti maasoojuspump. Lisasoojustuse paigaldamise tõttu suurenes hoone ehitusalune pind.

Arhitektuurse lahenduse kohaselt ühendatakse sisearhitektuuris modernsus ja looduslähedus. Seintesse paigaldatakse kipsplaat, mis viimistletakse tapeedi või värviga, vannitoas aga keraamiliste plaatidega. Teise korruse kandev vahesein viimistletakse vertikaalse puitlaudisega. Põrandakatteks kuivades ruumides kasutatakse esimesel korrusel naturaalsel tammeparketti ja teisel korrusel korkparketti. Duširuumi, esiku, katlaruumi, abiruumi ja esimese korruse WC põrandad viimistletakse keraamilise plaadiga, teise korruse WC põrand aga linoleumiga. Lae viimistluseks on lakitud puitlaudis. Siseuksed on puidust.

Hoone välisilmes muudeti teisele korrusele väljaehitiste projekteerimise tõttu katuse kuju. Välisarhitektuuris kasutatakse fassaadikatteks horisontaalset heledat tooni puitlaudist,

sokkel viimistletakse graniitkivipuruga kaetud sokliplaadiga, katusekatteks on tumepruun katusekivi. Avatäidetena kasutatakse valgetel puit- ja puitaluumiiniumraamidel aknaid ning tumepruune puidust välisuksi. Fassaadi ilmestavad tumepruuni tooni akna-, ukse- ja nurgaliistud, vihmaveesüsteem ning akna- ja liiteplekid.

Lõputöö teises osas teostati katuse ja vahelae kandekonstruktsiooni tugevusarvutused lähtuvalt konstruktsiooniosadele mõjuvatest koormustest ja koormuskombinatsioonidest. Tugevusarvutuste tegemisel kasutati konstruktsioonelementide sisejõudude leidmiseks arvutiprogrammi Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2016. Konstruktsiooni arvutuste käigus kontrolliti projekteeritud sarikate kandevõimet, vahelaetalade ning akna silluse kandevõimet ja deformatsioone, dimensioneeriti vahelaetalade naelliide. Olemasoleva vahelae konstruktsiooni tugevdamiseks projekteeriti lisatalad. Arvutustulemustest selgus, et kontrollitavate konstruktsioonelementide kandevõimed kõige kriitilisemate koormuskombinatsioonide puhul on tagatud ning läbipainded jäävad lubatud piiridesse. Katusekonstruktsioonide kandevõimed on piisava varuga, et jätta tuleviku väljavaatena võimalus paigaldada hoone energiatõhususe parandamiseks katusele lokaalseid taastuenergia allikaid.

Magistritöö kolmandas osas hinnati autori poolt teostatud termovisiooni käigus tehtud termopiltide abil hoone säilitatavate välispiirete külmasildade kriitilisust. Temperatuurindeksite võrdluse tulemusena toodi välja piirdekonstruktsioonid, mis vajavad rekonstrueerimisel lisasoojustust.

Lõputöö neljandas osas arvutati projektile vastavalt hoone välispiirete soojusjuhtivused ning soojuskaod läbi piirete, külmasildade ja õhulekete. Seati piirid hoone lisanduvate avatäidete ja ventilatsioonisüsteemi valikule. Energiaarvutuste lähteandmed ja arvutustulemus esitati väikeelamu lihtsustatud energiatõhususarvu piirväärtuse tõendamise vormis. Lihtsustatud tõendamismeetodi arvutustulemusena täidab hoone rekonstrueerimisjärgselt väikeelamu energiatõhususe miinimumnõuded.

Käesolev magistritöö omab praktilist väärtust, kuna antud töö raames valminud arhitektuurse eelprojekti alusel plaanib Jalaka kinnistu omanik taotleda ehitusluba eramu rekonstrueerimiseks. Töö edasiarendusena tuleb lahendada konstruktiivsed sõlmed, koostada põhiprojekt ja tööprojekt.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Ehitusprojekti kirjeldus. Osa 1: Eelprojekti seletuskiri: Eesti standard EVS 865-1:2013. Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2013.
2. Ehitusseadus. 15.05.2002. Riigikogu.
[WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/133139> (15.05.2016)
3. Nõuded ehitusprojektile. Majandus- ja taristuministri 17. juuli 2015. a määrus nr 97, 2015 – Riigi Teataja [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/118072015007> (15.05.2016).
4. Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded. Majandus- ja taristuministri 02. juuni 2015. a määrus nr 54, 2015 – Riigi Teataja [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/105062015004> (15.05.2016).
5. Ehitise tehniliste andmete loetelu ja arvestamise alused. Majandus- ja taristuministri 05. juuni 2015. a määrus nr 57, 2015 – Riigi Teataja [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/110062015008> (15.05.2016).
6. Hoone energiatõhususe miinimunõuded. Majandus- ja taristuministri 03. juuni 2015. a määrus nr 55, 2015 – Riigi Teataja [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/105062015015> (15.05.2016).
7. Eluruumile esitatavad nõuded. Majandus- ja taristuministri 02. juuli 2015. a määrus nr 85, 2015 – Riigi Teataja [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/103072015034> (15.05.2016).
8. Hoone ehitusprojekt: Eesti standard EVS 811:2012. Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2012.
9. Ehitise tuleohutus. Osa 7: Ehitistele esitatava põhinõude, tuleohutusnõude tagamine projekteerimise ja ehitamise käigus: Eesti standard EVS 812-7:2008. Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2008.
10. Ehituskonstruksioonide projekteerimise alused: Eesti standard EVS-EN 1990:2002+NA:2002. Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2002.
11. Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-1: Üldkoormused. Mahukaalud, omakaalud, hoonete kasukoormused: Eesti standard EVS-EN 1991-1-1:2002+NA:2002. Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2002.
12. Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-3: Üldkoormused. Lumekoormus: Eesti standard EVS-EN 1991-1-3:2006+NA:2006. Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2006.

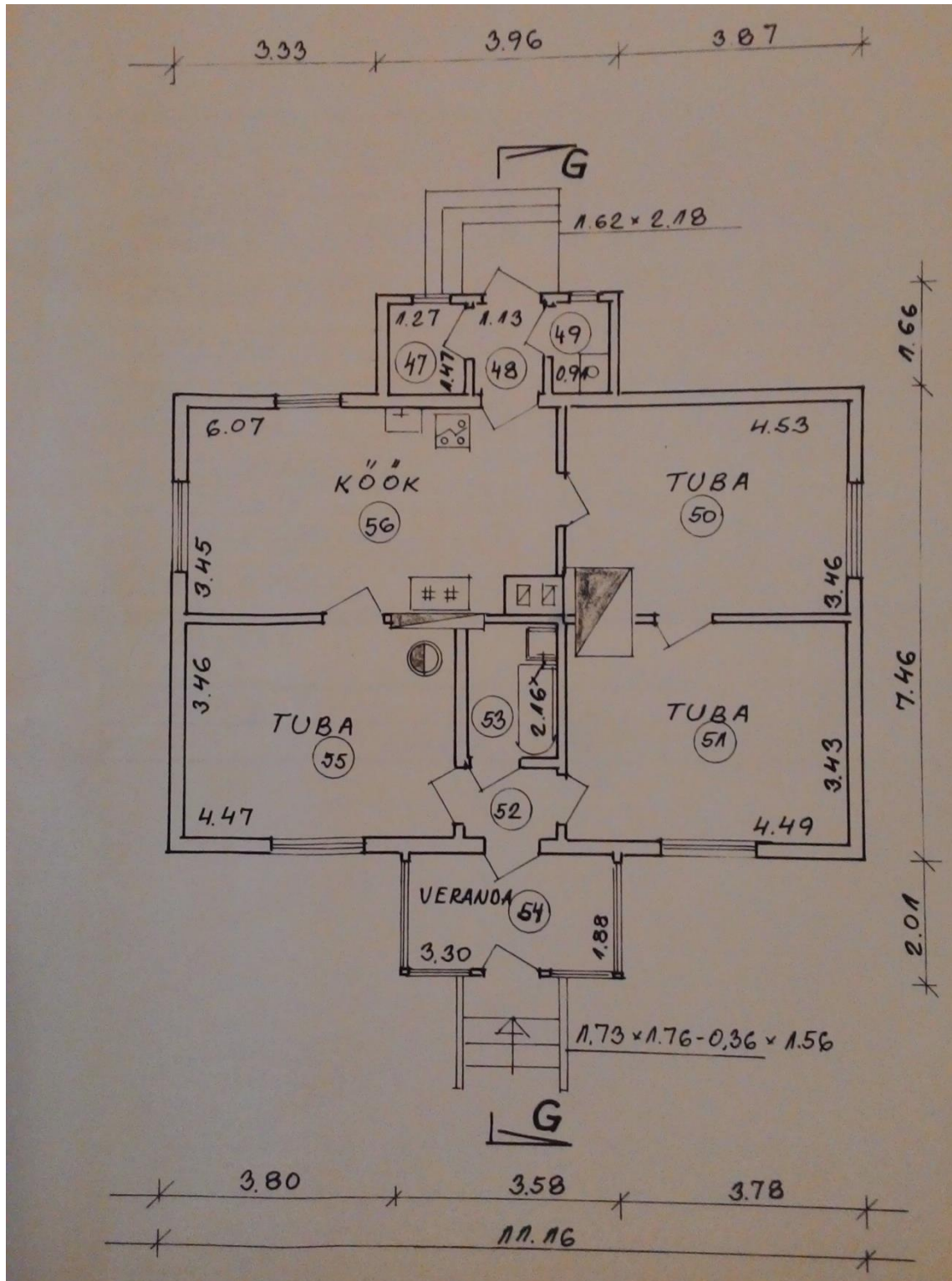
13. Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-4: Üldkoormused. Tuulekoormus: Eesti standard EVS-EN 1991-1-4:2005+NA:2007. Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2007.
14. Puitkonstruksioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldist. Üldreeglid ja reeglid hoonete projekteerimiseks: Eesti standard EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009. Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2009.
15. Ehituspuit. Tugevusklassid: Eesti standard EVS-EN 338:2009. Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2009.
16. Ehituskonstruktori käsiraamat / Toimetaja T.Masso. Tallinn: „Ehitame“ kirjastus, 2012. 577 lk.
17. Masso, T. (2012). Ehitusfüüsika ABC. Tallinn: „Ehitame“ kirjastus. 172 lk.
18. FLIR E6 Datasheet. [WWW] <http://www.infraredcamerawarehouse.com/content/FLIR%20Datasheets/FLIR%20E6%20Datasheet.pdf> (15.05.2016).
19. Extech instruments. RHT20: Humidity and Temperature Datalogger. Datasheet. [WWW] http://www.extech.com/instruments/resources/datasheets/RHT20_DS-en.pdf (15.05.2016).
20. Energiasäästubüroo. Teenused. Termograafia. [WWW] <http://www.energiaaudit.ee/teenused/termograafia-2/> (15.05.2016).
21. Hoone energiatõhususe arvutamise meetodika. Majandus- ja taristuministri 05. juuni 2015. a määrus nr 58, 2015 – Riigi Teataja [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/109062015021> (15.05.2016).
22. Hoonete soojuslik toimivus. Soojusülekanne pinnasesse. Arvutusmeetodid: Eesti standard EVS-EN ISO 13370:2008. Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2008.
23. Viljandi välisüksed. [WWW] <http://www.aknad-uksed.ee/viljandi-valisuksed> (15.05.2016).
24. Fenestra. Avanevad aknad. [WWW] <http://www.fenestra.ee/Avanevad-aknad-3> (15.05.2016).
25. IntelliVENT tooted. Ventilatsioon. Eramu ventilatsioon. [WWW] <http://www.intelivent.ee/products/comfoair-luxe-350/> (15.05.2016).
26. PAROC'i tooted. [WWW] <http://www.paroc.ee/lahendused-ja-tooted/tooted> (15.05.2016).
27. ISOVER toodete valik. [WWW] <http://www.isover.ee/tooted/ehitusisolatsioon> (15.05.2016).

28. Monier tooted. [WWW] <http://www.monier.ee/tooted/betoonist-katusekiivid/est-stein-protector/katusekiivid.html> (15.05.2016).
29. Estplast tooted. [WWW] http://www.estplast.ee/booklets/Estplast_tooted_EST.pdf (15.05.2016).
30. Knauf kuivehitus. [WWW] http://www.knauf.ee/www/ee/04_sausa-buve/sausabuve.html (15.05.2016).

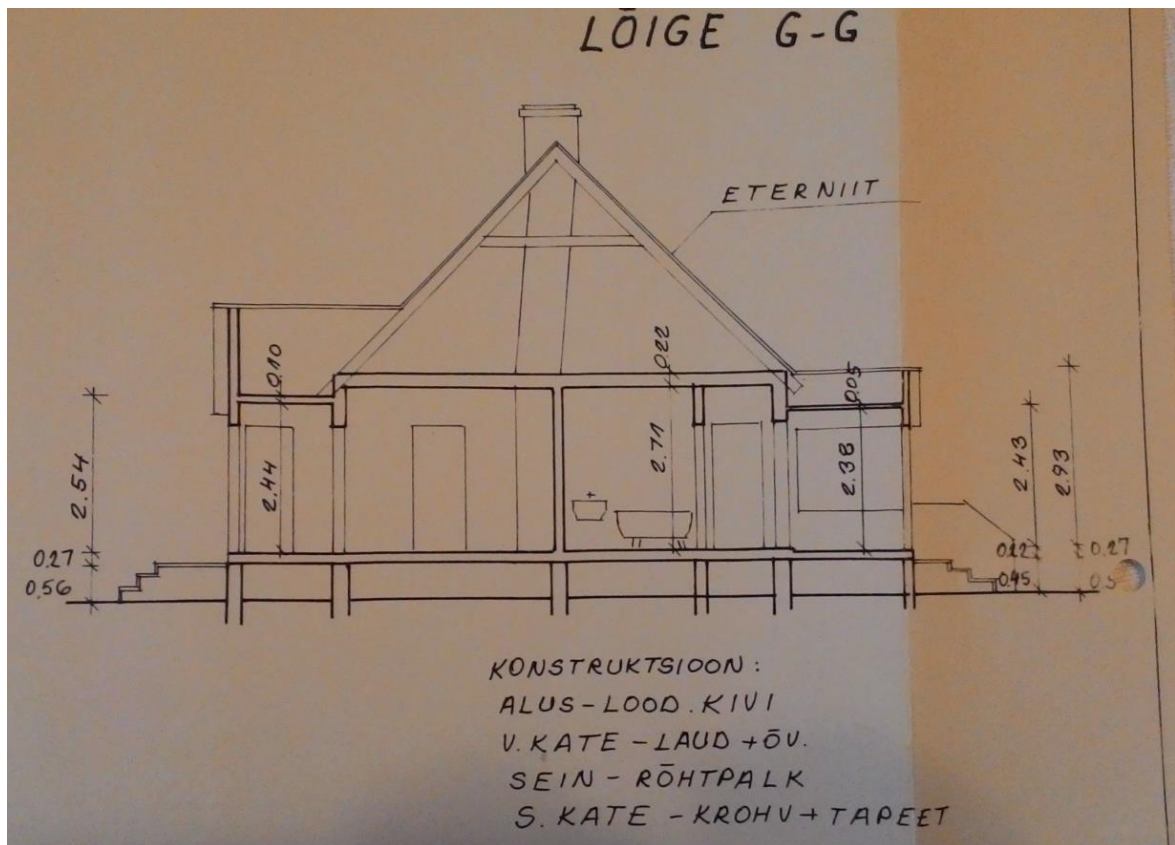
LISAD

Lisa 1. Inventariseerimisjoonised

Olemasolevad inventariseerimisjoonised pärinevad hoone omaniku/töö tellija Tiiu Annuki eramu ostu dokumentatsioonist.



Joonis 48. Olemasolev hoone põhiplaan



Joonis 49. Olemasolev hoone lõige G-G

Lisa 2. Ruumide eksplikatsioon

Ruumi number	Ruumi nimetus	Suletud netopind			Avatud brutopind
		Elamispind m ²	Abiruumide pind m ²	Mitteeluruumide pind m ²	
1	Esik		4,9		
2	Koridor		1,6		
3	Duširuum		2,9		
4	WC		1,2		
5	Tuba		14,0		
6	Köök		20,9		
7	Elutuba	15,6			
8	Magamistuba	15,6			
9	Abiruum		1,8		
10	Katlaruum			3,1	
Esimene korrus kokku		31,2	47,3	3,1	
11	WC		5,2		
12	Abiruum		16,9		
13	Magamistuba	20,4			
14	Terrass				6,2
15	Garderoob		5,5		
16	Trepihall		13,1		
Teine korrus kokku		20,4	40,7		6,2
Kokku		51,6	88,0	3,1	6,2
Suletud netopind kokku		142,7			
Avatud brutopind kokku		6,2			

Lisa 3. Tugevusarvutuste lahenduskäigud

Sarikas kaldega 31° kandevõime kontroll survele koos paindega

Arvutiprogrammist ROBOT saadud epüüridelt leitakse sarikale mõjuv maksimaalne paindemoment $M_{sd} = 0,81 \text{ kNm}$ ja samas lõikes tekkiv survejõud $N_d = F_{c,d} = 2,91 \text{ kN}$.

Sarika nõtkepikkus:

Sarika nõtkepikkus y-telje suhtes vastavalt valemile 20:

$$l_{ef,y} = 1,0 \cdot 2400 = 2400 \text{ mm}$$

Sarika nõtkes z-telje suhtes on tagatud roovlattidega.

Inertsiraadius y-telje suhtes vastavalt valemile 19:

$$i_y = \frac{200}{\sqrt{12}} = 57,74 \text{ mm}$$

Sarika saledus y-telje suhtes vastavalt valemile 17:

$$\lambda_y = \frac{2400}{57,74} = 41,57$$

Suhteline saledus y-telje suhtes vastavalt valemile 16:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{41,57}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{20}{6700}} = 0,72$$

Ebastabiilsustegur y-telje suhtes vastavalt valemile 15:

$$k_y = 0,5 \cdot [1 + 0,2(0,72 - 0,3) + 0,72^2] = 0,80$$

Nõtketegur y-telje suhtes vastavalt valemile 14:

$$k_{c,y} = \frac{1}{0,80 + \sqrt{0,80^2 - 0,72^2}} = 0,87$$

Nõtketegur z-telje suhtes võetakse $k_{c,z} = 1$, kuna sarikaid ühendavate roovlattidega on stabiilsus tagatud. Seega z-telje suhtes nõtket ei arvestata.

Materjali osavaruteguri γ_M ja modifikatsiooniteguri k_{mod} väärtused saadakse standardi EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009 [14] tabelitest 2.3 ja 3.1:

$$\gamma_M = 1,3 \text{ (saepuit)}$$

$$k_{mod} = 0,90 \text{ (lühiajaline koormus)}$$

Puidu arvutuslik paindetugevus vastavalt valemile 9:

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = 0,9 \cdot \frac{22}{1,3} = 15,23 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik survetugevus vastavalt valemile 9:

$$f_{c,0,d} = 0,9 \cdot \frac{20}{1,3} = 13,85 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik paindepinge vastavalt valemile 13:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{0,81 \cdot 10^6 \cdot 6}{50 \cdot 200^2} = 2,43 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik survepinge vastavalt valemile 12:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{2,91 \cdot 10^3}{50 \cdot 200} = 0,291 \text{ N/mm}^2$$

Sarika kandevõime kontroll survele koos paindega vastavalt valemitele 10 ja 11:

$$\frac{0,291}{0,87 \cdot 13,85} + \frac{2,43}{15,23} + 0,7 \cdot \frac{0}{15,23} = 0,18 \leq 1$$

$$\frac{0,291}{1 \cdot 13,85} + 0,7 \cdot \frac{2,43}{15,23} + \frac{0}{15,23} = 0,13 \leq 1$$

Sarikate kandevõime survele koos paindega on tagatud.

