



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

TARTU KOLLEDŽ

Säästva tehnoloogia õppetool

VÄLISSEINTE TÜÜPIDE JA FERMIDE
TUGEVUSARVUTUSTE VÕRDLOS ERAMU VÄIKE-
ÕUNA NÄITEL

THE COMPARISON OF DIFFERENT TYPES OF EXTERNAL WALLS AND TRUSS
FRAMES BASED ON VÄIKE-ÕUNA DWELLING

Magistritöö

ehitiste restaureerimise erialal

Üliõpilane: **Silver Kuum**

Juhendaja: **Illimar Kalk**

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: A110554

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

..... (juhendaja allkiri ja kuupäev)

Kaitmisele lubatud: (kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees: (allkiri)

ABSTRACT

Tallinn University of Technology Tartu College

Author: Kuum S.

Place and date: Tartu, 2016

Supervisor: Kalk I.

Language: Estonian

The comparison of different types on external walls and truss frames based on Väike-Õuna Dwelling

87 pages 26 figures 32 tables 4 appendixes 1 binding

The main purpose of this thesis is to make an external walls profitability and truss frames strength calculation comparison. The building is situated in Tartu county, Haaslava village Väike-Õuna building lot. At the moment the building lot is empty, but it has design criteria.

This Master's thesis is divided into two parts. The comparison of the external walls is in the first part and the comparison is based on a cost. Truss frames comparison is in the second part of the thesis. Project drawings, relevant data of the building and design criteria are brought out at the appendix.

The first part of this Master's thesis consists of a comparison of five different grout systems. The comparison is based on heat retention, cost and construction time. The result of the comparison is to find out the best out of these five grout systems.

The second part of this Master's thesis consists of two frame comparison, strength calculations and node calculations. The author of the Master's thesis offers two truss frames shape and makes a comparison based on material consumption. Two types of node calculations and comparison to the steel connector plates trusses are made for the better truss frame. The result of the comparison is to find out which of the frames and nodes are better for the customer.

The theme of this Master's thesis was chosen due to the interest of the author to know which of the five offered grout systems is the best in economical and building aspect. Also which are the opportunities to design a building without any load bearing interior wall.

This Master's thesis offers preliminary architectural design based on drawings. The architectural design follow a simple line, because the customer wish is to get a low cost and economically reasonable building. The building has a rectangular ground-plan and 22 degrees gable roof.

SISUKORD

ABSTRACT	2
SISUKORD	4
TÄHISED JA LÜHENDID	6
SISSEJUHATUS	9
1. KONSTRUKTSIOONIDE VÕRDLUS	10
1.1 Soojusenergiakadude arvutamine	10
1.1.1 Pinnasel oleva põranda soojusenergiakadude arvutamine.....	11
1.1.2 Soojustatud vahelae soojusenergiakadude arvutamine.....	13
1.1.3 Välisavatäidete soojusenergiakadude arvutamine	16
1.1.4 Leca Design süsteemi soojusenergiakadude arvutamine.....	17
1.1.5 WeberTherm süsteemi soojusenergiakadude arvutamine	20
1.1.6 WeberMin süsteemi soojusenergiakadude arvutamine	23
1.1.7 ThermoRoc süsteemi soojusenergiakadude arvutamine.....	26
1.1.8 Aeroc Ecotherm 375 soojusenergiakadude arvutamine	29
1.2 Aastane soojusenergiakulu hoonel arvestades kraadpäevi	31
1.2.1 Leca Design süsteemi soojusenergiakulu arvestades kraadpäevi.....	32
1.2.2 WeberTherm süsteemi soojusenergiakulu arvestades kraadpäevi.....	32
1.2.3 WeberMin süsteemi soojusenergiakulu arvestades kraadpäevi.....	32
1.2.4 ThermoRoc süsteemi soojusenergiakulu arvestades kraadpäevi.....	33
1.2.5 Aeroc Ecotherm 375 süsteemi soojusenergiakulu arvestades kraadpäevi.....	33
1.2.6 Soojusenergiakulu graafik	33
1.3 Konstruktsioonide maksumus ja ajakulu	34
1.3.1 Leca Design süsteemi maksumus ja ajakulu	35
1.3.2 WeberTherm süsteemi maksumus ja ajakulu	36
1.3.3 WeberMin süsteemi maksumus ja ajakulu	37
1.3.4 ThermoRoc süsteemi maksumus ja ajakulu	38
1.3.5 Aeroc Ecotherm 375 maksumus ja ajakulu	39
1.3.6 Maksumuse ja ajakulu graafikud.....	40

1.4 Analüüs ja järeldus	41
2. TUGEVUSARVUTUSED	42
2.1 Üldosa.....	42
2.2 Kasutatud arvutiprogrammid.....	42
2.3 Koormuskombinatsioonid	42
2.4 Koormused	43
2.4.1 Tuulekoormus katusele.....	44
2.4.2 Lumekoormus.....	46
2.4.3 Omakaalukoormused.....	48
2.5 Fermide tugevusarvutused ja võrdlus.....	50
2.5.1 Fermide materjalid.....	50
2.5.2 Fermide joonkoormused.....	51
2.5.4 Fermide dimensioneerimine	52
2.5.5 Sõlmede arvutus	65
KOKKUVÕTE	86
KASUTATUD KIRJADUS	87
LISAD	88
Lisa 1 Hoone olulised tehnilised andmed.....	89
Lisa 2 Projekteerimistingimused	92
Lisa 3 Ogaplaatfermide pakkumised	94
Lisa 4 Graafiline osa.....	96

TÄHISED JA LÜHENDID

Ladina suurtähed

A	- ristlõike pindala (mm^2)
B'	-põranda tunnusmõõde (m)
A _{ef}	-koormatud ala pindala (mm^2)
C _e	-avatustegur
C _t	-soojustegur
E _{0,05}	-elastsusmoodul (N/mm^2)
F _{c,d}	-survejõu arvutusväärtus (N)
F _{v,Rk}	-poldi normkandevõime (N)
G	-alaline koormus
G _k	-alaline normatiivne koormus
I _{y(z)}	-inertsimoment (mm^4)
M _{y,Rk}	-kinnituselemendi voolavuspiirile vastav momendi normväärtus (Nmm)
M _{y(z),d}	-paindemomendi z- või y- telje suhtes arvutusväärtused (Nmm)
P	-põranda välisperimeeter (m)
Q	-aastane soojusenergiakulu (kWh/m^2)
Q _{k,1}	-domineeriv muutuvkoormus (N)
Q _{k,i}	-muu muutuvkoormus (N)
R	-konstruktsiooni soojapidavus ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
R _{Si}	-põranda sisepinna soojustakistus ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
R _{Se}	-põranda välispinna soojustakistus ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
R _f	-põranda soojustakistus ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
U	-konstruktsiooni soojajuhtivus ($\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$)
W _{z,(y)}	-ristlõike vastupanumoment z- või y-telje suhtes (mm^3)
X _d	-materjali tugevuse arvutusväärtus (N/mm^2)

Ladina väiketähed

b	-ristlõike laius (mm)
b _{ef}	-efektiivne ristlõike laius (mm)
c _{pe}	-välisrõhutegur

d	-elemendi läbimõõt (mm)
d_t	-põranda ekvivalentpaksus (m)
$f_{c,0,d}$	-pikikiudu survetugevuse arvutusväärtus (N/mm^2)
$f_{c,0,k}$	-survetugevus pikikiudu (N/mm^2)
$f_{h,2,k}$	-puitelemendi norm-muljumistugevus (N/mm^2)
$f_{m,k}$	-paindetugevus (N/mm^2)
$f_{m,z(y),d}$	-paindetugevuse arvutusväärtused (N/mm^2)
$f_{t,0,k}$	-tõmbetugevus pikikiudu (N/mm^2)
$f_{u,k}$	-normatiivne tõmbetugevus (N/mm^2)
h	-ristlõike kõrgus (mm)
$i_{z(y)}$	-inertsiraadius z- ja y-telje suhtes (mm)
$k_{c,z(y)}$	-nõtketegurid y- ja z-telje suhtes
q	-lauskoormus (kN)
$q_{p(z_e)}$	-kiirusrõhk (N/m^2)
s_k	-normatiivne lumekoormus maapinnal (N/mm^2)
t	-elemendi paksus (mm)
z_e	-arvutuskõrgus (mm)

Kreeka suurtähed

λ	-materjali sooja-erijuhtivus (W/mK)
β	-elementide muljumistugevuste suhe
ϕ	-konstruktsiooni soojakaod (W/K)
Ψ_c	-koormuse kombinatsioonitegur
Δt	-temperatuuride vahe ($^{\circ}$)

Kreeka väiketähed

α	-katuse kaldenurk ($^{\circ}$)
γ	-koormuse osavarutegur vastavalt indeksile
γ_m	-materjali omaduste osavarutegur
$\lambda_{rel,z(y)}$	-suhteline saledus
$\lambda_{z(y)}$	-saledused peatelgede suhtes

μ_i	-lumekoormuse kujutegur
$\sigma_{c(t),0,d}$	-pikikiudu suve- või tõmbepinge arvutusväärtus (N/mm ²)
$\sigma_{c(t),90,d}$	-ristikiudu suve- või tõmbepinge arvutusväärtus (N/mm ²)
$\sigma_{m,z(y),d}$	-arvutuslik paindepinge y- või z-telje suhtes (N/mm ²)

SISSEJUHATUS

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on teostada välispiirete tasuvuse ning puitfermide tugevusarvutuste võrdlused. Hoone on planeeritud Tartumaale, Haaslava külla, Väike-Õuna kinnistule. Hetkel on tegemist tühja kinnistuga, millele on saadus projekteerimistingimused.

Antud töö on jaotatud kaheks osaks. Esimeses osas teostatakse välispiirete võrdlus maksumusest lähtuvalt ning teises osas on väljapakutud fermide võrdlus. Lisades on välja toodud hoone projektjoonised, hoone tehnilised andmed ning projekteerimistingimused.

Lõputöö esimene osa koosneb viie õhekrohvisüsteemi võrdlusest. Töö autor on valinud välja viis võrreldavat konstruktsiooni. Võrdluse aluseks on soojapidavus, konstruktsiooni püstitamise kiirus ning konstruktsiooni maksumus. Võrdluse lõpuks selgub viiest konstruktsioonist parim lahendus tellija jaoks.

Lõputöö teine osa koosneb kahe fermi võrdlusest, tugevusarvutustest ning sõlmede arvutustest. Töö autor pakub välja kaks fermi antud hoone katusekandja konstruktsiooniks, ning teostab nende võrdluse materjali kulu alusel. Optimaalsemale fermile teostatakse kahte tüüpi sõlmede arvutus ning võrdlus ogaplaatfermidega. Konstruktsiooni ning sõlmede võrdluse lõpus selgub väljapakutud lahendustest parim tellija jaoks.

Teema valiku põhjuseks oli autori enda huvi teada saada, milline õhekrohvisüsteem on väljapakututest parim, nii majanduslikult kui ka ehituslikust aspektist vaadeldes. Samuti soovis autor uurida, mis võimalused on hoonet projekteerida ilma ühegi kandava siseseinata.

Lõputöö raames pakutakse välja arhitektuurne lahendus jooniste näol. Arhitektuurne lahendus järgib üsna lihtsakoelist lahendust, kuna tellija soov on saada võimalikult madalate ehitus ja eksploatatsiooni kuludega lahendus, seega puuduvad antud hoonel arhitektuurilisest keerukad lahendused. Põhiplaanilt on hoone riskülikuline ning katuseks on 22° kaldega viilkatus.

1. KONSTRUKTSIOONIDE VÕRDLUS

Antud magistritöös teostav konstruktsioonide võrdlus on jagatud kolmeks osaks. Esimeses osas arvutatakse soojusenergia kaod, teises osas leitakse võrreldavate konstruktsioonide maksumused ja ajakulud ning kolmandas osas tuuakse välja kõige eelneva analüüs. Samuti tehakse antud konstruktsioonide hulgast valik, millega jätkatakse antud projektis.

1.1 Soojusenergiakadude arvutamine

Kõik välispiirded on arvutatud lihtsustatud kujul vastavalt standardi EVS-EN ISO 13370:2008 [1] ja EVS 908-1:2010 [2] järgi. Konstruktsioonide juures ei ole arvestatud külmasildasid ning ventilatsioonist tulenevaid erinevusi. Erinevate materjalide λ väärtused on võetud vastavate tootjate kodulehtedelt ning ehituskonstruktori käsiraamatust [3].

Tabel 1.1 Välispiirete pinnatakistused

Pinnase takistus $m^2 K/W$	Soojavoolu suund		
	Üles	Horisontaalselt	Alla
$R_{s,i}$ (sisepind)	0,10	0,13	0,17
R_v (välispiind)	0,04	0,04	0,04

Konstruktsiooni soojatakistus arvutatakse valemiga:

$$R = \frac{d}{\lambda}, \quad (1.1)$$

kus d -materjali paksus, m;
 λ -materjali sooja-erijuhtivus, W/mK .

Konstruktsiooni soojajuhtivus arvutatakse valemiga:

$$U = \frac{1}{R}, \quad (1.2)$$

kus R -materjali soojapidavus, m^2K/W .

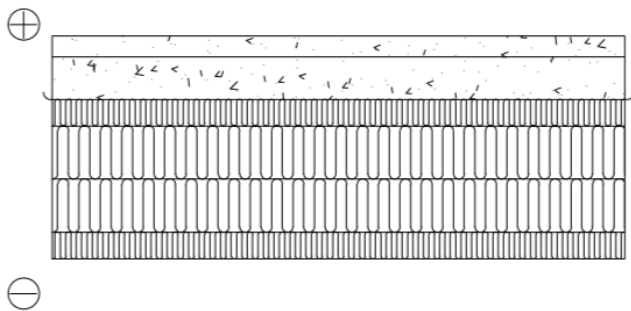
Konstruksiooni soojakaod arvutatakse valemiga:

$$\Phi = A * U, \quad (1.3)$$

kus A -konstruktsiooni pindala, m^2 ;
 U -konstruktsiooni soojusjuhtivus, W/m^2K .

1.1.1 Pinnasel oleva põranda soojusenergiakadude arvutamine

Joonisel 1.1 on näidatud pinnasel põranda lõige, mille järgi arvutatakse põranda soojustakistus erinevatele materjalidele. Arvutuse aluseks on võetud standard EVS:EN EVS-EN ISO 13370:2008 [1] mille abil saadakse soojajuhtivus ning seejärel põranda soojakaod.