Sarikas kaldega 34° kandevõime kontroll survele koos paindega

Arvutiprogrammist ROBOT saadud epüüridelt leitakse sarikale mõjuv maksimaalne paindemoment $M_{sd} = 0,58 \text{ kNm}$ ja samas löikes tekkiv pikijõud $N_d = F_{c,d} = 2,20 \text{ kN}$.

Sarika nõtkepikkus:

Sarika nõtkepikkus y-telje suhtes vastavalt valemile 20:

$$l_{ef,y} = 1,0 \cdot 2165 = 2165 \text{ mm}$$

Sarika nõtke z-telje suhtes on tagatud roovlattidega.

Inertsiraadius y-telje suhtes vastavalt valemile 19:

$$i_y = \frac{200}{\sqrt{12}} = 57,74 \text{ mm}$$

Sarika saledus y-telje suhtes vastavalt valemile 17:

$$\lambda_y = \frac{2165}{57,74} = 37,50$$

Suhteline saledus y-telje suhtes vastavalt valemile 16:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{41,57}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{20}{6700}} = 0,65$$

Ebastabiilsustegur y-telje suhtes vastavalt valemile 15:

$$k_y = 0,5 \cdot [1 + 0,2(0,65 - 0,3) + 0,65^2] = 0,75$$

Nõtketegur y-telje suhtes vastavalt valemile 14:

$$k_{c,y} = \frac{1}{0,75 + \sqrt{0,75^2 - 0,65^2}} = 0,89$$

Nõtketegur z-telje suhtes võetakse $k_{c,z} = 1$, kuna sarikaid ühendavate roovlattidega on stabiilsus tagatud. Seega z-telje suhtes nõtket ei arvestata.

Materjali osavaruteguri γ_M ja modifikatsiooniteguri k_{mod} väärtused saadakse standardi EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009 [14] tabelitest 2.3 ja 3.1:

$$\gamma_M = 1,3 \text{ (saepuit)}$$

$$k_{mod} = 0,90 \text{ (lühiajaline koormus)}$$

Puidu arvutuslik paindetugevus vastavalt valemile 9:

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = 0,9 \cdot \frac{22}{1,3} = 15,23 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik survetugevus vastavalt valemile 9:

$$f_{c,0,d} = 0,9 \cdot \frac{20}{1,3} = 13,85 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik paindepinge vastavalt valemile 13:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{0,58 \cdot 10^6 \cdot 6}{50 \cdot 200^2} = 1,74 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik survepinge vastavalt valemile 12:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{2,20 \cdot 10^3}{50 \cdot 200} = 0,220 \text{ N/mm}^2$$

Sarika kandevõime kontroll survele koos paindega vastavalt valemitele 10 ja 11:

$$\frac{0,220}{0,89 \cdot 13,85} + \frac{1,74}{15,23} + 0,7 \cdot \frac{0}{15,23} = 0,13 \leq 1$$

$$\frac{0,220}{1 \cdot 13,85} + 0,7 \cdot \frac{1,74}{15,23} + \frac{0}{15,23} = 0,10 \leq 1$$

Sarikate kandevõime survele koos paindega on tagatud.

Neelusarika kandevõime kontroll survele koos paindega

Arvutiprogrammist ROBOT saadud epüüridelt leitakse neelusarikale mõjuv maksimaalne paindemoment $M_{sd} = 1,88 \text{ kNm}$ ja samas lõikes tekkiv survejõud $N_d = F_{c,d} = 0,98 \text{ kN}$.

Sarika nõtkepikkus:

Sarika nõtkepikkus y-telje suhtes vastavalt valemile 20:

$$l_{ef,y} = 1,0 \cdot 2920 = 2920 \text{ mm}$$

Sarika nõtke z-telje suhtes on tagatud neelusarikale toetuvate sarikatega.

Inertsiraadius y-telje suhtes vastavalt valemile 19:

$$i_y = \frac{200}{\sqrt{12}} = 57,74 \text{ mm}$$

Sarika saledus y-telje suhtes vastavalt valemile 17:

$$\lambda_y = \frac{2920}{57,74} = 50,57$$

Suhteline saledus y-telje suhtes vastavalt valemile 16:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{50,57}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{20}{6700}} = 0,88$$

Ebastabiilsustegur y-telje suhtes vastavalt valemile 15:

$$k_y = 0,5 \cdot [1 + 0,2(0,88 - 0,3) + 0,88^2] = 0,94$$

Nõtketegur y-telje suhtes vastavalt valemile 14:

$$k_{c,y} = \frac{1}{0,94 + \sqrt{0,94^2 - 0,88^2}} = 0,79$$

Nõtketegur z-telje suhtes võetakse $k_{c,z} = 1$, kuna neelusarikale toetuvate sarikatega on stabiilsus tagatud. Seega z-telje suhtes nõtket ei arvestata.

Materjali osavaruteguri γ_M ja modifikatsiooniteguri k_{mod} väärtused saadakse standardi EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009 [14] tabelitest 2.3 ja 3.1:

$$\gamma_M = 1,3 \text{ (saepuit)}$$

$$k_{mod} = 0,90 \text{ (lühiajaline koormus)}$$

Puidu arvutuslik paindetugevus vastavalt valemile 9:

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = 0,9 \cdot \frac{22}{1,3} = 15,23 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik survetugevus vastavalt valemile 9:

$$f_{c,0,d} = 0,9 \cdot \frac{20}{1,3} = 13,85 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik paindepinge vastavalt valemile 13:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{1,88 \cdot 10^6 \cdot 6}{50 \cdot 200^2} = 5,64 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik survepinge vastavalt valemile 12:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{0,98 \cdot 10^3}{50 \cdot 200} = 0,098 \text{ N/mm}^2$$

Sarika kandevõime kontroll survele koos paindega vastavalt valemitele 10 ja 11:

$$\frac{0,098}{0,79 \cdot 13,85} + \frac{5,64}{15,23} + 0,7 \cdot \frac{0}{15,23} = 0,38 \leq 1$$

$$\frac{0,098}{1 \cdot 13,85} + 0,7 \cdot \frac{5,64}{15,23} + \frac{0}{15,23} = 0,27 \leq 1$$

Neelusarika kandevõime survele koos paindega on tagatud.

Olemasoleva vahelaetala kandevõime kontroll tõmbele koos paindega

Vahelaetalade jäikus külgsuunaliselt on tagatud taladele kinnitatud puitlaastplaatidega, mistõttu kiivet ei teki. Joonisel 38 esitatud paindemomendi epüürikl leetakse vahelaetalale mõjuv maksimaalne paindemoment $M_{sd} = 3,80 \text{ kNm}$ ja jooniselt 36 samas lõikes tekkiv tõmbejõud $N_d = F_{t,d} = 1,44 \text{ kN}$.

Materjali osavaruteguri γ_M ja modifikatsiooniteguri k_{mod} väärtused saadakse standardi EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009 [14] tabelitest 2.3 ja 3.1:

$$\gamma_M = 1,3 \text{ (saepuit)}$$

$$k_{mod} = 0,90 \text{ (lühiajaline koormus)}$$

Arvutuslik paindetugevus vastavalt valemile 9:

$$f_{m,y,d} = 0,9 \cdot \frac{16}{1,3} = 11,08 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik tõmbetugevus vastavalt valemile 9:

$$f_{t,0,d} = 0,9 \cdot \frac{10}{1,3} = 6,92 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik paindepinge vastavalt valemile 13:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{3,80 \cdot 10^6 \cdot 6}{200 \cdot 200^2} = 2,85 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik tõmbepinge vastavalt valemile 23:

$$\sigma_{t,o,d} = \frac{1,44 \cdot 10^3}{200 \cdot 200} = 0,036 \text{ N/mm}^2$$

Vahelaetala kandevõime kontroll tõmbele koos paindega vastavalt valemitele 21 ja 22:

$$\frac{0,036}{6,92} + \frac{2,85}{11,08} + 0,7 \cdot \frac{0}{11,08} = 0,26 \leq 1$$

$$\frac{0,036}{6,92} + 0,7 \cdot \frac{2,85}{11,08} + \frac{0}{11,08} = 0,19 \leq 1$$

Olemasoleva vahelaetala kandevõime tõmbele koos paindega on tagatud.

Olemasoleva vahelaetala läbipaine kontroll kasutuspiirseisundis

Lubatud hetkeline läbipaine vastavalt valemile 24:

$$w_{inst} \leq \frac{3675}{400} = 9,19 \text{ mm}$$

Lubatud lõplik läbipaine vastavalt valemile 25:

$$w_{net,fin} \leq \frac{3675}{300} = 12,25 \text{ mm}$$

Hetkeline läbipaine alalisest koormusest vastavalt valemile 26:

Summaarne alaliskoormus:

$$g_k = G_{k,VL1.1} + G_{k,vahesein} = 0,378 + 0,972 = 1,35 \text{ kN/m}$$

$$w_{inst,G} = \frac{5 \cdot 1,35 \cdot 3675^4 \cdot 12}{384 \cdot 8000 \cdot 200 \cdot 200^3} = 3,01 \text{ mm}$$

Hetkeline läbipaine muutuvast koormusest vastavalt valemile 27:

$$w_{inst,Q} = \frac{5 \cdot 0,81 \cdot 3675^4 \cdot 12}{384 \cdot 8000 \cdot 200 \cdot 200^3} = 1,80 \text{ mm}$$

Hetkeline läbipaine vastavalt valemile 29:

$$w_{inst} = 3,01 + 1,80 = 4,81 \text{ mm} < 9,19 \text{ mm}$$

Lõplik läbipaine alalisest koormusest vastavalt valemile 30:

$$w_{fin,G} = 3,01 \cdot (1 + 0,6) = 4,82 \text{ mm}$$

Lõplik läbipaine muutuvast koormusest vastavalt valemile 31:

$$w_{fin,Q} = 1,80 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,6) = 2,12 \text{ mm}$$

Lõplik läbipaine kokku vastavalt valemile 32:

$$w_{fin} = 4,82 + 2,12 = 6,94 \text{ mm} < 12,25 \text{ mm}$$

Olemasoleva vahelaetala läbipaine jääb lubatud piiridesse.

Esiku katuslae tala läbipainde kontroll kasutuspiirsesundis

Lubatud hetkeline läbipaine vastavalt valemile 24:

$$w_{inst} \leq \frac{3270}{400} = 8,18 \text{ mm}$$

Lubatud lõplik läbipaine vastavalt valemile 25:

$$w_{net,fin} \leq \frac{3270}{300} = 10,90 \text{ mm}$$

Hetkeline läbipaine alalisest koormusest vastavalt valemile 26:

$$w_{inst,G} = \frac{5 \cdot 0,370 \cdot 3270^4 \cdot 12}{384 \cdot 10000 \cdot 50 \cdot 250^3} = 0,85 \text{ mm}$$

Hetkeline läbipaine muutuvast koormusest vastavalt valemile 27:

$$w_{inst,Q} = \frac{5 \cdot 1,50 \cdot 3270^4 \cdot 12}{384 \cdot 10000 \cdot 50 \cdot 250^3} = 3,43 \text{ mm}$$

Hetkeline läbipaine vastavalt valemile 29:

$$w_{inst} = 0,85 + 3,43 = 4,28 \text{ mm} < 8,18 \text{ mm}$$

Lõplik läbipaine alalisest koormusest vastavalt valemile 30:

$$w_{fin.G} = 0,85 \cdot (1 + 0,6) = 1,36 \text{ mm}$$

Lõplik läbipaine muutuvast koormusest vastavalt valemile 31:

$$w_{fin.Q} = 3,43 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,6) = 4,05 \text{ mm}$$

Lõplik läbipaine vastavalt valemile 32:

$$w_{fin} = 1,36 + 4,05 = 5,41 \text{ mm} < 10,90 \text{ mm}$$

Esiku katuslae tala läbipaine jääb lubatud piiridesse.

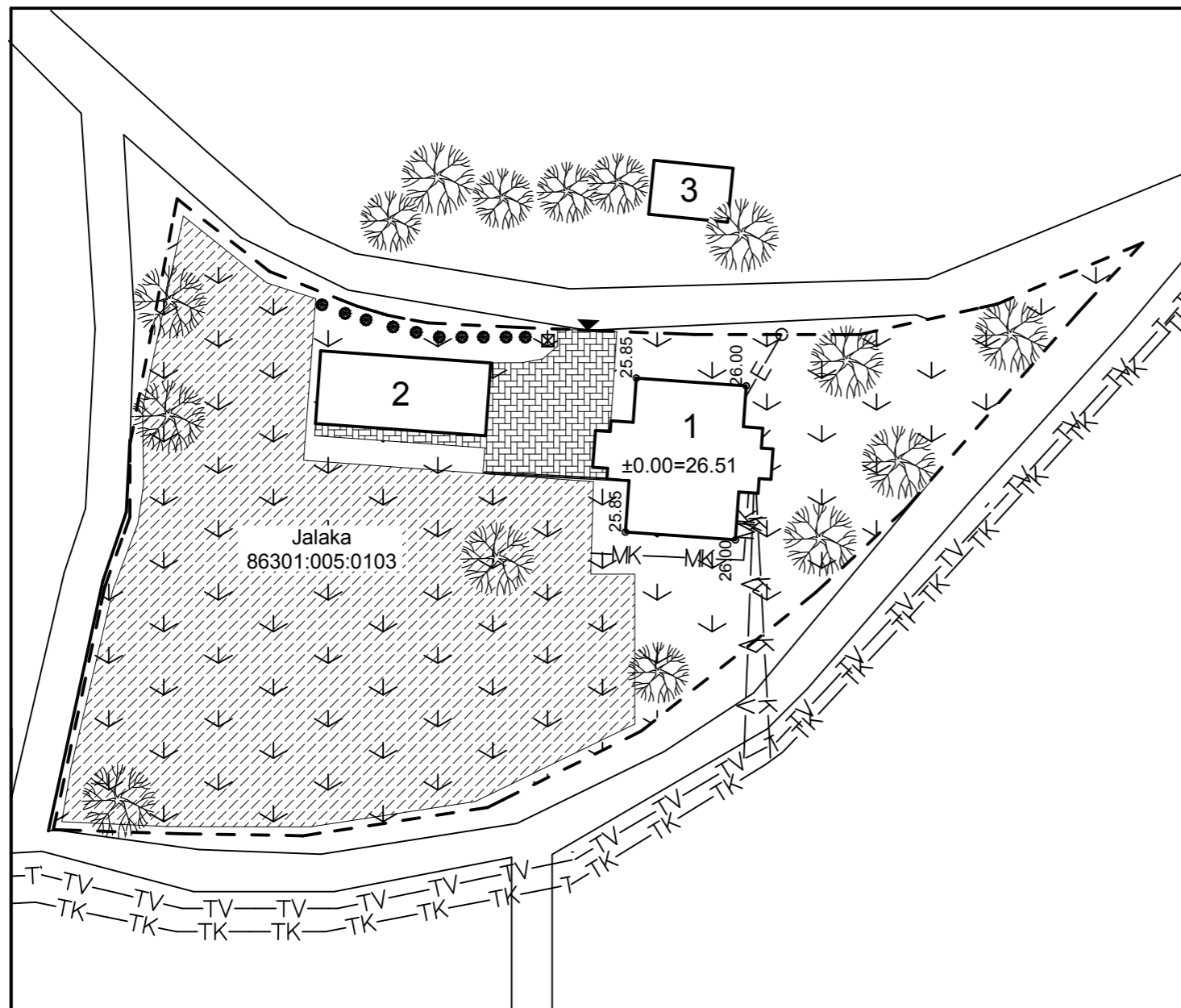
Lisa 4. Graafiline osa

Leht 1.	ASENDIPLAAN	M 1:500
Leht 2.	VAADE IDAST	M 1:75
Leht 3.	VAADE LÕUNAST	M 1:75
Leht 4.	VAADE LÄÄNEST	M 1:75
Leht 5.	VAADE PÕHJAST	M 1:75
Leht 6.	ESIMESE KORRUSE LAMMUTUSPLAAN	M 1:100
Leht 7.	ESIMESE KORRUSE PLAAN	M 1:100
Leht 8.	TEISE KORRUSE PLAAN	M 1:100
Leht 9.	ESIMESE KORRUSE ARHITEKTUURNE PLAAN	M 1:100
Leht 10.	TEISE KORRUSE ARHITEKTUURNE PLAAN	M 1:100
Leht 11.	LÕIGE A-A	M 1:75
Leht 12.	LÕIGE B-B	M 1:75
Leht 13.	VAHELAETALADE PLAAN	M 1:100
Leht 14.	KATUSEKANDJATE PLAAN	M 1:100
Leht 15.	KATUSE PLAAN	M 1:100
Leht 16.	TÜÜPLÕIGE SS1	M 1:10
Leht 17.	TÜÜPLÕIGE SS2	M 1:10
Leht 18.	TÜÜPLÕIGE SS3	M 1:10
Leht 19.	TÜÜPLÕIGE SS4	M 1:10
Leht 20.	TÜÜPLÕIGE SS5	M 1:10
Leht 21.	TÜÜPLÕIGE SS6	M 1:10
Leht 22.	TÜÜPLÕIGE SS7	M 1:10
Leht 23.	TÜÜPLÕIGE VS1	M 1:10
Leht 24.	TÜÜPLÕIGE VS2	M 1:10
Leht 25.	TÜÜPLÕIGE VU1	M 1:10
Leht 26.	TÜÜPLÕIGE VU2	M 1:10
Leht 27.	TÜÜPLÕIGE VL1	M 1:10
Leht 28.	TÜÜPLÕIGE VL2	M 1:10
Leht 29.	TÜÜPLÕIGE VL3	M 1:10
Leht 30.	TÜÜPLÕIGE VL4	M 1:10
Leht 31.	TÜÜPLÕIGE VL5	M 1:10

Leht 32.	TÜÜPLÕIGE PL	M 1:10
Leht 33.	TÜÜPLÕIGE P1	M 1:10
Leht 34.	TÜÜPLÕIGE P2	M 1:10
Leht 35.	TÜÜPLÕIGE KL	M 1:10
Leht 36.	SÕLM 1	M 1:5
Leht 37.	SÕLM 2	M 1:5

N

ASENDIPLAAN



TINGMÄRGID:

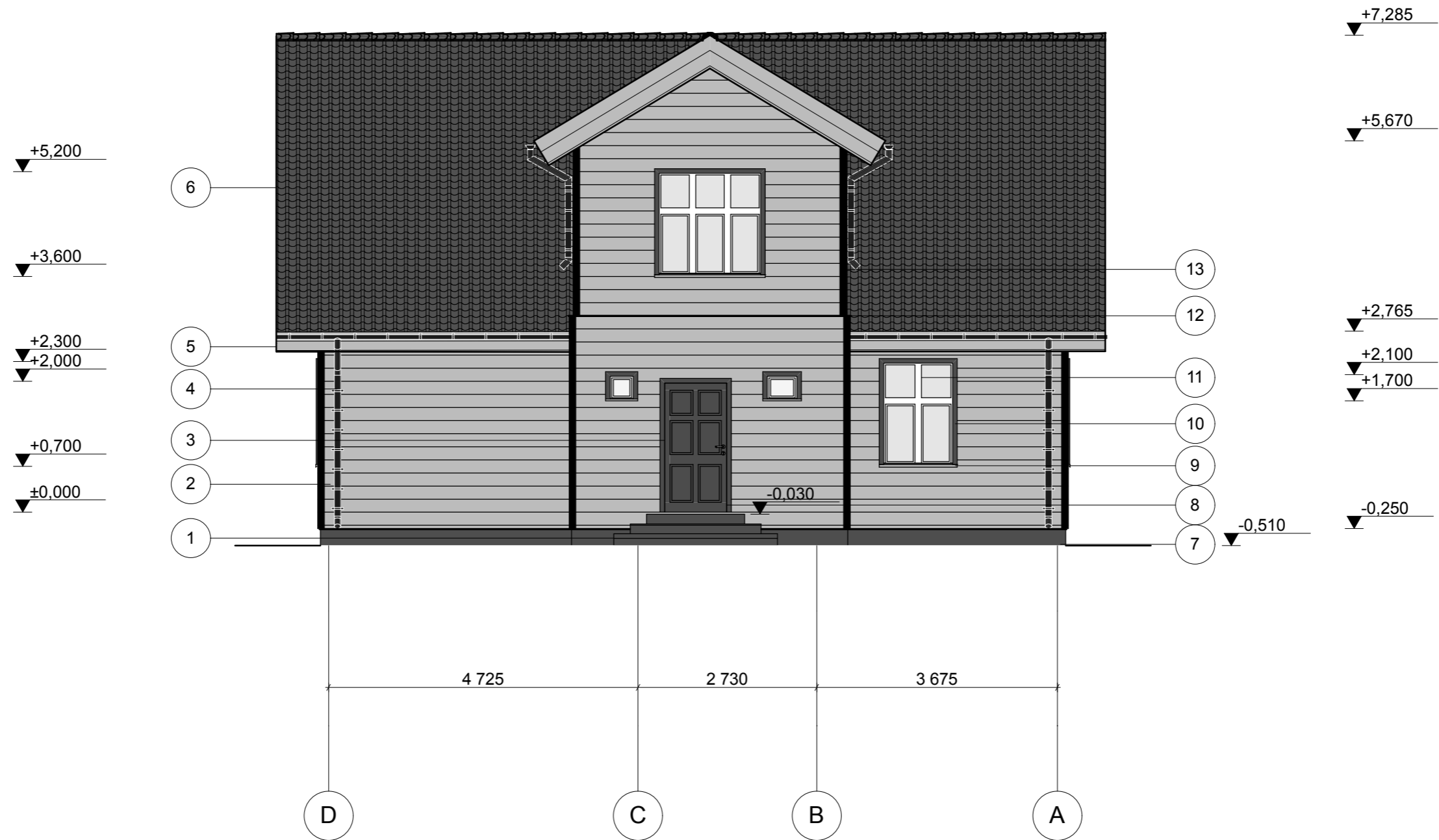
- E— OLEMASOLEV MADALPINGE KAABELLIIN
- V— RAJATAV VEETRASS
- K— RAJATAV KANALISATSIOON
- MK— RAJATAVA MAAKÜTTE KOLLEKTORI ÜHENDUS MAJJA
- TV— TSENTRAALSE VEETORUSTIKU PLANEERITAV ASUKOHT
- TK— TSENTRAALSE KANALISATSIOONITORUSTIKU PLANEERITAV ASUKOHT
- - - KRUNDI PIIR
- 1 REKONSTRUEERITAV HOONE
- 2 OLEMASOLEV KÕRVALHOONE
- 3 LÄHIM HOONE NAABERKRUNDIL
- [Grid Pattern] SILLUTIS
- [Diagonal Lines] RAJATAVA MAAKÜTTE KOLLEKTORI ASUKOHT
- [Downward Arrows] MURU
- ▼ SISSEPÄÄS KRUNDILE
- OLEMASOLEV HEKK
- [Tree Symbol] OLEMASOLEV PUU
- ☒ PRÜGIKONTEINERI ASUKOHT

TEHNILISED ANDMED:

KINNISTU PINDALA: 2559 m²
 REKONSTRUEERITAVA HOONE EHITISEALUNE PIND: 104 m²
 KASUTUSVIIS: KASUTUSVIIS I (ELAMU)
 TULEPÜSIVUSKLASS: TP2
 REKONSTRUEERITAVA HOONE KORRUSELISUS: 2 KORRUST

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
		Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:	
Koostas:	Taavi Mals		30.05.16	Asendiplaan		
Juhendas:	Lehar Leetsaar					
TTÜ Tartu kolledž				Leht	Lehti	Mõõtkava
				1	37	1:500

VAADE IDAST



VÄLISVIIMISTLUS:

1. SÜGAVIMMUTATUD TERRASSILAUD, TOON - Pruun
2. HORISONTAALNE VOODRILAUD, TOON - RAL1002, Sand Yellow
3. PUIDUST VÄLISUKS, TOON - RAL8025, Pale Brown
4. VIHMAVEESÜSTEEM, TOON - RR32, Tumepruun
5. TUULEKASTI LAUD, TOON - RAL1002, Sand Yellow
6. KATUSEKIVI MONIER PROTECTOR, TOON - PRUUN
7. SOKLIPLAAT TEMPSI ZOCCOLO, TOON - 34R, Graniit punane
8. UKSE PIIRDELIISTUD, TOON - RAL8025, Pale Brown
9. AKNA VEEPLEKID, TOON - RR32, Tumepruun
10. AKNA PIIRDELIISTUD, TOON - RAL8025, Pale Brown
11. PUIDUST AKNARAAM, TOON - RAL9010, Pure White
12. LIITEPLEKK, TOON - RR32, Tumepruun
13. NURGALIIST - RAL8025, Pale Brown

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Vaade idast		
Koostas:	Taavi Mals	30.05.16				
Juhendas:	Lehar Leetsaar			Leht	Lehti	Mõõtkava
TTÜ Tartu kolledž				2	37	1:75

VAADE LÕUNAST



VÄLISVIIMISTLUS:

1. SÜGAVIMMUTATUD TERRASSILAUD, TOON - Pruun
2. HORISONTAALNE VOODRILAUD, TOON - RAL1002, Sand Yellow
3. VIHMAVEESÜSTEEM, TOON - RR32, Tumepruun
4. PUIDUST AKNARAAM, TOON - RAL9010, Pure White
5. TERRASSI PIIRDED, TOON - RAL1002, Sand Yellow
6. PUIDUST POST 150X150 MM, TOON - RAL1002, Sand Yellow
7. TUULEKASTI LAUD, TOON - RAL1002, Sand Yellow
8. KATUSEKIVI MONIER PROTECTOR, TOON - PRUUN
9. SOKLIPLAAT TEMPSI ZOCCOLO, TOON - 34R, Graniit punane
10. AKNA VEEPLEKID, TOON - RR32, Tumepruun
11. AKNA PIIRDELIISTUD, TOON - RAL8025, Pale Brown
12. LIITEPLEKK, TOON - RR32, Tumepruun
13. NURGALIIST, TOON - RAL8025, Pale Brown

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Vaade lõunast		
Koostas:	Taavi Mals		30.05.16			
Juhendas:	Lehar Leetsaar			Leht 3 Lehti 37 Mõõtkava 1:75		
TTÜ Tartu kolledž						

VAADE LÄÄNEST



VÄLISVIIMISTLUS:

1. SÜGAVIMMUTATUD TERRASSILAUD, TOON - Pruun
2. HORISONTAALNE VOODRILAUD, TOON - RAL1002, Sand Yellow
3. VIHMAVEESÜSTEEM, TOON - RR32, Tumepruun
4. PUIDUST AKNARAAM, TOON - RAL9010, Pure White
5. TERRASSI PIIRDED, TOON - RAL1002, Sand Yellow
6. PUIDUST POST 150X150 MM, TOON - RAL1002, Sand Yellow
7. TUULEKASTI LAUD, TOON - RAL1002, Sand Yellow
8. KATUSEKIVI MONIER PROTECTOR, TOON - PRUUN
9. SOKLIPLAAT TEMPSI ZOCCOLO, TOON - 34R, Graniit punane
10. PUIDUST VÄLISUKS KLAASIGA, TOON - RAL8025, Pale Brown
11. AKNA VEEPLEKID, TOON - RR32, Tumepruun
12. AKNA PIIRDELIISTUD, TOON - RAL8025, Pale Brown
13. NURGALIIST, TOON - RAL8025, Pale Brown
14. PUIDUST TERRASSIUKS KLAASIGA, TOON - RAL8025, Pale Brown
15. UKSE PIIRDELIISTUD, TOON - RAL8025, Pale Brown

	Stadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Vaade läänest		
Koostas:	Taavi Mals		30.05.16			
Juhendas:	Lehar Leetsaar			Leht 4 Lehti 37 Mõõtkava 1:75		
TTÜ Tartu kolledž						

VAADE PÕHJAST



VÄLISVIIMISTLUS:

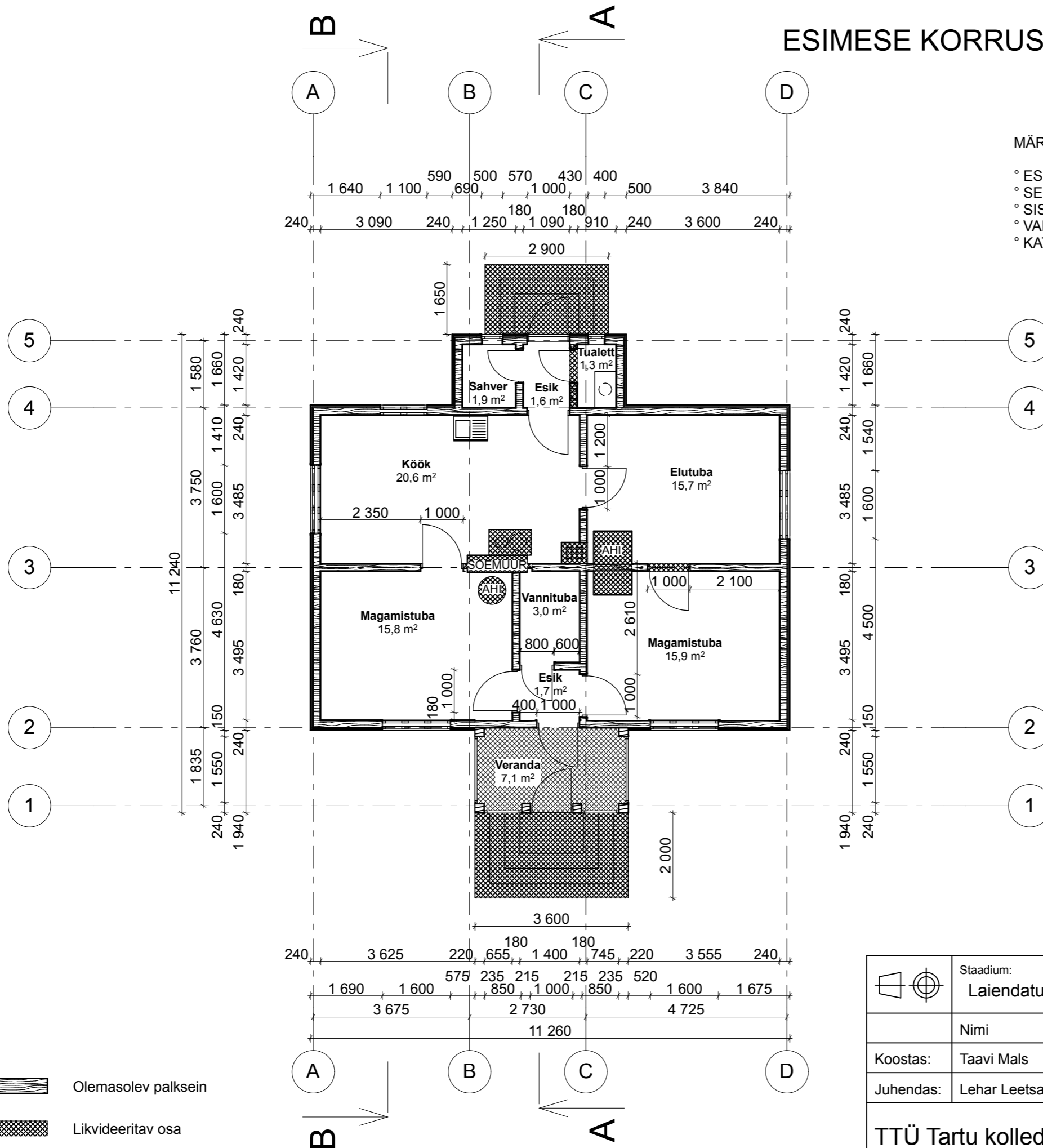
1. SÜGAVIMMUTATUD TERRASSILAUD, TOON - Pruun
2. HORISONTAALNE VOODRILAUD, TOON - RAL1002, Sand Yellow
3. VIHMAVEESÜSTEEM, TOON - RR32, Tumepruun
4. PUIDUST AKNARAAM, TOON - RAL9010, Pure White
5. TERRASSI PIIRDED, TOON - RAL1002, Sand Yellow
6. PUIDUST POST 150X150 MM, TOON - RAL1002, Sand Yellow
7. TUULEKASTI LAUD, TOON - RAL1002, Sand Yellow
8. KATUSEKIVI MONIER PROTECTOR, TOON - PRUUN
9. SOKLIPLAAT TEMPSI ZOCCOLO, TOON - 34R, Graniit punane
10. AKNA VEEPLEKID, TOON - RR32, Tumepruun
11. AKNA PIIRDELIISTUD, TOON - RAL8025, Pale Brown
12. LIITEPLEKK, TOON - RR32, Tumepruun
13. NURGALIIST, TOON - RAL8025, Pale Brown

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Vaade põhjast		
Koostas:	Taavi Mals		30.05.16			
Juhendas:	Lehar Leetsaar					
TTÜ Tartu kolledž				Leht	Lehti	Mõõtkava
				5	37	1:75

ESIMESE KORRUSE LAMMUTUSPLAAN

MÄRKUSED:

- ° ESIMESE KORRUSE PÕRANDAKONSTRUKTSIOONID LAMMUTATAKSE
- ° SEINAKONSTRUKTSIOONID AVATAKSE KAHELT POOLT KUNI PALGINI
- ° SISEUKSED ASENDATAKSE UUTEGA
- ° VAHELAGI AVATAKSE TALADENI, KANDEKONSTRUKTSIOON JÄETAKSE ALLES
- ° KATUSEKONSTRUKTSIOON LAMMUTATAKSE

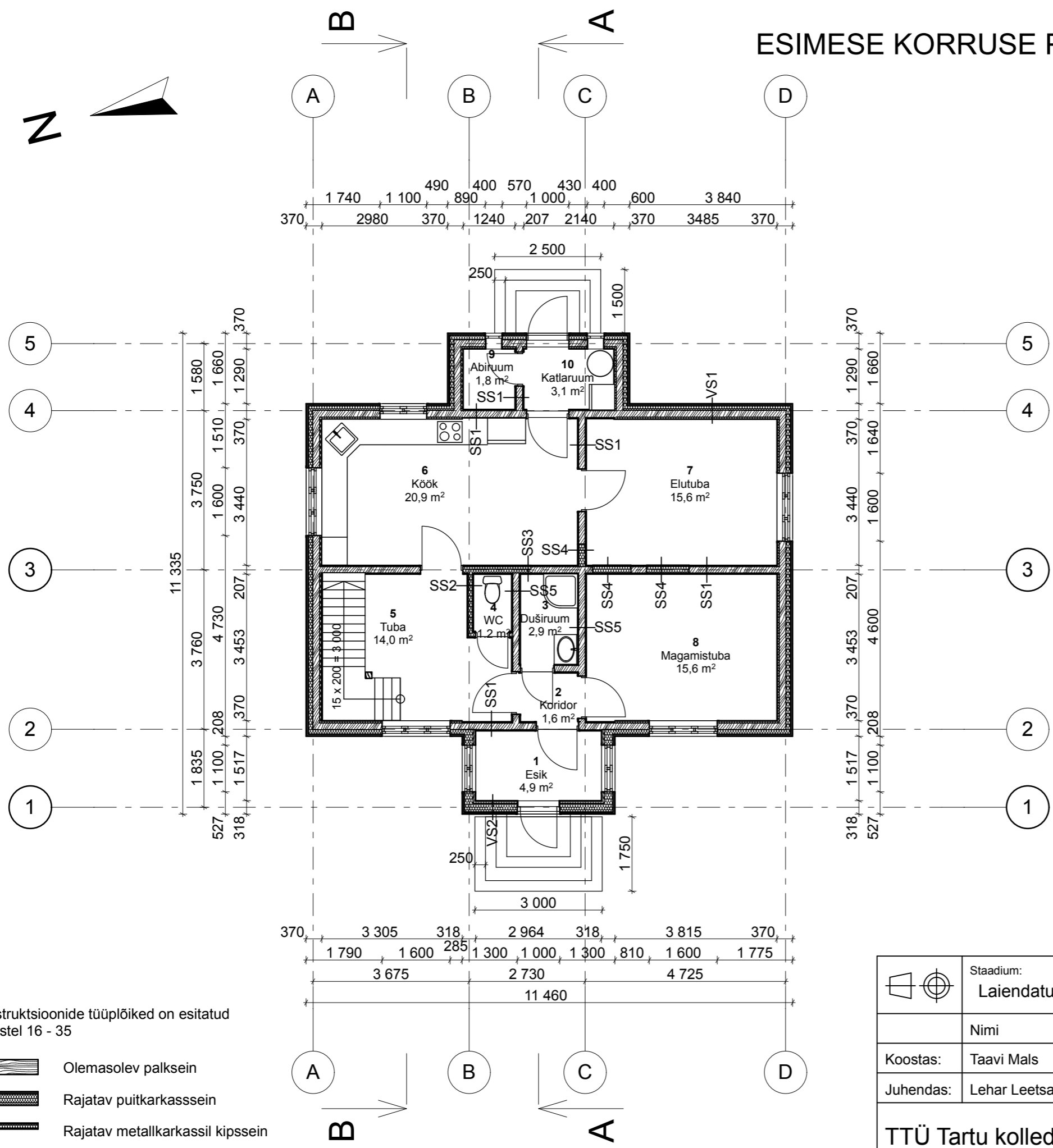
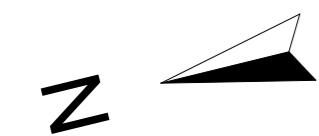


	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Lammutusplaani		
Koostas: Taavi Mals		30.05.16				
Juhendas: Lehar Leetsaar			Leht 6			Lehti 37
TTÜ Tartu kolledž			Mõõtkava 1:100			




ESIMESE KORRUSE PLAAN

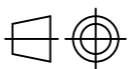
Ruumide eksplikatsioon

Number	Nimetus	Pindala m ²
1	Esik	4,9
2	Koridor	1,6
3	Duširuum	2,9
4	WC	1,2
5	Tuba	14,0
6	Köök	20,9
7	Elutuba	15,6
8	Magamistuba	15,6
9	Abiruum	1,8
10	Katlaruum	3,1
Kokku:		81,6 m ²



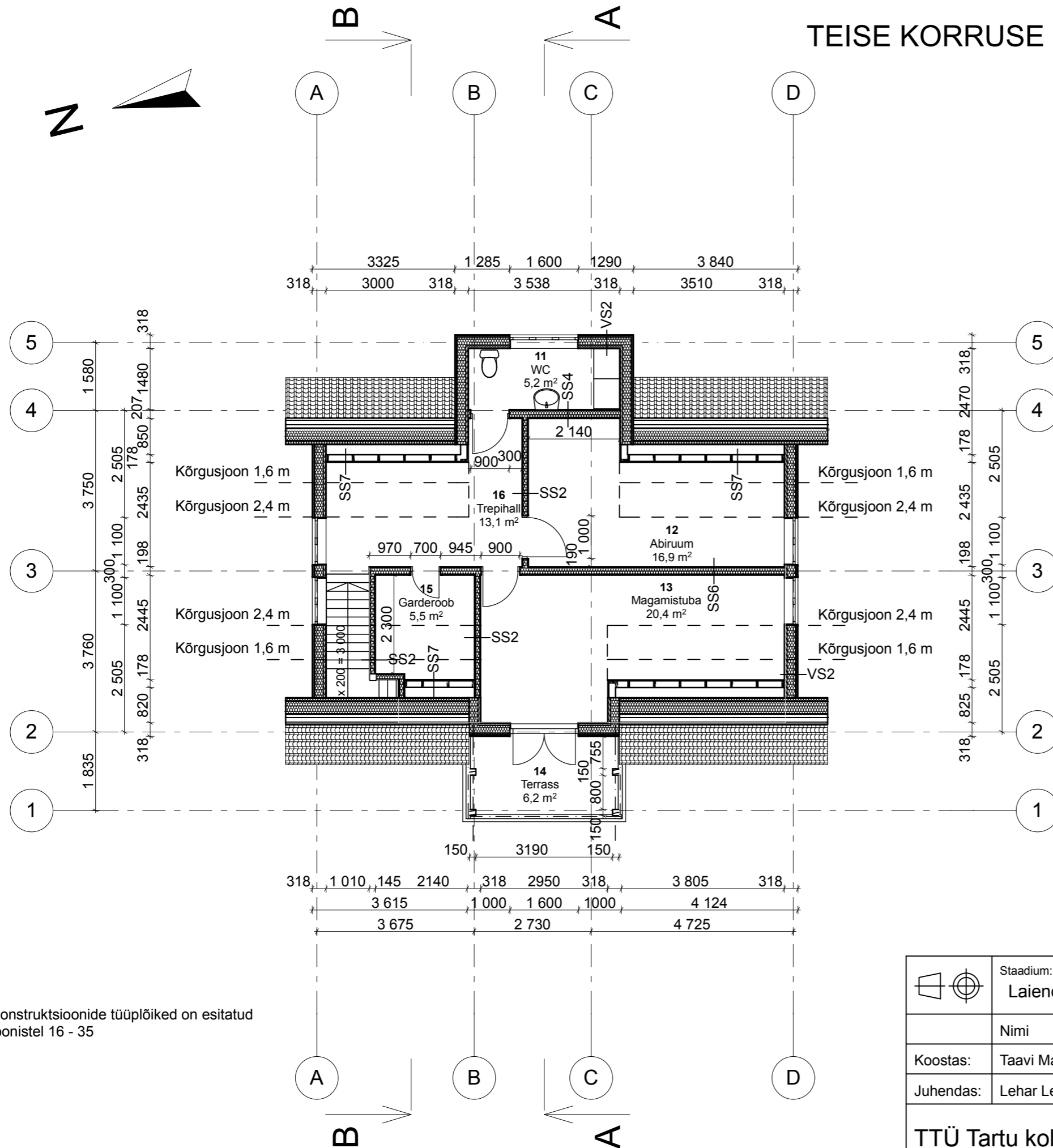
Konstruksioonide tüüplõiked on esitatud joonistel 16 - 35

-  Olemasolev palksein
-  Rajatav puitkarkassein
-  Rajatav metallkarkassil kipssein

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Esimese korruse plaan		
Koostas:	Taavi Mals		30.05.16			
Juhendas:	Lehar Leetsaar			Leht	7	Mõõtkava
TTÜ Tartu kolledž				Lehti	37	1:100

TEISE KORRUSE PLAAN

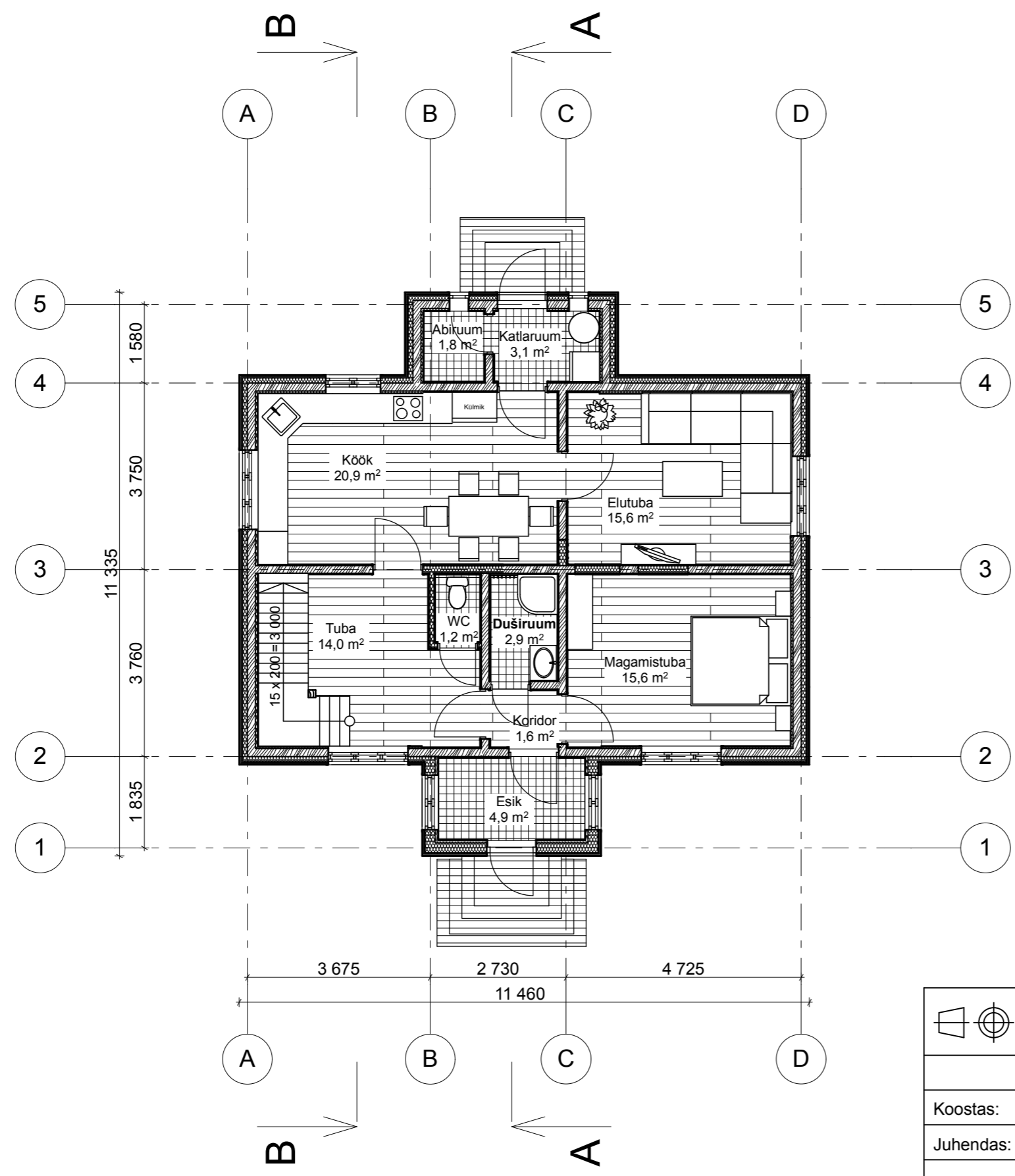
Ruumide eksplikatsioon		
Number	Nimetus	Pindala m ²
11	WC	5,2
12	Abiruum	16,9
13	Magamistuba	20,4
14	Terrass	6,2
15	Garderoob	5,5
16	Trepihall	13,1
Kokku:		67,3 m ²



Konstruksioonide tüüplõiked on esitatud
joonistel 16 - 35

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Teise korruse plaan		
Koostas:	Taavi Mals		30.05.16			
Juhendas:	Lehar Leetsaar			Leht 8 Lehti 37 Mõõtkava 1:100		
TTÜ Tartu kolledž						

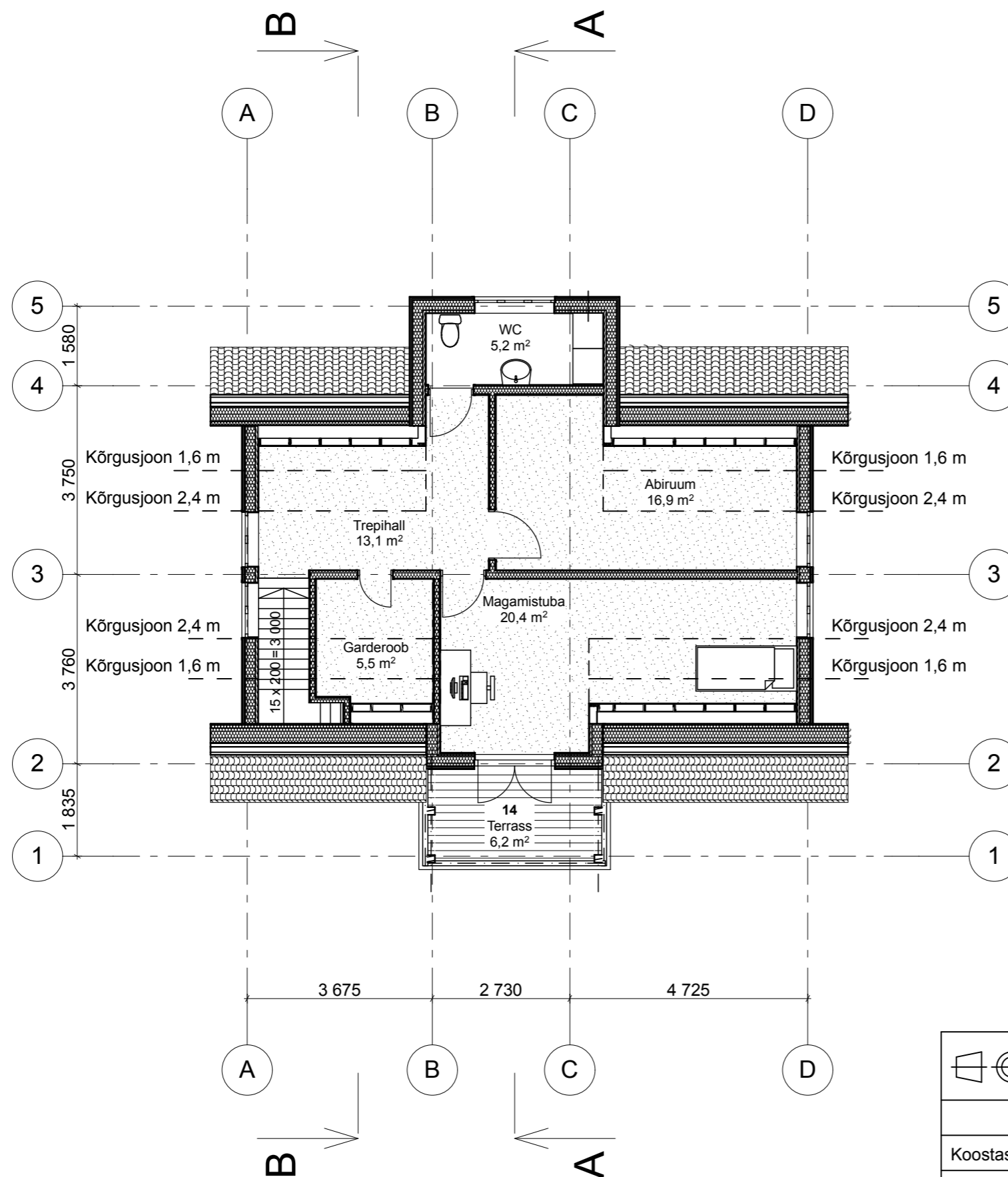
ESIMESE KORRUSE ARHITEKTUURNE PLAAN



- Olemasolev palksein
- Rajatav puitkarkassein
- Rajatav metallkarkassil kipssein
- Puitparkett
- Keraamiline plaat
- Terrassilaud

	Stadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Arhitektuurne esimese korruse plaan		
Koostas:	Taavi Mals		30.05.16			
Juhendas:	Lehar Leetsaar			Leht	Lehti	Mõõtkava
TTÜ Tartu kolledž				9	37	1:100

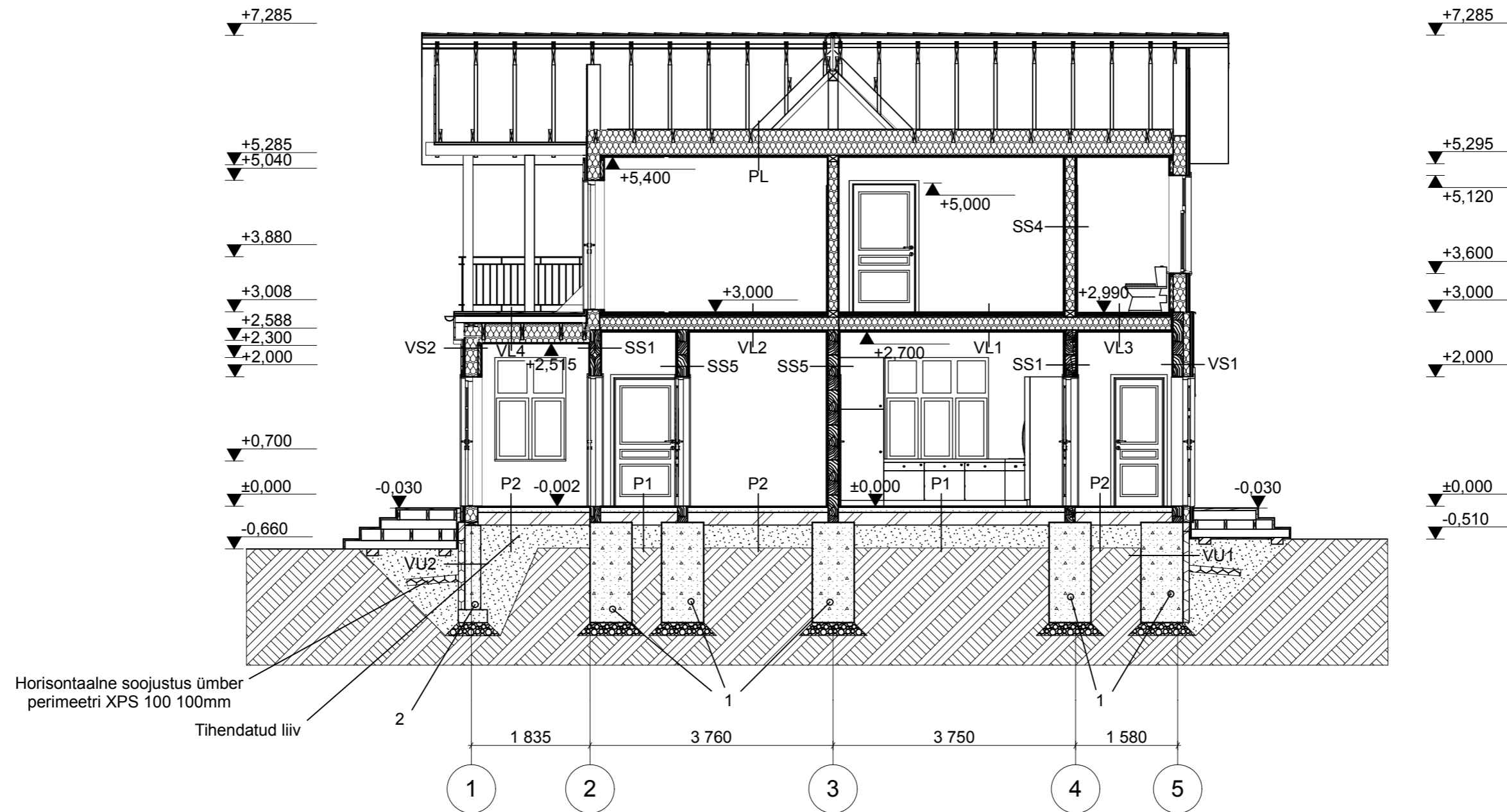
TEISE KORRUSE ARHITEKTUURNE PLAAN



- Rajatav puitkarkass vahesein
- Rajatav puitkarkassein
- Rajatav metallkarkassil kipssein
- Korkparkett
- Terrassilaud

	Stadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Arhitektuurne teise korruse plaan		
Koostas:	Taavi Mals		30.05.16			
Juhendas:	Lehar Leetsaar					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 10	Lehti 37	Mõõtkava 1:100

LÕIGE A-A



Konstruksioonide tüüplõiked on esitatud joonistel 16 - 35

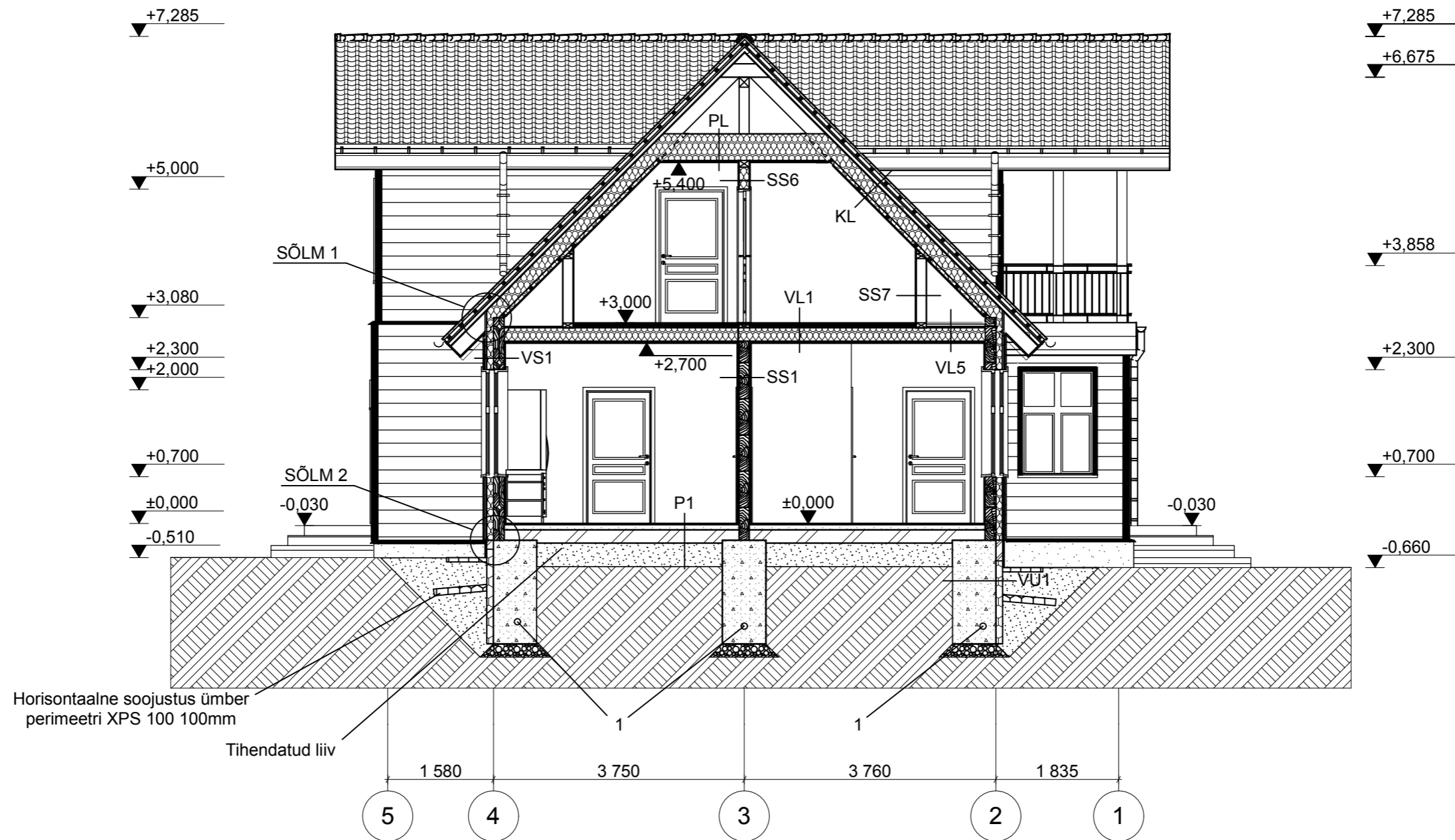
MÄRKUSED:

- 1 - OLEMASOLEVAD VUNDAMENDID
- 2 - PROJEKTEERITAV VUNDAMENT

° OLEMASOLEVA VÄLISVUNDAMENDI LAIUS 650 MM
 ° VUNDAMENDI KONSTRUKTSIOONE POLE AVATUD, SEEGA ON TÄPNE KONSTRUKTSIOON JA SELLE MÕÕTMED TEADMATA

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Koostas: Taavi Mals	Allkiri	Kuupäev: 30.05.16	Nimetus: Lõige A-A		
Juhendas: Lehar Leetsaar	TTÜ Tartu kolledž			Leht: 11	Lehti: 37	Mõõtkava: 1:75

LÕIGE B-B



Horisontaalne soojustus ümber
perimeetri XPS 100 100mm

Tihendatud liiv

Sõlmed on esitatud joonistel 36 - 37

Konstruksioonide tüüplõiked on esitatud joonistel 16 - 35

MÄRKUSED:

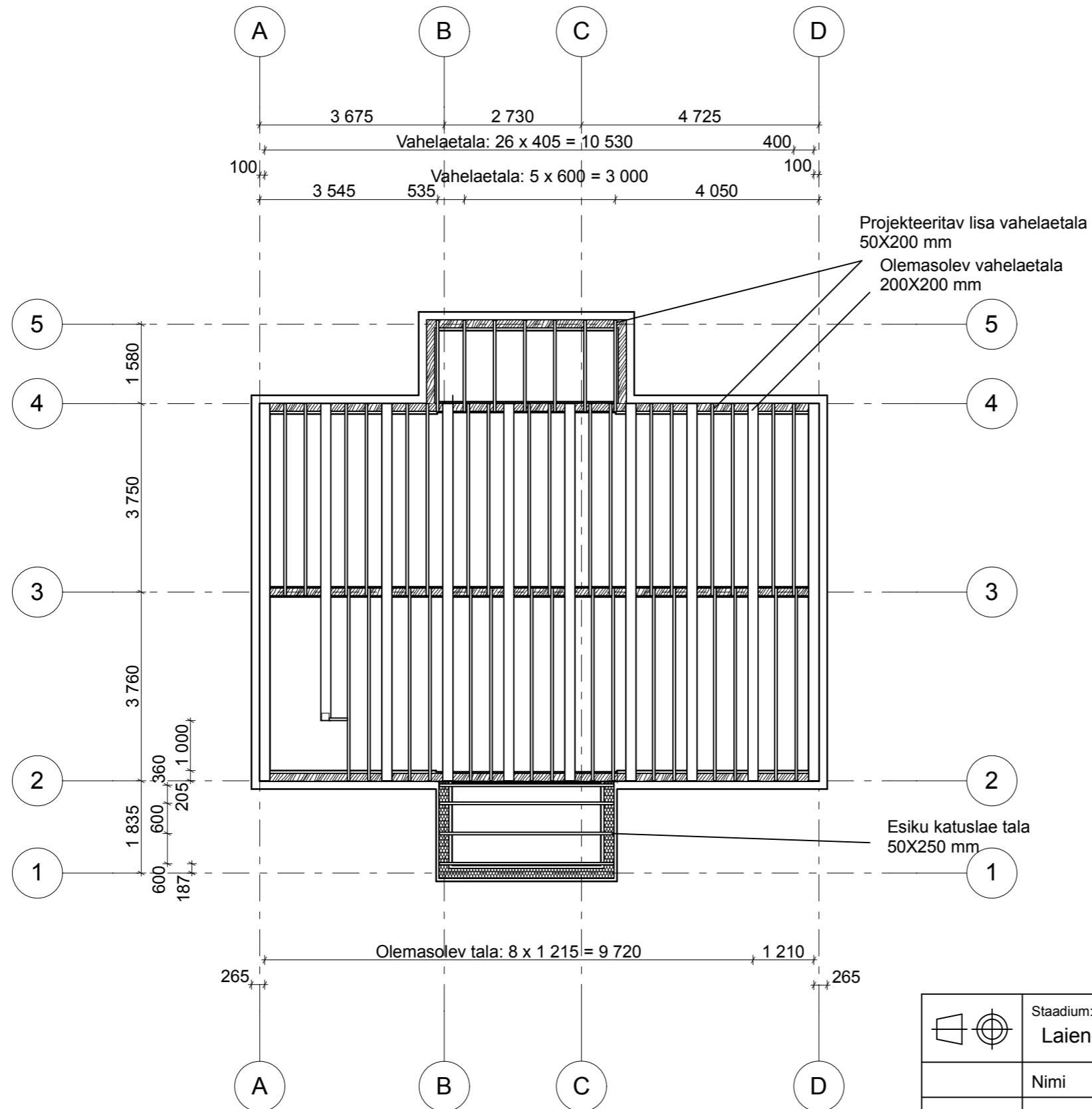
1 - OLEMASOLEVAD VUNDAMENDID
2 - PROJEKTEERITAV VUNDAMENT

° OLEMASOLEVA VÄLISVUNDAMENDI LAIUS 650 MM

° VUNDAMENDI KONSTRUKTSIOONE POLE AVATUD, SEEGA ON
TÄPNE KONSTRUKTSIOON JA SELLE MÕÕTMED TEADMATA

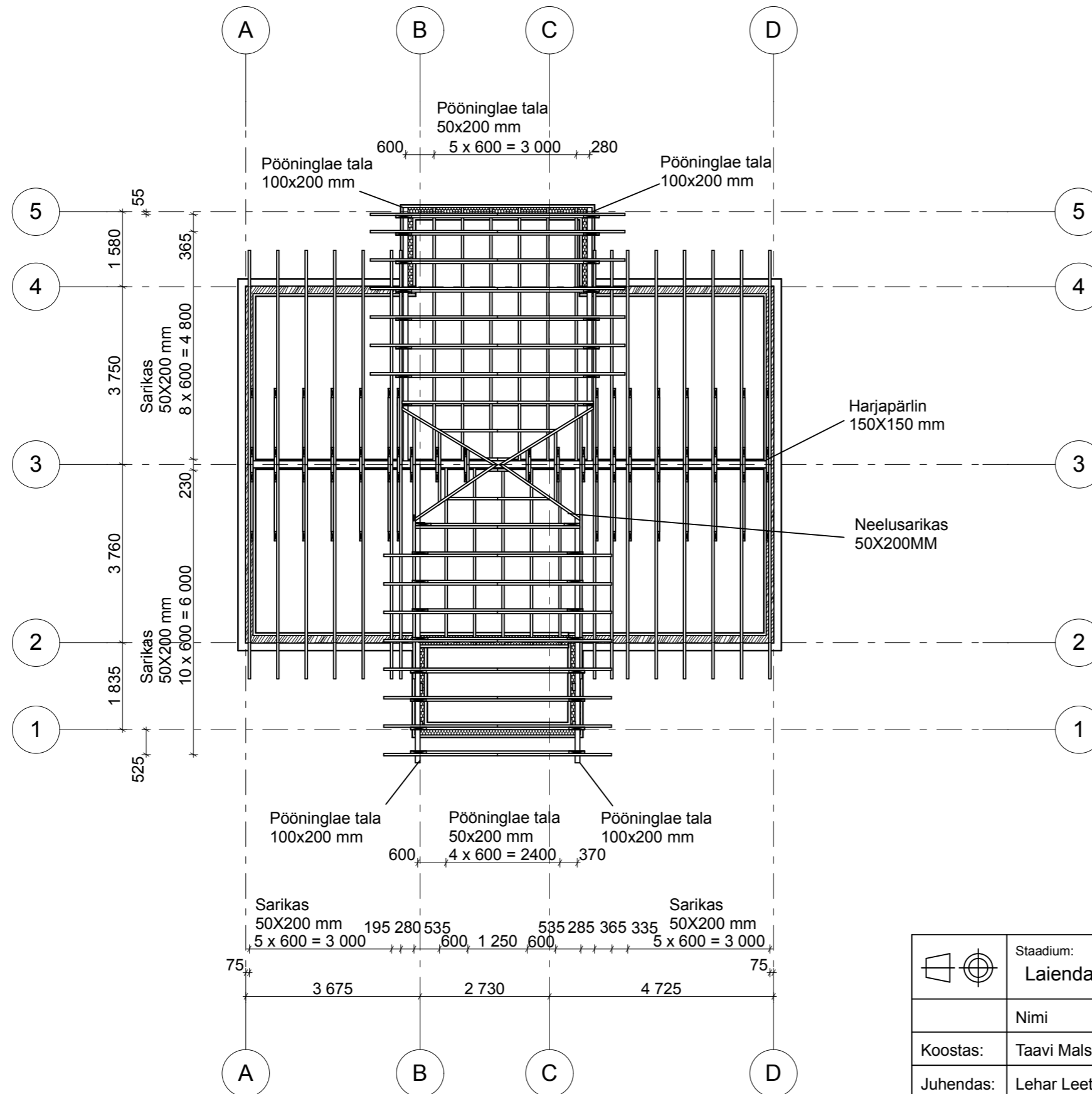
	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Lõige B-B		
Koostas:	Taavi Mals		30.05.16			
Juhendas:	Lehar Leetsaar			Leht 12 Lehti 37 Mõõtkava 1:75		
TTÜ Tartu kolledž						

VAHELAETALADE PLAAN



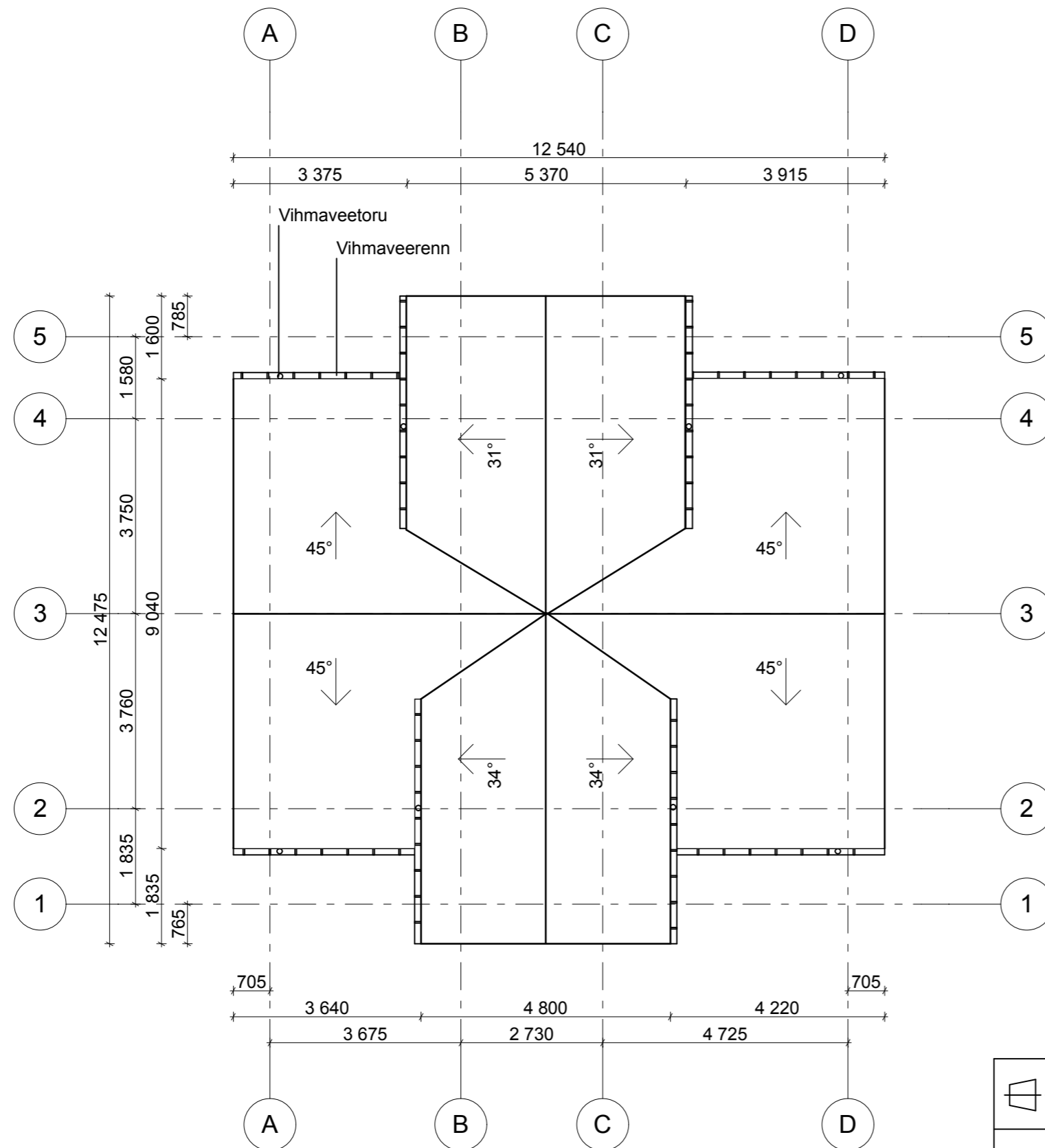
	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Vahelaetalade plaan		
Koostas:	Taavi Mals		30.05.16			
Juhendas:	Lehar Leetsaar					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 13	Lehti 37	Mõõtkava 1:100

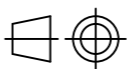
KATUSEKANDJATE PLAAN



	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Katusekandjate plaan		
Koostas:	Taavi Mals		30.05.16			
Juhendas:	Lehar Leetsaar					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 14	Lehti 37	Mõõtkava 1:100

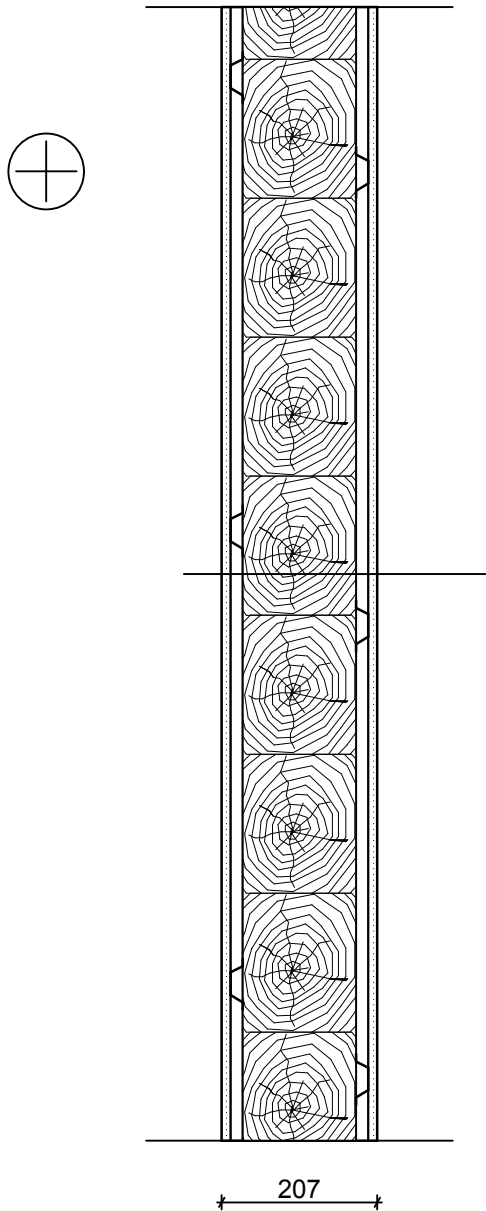
KATUSE PLAAN



	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine
	Nimi	Alkiri	Kuupäev	Nimetus: Katuse plaan
Koostas:	Taavi Mals	30.05.16		
Juhendas:	Lehar Leetsaar			
TTÜ Tartu kolledž				Leht 15
				Lehti 37
				Mõõtkava 1:100

SS1

Tüüplõigete asukohad on esitatud joonistel 7, 8, 11 ja 12

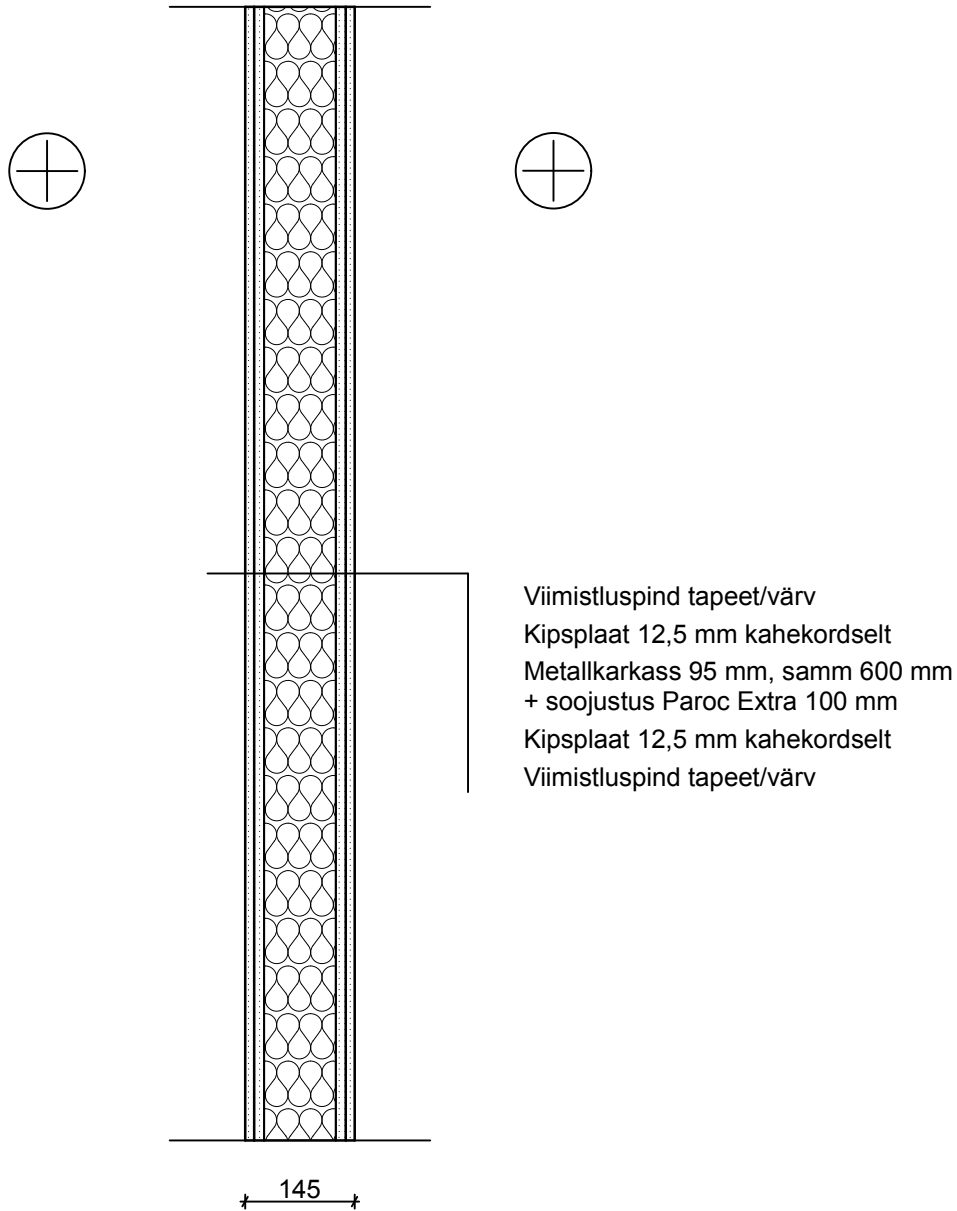


Viimistluspind tapeet/värv
 Kipsplaat 12,5 mm
 Horisontaalselt kipsplaadi mütsprofiil MP16/50 16 mm, samm 600 mm
 Olemasolev tahutud rõhtpalk 150 mm
 Horisontaalselt kipsplaadi mütsprofiil MP16/50 16 mm, samm 600 mm
 Kipsplaat 12,5 mm
 Viimistluspind tapeet/värv