Siseviimistust vastavalt sisekujundusele
Betoonist tasanduskiht C25/30–40mm
Betoon C25/30, keskel põrandaküttestorustik–80mm
Polüetüleenkile 0,2mm, vuugid 200mm 200mm ülekattega, teibitud
Soojusisolatsioon Styrofoam 250 SL–A–N 50+100+100mm
Soojusisolatsioon Styrofoam 250 SL–A–N–50, 1,2m laiuselt äärest
Tihendatud täitepinnas min 150mm
Tihendatud aluspinnas

Joonis 1.1 Põrand pinnasel

Põranda U-väärtuse arvutamist alustatakse tunnusmõõdme B' arvutamisega:

$$B' = \frac{A}{(0,5 * P)}, \quad (1.4)$$

kus A -põranda pindala, m²;
P -põranda välisperimeeter, m.

$$B' = \frac{159,36}{(0,50 * 55,20)} = 5,77 \text{ m}$$

Tarindite soojapidavus arvutatakse valemiga (1.1):

$$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{bet} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,04}{2,50} = 0,016 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{bet} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,08}{2,50} = 0,032 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{Styrofoam} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,25}{0,035} = 7,14 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

Soojustakistus kokku:

$$R_f = 0,016 + 0,032 + 7,14 = 7,19 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

Soojaerijuhtivus külmumata liiva või kruusa puhul standardi [1] lisa G järgi: $\lambda = 2,0 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$

Põranda ekvivalentne paksus arvutatakse valemiga:

$$d_t = w + \lambda * (R_{si} + R_f + R_{se}), \quad (1.5)$$

kus w -seina paksus koos seina kõikide kihtidega, mm;

λ	-külmumata pinnase soojuserijuhtivus, w/mK;
R_{si}	-põranda sisepinna soojustakistus, w/mK;
R_{se}	-põranda välispinna soojustakistus, w/mK;
R_f	-põranda soojustakistus, w/mK.

Põranda ekvivalent paksus vastavalt valemile 1.5:

$$d_t = 0,35 + 2,00 * (0,17 + 7,19 + 0,04) = 15,15 \text{ m}$$

Kuna $d_t > B'$, on põrand hea soojustusega. U-arvu leidmiseks kasutatakse valemit, standardist [1]:

$$U_p = \frac{\lambda}{0,457 * B' + d_t} \quad (1.6)$$

Põranda U-arvu leidmine vastavalt valemile 1.6:

$$U_p = \frac{2,00}{0,457 * 6,08 + 15,15} = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$$

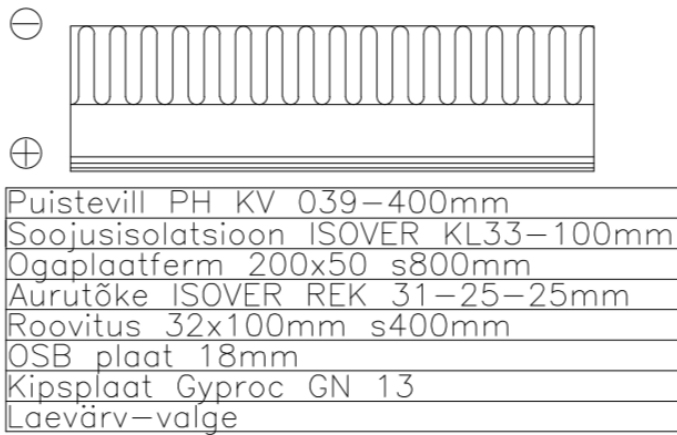
Kuna põrand on hästi soojustatud, siis servades oleva lisasoojustuse mõju antud arvutustes ei kajastata. Soojustusega põrandale täiendava serva soojustamise lisamisel korral saadavat mõju antud valemid alahindavad [1-lisa B]

Põranda soojakadu arvutatakse valemiga (1.3) standardist [1]:

$$\Phi_{\text{Põrand}} = A * U = 159,36 * 0,11 = 17,53 \text{ W/K}$$

1.1.2 Soojustatud vahelae soojusenergiakadude arvutamine

Joonisel 1.2 on näidatud soojustatud vahelae lõige, mille järgi arvutatakse vahelae soojustakistus erinevatele materjalidele. Arvutuse aluseks on võetud standard EVS 908-1:2010 [2], mille abil saadakse soojajuhtivus ja vahelae soojakaod. Arvutuse paremaks jälgimiseks on vajalikud arvud lisatud tabelitesse.



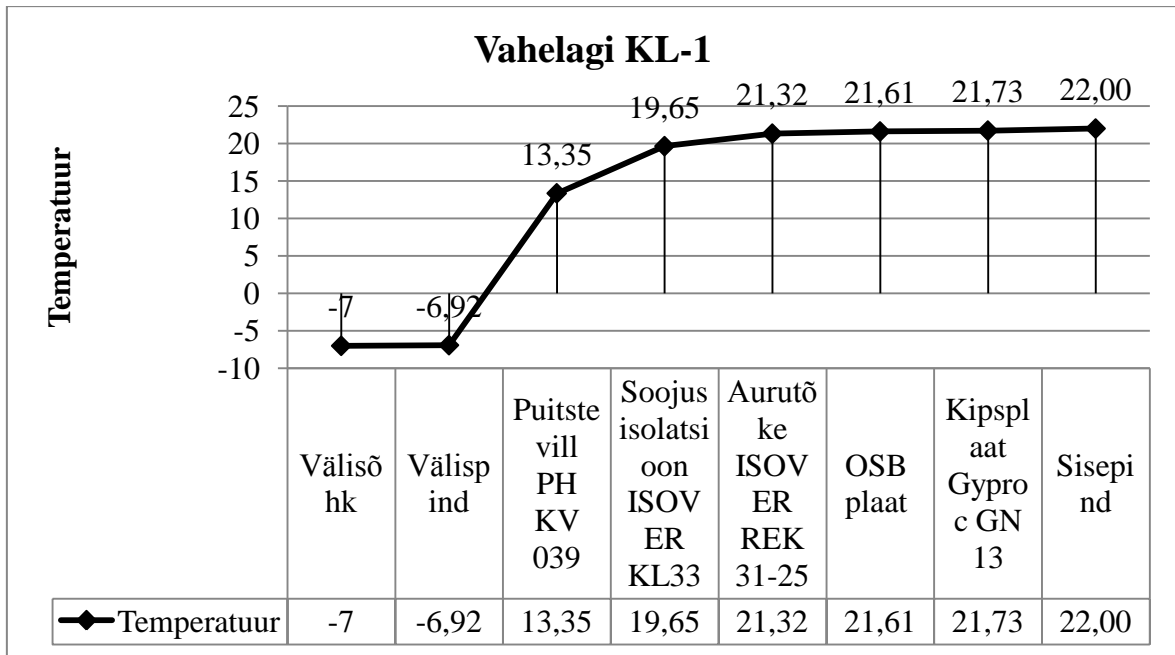
Joonis 1.2 Soojustatud vahelagi

Tabelis 1.2 on välja toodud uuritava välispiirde kogu soojustakistus (R), milles on arvesse võetud materjalide kui ka välis- ja sisepiirdepinna soojatakistust. Arvestatud on jaanuari kuu keskmise temperatuuriga -7°C ja hoones oleva soovitud temperatuuriga $+22^{\circ}\text{C}$.

Tabel 1.2 Vahelae soojustakistus

Vahelagi						
					välis temp	sisetemp
					-7	22
	Kihi paksus/ m	λ	R	%R	Δt	
Välisõhk						-7
Välispind			0,04	0,29	0,08	-6,92
Puistevill PH KV 039	0,400	0,041	9,76	69,90	20,27	13,35
Soojusisolatsioon ISOVER KL33	0,100	0,033	3,03	21,71	6,30	19,65
Aurutõke ISOVER REK 31-25	0,025	0,031	0,81	5,78	1,68	21,32
OSB plaat	0,018	0,130	0,14	0,99	0,29	21,61
Kipsplaat Gyproc GN 13	0,013	0,230	0,06	0,40	0,12	21,73
Sisepind			0,10	0,93	0,27	22,00
			R(m ² K)/W	13,96	100,00	
			U W/m ² K	0,072		

Joonisel 1.3 on väljatoodud temperatuuri muutused erinevate kihtide vahel. Antud graafikut kasutades on võimalik määrata kastepunkti uuritavad piirdetarindis.



Joonis 1.3 Vahelae KL-1 temperatuuri muutus

Soojustatud vahelae soojakadu arvutatakse valemiga (1.3):

$$\Phi_{\text{Vahelagi}} = A * U = 159,36 * 0,072 = 11,47 \text{ W/K}$$

1.1.3 Välisavatäidete soojusenergiakadude arvutamine

Välisakendeks on valitud Lasita Aken AS profiil Lasita IV78_sisseavanev (SA/SRU) kolmekordse klaasiga. Akende soojusjuhtivus U väärtus on $0,7 \text{ w/m}^2\text{K}$.

Akende soojakadu arvutatakse valemiga (1.3):

$$\Phi_{\text{Aknad}} = A * U = 28,23 * 0,6 = 19,94 \text{ W/K}$$

Välisuste U valmise aluseks on võetud Lasita Aken AS profiil Lasita IV78_VVUm_väljaavanev (VVUm), mille U väärtus on $0,7 \text{ w/m}^2\text{K}$.

Välisuste soojakadu arvutatakse valemiga (1.3):

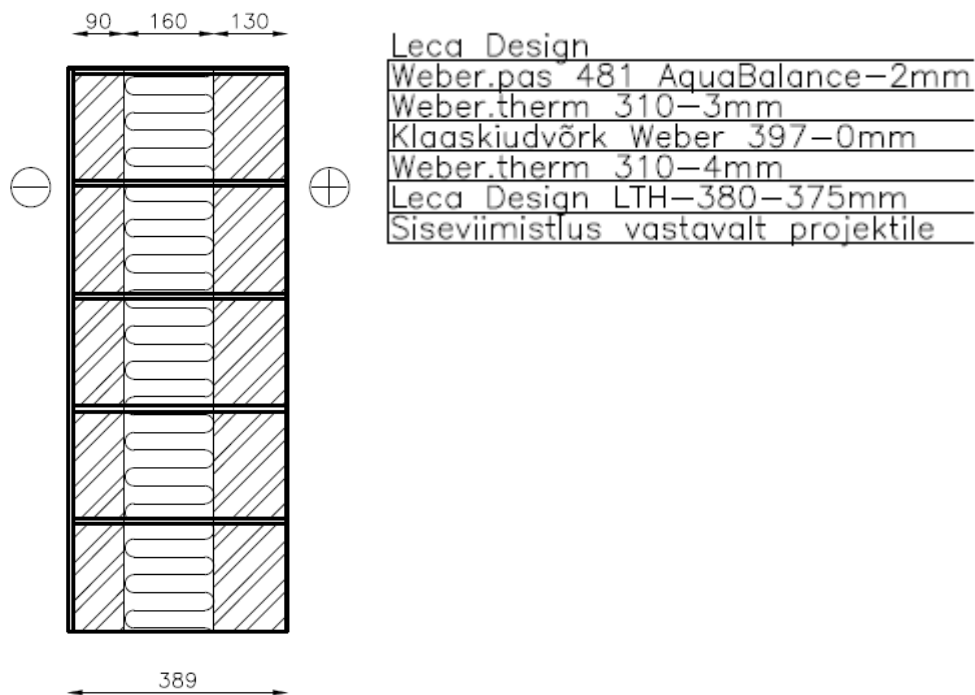
$$\Phi_{\text{välisused}} = A * U = 3,78 * 0,7 = 2,65 \text{ W/K}$$

Välisavatäidete summaarne soojakadu:

$$\Phi_{\text{Avatäited}} = \Phi_A + \Phi_U = 19,94 + 2,65 = 22,59 \text{ W/K}$$

1.1.4 Leca Design süsteemi soojusenergiakadude arvutamine

Joonisel 1.4 on näidatud Leca Design süsteemi lõige, mille järgi arvutatakse välisseina soojustakistus erinevatele materjalidele. Arvutuse aluseks on võetud standard EVS 908-1:2010 [2], mille abil saadakse soojajuhtivus ja välisseina soojakaod. Arvutuse paremaks jälgimiseks on vajalikud arvud lisatud tabelitesse.



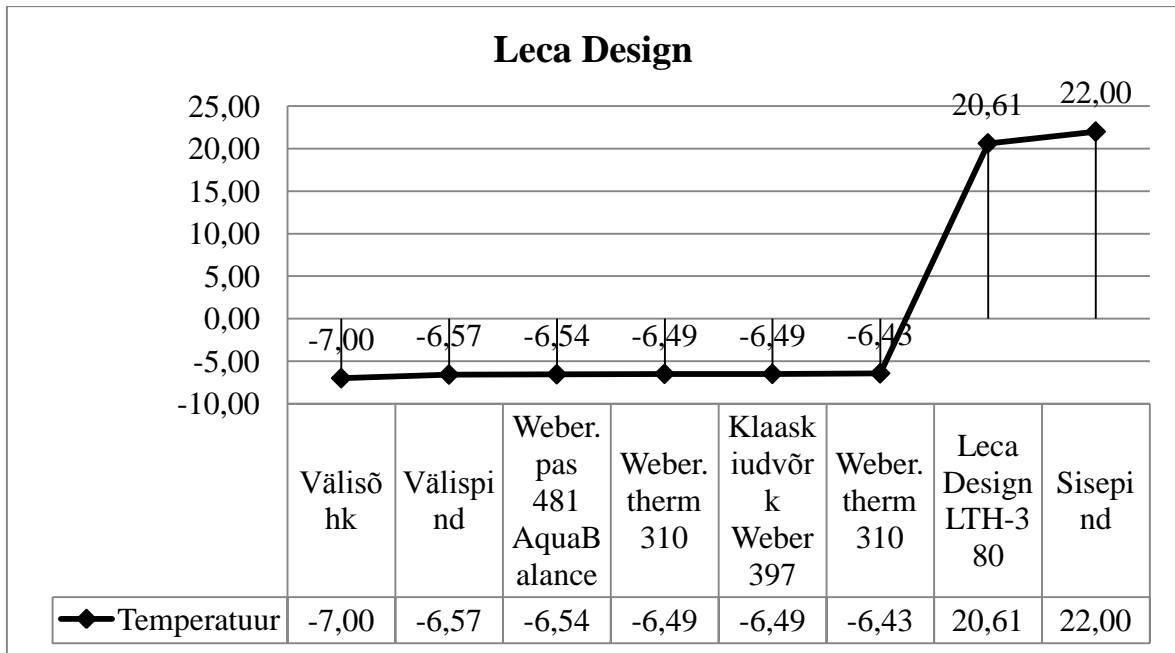
Joonis 1.4 Leca Design lõige

Tabelis 1.3 on välja toodud uuritava välispiirde kogu soojustakistus (R), milles on arvesse võetud materjalide kui ka välis- ja sisepiirdepinna soojatakistust. Arvestatud on jaanuari kuu keskmise temperatuuriga -7°C ja hoones oleva soovitud temperatuuriga $+22^{\circ}\text{C}$.