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Sisesein 1		
	Koostas:	Taavi Mals	30.05.16			
	Juhendas:	Lehar Leetsaar				
TTÜ Tartu kolledž				Leht 16	Lehti 37	Mõõtkava 1:10

SS2

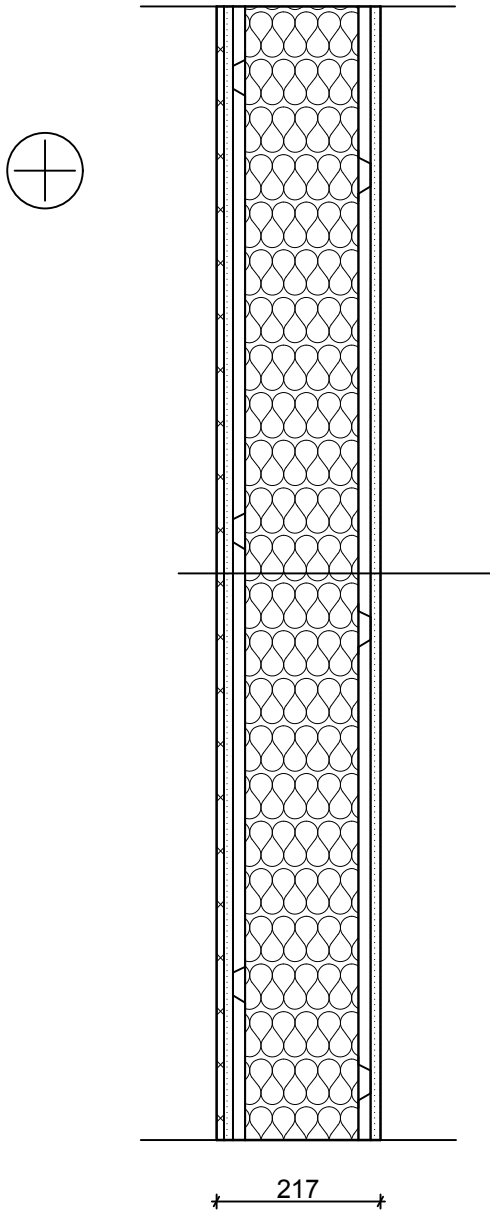
Tüüplõigete asukohad on esitatud joonistel 7, 8, 11 ja 12



	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Sisesein 2		
Koostas:	Taavi Mals		30.05.16			
Juhendas:	Lehar Leetsaar					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 17	Lehti 37	Mõõtkava 1:10

SS3

Tüüplõigete asukohad on esitatud joonistel 7, 8, 11 ja 12



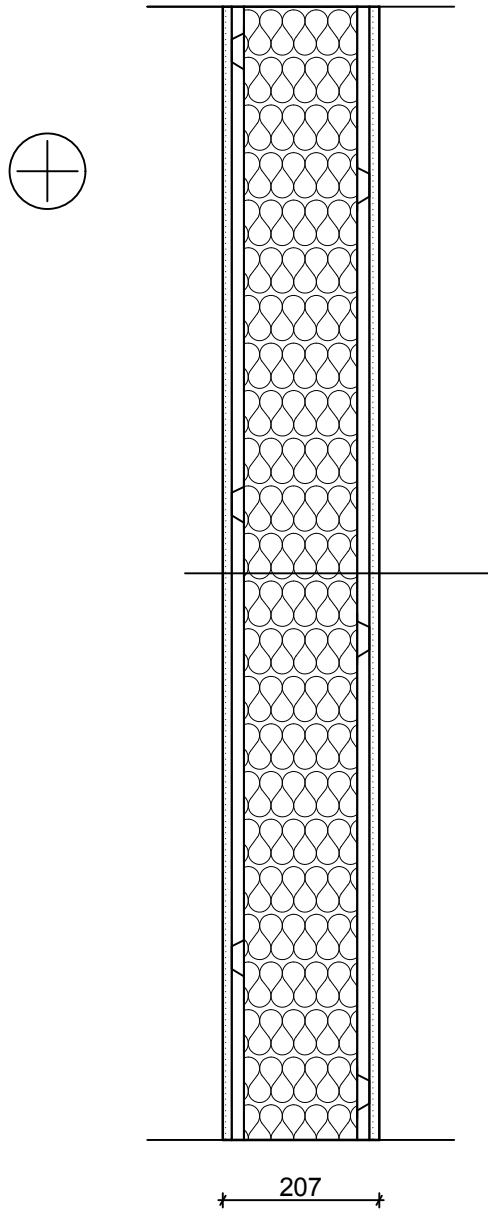
Keraamiline seinaplaat 7mm
 Plaadisegu 3 mm
 Hüdroisolatsioon
 Niiskuskindel kipsplaat 12,5 mm
 Horisontaalselt kipsplaadi mütsprofiil MP16/50 16 mm, samm 600 mm
 Puitpost 50x150 mm, samm 600 mm
 + soojustus Paroc Extra 150 mm
 Horisontaalselt kipsplaadi mütsprofiil MP16/50 16 mm, samm 600 mm
 Kipsplaat 12,5 mm
 Viimistluspind tapeet/värv

217

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Sisesein 3		
	Koostas:	Taavi Mals	30.05.16			
	Juhendas:	Lehar Leetsaar				
TTÜ Tartu kolledž				Leht 18	Lehti 37	Mõõtkava 1:10

SS4

Tüüplõigete asukohad on esitatud joonistel 7, 8, 11 ja 12



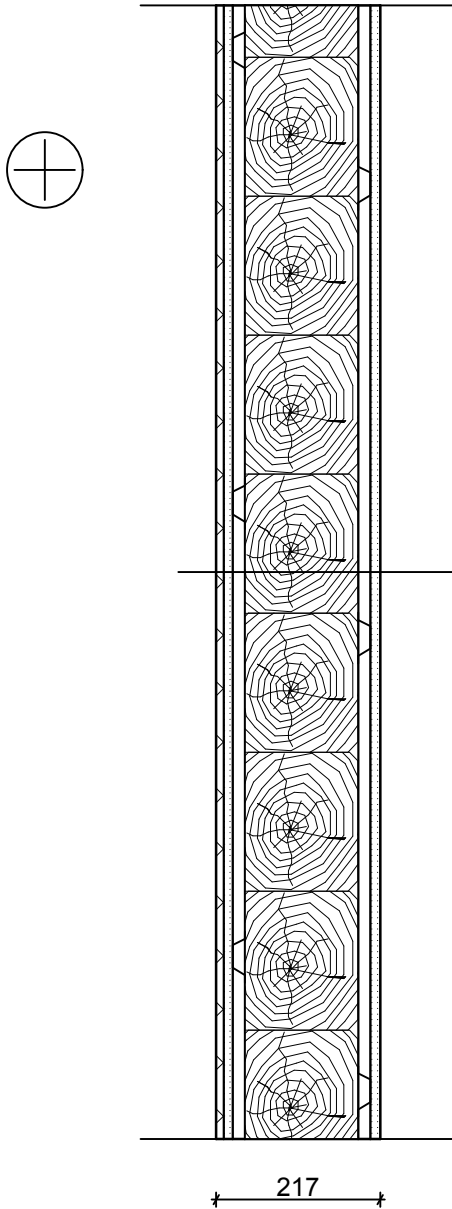
Viimistluspind tapeet/värv
 Kipsplaat 12,5 mm
 Horisontaalselt kipsplaadi mütsprofiil MP16/50 16 mm,
 samm 600 mm
 Puitpost 50x150 mm, samm 600 mm
 + soojustus Paroc Extra 150 mm
 Horisontaalselt kipsplaadi mütsprofiil MP16/50 16 mm,
 samm 600 mm
 Kipsplaat 12,5 mm
 Viimistluspind tapeet/värv

207

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Sisesein 4		
	Koostas:	Taavi Mals	30.05.16			
	Juhendas:	Lehar Leetsaar				
TTÜ Tartu kolledž				Leht 19	Lehti 37	Mõõtkava 1:10

SS5

Tüüplõigete asukohad on esitatud joonistel 7, 8, 11 ja 12



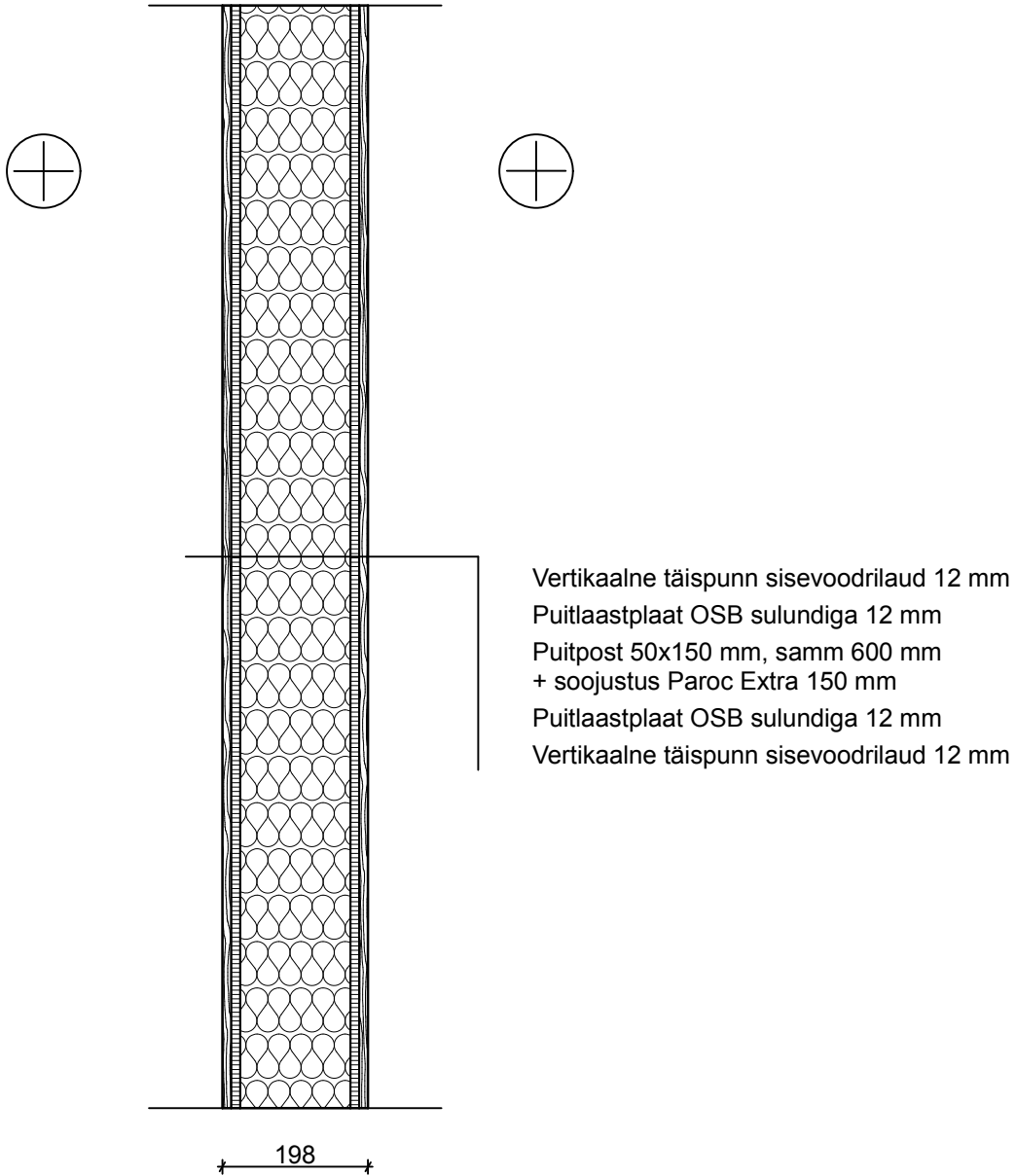
Keraamiline seinaplaat 7 mm
 Plaadisegu 3 mm
 Hüdroisolatsioon
 Niiskuskindel kipsplaat 12,5 mm
 Horisontaalselt kipsplaadi mütsprofiil MP16/50 16 mm, samm 600 mm
 Olemasolev tahatud rõhtpalk 150 mm
 Horisontaalselt kipsplaadi mütsprofiil MP16/50 16 mm, samm 600 mm
 Kipsplaat 12,5 mm
 Viimistluspind tapeet/värv

217

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Sisesein 5		
Koostas:	Taavi Mals		30.05.16			
Juhendas:	Lehar Leetsaar					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 20	Lehti 37	Möötkava 1:10

SS6

Tüüplõigete asukohad on esitatud joonistel 7, 8, 11 ja 12

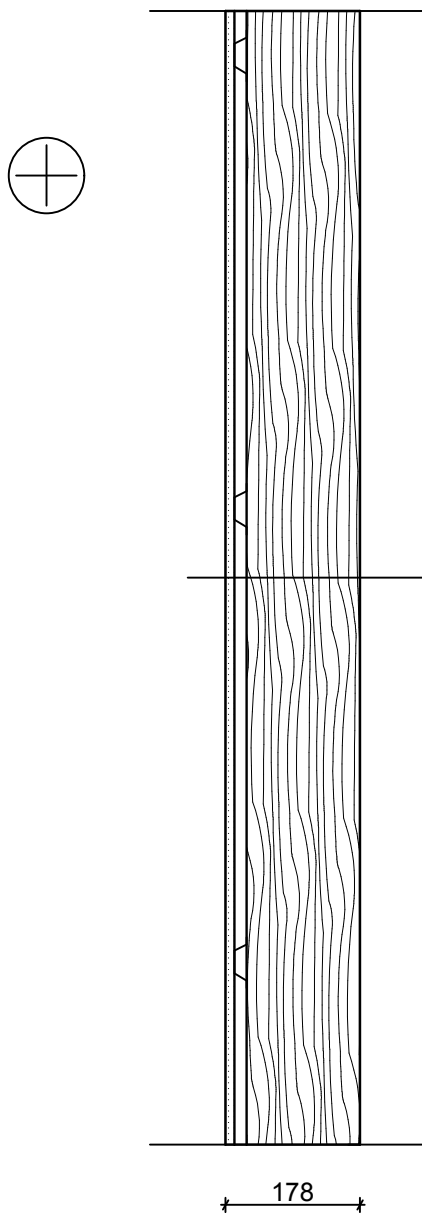


Vertikaalne täispunn sisevoodrilaud 12 mm
 Puitlaastplaat OSB sulundiga 12 mm
 Puitpost 50x150 mm, samm 600 mm
 + soojustus Paroc Extra 150 mm
 Puitlaastplaat OSB sulundiga 12 mm
 Vertikaalne täispunn sisevoodrilaud 12 mm

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Sisesein 6		
	Koostas:	Taavi Mals	30.05.16			
	Juhendas:	Lehar Leetsaar				
TTÜ Tartu kolledž				Leht 21	Lehti 37	Mõõtkava 1:10

SS7

Tüüplõigete asukohad on esitatud joonistel 7, 8, 11 ja 12



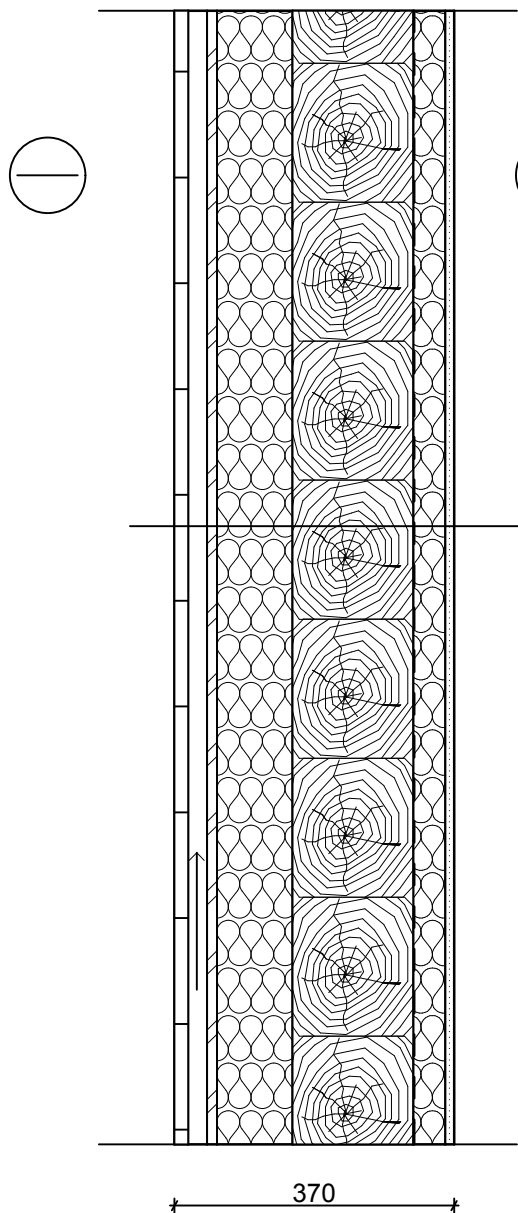
Viimistluspind tapeet/värv
 Kipsplaat 12,5 mm
 Horisontaalselt kipsplaadi mütsprofiil MP16/50 16 mm,
 samm 600 mm
 Puitpost 50x150 mm, samm 600 mm

178

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Sisesein 7		
Koostas:	Taavi Mals		30.05.16			
Juhendas:	Lehar Leetsaar					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 22	Lehti 37	Mõõtkava 1:10

VS1

Tüüplõigete asukohad on esitatud joonistel 7, 8, 11 ja 12



Horisontaalne voodrilaud 18 mm
 Vertikaalne distantssliist 25x50 mm, samm 600 mm
 Tuuletõkkeplaat Isover VKL 13 mm
 Puitpost 50x100 mm, samm 600 mm
 + soojustus Paroc Extra 100 mm
 Olemasolev tahutud rõhtpalk 160 mm
 Õhu- ja aurutõke Paroc XMV 020bas
 Metallkarkassi post 42 mm, samm 600 mm
 + soojustus Paroc Extra 42 mm
 Kipsplaat 12,5 mm
 Viimistluspind tapeet/värv

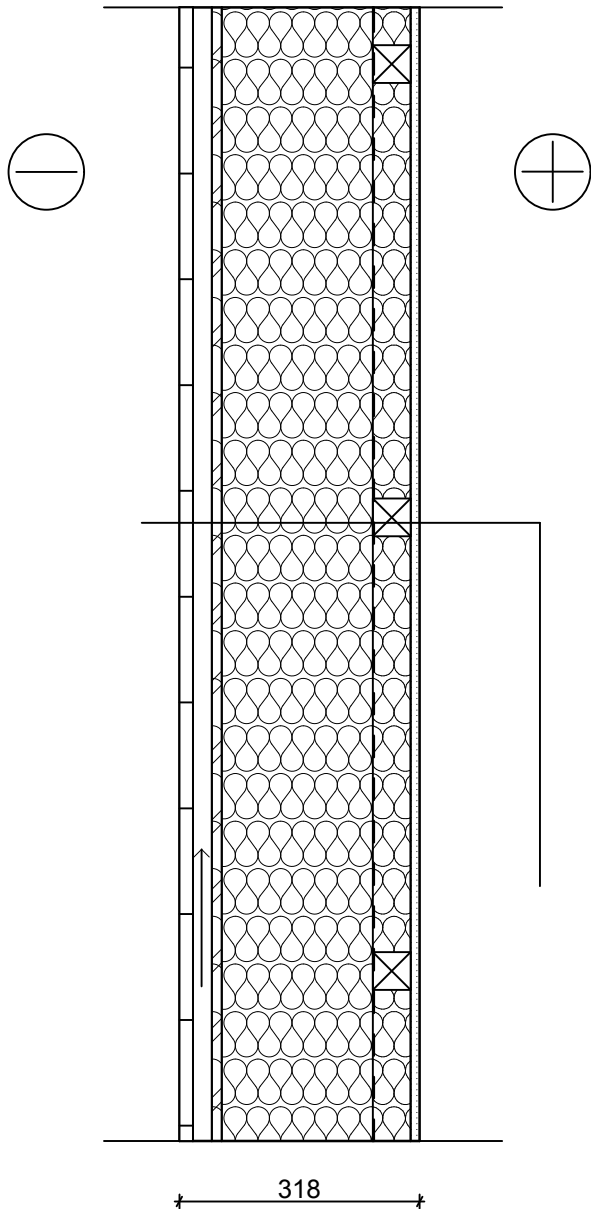
MÄRKUSED:

Piirde soojusjuhtivus $U = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Välissein 1		
	Koostas:	Taavi Mals	30.05.16			
	Juhendas:	Lehar Leetsaar				
TTÜ Tartu kolledž				Leht 23	Lehti 37	Mõõtkava 1:10

VS2

Tüüplõigete asukohad on esitatud joonistel 7, 8, 11 ja 12



Horisontaalne voodrilaud 18 mm
 Vertikaalne distantssliist 25x50 mm, samm 600 mm
 Tuuletõkkeplaat Isover VKL 13 mm
 Puitpost 50x200 mm, samm 600 mm
 + soojustus Paroc Extra 200 mm
 Öhu- ja aurutõke Paroc XMV 020bas
 Puitpruss 50x50 mm horisontaalselt, samm 600 mm
 + soojustus Paroc Extra 50 mm
 Kipsplaat 12,5 mm
 Viimistluspind tapeet/värv

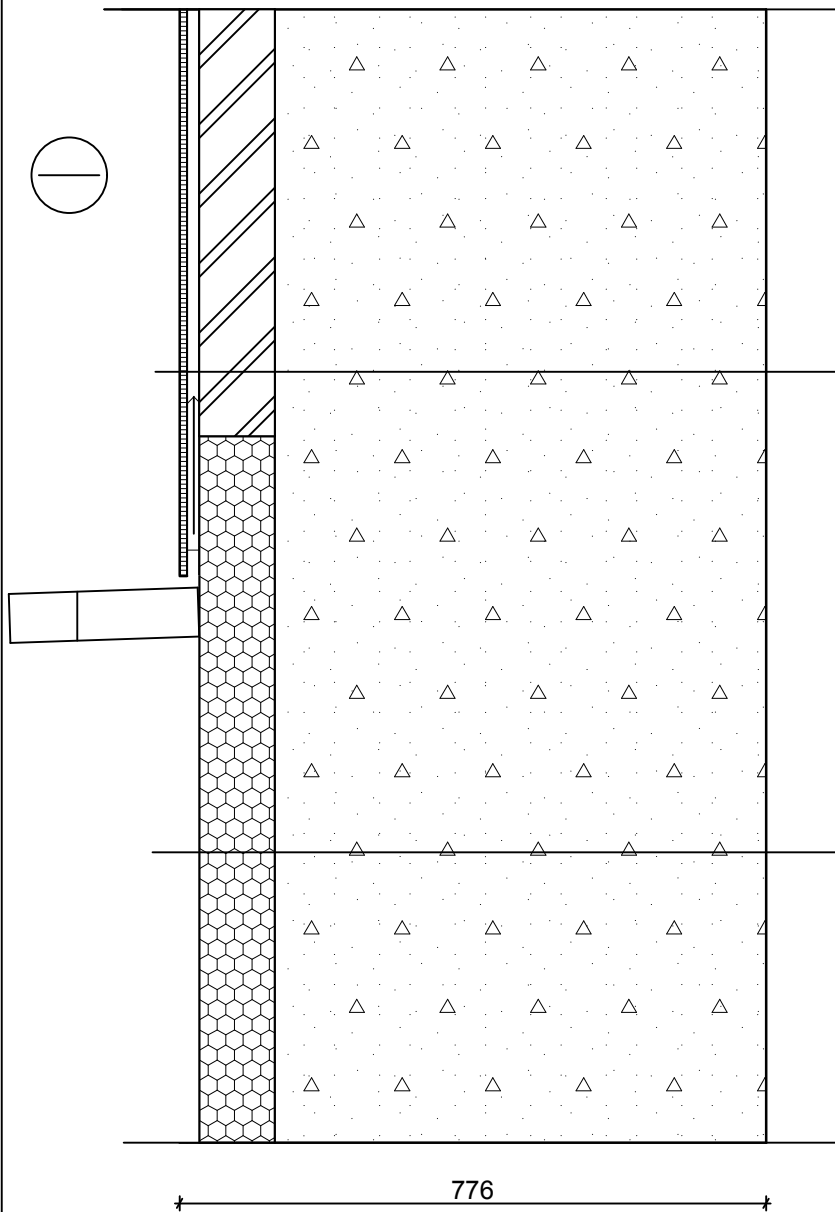
MÄRKUSED:

Piirde soojusjuhtivus $U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Välissein 2		
	Koostas:	Taavi Mals	30.05.16			
	Juhendas:	Lehar Leetsaar				
TTÜ Tartu kolledž				Leht 24	Lehti 37	Mõõtkava 1:10

VU1

Tüüplõigete asukohad on esitatud joonistel 7, 8, 11 ja 12



Sokli osas:

Sokliplaat Tempsi Zoccolo 10 mm
 Mütsprofiil MP16/50 16 mm vertikaalselt,
 samm 630 mm
 EPS 60 100 mm
 Monoliitbetoon 650 mm

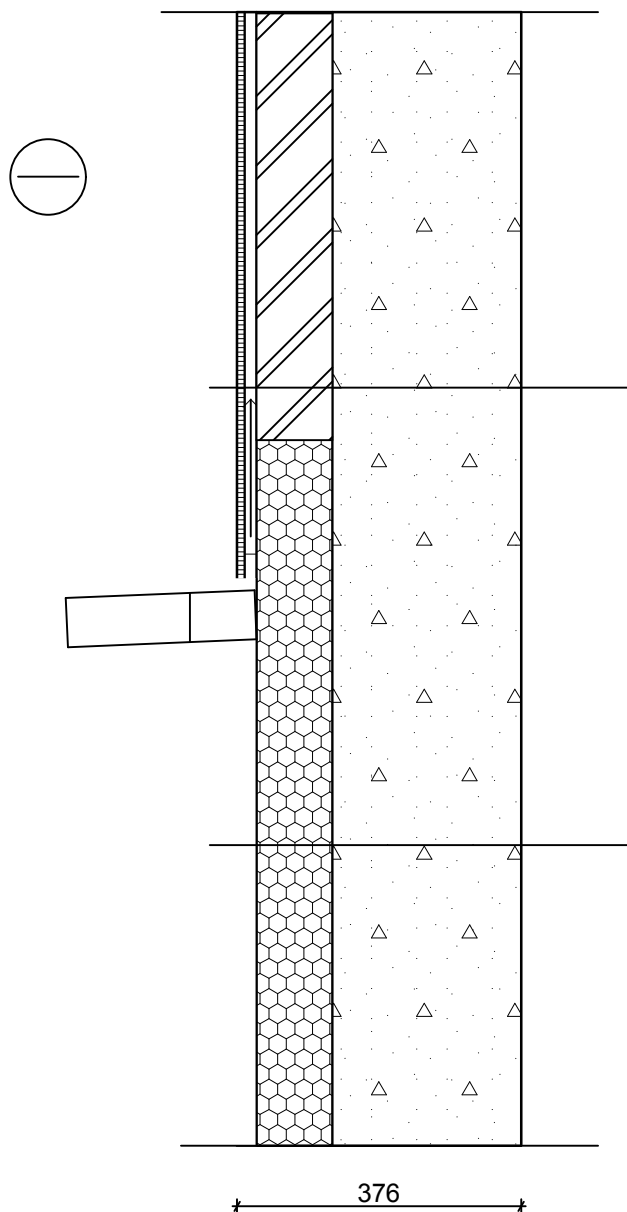
Pinnases:

Styrofoam XPS 100 mm
 Monoliitbetoon 650 mm

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Alkiri	Kuupäev	Nimetus: Vundament 1		
	Koostas:	Taavi Mals	30.05.16			
	Juhendas:	Lehar Leetsaar				
TTÜ Tartu kolledž				Leht 25	Lehti 37	Mõõtkava 1:10

VU2

Tüüplõigete asukohad on esitatud joonistel 7, 8, 11 ja 12



Sokli osas:

Sokliplaat Tempsi Zoccolo 10 mm
Mütsprofiil MP16/50 16 mm vertikaalselt,
samm 630 mm
EPS 60 100 mm
Monoliitbetoon 250 mm

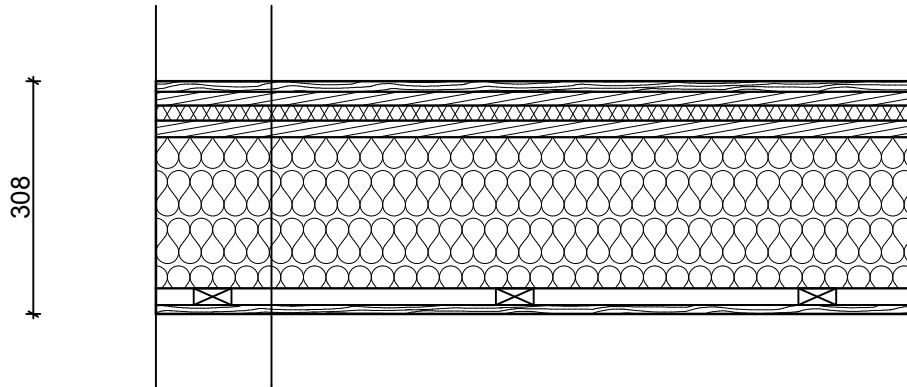
Pinnases:

Styrofoam XPS 100 mm
Monoliitbetoon 250 mm

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Vundament 2		
	Koostas:	Taavi Mals	30.05.16			
	Juhendas:	Lehar Leetsaar				
TTÜ Tartu kolledž				Leht 26	Lehti 37	Mõõtkava 1:10

VL1

Tüüplõigete asukohad on esitatud joonistel 7, 8, 11 ja 12

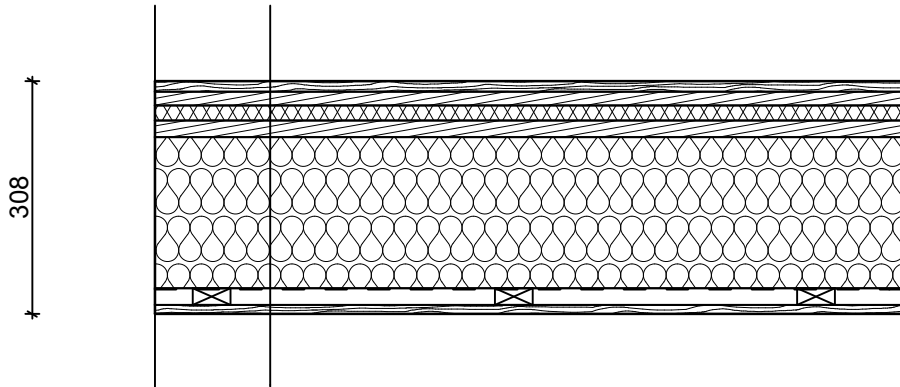


Korkparkett 10 mm
Parketi alusvaip
Puitlaastplaat 18 mm
Müratõkkeplaat Isover FLO 20 mm
Puitlaastplaat sulundiga 22 mm
Puidust vahelaetala projekteeritav 50x200 mm või olemasolev
200x200 mm + mineraalvill Paroc Extra 200 mm
Distsantsliist 22x50 mm, samm 400 mm
Sisevoodrilaud 12 mm

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Vahelagi 1		
	Koostas:	Taavi Mals	30.05.16			
	Juhendas:	Lehar Leetsaar				
TTÜ Tartu kolledž				Leht 27	Lehti 37	Möötkava 1:10

VL2

Tüüplõigete asukohad on esitatud joonistel 7, 8, 11 ja 12

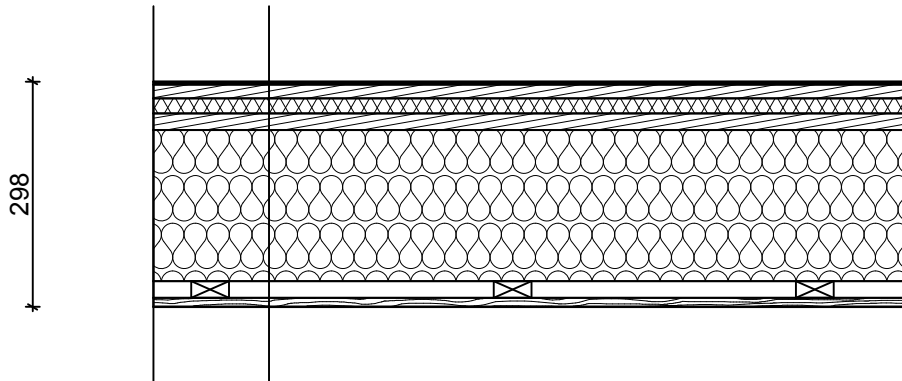


Korkparkett 10 mm
 Parketi alusvaip
 Puitlaastplaat 18 mm
 Müratõkkeplaat Isover FLO 20 mm
 Puitlaastplaat sulundiga 22 mm
 Puidust vahelaetala projekteeritav 50x200 mm või olemasolev
 200x200 mm + mineraalvill Paroc Extra 200 mm
 Õhu- ja aurutõke Paroc XMV 020bas
 Distantssliist 22x50 mm, samm 400 mm
 Sisevoodrilaud 12 mm

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Vahelagi 2		
	Koostas:	Taavi Mals	30.05.16			
	Juhendas:	Lehar Leetsaar				
TTÜ Tartu kolledž				Leht 28	Lehti 37	Mõõtkava 1:10

VL3

Tüüplõigete asukohad on esitatud joonistel 7, 8, 11 ja 12

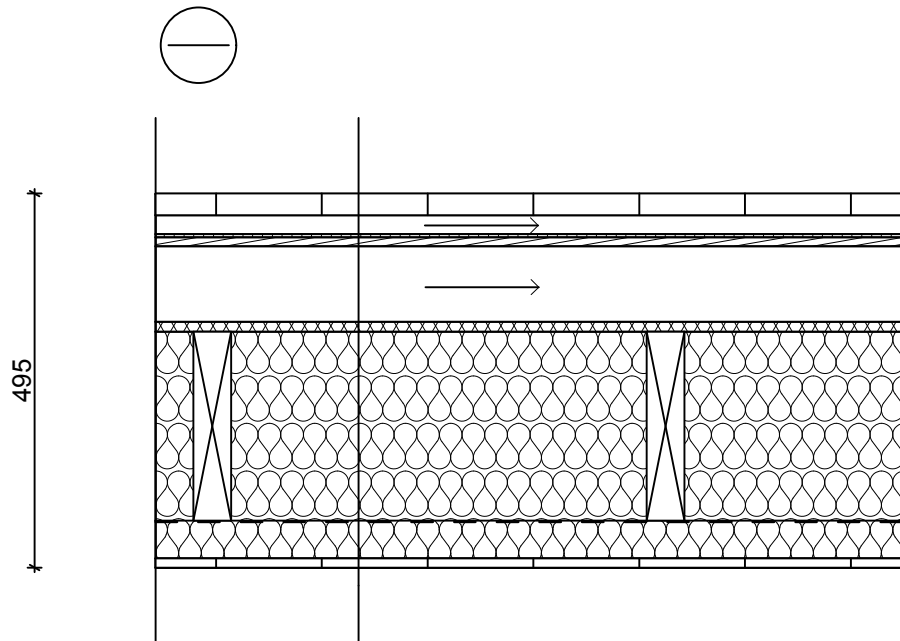


Linoleum 4 mm
 Puitlaastplaat 18 mm
 Müratõkkeplaat Isover FLO 20 mm
 Puitlaastplaat sulundiga 22 mm
 Puidust vahelaetala 50x200 mm, samm 600 mm
 + mineraalvill Paroc Extra 200 mm
 Öhu- ja aurutõke Paroc XMV 020bas
 Distantssliist 22x50 mm, samm 400 mm
 Sisevoodrilaud 12 mm

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Vahelagi 3		
	Koostas:	Taavi Mals	30.05.16			
	Juhendas:	Lehar Leetsaar				
TTÜ Tartu kolledž				Leht 29	Lehti 37	Mõõtkava 1:10

VL4

Tüüplõigete asukohad on esitatud joonistel 7, 8, 11 ja 12



Terrassilaud 28x120 mm
 Distantliist 25x50 mm, samm 600 mm
 2x SBS bituumenrullmaterjal
 Puitlaastplaat OSB sulundiga 12 mm
 Distantliist 100x50 mm, samm 600 mm
 Tuuletõkkeplaat Isover VKL 13 mm
 Puidust vahelaetala 50x250 mm, samm 600 mm
 + soojustus Paroc Extra 250 mm
 Õhu- ja aurutõke Paroc XMV 020bas
 Puitpruss 50x50 mm, samm 600 mm
 + soojustus Paroc Extra 50 mm
 Sisevoodrilaud 12 mm

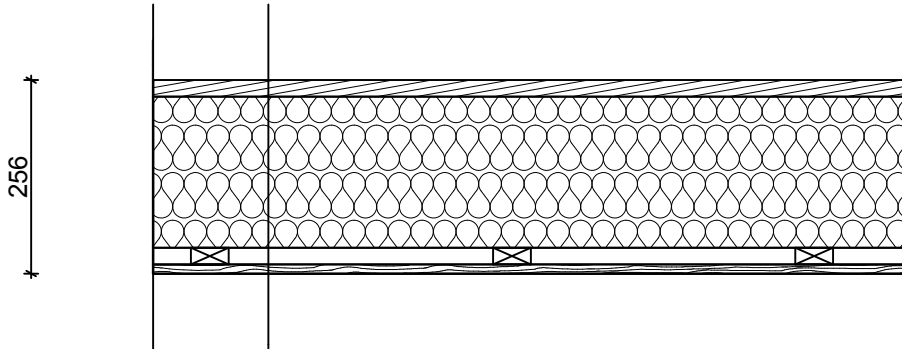
MÄRKUSED:

Piirde soojusjuhtivus $U = 0,13 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Vahelagi 4		
	Koostas:	Taavi Mals	30.05.16			
	Juhendas:	Lehar Leetsaar				
TTÜ Tartu kolledž				Leht 30	Lehti 37	Mõõtkava 1:10