Tabel 1.3 Leca Design süsteemi soojustakistus

Leca Design						
					Välis-temp	Sis-temp
					-7	22
	Kihi paksus/ m	λ	R	%R	Δt	
Välisõhk						-7,00
Välispind			0,04	1,47	0,43	-6,57
Weber.pas 481 AquaBalance	0,002	0,610	0,00	0,12	0,04	-6,54
Weber.therm 310	0,003	0,700	0,00	0,16	0,05	-6,49
Klaaskiudvõrk Weber 397	0,000	1,000	0,00	0,00	0,00	-6,49
Weber.therm 310	0,004	0,700	0,01	0,21	0,06	-6,43
Leca Design LTH-380	0,380	0,150	2,53	93,25	27,04	20,61
Sisepind			0,13	4,79	1,39	22,00
			R(m ² K)/W	2,72	100,00	
			U W/m ² K	0,368		

Joonisel 1.5 on väljatoodud temperatuuri muutused erinevate kihtide vahel. Antud graafikut kasutades on võimalik määrata kastepunkti uuritavad piirdetarindis.



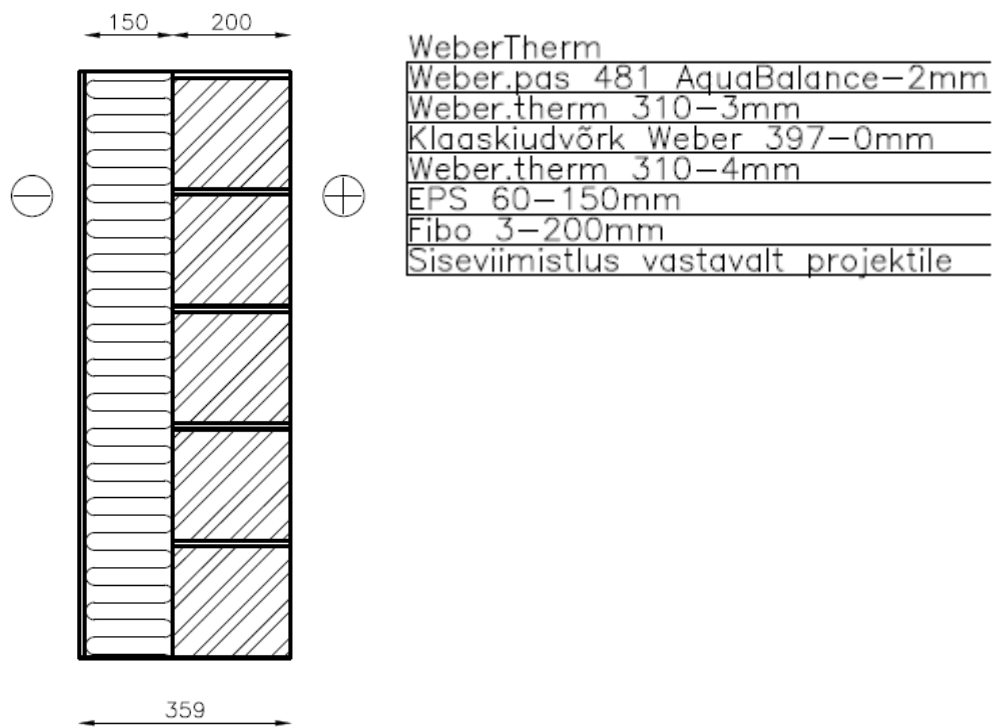
Joonis 1.5 Leca Design süsteemi temperatuuri muutus

Leca Design süsteemi soojakaod arvutatakse valemiga (1.3):

$$\Phi_{\text{Leca Design}} = A * U = 109,11 * 0,368 = 40,15 \text{ W/K}$$

1.1.5 WeberTherm süsteemi soojusenergiakadude arvutamine

Joonisel 1.6 on näidatud WeberTherm süsteemi lõige, mille järgi arvutatakse välisseina soojustakistus erinevatele materjalidele. Arvutuse aluseks on võetud standard EVS 908-1:2010 [2], mille abil saadakse soojajuhtivus ja välisseina soojakaod. Arvutuse paremaks jälgimiseks on vajalikud arvud lisatud tabelitesse.



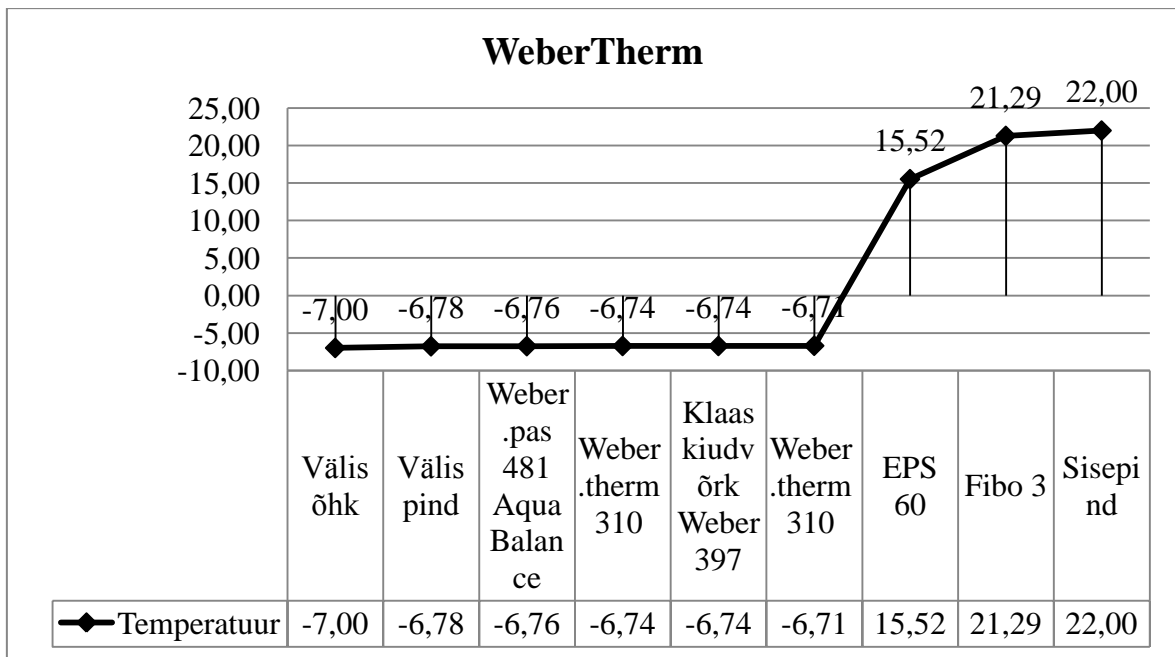
Joonis 1.6 WeberThermi lõige

Tabelis 1.4 on välja toodud uuritava välispiirde kogu soojustakistus (R), milles on arvesse võetud materjalide kui ka välis- ja sisepiirdepinna soojatakistust. Arvestatud on jaanuari kuu keskmise temperatuuriga -7°C ja hoones oleva soovitud temperatuuriga $+22^{\circ}\text{C}$.

Tabel 1.4 WeberTherm süsteemi soojustakistus

WeberTherm						
					Välis-temp	Sis-temp
					-7	22
	Kihi paksus/ m	λ	R	%R	Δt	
Välisõhk						-7,00
Välispind			0,04	0,76	0,22	-6,78
Weber.pas 481 AquaBalance	0,002	0,610	0,00	0,06	0,02	-6,76
Weber.therm 310	0,003	0,700	0,00	0,08	0,02	-6,74
Klaaskiudvõrk Weber 397	0,000	1,000	0,00	0,00	0,00	-6,74
Weber.therm 310	0,004	0,700	0,01	0,11	0,03	-6,71
EPS 60	0,150	0,037	4,05	76,64	22,22	15,52
Fibo 3	0,200	0,190	1,05	19,90	5,77	21,29
Sisepind			0,13	2,46	0,71	22,00
			R(m ² K)/W	5,29	100,00	
			U W/m ² K	0,189		

Joonisel 1.7 on väljatoodud temperatuuri muutused erinevate kihtide vahel. Antud graafikut kasutades on võimalik määrata kastepunkti uuritavad piirdetarindis.



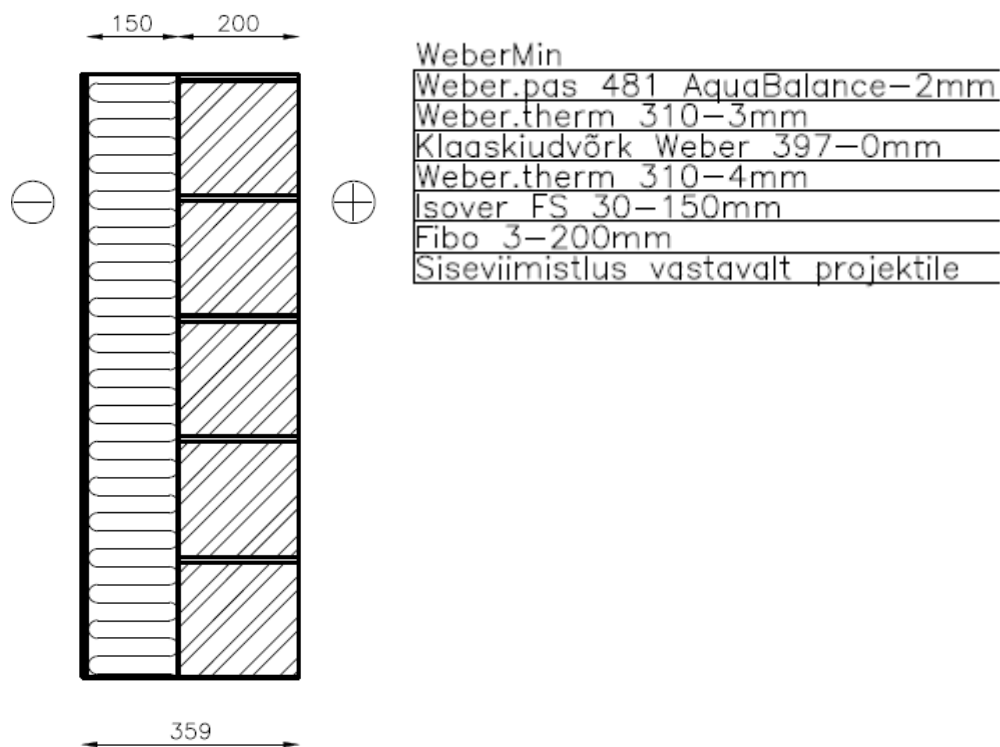
Joonis 1.7 WeberTherm süsteemi temperatuuri muutus

WeberTherm süsteemi soojakaod arvutatakse valemiga (1.3):

$$\Phi_{\text{WeberTherm}} = A * U = 109,11 * 0,189 = \mathbf{20,62 \text{ W/K}}$$

1.1.6 WeberMin süsteemi soojusenergiakadude arvutamine

Joonisel 1.8 on näidatud WeberMin süsteemi lõige, mille järgi arvutatakse välisseina soojustakistus erinevatele materjalidele. Arvutuse aluseks on võetud standard EVS 908-1:2010 [2], mille abil saadakse soojajuhtivus ja välisseina soojakaod. Arvutuse paremaks jälgimiseks on vajalikud arvud lisatud tabelitesse.



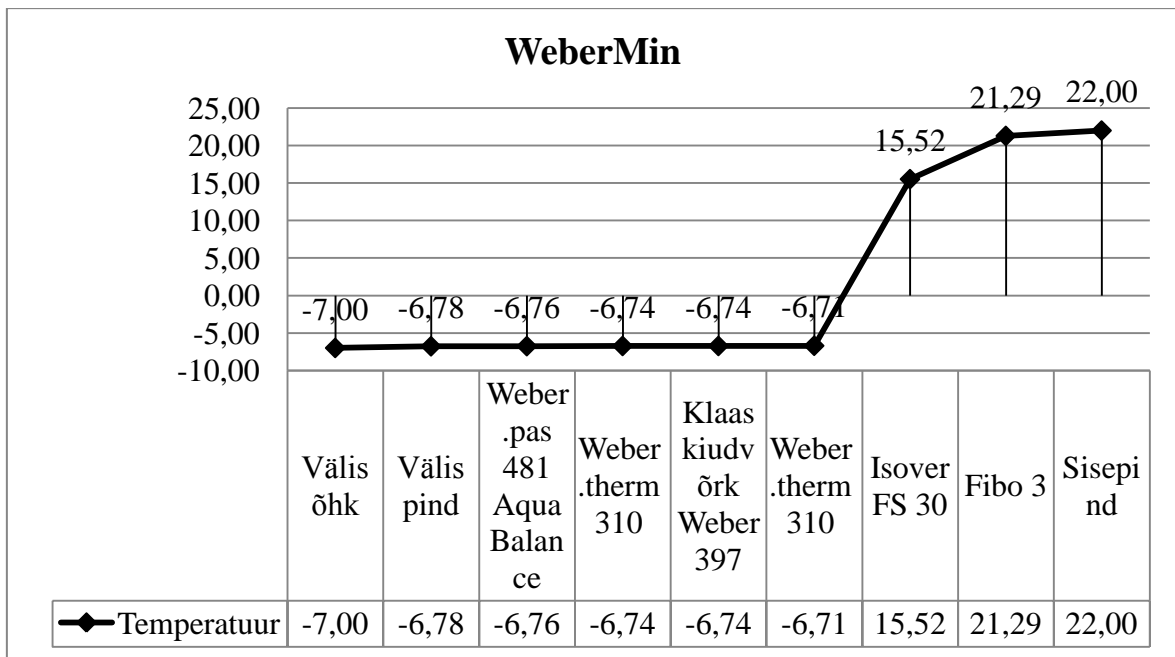
Joonis 1.8 WeberMin süsteem

Tabelis 1.5 on välja toodud uuritava välispiirde kogu soojustakistus (R), milles on arvesse võetud materjalide kui ka välis- ja sisepiirdepinna soojatakistust. Arvestatud on jaanuari kuu keskmise temperatuuriga -7°C ja hoones oleva soovitud temperatuuriga $+22^{\circ}\text{C}$.

Tabel 1.5 WeberMin süsteemi soojutakistus

WeberMin						
					välisemp	sisetemp
					-7	22
	Kihi paksus/ m	λ	R	%R	Δt	
Välisõhk						-7,00
Välispind			0,04	0,76	0,22	-6,78
Weber.pas 481						
AquaBalance	0,002	0,610	0,00	0,06	0,02	-6,76
Weber.therm 310	0,003	0,700	0,00	0,08	0,02	-6,74
Klaaskiudvõrk Weber 397	0,000	1,000	0,00	0,00	0,00	-6,74
Weber.therm 310	0,004	0,700	0,01	0,11	0,03	-6,71
Isover FS 30	0,150	0,037	4,05	76,64	22,22	15,52
Fibo 3	0,200	0,190	1,05	19,90	5,77	21,29
Sisepind			0,13	2,46	0,71	22,00
			R(m ² K)/W	5,29	100,00	
			U W/m ² K	0,189		

Joonisel 1.9 on väljatoodud temperatuuri muutused erinevate kihtide vahel. Antud graafikut kasutades on võimalik määrata kastepunkti uuritavad piirdetarindis.



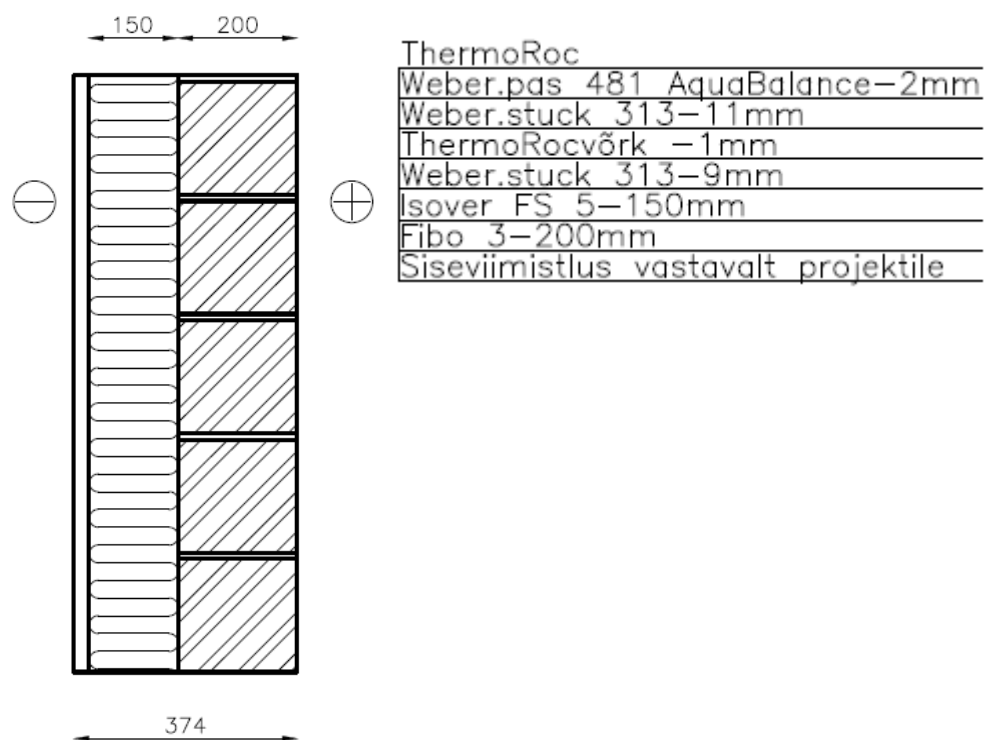
Joonis 1.9 WeberMin süsteemi temperatuuri muutused

WeberMin süsteemi soojakaod arvutatakse valemiga (1.3):

$$\Phi_{\text{WeberMin}} = A * U = 109,11 * 0,189 = \mathbf{20,62 \text{ W/K}}$$

1.1.7 ThermoRoc süsteemi soojusenergiakadude arvutamine

Joonisel 1.10 on näidatud ThermoRoc süsteemi lõige, mille järgi arvutatakse välisseina soojustakistus erinevatele materjalidele. Arvutuse aluseks on võetud standard EVS 908-1:2010 [2], mille abil saadakse soojajuhtivus ja välisseina soojakaod. Arvutuse paremaks jälgimiseks on vajalikud arvud lisatud tabelitesse.



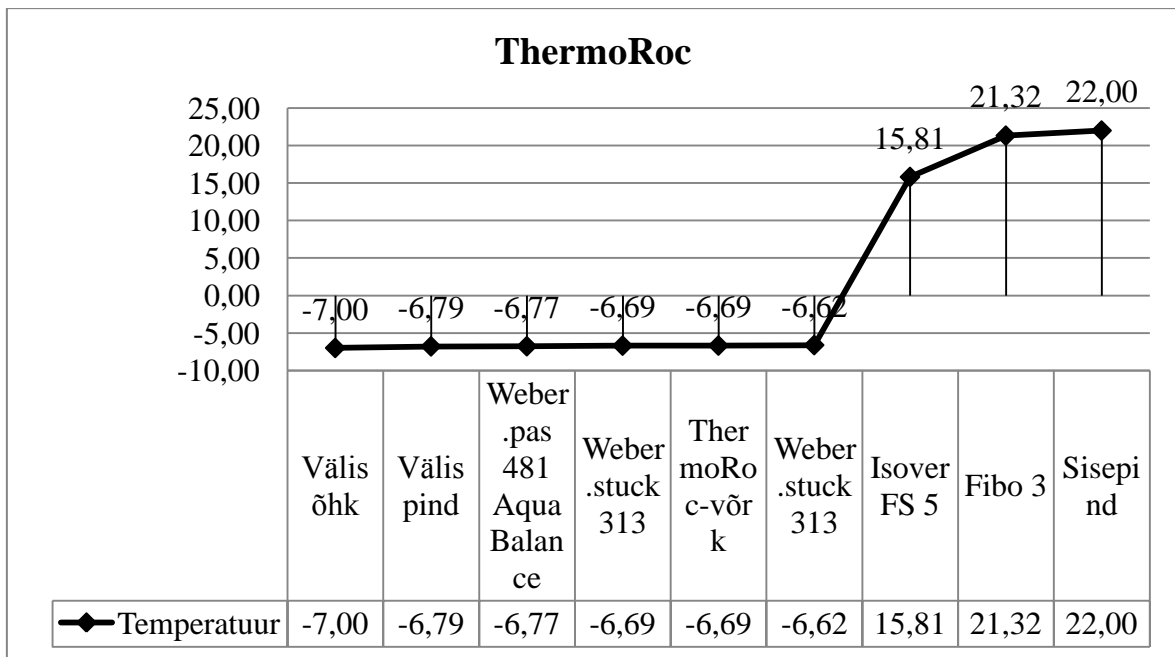
Joonis 1.10 ThermoRoc süsteemi lõige

Tabelis 1.6 on välja toodud uuritava välispiirde kogu soojustakistus (R), milles on arvesse võetud materjalide kui ka välis- ja sisepiirdepinna soojatakistust. Arvestatud on jaanuari kuu keskmise temperatuuriga -7°C ja hoones oleva soovitud temperatuuriga $+22^{\circ}\text{C}$.

Tabel 1.6 ThermoRoc süsteemi soojustakistus

ThermoRoc						
					välis-temp	sis-temp
					-7	22
	Kihi paksus/ m	λ	R	%R	Δt	
Välisõhk						-7,00
Välispind			0,04	0,72	0,21	-6,79
Weber.pas 481						
AquaBalance	0,002	0,610	0,00	0,06	0,02	-6,77
Weber.stuck 313	0,011	0,700	0,02	0,28	0,08	-6,69
ThermoRoc-võrk	0,001	1,000	0,00	0,02	0,01	-6,69
Weber.stuck 313	0,009	0,700	0,01	0,23	0,07	-6,62
Isover FS 5	0,150	0,035	4,29	77,34	22,43	15,81
Fibo 3	0,200	0,190	1,05	19,00	5,51	21,32
Sisepind			0,13	2,35	0,68	22,00
			R(m ² K)/W	5,54	100,00	
			U W/m ² K	0,180		

Joonisel 1.11 on väljatoodud temperatuuri muutused erinevate kihtide vahel. Antud graafikut kasutades on võimalik määrata kastepunkti uuritavad piirdetarindis.



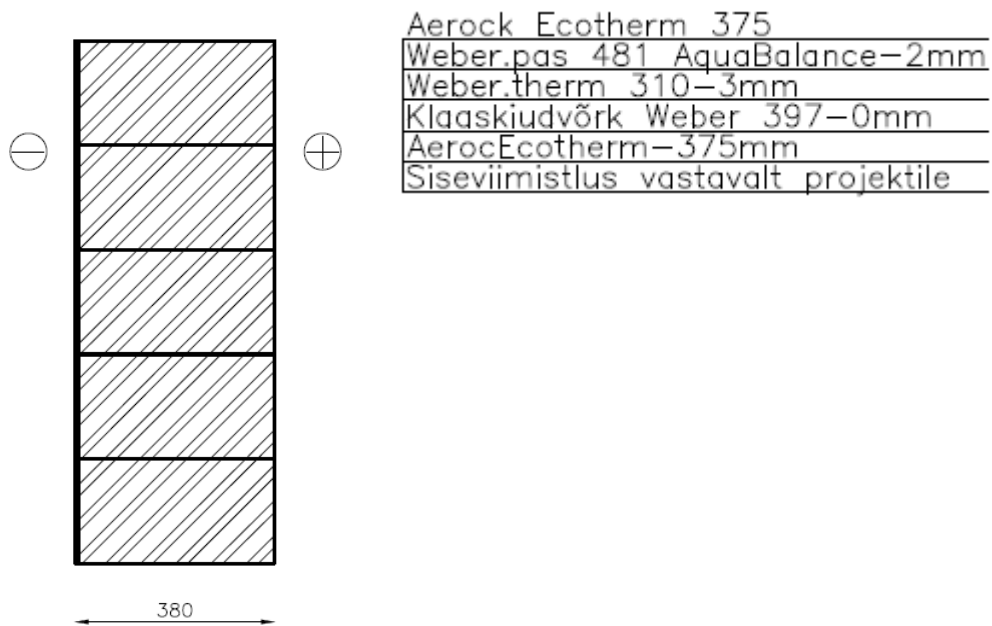
Joonis 1.11 ThermoRoc süsteemi temperatuuri muutused

ThermoRoc süsteemi soojakaod arvutatakse valemiga (1.3):

$$\Phi_{\text{ThermoRoc}} = A * U = 109,11 * 0,180 = \mathbf{19,64 \text{ W/K}}$$

1.1.8 Aeroc Ecotherm 375 soojusenergiakadude arvutamine

Joonisel 1.12 on näidatud Aeroc Ecotherm 375 süsteemi lõige, mille järgi arvutatakse välisseina soojustakistus erinevatele materjalidele. Arvutuse aluseks on võetud standard EVS 908-1:2010 [2], mille abil saadakse soojajuhtivus ja välisseina soojakaod. Arvutuse paremaks jälgimiseks on vajalikud arvud lisatud tabelitesse.



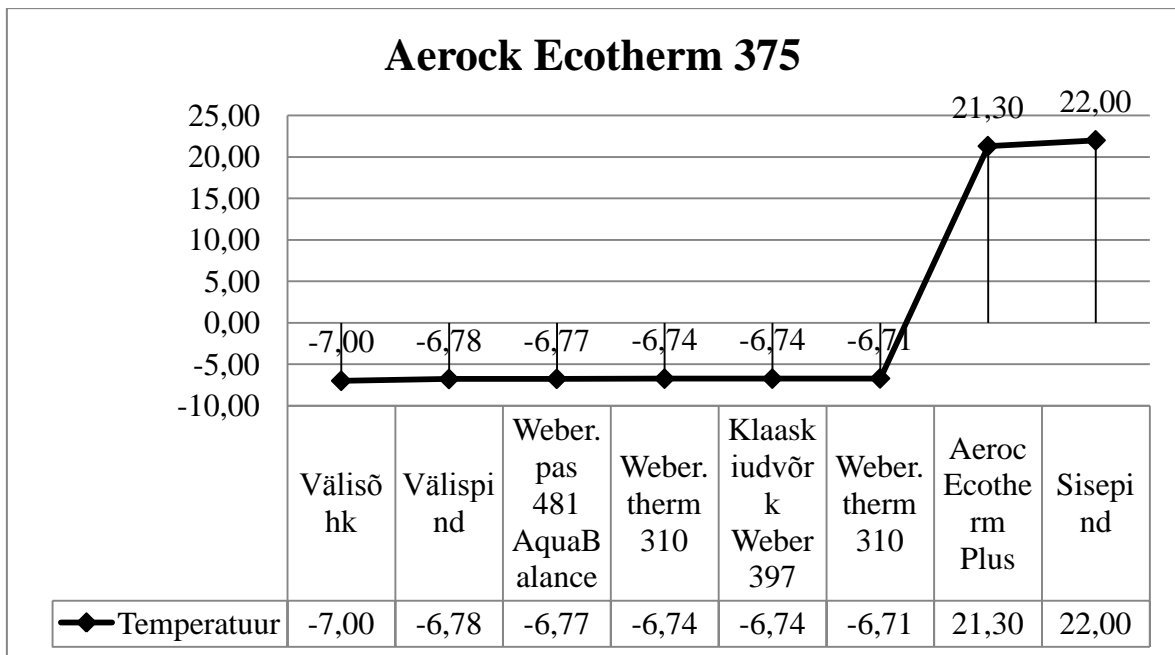
Joonis 1.12 Aerock Ecotherm 375 süsteemi lõige

Tabelis 1.7 on välja toodud uuritava välispiirde kogu soojustakistus (R), milles on arvesse võetud materjalide kui ka välis- ja sisepiirdepinna soojatakistust. Arvestatud on jaanuari kuu keskmise temperatuuriga -7°C ja hoones oleva soovitud temperatuuriga $+22^{\circ}\text{C}$.

Tabel 1.7. Aeroc EcoTherm 375 soojustakistus

Aeroc Ecotherm 375						
					välis-temp	sisetemp
					-7	22
	Kihi paksus/ m	λ	R	%R	Δt	
Välisõhk						-7,00
Välispind			0,04	0,74	0,22	-6,78
Weber.pas 481						
AquaBalance	0,002	0,610	0,00	0,06	0,02	-6,77
Weber.therm 310	0,003	0,700	0,00	0,08	0,02	-6,74
Klaaskiudvõrk Weber 397	0,000	1,000	0,00	0,00	0,00	-6,74
Weber.therm 310	0,004	0,700	0,01	0,11	0,03	-6,71
Aeroc Ecotherm Plus	0,375	0,072	5,21	96,60	28,01	21,30
Sisepind			0,13	2,41	0,70	22,00
			$R(m^2K)/W$	5,39	100,00	
			$U W/m^2K$	0,185		

Joonisel 1.13 on väljatoodud temperatuuri muutused erinevate kihtide vahel. Antud graafikut kasutades on võimalik määrata kastepunkti uuritavad piirdetarindis.



Joonis 1.13 Aerock Ecotherm 375 süsteemi temperatuuli muutused

Aerock Ecotherm 375 süsteemi soojakaod arvutatakse valemiga (1.3):

$$\Phi_{\text{Aerock Ecotherm 375}} = A * U = 109,11 * 0,185 = 20,19 \text{ W/K}$$

1.2 Aastane soojusenergiakulu hoonel arvestades kraadpäevi

Aastase soojusenergiakulu leidmiseks leitakse kõigepealt summaarne soojakadu iga võrreldava konstruktsiooni korral. Seejärel arvutatakse aastane soojusenergiakulu kulu hoonel arvestades kraadpäevi. Kraadpäevi keskmiselt vastavalt sisetemperatuurile 22°C Tartus on 5076 [3].

Aastane soojusenergiakulu hoonel arvutatakse valemiga:

$$Q = \frac{\sum \Phi * \text{kraadpäevad} * 24h}{A}, \quad (1.7)$$

kus $\sum \Phi$ -summarne soojakadu, W/K;
 kraadpäevad -kraadpäevade arv Tartus, päeva;
 A -hoone köetav põranda pindala, m².