VL5

Tüüplõigete asukohad on esitatud joonistel 7, 8, 11 ja 12

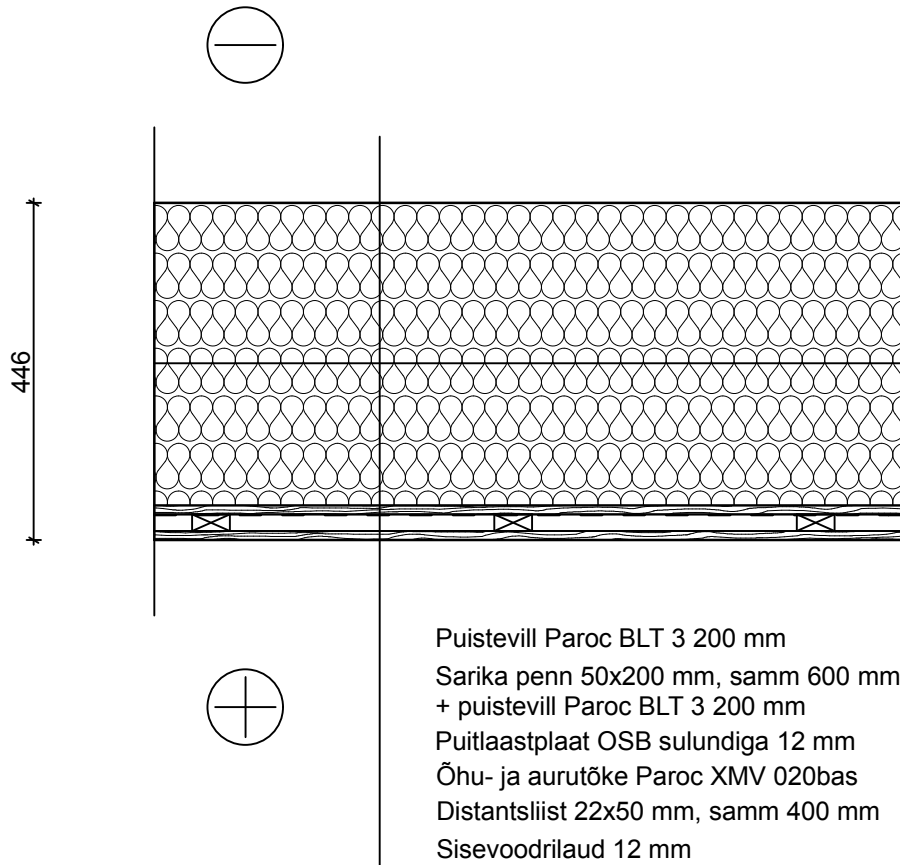


Puitlaastplaat sulundiga 22 mm
Puidust vahelaetala projekteeritav 50x200 mm või olemasolev 200x200 mm + mineraalvill Paroc Extra 200 mm
Distsantsliist 22x50 mm, samm 400 mm
Sisevoodrilaud 12 mm

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Vahelagi 5		
	Koostas:	Taavi Mals	30.05.16			
	Juhendas:	Lehar Leetsaar				
TTÜ Tartu kolledž				Leht 31	Lehti 37	Möötkava 1:10

PL

Tüüplõigete asukohad on esitatud joonistel 7, 8, 11 ja 12



Puistevill Paroc BLT 3 200 mm
 Sarika penn 50x200 mm, samm 600 mm
 + puistevill Paroc BLT 3 200 mm
 Puitlaastplaat OSB sulundiga 12 mm
 Õhu- ja aurutõke Paroc XMV 020bas
 Distantssliist 22x50 mm, samm 400 mm
 Sisevoodrilaud 12 mm

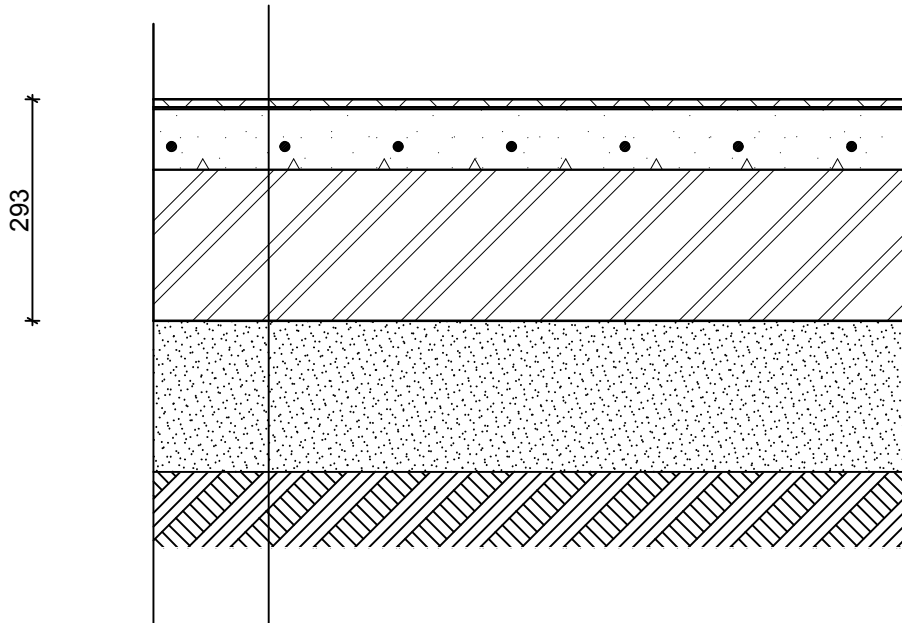
MÄRKUSED:

Piirde soojusjuhtivus $U = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Pööninglagi		
	Koostas:	Taavi Mals	30.05.16			
	Juhendas:	Lehar Leetsaar				
TTÜ Tartu kolledž				Leht 32	Lehti 37	Mõõtkava 1:10

P1

Tüüplõigete asukohad on esitatud joonistel 7, 8, 11 ja 12

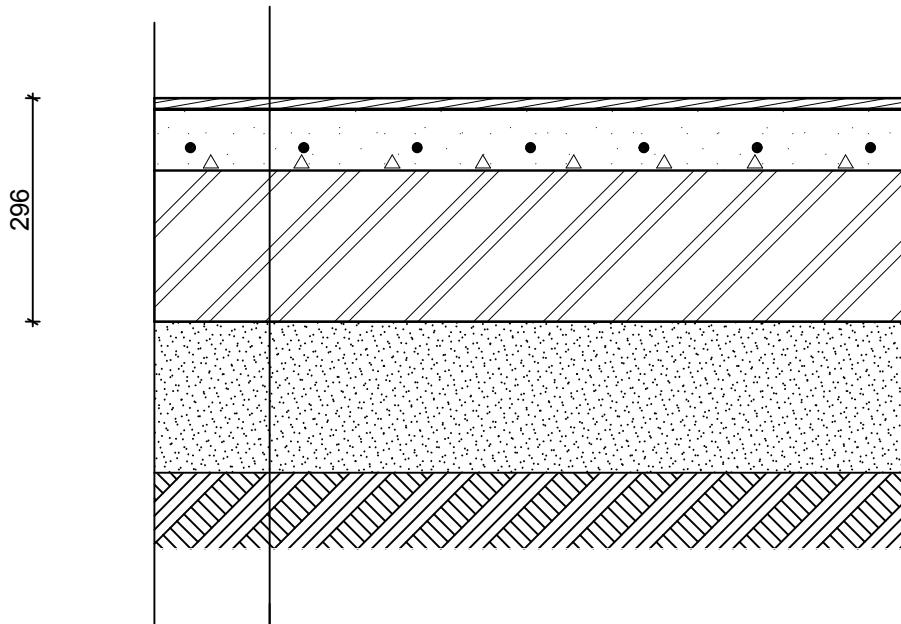


Keraamiline põrandaplaat 10 mm
 Plaadisegu 3 mm
 Hüdroisolatsioon
 Betoonplaat 80 mm + armatuurvõrk $\varnothing 6$ mm / 150 mm
 Ehituskile
 Soojustus EPS 100 2x100 mm
 Tihendatud liivalus
 Looduslik pinnas

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Põrand 1		
	Koostas:	Taavi Mals	30.05.16			
	Juhendas:	Lehar Leetsaar				
TTÜ Tartu kolledž				Leht 33	Lehti 37	Mõõtkava 1:10

P2

Tüüplõigete asukohad on esitatud joonistel 7, 8, 11 ja 12

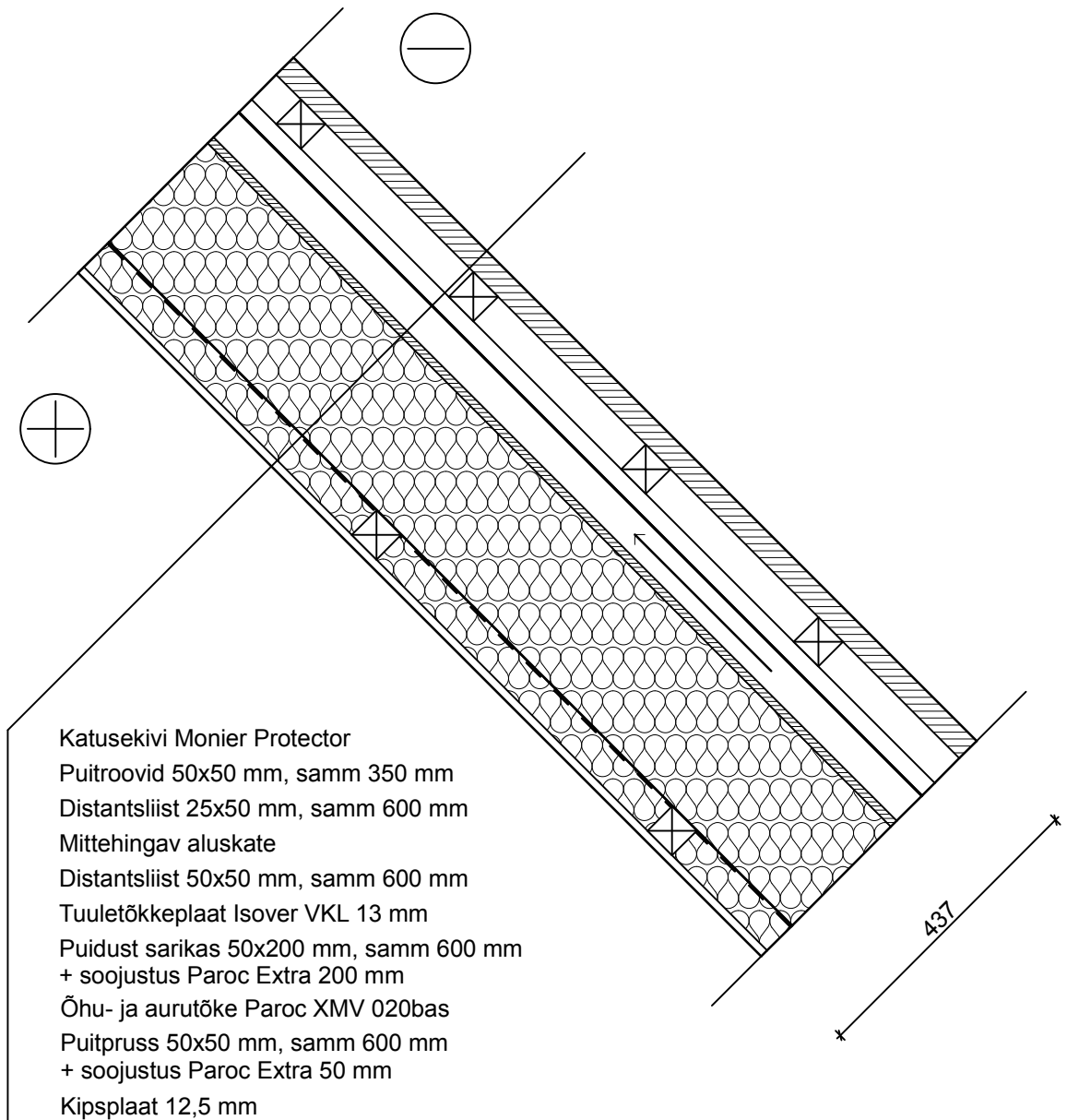


Puitparkett 14 mm
 Parketi alusvaip 2 mm
 Betoonplaat 80 mm + armatuurvõrk Ø6 mm / 150 mm
 Ehituskile
 Soojustus EPS 100 2x100 mm
 Tihendatud liivalus
 Looduslik pinnas

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Põrand 2		
	Koostas:	Taavi Mals	30.05.16			
	Juhendas:	Lehar Leetsaar				
TTÜ Tartu kolledž				Leht 34	Lehti 37	Mõõtkava 1:10

KL

Tüüplõigete asukohad on esitatud joonistel 7, 8, 11 ja 12



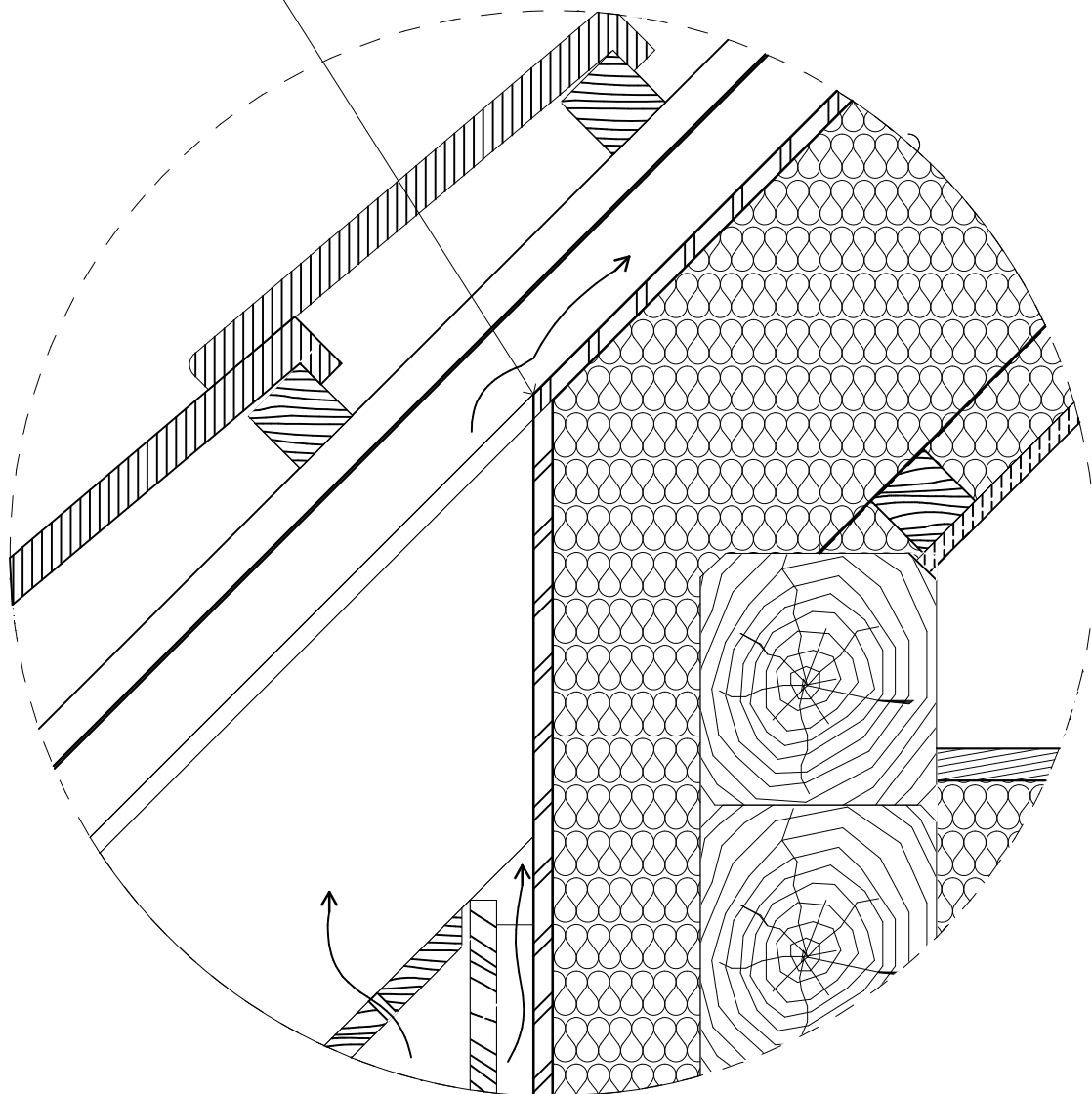
MÄRKUSED:

Piirde soojusjuhtivus $U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Katuslagi		
Koostas:	Taavi Mals		30.05.16			
Juhendas:	Lehar Leetsaar					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 35	Lehti 37	Möötkava 1:10

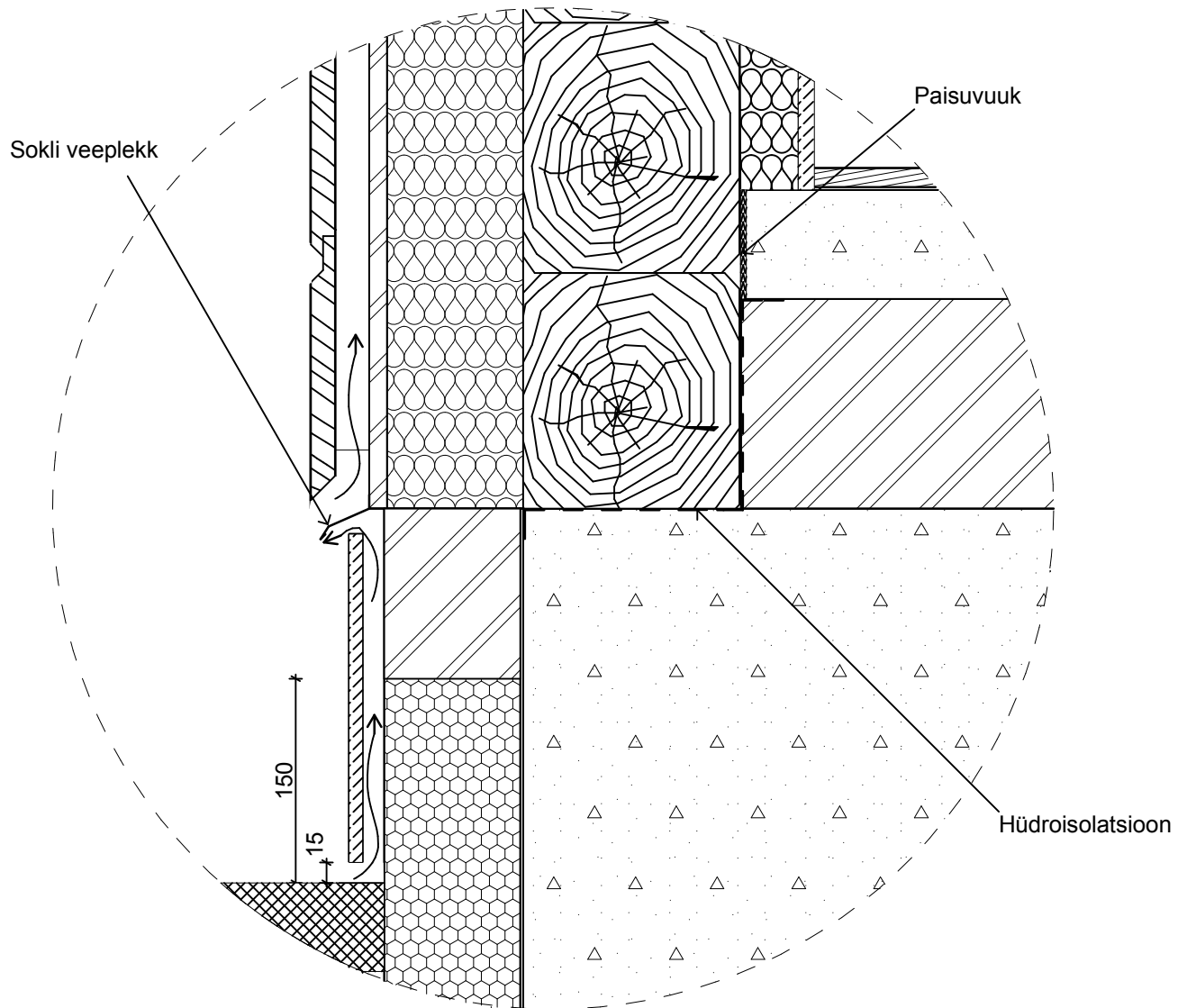
SÕLM 1

Kahe tuuletõkkeplaadi liitekoht



	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Räästasõlm		
Koostas:	Taavi Mals		30.05.16			
Juhendas:	Lehar Leetsaar					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 36	Lehti 37	Mõõtkava 1:5

SÕLM 2



	Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt: Jalaka kinnistu eramu rekonstrueerimine		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Soklisõlm		
Koostas:	Taavi Mals		30.05.16			
Juhendas:	Lehar Leetsaar					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 37	Lehti 37	Mõõtkava 1:5