1.2.1 Leca Design süsteemi soojusenergiakulu arvestades kraadpäevi

Hoone välispiirde soojakaod arvutatakse kokku. Saadakse kogu hoone soojusenergia kulu m² kohta arvestades Leca Design välispiirde soojakadusid.

$$\begin{aligned}\sum \Phi &= \Phi_{\text{Põrand}} + \Phi_{\text{Vahelagi}} + \Phi_{\text{Avatäited}} + \Phi_{\text{Leca Design}} \\ &= 17,53 + 11,47 + 22,59 + 40,15 = 91,74 \text{ W/K}\end{aligned}$$

$$Q = \frac{\sum \Phi * 5076 * 24}{159,36} = \frac{91,74 * 5076 * 24}{159,36} = 70,13 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$$

1.2.2 WeberTherm süsteemi soojusenergiakulu arvestades kraadpäevi

Hoone välispiirde soojakaod arvutatakse kokku. Saadakse kogu hoone soojusenergia kulu m² kohta arvestades WeberTherm välispiirde soojakadusid.

$$\begin{aligned}\sum \Phi &= \Phi_{\text{Põrand}} + \Phi_{\text{Vahelagi}} + \Phi_{\text{Avatäited}} + \Phi_{\text{WeberTherm}} \\ &= 17,53 + 11,47 + 22,59 + 20,62 = 72,21 \text{ W/K}\end{aligned}$$

$$Q = \frac{\sum \Phi * 5076 * 24}{159,36} = \frac{72,21 * 5076 * 24}{159,36} = 55,20 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$$

1.2.3 WeberMin süsteemi soojusenergiakulu arvestades kraadpäevi

Hoone välispiirde soojakaod arvutatakse kokku. Saadakse kogu hoone soojusenergia kulu m² kohta arvestades WeberMin välispiirde soojakadusid.

$$\begin{aligned}\sum \Phi &= \Phi_{\text{Põrand}} + \Phi_{\text{Vahelagi}} + \Phi_{\text{Avatäited}} + \Phi_{\text{WeberMin}} \\ &= 17,53 + 11,47 + 22,59 + 20,62 = 72,21 \text{ W/K}\end{aligned}$$

$$Q = \frac{\sum \Phi * 5076 * 24}{159,36} = \frac{72,21 * 5076 * 24}{159,36} = 55,20 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$$

1.2.4 ThermoRoc süsteemi soojusenergiakulu arvestades kraadpäevi

Hoone välispiirde soojakaod arvutatakse kokku. Saadakse kogu hoone soojusenergia kulu m² kohta arvestades ThermoRoc välispiirde soojakadusid.

$$\begin{aligned} \sum \Phi &= \Phi_{\text{Põrand}} + \Phi_{\text{Vahelagi}} + \Phi_{\text{Avatäited}} + \Phi_{\text{ThermoRoc}} \\ &= 17,53 + 11,47 + 22,59 + 19,64 = 71,23 \text{ W/K} \end{aligned}$$

$$Q = \frac{\sum \Phi * 5076 * 24}{159,36} = \frac{71,23 * 5076 * 24}{159,36} = 54,45 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$$

1.2.5 Aeroc Ecotherm 375 süsteemi soojusenergiakulu arvestades kraadpäevi

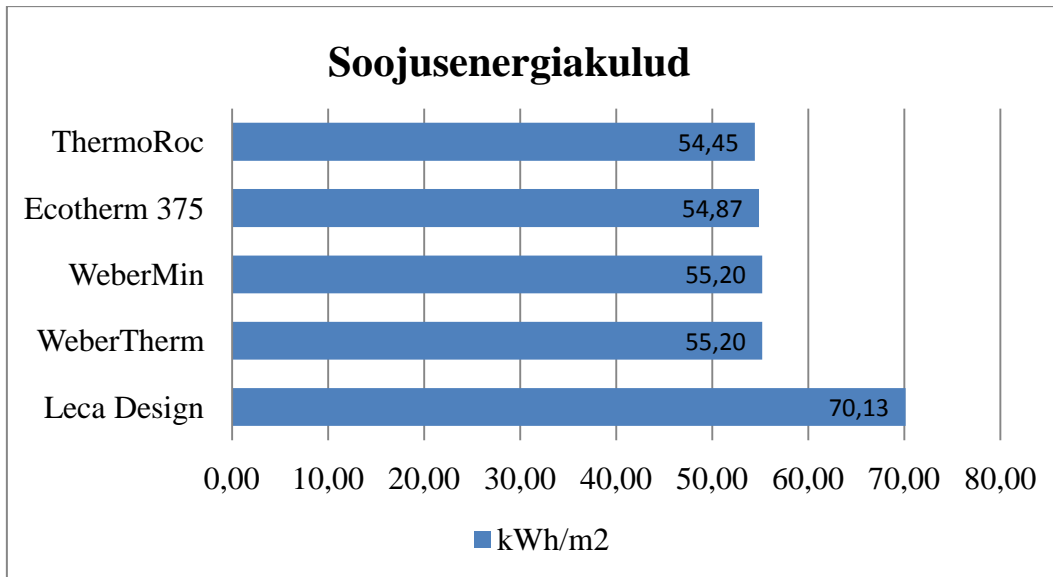
Hoone välispiirde soojakaod arvutatakse kokku. Saadakse kogu hoone soojusenergia kulu m² kohta arvestades Aeroc Ecotherm 375 välispiirde soojakadusid.

$$\begin{aligned} \sum \Phi &= \Phi_{\text{Põrand}} + \Phi_{\text{Vahelagi}} + \Phi_{\text{Avatäited}} + \Phi_{\text{Aeroc Ecotherm 375}} \\ &= 17,53 + 11,47 + 22,59 + 20,19 = 71,78 \text{ W/K} \end{aligned}$$

$$Q = \frac{\sum \Phi * 5076 * 24}{159,36} = \frac{71,78 * 5076 * 24}{159,36} = 54,87 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$$

1.2.6 Soojusenergiakulu graafik

Joonisel 1.14 on välja toodud võrreldavate konstruktsioonide soojusenergiakulude koondtulemused.



Joonis 1.14 Soojusenergiakulud

1.3 Konstruktsioonide maksumus ja ajakulu

Konstruktsioonide maksumus ja ajakulu osas on välja toodud võrreldava konstruktsiooni ajakulu inimtundides, materjali maksumus ruutmeetri kohta ning töötasu ruutmeetri kohta. Maksumuse võrdluse aluseks on võetud materjali ja töötasu summa. Eraldi on välja toodud materjali ja tööjõu maksumus. Paigaldamiseks vaja minevad abivahendid on arvestatud tööjõu maksumuse sisse. Tööjõu maksumuse ja ajakulu aluseks on võetud Eke Nora 2014 [4] aasta andmebaas. Materjali maksumuse aluseks on võetud keskmine hind erinevates ehitusmaterjalide poes. Antud hinnad on toodud 1m² kohta.

1.3.1 Leca Design süsteemi maksumus ja ajakulu

Leca Design maksumus on koostatud Leca Design LTH-380 plokile mõõtudega 380x498x195. Antud süsteemi maksumus ja ajakulu on välja toodud tabelis 1.8.

Tabel 1.8 Leca Design süsteemi maksumus ja ajakulu

Leca Design						
Kiht	Nimetus	Kihi paksus	Aeg	Hind	Töötasu	Summa
		mm	in.t/m ²	€/m ²	€/in.t	€/m ²
Välisviimistlus	Weber.pas 481	2,00	0,80	11,41	12,00	23,41
	AquaBalance					
Armeerimine	Weber.therm 310	3,00	0,80	2,41	12,80	18,12
	Klaaskiudvõrk Weber 397	-		0,50		
	Weber.therm 310	4,00		2,41		
Kandev kiht	Leca design LTH-380	380,00	2,80	129,4	42,00	171,38
Kokku:		389,00	4,40	146,11	66,80	212,91

1.3.2 WeberTherm süsteemi maksumus ja ajakulu

WeberTherm süsteemi maksumus on koostatud Fibo 3 plokile, mõõtudega 200x185x490 ning soojustusele EPS 60, paksusega 150 mm. Antud süsteemi maksumus ja ajakulu on välja toodud tabelis 1.9.

Tabel 1.9 WeberTherm süsteemi maksumus ja ajakulu

WeberTherm						
Kiht	Nimetus	Kihi paksus	Aeg	Hind	Töötasu	Summa
		mm	in.t/m ²	€/m ²	€/in.t	€/m ²
Välisviimistlus	Weber.pas 481 AquaBalance	2,00	0,80	11,41	12,00	23,41
Armeerimine	Weber.therm 310	3,00	0,80	2,41	12,80	18,12
	Klaaskiudvõrk Weber 397	-		0,50		
	Weber.therm 310	4,00		2,41		
Soojustus	EPS 60	150,00	0,50	7,91	7,50	15,41
Kandev kiht	Fibo 3	200,00	2,60	22,21	39,00	61,21
Kokku:		359,00	3,90	35,44	59,30	94,74

1.3.3 WeberMin süsteemi maksumus ja ajakulu

WeberMin süsteemi maksumus on koostatud Fibo 3 plokile, mõõtudega 200x185x490 ning soojustusele Isover FS 30, paksusega 150mm. Antud süsteemi maksumus ja ajakulu on välja toodud tabelis 1.10.

Tabel 1.10 WeberMin süsteemi maksumus ja ajakulu

WeberMin						
Kiht	Nimetus	Kihi paksus	Aeg	Hind	Töötasu	Summa
		mm	in.t/m ²	€/m ²	€/in.t	€/m ²
Välisviimistlus	Weber.pas 481	2,00	0,80	11,41	12,00	23,41
	AquaBalance					
Armeerimine	Weber.therm 310	3,00	0,80	2,41	12,80	18,12
	Klaaskiudvõrk Weber 397	-		0,50		
	Weber.therm 310	4,00		2,41		
Soojustus	Isover FS 30	150,00	0,30	21,33	4,50	25,83
Kandev kiht	Fibo 3	200,00	2,60	22,21	39,00	61,21
Kokku:		359,00	3,70	48,86	56,30	105,16

1.3.4 ThermoRoc süsteemi maksumus ja ajakulu

ThermoRoc süsteemi maksumus on koostatud Fibo 3 plokile, mõõtudega 200x185x490 ning soojustusele Isover FS 5, paksusega 150 mm. Antud süsteemi maksumus ja ajakulu on välja toodud tabelis 1.11.

Tabel 1.11 ThermoRoc süsteemi maksumus ja ajakulu

ThermoRoc						
Kiht	Nimetus	Kihi paksus	Aeg	Hind	Töötasu	Summa
		mm	in.t/m ²	€/m ²	€/in.t	€/m ²
Välisviimistlus	Weber.pas 481 AquaBalance	3,00	0,80	11,41	12,00	23,41
Armeerimine	Weber.stuck 313	11,00	0,80	3,30	12,80	21,46
	ThermoRoc-võrk	1,00		2,06		
	Weber.stuck 313	9,00		3,30		
Soojustus	Isover FS 5	150,00	0,30	14,25	4,50	18,75
Kandev kiht	Fibo 3	200,00	2,60	22,21	39,00	61,21
Kokku:		374,00	4,50	56,53	68,30	124,83

1.3.5 Aeroc Ecotherm 375 maksumus ja ajakulu

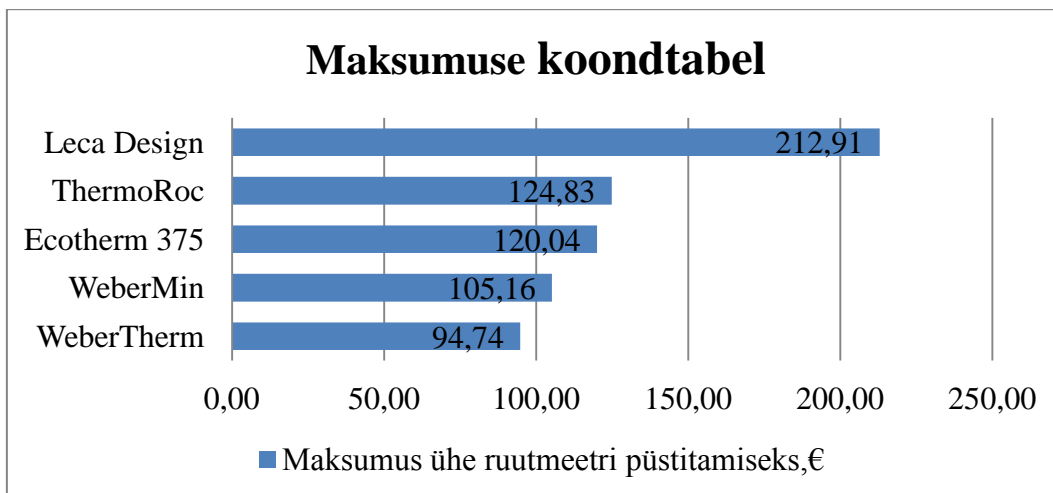
Aeroc Ecotherm 375 maksumus on koostatud Aeroc Ecotherm 375 plokile mõõtudega 375x200x600. Antud süsteemi maksumus ja ajakulu on välja toodud tabelis 1.12.

Tabel 1.12 Aeroc Ecotherm 3755 maksus ja ajakulu

Aeroc Ecotherm 375						
Kiht	Nimetus	Kihi paksus	Aeg	Hind	Töötasu	Summa
		mm	in.t/m ²	€/m ²	€/in.t	€/m ²
Välisviimistlus	Weber.pas 481 AquaBalance	2,00	0,80	11,41	12,00	23,41
Armeerimine	Weber.therm 310	3,00	0,80	2,41	12,80	18,12
	Klaaskiudvõrk Weber 397	-		0,50		
	Weber.therm 310	4,00		2,41		
Kandev kiht	Aeroc Ecotherm Plus	375,00	2,40	44,01	34,50	78,51
Kokku:		384,00	4,00	60,74	59,30	120,04

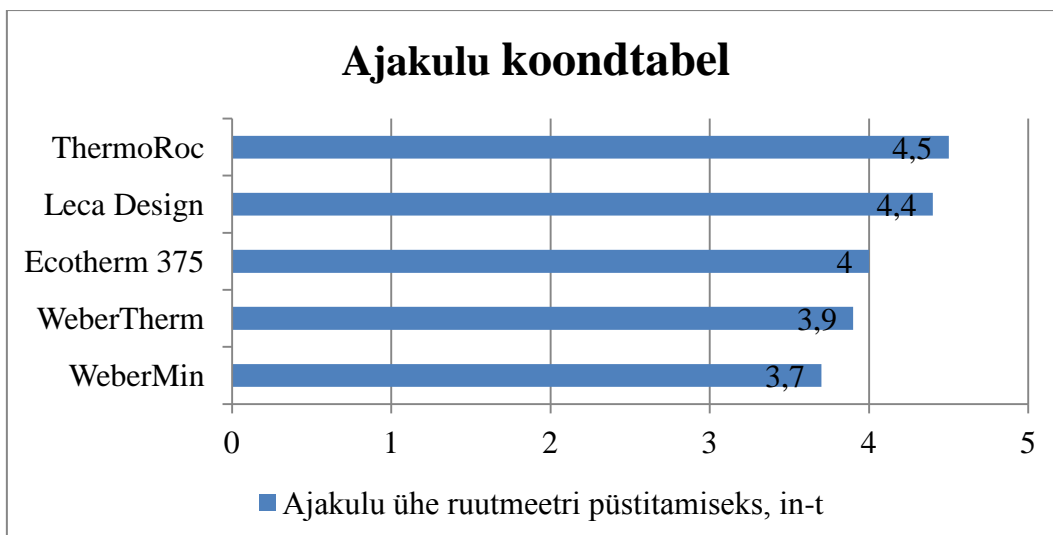
1.3.6 Maksumuse ja ajakulu graafikud

Ühe ruutmeetri püstitamiseks kuluva maksumusegraafik on toodud joonisel 1.15:



Joonis 1.15 Maksumuse koondtabel

Ühe ruutmeetri püstitamiseks kuluv ajagraafik on toodud joonisel 1.16:



Joonis 1.16 Ajakulu koondtabel

1.4 Analüüs ja järeldus

Konstruksioone võrreldi kolmest erinevast aspektist. Konstruksiooni püsitamiseks kuluv aeg, konstruksiooni tervikmaksumus ning konstruksiooni soojusenergia kaod. Antud võrdluses võrreldi esialgu soojusenergiakadusid, selles aspektis on selgelt parimad 4 konstruksiooni tüüpi - ThermoRoc, EcoTherm 375, WeberMin ning WeberTherm. Nende konstruksioonide soojusenergiakaod olid ligikaudu võrdsed, jäädes vahemikku 54,45 kWh/m² – 55,20 kWh/m². Kui arvestada ekspluatatsioonikuludega siis jäävad need antud konstruksioonide puhul samuti ligikaudu võrdseks.

Teisena võrreldi konstruksioonide maksumust. Antud konstruksioonidest tulid esile kaks tüüpi, mis oma maksumuse poolest edestavad teisi – WeberMin ning WeberTherm lahendus, olles kõige kallimast lahendusest ligikaudu kaks korda odavam.

Lõplik valik teostati kahe konstruksiooni hulgast arvestades nende püstitamiseks kuluvat aega. Antud konstruksioonidest on ajaliselt kõige kiirem WeberMin lahendus.

Võttes järkjärguliselt arvesse kõiki kolme aspekti otsustati WeberMin lahenduse kasuks.

2. TUGEVUSARVUTUSED

2.1 Üldosa

Käesolevas magistritöös on teostatud puitfermide ja sõlmede tugevusarvutused. Töö autor on välja pakkunud kaks erinevat puitfermi, mille vahel tuleks teostada valik. Mõlemad fermid koormatakse samadel koormustel ja tingimustel.

2.2 Kasutatud arvutiprogrammid

- Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014;
- AutoCAD Architecture 2014.

2.3 Koormuskombinatsioonid

Koormuskombinatsioon on samaaegselt mõjuvate üksikkoormuste kogum. Arvutused tehakse arvutusväärtustega, mis saadakse normväärtuse korrutamisel osavaruteguriga. Osavarutegur võtab arvesse koormuse võimalikku hälvet normväärtusest ebasoodsamas suunas. Koormusi rakendatakse arvutustes kombinatsioonidena vastavalt valitud koormusjuhtudele ja piirilukordadele. Koormuskombinatsioonis korrutatakse muutuvkoormuse arvutusväärtus kombinatsiooniteguriga, mis arvestab samaaegselt mõjuvate muutuvkoormuste kõige ebasoodsamate väärtustega samaaegse mõjumise tõenäosust. Arvesse võetakse kõigi kombinatsioonis samaaegselt mõjuvate koormuste mõju. Seejuures sisaldab iga koormuskombinatsioon püsikoormust ja lisaks sellele vähemalt, kas domineerivat muutuvkoormust või erakordset koormust. Domineeriv muutuvkoormus koormuskombinatsioonis on see, mille mõju koormustulemile on teistest muutuvkoormustest suurem. [3]

Üldvalem koormuskombinatsioonide ja arvutusväärtuste kohta on saadud Ehituskonstruktori käsiraamatust [3].

Kandepiirseisundi alaliste või ajutiste arvutusolukordade koormuskombinatsioonid:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}, \quad (2.1)$$

kus	γ	- koormuse osavarutegur vastavalt indeksile,
	G	- püsikoormus,
	P	- eelpingekoormus,
	$Q_{k,1}$	- domineeriv muutuvkoormus,
	Ψ_0	- koormuse kombinatsioonitegur,
	$Q_{k,i}$	- muu muutuvkoormus.

Kasutuspiirseisundi normatiivne koormuskombinatsioon:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{j \geq 1} \Psi_{0,i} Q_{k,i}, \quad (2.2)$$

kus	G	- püsikoormus,
	P	- eelpingekoormus,
	$Q_{k,1}$	- domineeriv muutuvkoormus,
	Ψ_0	- koormuse kombinatsioonitegur,
	$Q_{k,i}$	- muu muutuvkoormus.

2.4 Koormused

Koormused liigitatakse ajalise kestvuse järgi alalisteks, muutuvateks ja erakorralisteks ning mõjumisviisi järgi staatiliseks ja dünaamilisteks. Antud magistritöös on alalisteks koormusteks hoone omakaal ning muutuvkoormusteks põrandale mõjuv kasuskoormus ning katusele mõjuvad tuule- ja lumekoormused. Kande ja kasutuspiirseisundi kontrollimisel lähtutakse koormuse normväärtusest. [3]

Piirseisundi kontrollimisel määratakse konstruktsioonis koormuste mõjul tekkinud sisejõudude, pingete, paigutiste jm arväärtused. [5]

2.4.1 Tuulekoormus katusele

Tuulekoormus on muutuvkoormus, mis mõjub vahetult rõhuna suletud piiretega ehitise välispinnale.[3]

Katusekonstruktsioonidele mõjuvad tuulekoormused on leitud vastavalt standardile EVS-EN 1991-1-4:2007 [5].

Konstruktsiooni välispindadele mõjuva tuulerõhu arvutamiseks kasutatakse valemit:

$$W_e = q_p(Z_e) * C_{pe}, \quad (2.3)$$

kus $q_p(Z_e)$ -kiirusrõhk,
 Z_e -arvutuskõrgus,
 C_{pe} -välisrõhutegur.

Tuule kiirusrõhk sõltub tuule kiirusest, tuule kiirus maastiku tüübist ja kõrgusest maapinna kohal.[5]

Vastavalt standardile EVS-EN 1991-1-4:2007 paikneb antud hoone II tüüpi maastikul. Hoone kõrgus on suurem kui tabelist II maastikutüübile vastav $z_{\min} = 2$ m ja seega võetakse välisrõhu arvutuskõrguseks hoone kõrgus $z_e = h = 5,70$ m.

maastikutüüp II puhul, leitakse tuulekiirusrõhk standardist [5] valemiga:

$$q_p = 9,96 * \ln^2 * \frac{z}{0,05} + 69,75 * \ln * \frac{z}{0,05}, \quad (2.4)$$

kus z -arvutuskõrgus, m.

Koormustsoonidele mõjuvad tuulerõhu- ja tuulejõutegurid ning koormustsoonide mõõtmed on leitud vastavalt standardil EVS-EN 1991-1-4:2007 olevale tabelitele 7.4a ja 7.4b [5]. Katusekaldele 22° vastavad tuulerõhutegurid $C_{pe,10}$, tuulesuundade korral 0° ja 90° , on saadud antud tabelist interpoleerimise teel.

Tabel 2.1 22⁰ kaldenurgaga viilkatuse tuulerõhutegurid

Katuse kaldenurk a	Tuule suund $\theta = 0^0$				
	F	G	H	I	J
	C _{pe,10}	C _{pe,10}	C _{pe,10}	C _{pe,10}	C _{pe,10}
15 ⁰	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1,0
	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0
22 ⁰	-0,7	-0,7	-0,3	-0,4	-0,8
	0,4	0,4	0,3	0,0	0,0
30 ⁰	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	0,7	0,7	0,4	0,0	0,0

Tabel 2.2 22⁰ kaldenurgaga viilkatuse tuulerõhutegurid

Katuse kaldenurk a	Tuule suund $\theta = 90^0$			
	F	G	H	I
	C _{pe,10}	C _{pe,10}	C _{pe,10}	C _{pe,10}
15 ⁰	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
22 ⁰	-1,2	-1,3	-0,7	-0,5
30 ⁰	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5

Tuule kiirusrõhk vastavalt valemile 2.4 on :

$$q_p = 9,96 * \ln^2 * \frac{5,70}{0,05} + 69,75 * \ln * \frac{5,70}{0,05} = 424,69 \frac{N}{m^2}$$

Katuse välispindadele mõjuvad tuulerõhud vastavalt valemile 2.3 ja joonkoormused on välja toodud tabelites 2.3 ja 2.4:

Joonkoormused on saadud korrutatades tuulerõhu sarikate sammuga $s = 800 \text{ mm}$

Tabel 2.3 22° kaldenurgaga viilkatuse tuulerõhu väärtused

	Tuule suund $\theta = 0^\circ$				
Tsoon	F	G	H	I	J
Tuulerõhutegur	-0,71	-0,66	-0,25	-0,40	-0,77
$C_{pe,10}$	0,43	0,43	0,29	0,00	0,00
Tuulerõhk W_e	-0,303	-0,280	-0,108	-0,170	-0,326
(kN/m²)	0,184	0,184	0,125	0,000	0,000
Tuulerõhu	-0,242	-0,224	-0,086	-0,136	-0,260
joonkoormus	0,147	0,147	0,100	0,000	0,000
Q_K (kN/m)					

Tabel 2.4 22° kaldenurgaga viilkatuse tuulerõhu väärtused

	Tuule suund $\alpha \theta = 90^\circ$			
Tsoon	F	G	H	I
Tuulerõhutegur	-1,21	-1,35	-0,69	-0,50
$C_{pe,10}$				
Tuulerõhk W_e	-0,512	-0,572	-0,294	-0,212
(kN/m²)				
Tuulerõhu	-0,410	-0,458	-0,236	-0,170
joonkoormus				
Q_K (kN/m)				

2.4.2 Lumekoormus

Lumekoormuse määramiseks on kasutatud standardit EVS-EN 1991-1-3:2006 [6].

Lumekoormus on oma tüübilt muutuvkoormus. Lumekoormuse arvutamisel on arvestatud katuse kuju ja lume võimalikku paiknemist katusel tuulevaikse ja tuulise ilmaga [3]. Lumekoormuse hulka kuulub ka lume sees või all olev vesi ja jäide.

Antud magistritööd on leitud lumekoormused 22° kaldenurgaga kahekaldelisele katusele.

Alalise või ajutise arvutusolukorral leitakse lumekoormus valemiga [6]:

$$s = \mu_i * C_e * C_t * s_k, \quad (2.5)$$

kus μ_i -lumekoormuse kujutegur,
 C_e -avatustegur,
 C_t -soojustegur,
 s_k -normatiivne lumekoormus maapinnal.

Antud hoone asub tavalise maastikuga alal, seega võib C_e võtta võrdseks ühega. Kuna tegemist on soojust vähe eritava katusega, siis ei pea soojustegurit C_t arvesse võtma.

Tartumaa normatiivne lumekoormus maapinnal on valitud ehituskonstruktori käsiraamatust [3]:

$$s_k = 1,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Antud hoone puhul on tegemist viilkatusega, mille katusekalle on 22° . Antud katuse lumekoormuse kujutegur määratakse vastavalt standardile [6]:

Tabel 2.5 Lumekoormuse kujutegurid

Katuse kaldenurk a	$0^\circ \leq a < 30^\circ$	$30^\circ < a < 60^\circ$	$a \geq 60^\circ$
μ_1	0,80	$0,80(60-a)/60$	0,00
μ_2	$0,80 + 0,80 * a / 30$	1,60	-

Kuna katusekaldeks on 22° , siis tuleb lumekoormuse kujuteguriks vastavalt tabelile 2.4.3.1 $\mu_1 = 0,80$ [6].

Katusele mõjuv normatiivne lumekoormus vastavalt valemile 2.5:

$$s = Q_{k,lumi} = 0,80 * 1,00 * 1,00 * 1,50 = 1,20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

2.4.3 Omakaalukoormused

Antud magistritöös moodustavad omakaalukoormused konstruktsioonide omakaalud. Konstruktsioonide omakaalukoormus määratakse projektmõõtmete ja materjali mahukaalude järgi. Omakaalukoormustest jäetakse välja rullmaterjalid ja õhukesed katted. Materjalide mahukaalude väärtused on saadud Ehituskonstruktori käisraamatust [3] ja Isoveri tootekataloogist [7].

2.4.3.1 Katuse K-1 omakaal

Katuse K-1 omakaalukoormus ja materjalid on toodud tabelis 2.6. Puitfermi omakaalu ei arvestada, seda arvestab Robot Structural Analysis Professional 2014 ise vastavate ristlõigete järgi.

Tabel 2.6 Katuse K-1 materjalid ja omakaalud

Katuse K-1 omakaal					
Materjal	Laius	Kõrgus	Samm	Mahukaal	Normkoormus
	b	h	s	g	$G_{k,p}$
	m	m	m	kN/m^3	kN/m^2
Profiilplekk "Adamante"	-	-	-	-	0,047
Roovitus	0,100	0,025	0,350	5,00	0,036
Distantssliist	0,050	0,022	0,800	5,00	0,007
Aluskate	-	-	-	-	-
				Kokku	0,09

Katuse K-1 normatiivseks omakaaluks võetakse $0,09 \text{ kN/m}^2$, mida kasutatakse edaspidistes arvutustes.

2.4.3.2 Katuslae KL-1 omakaal

Katuse KL-1 omakaalukoormusd ja materjalid on toodud tabelis 2.7. Puitfermi omakaalu ei arvestada, seda arvestab Robot Structural Analysis Professional 2014 ise vastavate ristlõigete järgi.

Tabel 2.7 Katuslae KL-1 materjalid ja omakaalud

Katuse KL-1 omakaal					
Materjal	Laius	Kõrgus	Samm	Mahukaal	Normkoormus
	b	h	s	g	$G_{k,p}$
	m	m	m	kN/m^3	kN/m^2
Puistevill PUH KV 0,39	-	0,400	-	0,750	0,300
Soojusisolatsioon ISOVER KL33	0,800	0,100	-	0,245	0,025
Aurutõke Isover REK 31	-	-	-	-	-
Roovitus	0,100	0,032	0,400	5,000	0,040
Puitlaastplaat	2,500	0,018	-	6,000	0,108
Kipsplaat Gyproc GN	1,200	0,013	-	8,000	0,104
				Kokku	0,576

Katuse KL-1 normatiivseks omakaaluks võetakse $0,576 \text{ kN/m}^2$, mida kasutatakse edaspidistes arvutustes.

2.4.3.3 Katuslae KL-2 omakaal

Katuse KL-2 omakaalukoormusd ja materjalid on toodud tabelis 2.8. Puitfermi omakaalu ei arvestada, seda arvestab Robot Structural Analysis Professional 2014 ise vastavate ristlõigete järgi.

Tabel 2.8 Katuslae KL-2 materjalid ja omakaalud

Katuse KL-2 omakaal					
Materjal	Laius	Kõrgus	Samm	Mahukaal	Normkoormus
	b	h	s	g	$G_{k,p}$
	m	m	m	kN/m^3	kN/m^2
Puistevill PUH KV 0,39	-	0,400	-	0,750	0,300
Soojusisolatsioon ISOVER KL33	0,800	0,100	-	0,245	0,025
Aurutõke Isover REK 31	-	-	-	-	-
Hõre laudis	0,100	0,032	0,400	5,000	0,040
Laelaudis	0,070	0,015	-	5,000	0,075
				Kokku	0,439

Katuse KL-2 normatiivseks omakaaluks võetakse $0,439 \text{ kN/m}^2$, mida kasutatakse edaspidistes arvutustes.

2.5 Fermide tugevusarvutused ja võrdlus

Antud magistritöö üheks eesmärgiks on võrrelda kahte erinevat puitfermi ning nende sisejõudusid samas olukorras. Kuna tellija soov oli, et hoones ei oleks ühtegi kandvat seinu, siis tuleb leida sobiv fermi kuju 9,8 meetrise ava sildamiseks. Töö autor on kahe konstruktsiooni võrdlemiseks kasutanud Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014 programmi, et dimensioneerida fermid, leida sisejõud ning optimeerida fermide ristlõiked. Dimensioneerimine teostakse tasandilise fermina hoone kõige koormatumas osas.

2.5.1 Fermide materjalid

Projekteeritava hoone katusekandjateks on valitud puitfermid, mis koosnevad 50x200 mm ristküliktaladest. Materjali tugevusklassiks on valitud C24 ning kasutusklassiks I.

Tugevusklasside C24 vastavad tugevusomadused on valitud Ehituskonstruktori käsiraamatust[3]:

Tugevusklass:	C24
Paindetugevus:	$f_{m,k}=24,00 \text{ N/mm}^2$
Tõmbetugevused:	
Pikikiudu:	$f_{t,0,k}=14,00 \text{ N/mm}^2$
Ristikiudu:	$f_{t,90,k}=0,40 \text{ N/mm}^2$
Survetugevused:	
Pikikiudu:	$f_{c,0,k}=21,00 \text{ N/mm}^2$
Ristikiudu:	$f_{c,90,k}=2,50 \text{ N/mm}^2$
Nihketugevus:	$f_{v,k}=4,00 \text{ N/mm}^2$
Elastsusmoodulid:	
Pikikiudu:	$E_{0,\text{mean}}=11000 \text{ N/mm}^2$
5% pikikiudu:	$E_{0,05}=7400 \text{ N/mm}^2$
Ristikiudu:	$E_{90,\text{mean}}=370 \text{ N/mm}^2$
Nihkemoodul:	$G_{\text{mean}}=690 \text{ N/mm}^2$
Tihedus:	$\rho_k=350 \text{ kg/m}^3$

Materjali omaduste arväärtused leitakse vastavalt standardi [8] kohaselt valemiga:

$$X_d = k_{\text{mod}} * \frac{X_k}{\gamma_M}, \quad (2.6)$$

k_{mod}	koormuse kestvuse ja niiskusesisalduse mõju arvestav modifikatsioonitegur;
X_k	materjali tugevusomaduse normväärtus;
γ_M	materjali omaduse osavarutegur.

2.5.2 Fermide joonkoormused

Fermidele mõjuvad joonkoormused on saadud korrutades sarikatele mõjuvad lauskoormused fermide sammuga $s = 800 \text{ mm}$

Alalised normatiivsed koormused

Alalised normatiivsed koormused on välja toodud tabelis 2.9.

Tabel 2.9 Alalised normatiivsed koormused

Tüüp	Normkoormus	Samm	Alaline norm koormus fermile
	Ühik		
	kN/m ²	m	kN/m
K-1	0,090	0,80	0,072
KL-1	0,576	0,80	0,461
KL-2	0,439	0,80	0,351

Muutvad normatiivsed koormused

$$Q_{k,lumi}=1,2*0,80=0,96 \text{ kN/m.}$$

Erinevate tsoonide tuulte joonkoormused on toodud tabelites 2.3 ja 2.4.

2.5.4 Fermide dimensioneerimine

2.5.4.1 Kasutatavad koormuskombinatsioonid

Koormuskombinatsioonidel on puitkonstruktsioonide projekteerimisel suur mõju, sest lisaks tavalistele osavaruteguritele rakendatakse puitmaterjalide tugevus- ja deformatsiooniomadustele koormuse kestvusest sõltuvat tegurit. Mida pikaajalisem on elementi mõjutava koormuse kestusklass, seda rohkem vähendatakse puitmaterjali arvutuslike tugevusomadusi. [3]

Käesolevas töös arvesse võetud koormuskombinatsioonid on koostatud lähtuvalt valemitest 2.1 ja 2.2 ning on esitatud tabelis 2.10.

Esitatud koormuskombinatsioonid on rakendatud nii Ferm-W kohta kui ka Ferm-V korral.

Tabel 2.10 Koormuskombinatsioonid

Nimetus	Alaline koormus	Dom. muutuv koormus 1	Muutuv koormus 2	Alalise koormuse osavaru tegur	Dom. muutuv koormuse 1 osavarutegur	Muutuv koormuse 2 osavarutegur
KK-1	Omakaal	Lumi	Tuul 90 ⁰	1,2	1,5	0,9
KK-2	Omakaal	Lumi	Tuul 0 ⁰	1,2	1,5	0,9
KK-3	Omakaal	Lumi	Tuul 0 ⁰	1,2	1,5	0,9
KK-4	Omakaal	Tuul 90 ⁰	Lumi	1,2	1,5	0,75
KK-5	Omakaal	Tuul 0 ⁰	Lumi	1,2	1,5	0,75
KK-6	Omakaal	Tuul 0 ⁰	Lumi	1,2	1,5	0,75
KK-7	Omakaal	Lumi	-	1,2	1,5	-
KK-8	Omakaal	-	-	1,35	-	-
KK-9	Omakaal	Tuul 90 ⁰	-	0,9	-	1,5
KK-10	Omakaal	Tuul 0 ⁰	-	0,9	-	1,5
KK-11	Omakaal	Tuul 0 ⁰	-	0,9	-	1,5

Koormuste kestva klassid vastavalt standardile [8] on välja toodud tabelis 2.11:

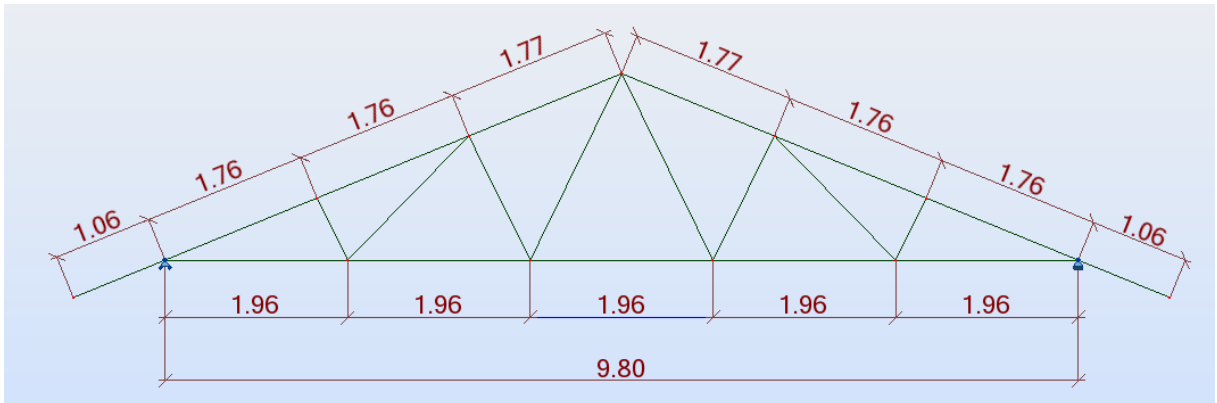
Tabel 2.11 Kestvusklassid

Koormuse kestva klass	Koormus
Alaline	Omakaal
Keskkestev	Lumi
Hetkeline	Tuul 90 ⁰ ja Tuul 0 ⁰

2.5.3 Fermide tüübid

Töö autor on disaininud kaks erinevat fermi tüüpi: W-ferm ja V-ferm. Mõlemad fermid on joonestatud programmi Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014 samadel koormustel ja tingimustel. Fermide kujud on välja toodud joonistel 2.1 ning 2.2. Antud magistritöö eesmärgiks on kahe disainitud fermi vahel teha parim valik. Valiku alusteks saavad fermi osade optimaalsed ristlõiked, materjalikulu ning sõlmede arv.

2.5.3.1 W-Ferm



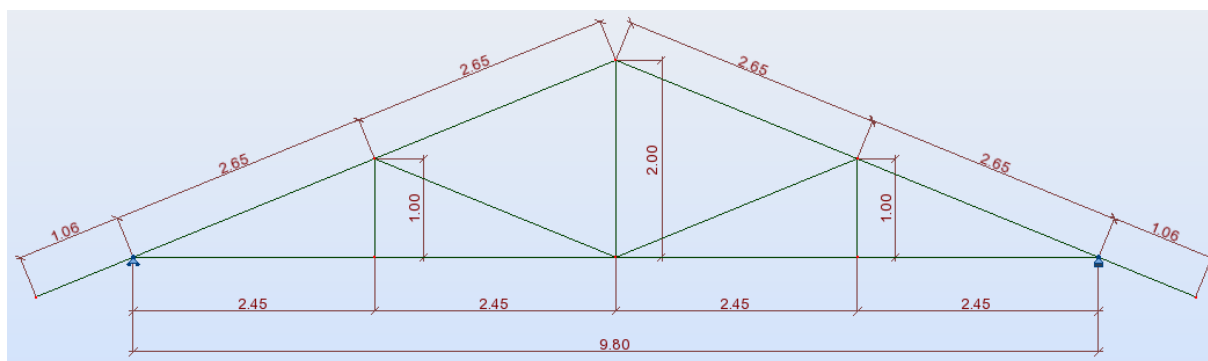
Joonis 2.1 W-Fermi kujujoonis

Ferm-W materjalikulu, ristlõiked ning tugevustingimused on välja toodud tabelis 2.12. Tugevustingimused on saadud programmist Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014. Osadel fermi osadel on tagavara väga suur, aga see on tingitud sellest, et kui viia ristlõiget veel väiksemaks, siis ei mahuks kinnituselemendid liitesse ära. Antud tugevustingimused ei kajasta sõlmedest tulevaid nõrgestusi.

Tabel 2.12 W-Fermi ristlõiked ja tugevustingimused

Nimetus	Osa pikkus	Ristlõige	Maht	Tugevustingimus (Tõmme/surve+ paine)	Tugevus- tingimus (Nihe)	KK
	m	mm	m ³			
Peatala 1	6,36	50*200	0,0636	0,65<1,00	0,29<1,00	KK-6
Peatala 2	6,36	50*200	0,0636	0,63<1,00	0,30<1,00	KK-6
Peatala 3	9,80	50*200	0,0980	0,53<1,00	0,02<1,00	KK-6
Diagonaal 1	0,74	50*100	0,0037	0,05<1,00	-	KK-6
Diagonaal 2	1,86	50*100	0,0930	0,13<1,00	-	KK-6
Diagonaal 3	1,49	50*100	0,0750	0,15<1,00	-	KK-6
Diagonaal 4	2,23	50*100	0,0112	0,23<1,00	-	KK-6
Diagonaal 5	2,23	50*100	0,0112	0,22<1,00	-	KK-6
Diagonaal 6	1,49	50*100	0,0750	0,14<1,00	-	KK-6
Diagonaal 7	1,86	50*100	0,0930	0,13<1,00	-	KK-6
Diagonaal 8	0,74	50*100	0,0037	0,04<1,00	-	KK-6
Kokku:			0,6243			

2.5.3.2 V-Ferm



Joonis 2.2 V-Ferm kujujoonis

Ferm-V materjalikulu, ristlõiked ning tugevustingimused on välja toodud tabelis 2.13. Tugevustingimused on saadud programmist Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014. Osadel fermi osadel on tagavara väga suur, aga see on tingitud sellest, et kui viia ristlõiget veel väiksemaks, siis ei mahuks ratsionaalsed liited ära. Antud tugevustingimused ei kajasta sõlmedest tulevaid nõrgestusi.

Tabel 2.13 V-Fermi ristlõiked ja tugevustingimused

Nimetus	Osa pikkus	Rist-lõige	Maht	Tugevustingimus (Tõmme/surve+paine)	Tugevus-tingimus (Nihe)	KK
	m	mm	m ³			
Peatala 1	6,36	50*150	0,0477	0,62<1,00	0,24<1,00	KK-7
Peatala 2	6,36	50*150	0,0477	0,62<1,00	0,24<1,00	KK-7
Peatala 3	9,80	50*150	0,0735	0,61<1,00	0,14<1,00	KK-7
Diagonaal 1	1,00	50*100	0,0050	0,04<1,00	-	KK-8
Diagonaal 2	2,65	50*100	0,0133	0,25<1,00	-	KK-7
Diagonaal 3	2,65	50*100	0,0133	0,25<1,00	-	KK-7
Diagonaal 4	1,00	50*100	0,0050	0,04<1,00	-	KK-8
Diagonaal 5	2,00	50*100	0,0100	0,14<1,00	-	KK-7
Kokku:			0,2155			

Järeldus

Tabelitest 2.12 ning 2.13 võib järeldada, et kahest välja pakutud fermist osutub paremaks V-Ferm. V-ferm on kõigis kolmes võrreldavas aspektis parem. Materjali kulu on ligikaudu kolmkorda väiksem ning ristlõiked on väiksemad. Samuti on V-Fermis üks sõlm vähem, kui W-fermis, mis teeb fermi ehitamise ehitaja jaoks lihtsamaks.

Ferm-V tugevuskontroll survele koos paindele

Fermi tugevuskontrollide teostamisel on lähtutud standardist [8] ning Ehituskonstruktori käsiraamatust [3]. Järgnevalt teostatakse fermi kõige koormatumas osas tugevuskontroll saamaks teada, kas tulemus ühtib programmist saadud tulemustega. Fermi teiste osade dimensioneerimise tulemused on esitatud koondtabelis 2.13.

Peatala 1 kandevõime arvutamisel lähtutakse surutud ja painutatud posti arvutusmeetodist.

Suhtelise saleduse $\lambda_{rel} > 0,3$ puhul peavad olema rahuldatud järgmised tingimused vastavalt standardile [8]:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1, \quad (2.7)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1, \quad (2.8)$$

kus	$\sigma_{c,0,d}$	pikikiudu survepinge arvutusväärtus, N/mm ² ;
	$f_{m,y,d}$ ja $f_{m,z,d}$	paindetugevuse arvutusväärtused peatelgede suhtes, N/mm ² ;
	$f_{c,0,d}$	pikikiudu survetugevuse arvutusväärtus, N/mm ² ;
	$\sigma_{m,y,d}$ ja $\sigma_{m,z,d}$	paindepinged peatelgede suhtes, N/mm ² ;
	$k_{c,y}$ ja $k_{c,z}$	nõtketegurid peatelgede suhtes.

Arvutuslik survepinge ja tõmbepinge pikikiudu leitakse vastavalt standardi [8] kohaselt valemiga:

$$\sigma_{c(t),0,d} = \frac{F_{c(t),d}}{A}, \quad (2.9)$$

kus	$F_{c(t),d}$	tsentrilise survejõu või tõmbejõu arvutusväärtus, N/mm ² ;
	A	ristlõike pindala, mm.

Arvutuslik paindepinge leitakse vastavalt standardi [8] kohaselt valemiga:

$$\sigma_{m,z(y),d} = \frac{M_{z(y),d}}{W_{z(y)}}, \quad (2.10)$$

kus	$M_{z(y),d}$	paindemomendi z- või y-telje suhtes arvutusväärtused, kNm;
	$W_{z(y)}$	ristlõike vastupanumoment z- või y-telje suhtes, mm ³ .

Nõtketegurid $k_{c,y}$ ja $k_{c,z}$ leitakse vastavalt standardile [8] valemiga:

$$k_{c,z(y)} = \frac{1}{k_{z(y)} + \sqrt{k_{z(y)}^2 - \lambda_{rel.z(y)}^2}}, \quad (2.11)$$

kust ebastabiilsustegur $k_{z(y)}$ leitakse valemiga:

$$k_{z(y)} = 0,5 * [1 + \beta_c (\lambda_{rel.z(y)} - 0,3) + \lambda_{rel.z(y)}^2], \quad (2.12)$$

kus β_c elemendi tegur, mis saepuidu puhul on 0,2;
 $\lambda_{rel.z(y)}$ elemendi suhteline saledus vastava telje suhtes.

Suhtelised saledused määratakse vastavale standardile [8] valemiga:

$$\lambda_{rel.z(y)} = \frac{\lambda_{z(y)}}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c.0.k.}}{E_{0,05}}}, \quad (2.13)$$

kus $\lambda_{z(y)}$ saledused vastava telje suhtes;
 $f_{c.0.k.}$ normatiivne survetugevus pikikiudu;
 $E_{0,05}$ elastsusmooduli 5% väärtus pikikiudu.

Saledused leitakse vastavalt standardile [8] valemiga:

$$\lambda_{z(y)} = \frac{l_{ef,z(y)}}{i_{z(y)}}, \quad (2.14)$$

kus $l_{ef,z(y)}$ nõtkepikkused vastavate peatelgede suhtes;
 $i_{z(y)}$ inertsiraadiused vastavate peatelgede suhtes.

Nõtkepikkus liigendkinnitusega postil leitakse standardi [8] kohaselt valemiga:

$$l_{ef,z(y)} = 1 * l, \quad (2.15)$$

kus l posti pikkus, mm.

Ristkülikristlõike korral leitakse inertsiraadiused vastavalt standardile [8] valemiga:

$$i_{z(y)} = \sqrt{\frac{I_{z(y)}}{A}}, \quad (2.16)$$

kus $I_{z(y)}$ inertsimoment vastava telje suhtes.
 A ristlõike pindala, mm.

Inertsimoment ristkülik ristlõike korral leitakse vastavalt standardi [8] põhjal valemiga:

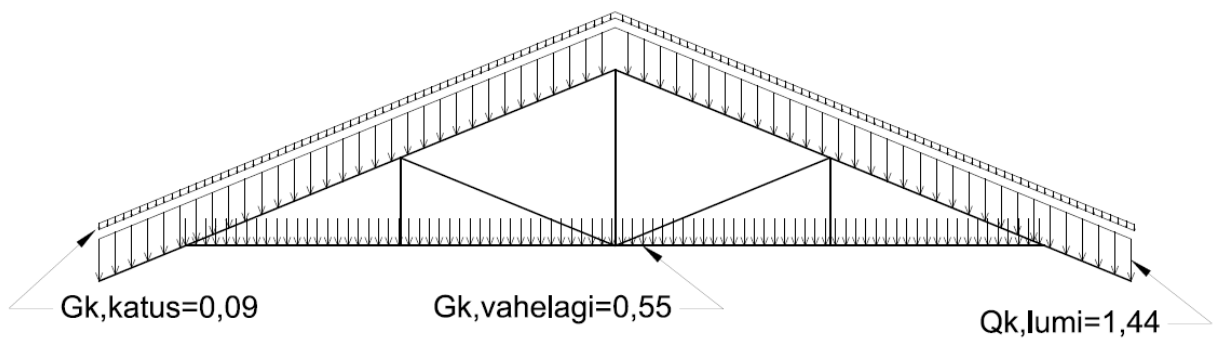
$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12}, \quad (2.17)$$

$$I_z = \frac{h \cdot b^3}{12}, \quad (2.18)$$

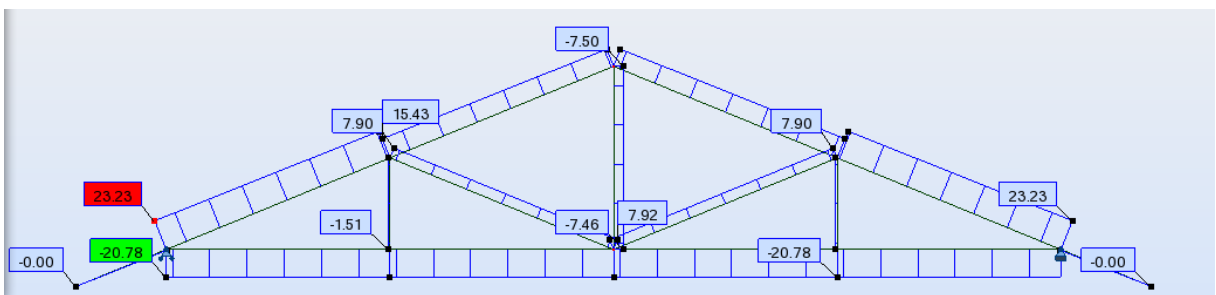
kus b ristlõike laius, mm;
 h ristlõike kõrgus, mm.

Fermi-V pinged ja sisejõud

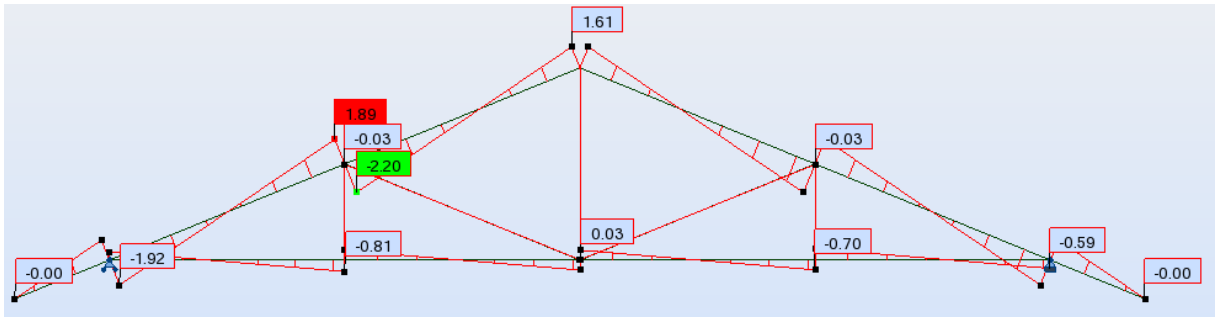
Joonisel 2.3- on kujutatud V-fermi koormamist kombinatsioonis KK-7.



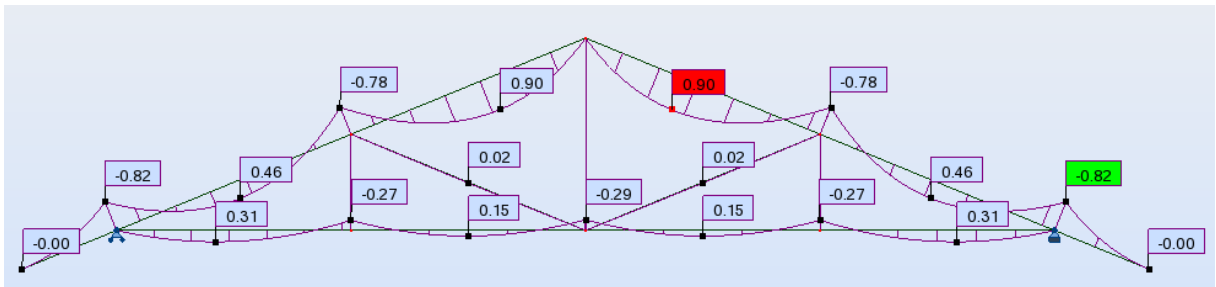
Joonis 2.3 Fermi koormusskeem (kN/m)



Joonis 2.4 Pikijõud fermis (kN)



Joonis 2.5 Lõikejõud fermis (kN)



Joonis 2.6 Moment fermis (kNm)

Joonistelt 2.4-2.6 selgub, et kriitilisteks osutub punkt, kus ferm toetub müürile. Maksimaalne paindemoment on väärtusega $M_{sd}=0,82$ kNm ning maksimaalne pikijõud samas punktis on $N_d=23,23$ kN.

Peatala I kandevõime kontroll survel koos paindega

Inertsimomendid leitakse valemitega 2.18 ning 2.17:

$$I_y = \frac{50 \cdot 150^3}{12} = 1,41 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_z = \frac{150 \cdot 50^3}{12} = 1,56 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Inertsiraadiused peatelgede suhtes leitakse vastavalt valemitele 2.16:

$$i_y = \sqrt{\frac{1,41 \cdot 10^7}{50 \cdot 150}} = 43,36 \text{ mm}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{1,56 * 10^6}{50 * 150}} = 14,42 \text{ mm}$$

Nõtkepikkused vastavate telgede suhtes leitakse valemiga 2.15:

Z-telje suhtes on nõtkepikkus piiratud roovide sammuga 350 mm.

$$l_{ef,z} = 1 * 350 = 350 \text{ mm}$$

Y-telje nõtkepikkus lähtuvalt joonisest 2.3:

$$l_{ef,y} = 0,9 * 2650 = 2385 \text{ mm}$$

Saledused z-telje suhtes leitakse valemiga 2.14:

$$\lambda_z = \frac{350}{14,42} = 24,27$$

Saledused y-telje suhtes leitakse valemiga 2.14:

$$\lambda_y = \frac{2385}{43,36} = 55,00$$

Suhteline saledus y-telje sihis leitakse valemiga 2.13:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{55,00}{\pi} * \sqrt{\frac{21}{7400}} = 0,93$$

Suhteline saledus z-telje sihis leitakse valemiga 2.13:

$$\lambda_{rel,z} = \frac{24,27}{\pi} * \sqrt{\frac{21}{7400}} = 0,42$$

Sarikat katavad ühet poolt roovid, mis ei lase sarikal z-telje suhtes nõtkuda ning sellest tulenevalt on tegur $k_{c,y} = 1$. Nõtket z-telje suhtes ei arvestata.

Tegur k_y leitakse valemiga 2.12:

$$k_y = 0,5 * [1 + 0,2(0,93 - 0,3) + 0,93^2] = 1,0$$

Tegur $k_{c,y}$ leitakse valemiga 2.11:

$$k_{c,y} = \frac{1}{1,0 + \sqrt{1,0^2 - 0,93^2}} = 0,73$$

Arvutuslik paindepinge leitakse valemiga 2.10:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{0,82 * 10^6 * 6}{50 * 150^2} = 4,37 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik paindepinge leitakse valemiga 2.9:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{23,23 * 10^3}{50 * 150} = 3,10 \text{ N/mm}^2$$

Vastavalt standardi [8] järgi võetakse täisnurkse ristlõike korral $k_m = 0,7$, saepuidu osavarutegur $\gamma_m = 1,3$ ning $k_{mod} = 0,8$ keskmise kestusega koormuse korral.

Arvutuslik paindetugevus ja survetugevus leitakse valemiga 2.6:

$$f_{m,d} = 0,8 * \frac{24}{1,3} = 14,77 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = 0,8 * \frac{21}{1,3} = 12,92 \text{ N/mm}^2$$

Kontrollitakse tingimusi 2.7 ning 2.8:

$$\frac{3,10}{0,73 * 12,92} + \frac{4,37}{14,77} + 0,7 * \frac{0}{14,77} = 0,62 \leq 1$$

$$\frac{3,10}{1 * 12,92} + 0,7 * \frac{4,37}{14,77} + \frac{0}{14,77} = 0,45 \leq 1$$

Tugevustingimused on täidetud ning ühtivad programmist saadud tulemustega, mis on esitatud koontabelis 2.13.

Ferm-V tugevuskontroll nihkele

Fermi tugevuskontrollide teostamisel on lähtutud standardist [8] ning Ehituskonstruktori käsiraamatust [3]. Järgnevalt teostatakse fermi kõige koormatumas osas tugevuskontroll saamaks teada, kas tulemus ühtib programmist saadud tulemustega. Fermi teiste osade dimensioneerimise tulemused on esitatud koontabelis 2.13.

Nihkel peab olema täidetud tingimus standardist [8]:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1, \tag{2.19}$$

kus τ_d arvutuslik nihkepinge, N/mm²,
 $f_{v,d}$ nihketugevuse arvutusväärtus, N/mm².

Arvutuslik nihkepinge ristkülikulise ristlõike puhul leitakse valemiga standardist [8]:

$$\tau_d = \frac{1,5 * V}{b_{ef} * h}, \tag{2.20}$$

kus V põikjõud, kN;
 b_{ef} ristlõike efektiivlaius, mm;
 h ristlõike kõrgus, mm.

Ristlõike efektiivlaius leitakse valemiga standardist [8]:

$$b_{ef} = k_{cr} * b, \quad (2.21)$$

kus k_{cr} pragunemistegur, mille soovituslik väärtus saepuidu jaoks on 0,67;
 b ristlõike laius, mm.

Peatala 1 kandevõime kontroll nihkele

Efektivlaidus vastavalt valemile 2.21:

$$b_{ef} = 0,67 * 50 = 33,50 \text{ mm}$$

Suurim arvutuslik põikjõud antud elemendis on 1,92 kN

Arvutuslik nihkepinge leitakse valemiga 2.20:

$$\tau_d = \frac{1,5 * 1,92 * 10^3}{33,50 * 150} = 0,57 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik nihketugevus leitakse valemiga 2.6:

$$f_{v,d} = 0,8 * \frac{4}{1,3} = 2,46 \text{ N/mm}^2$$

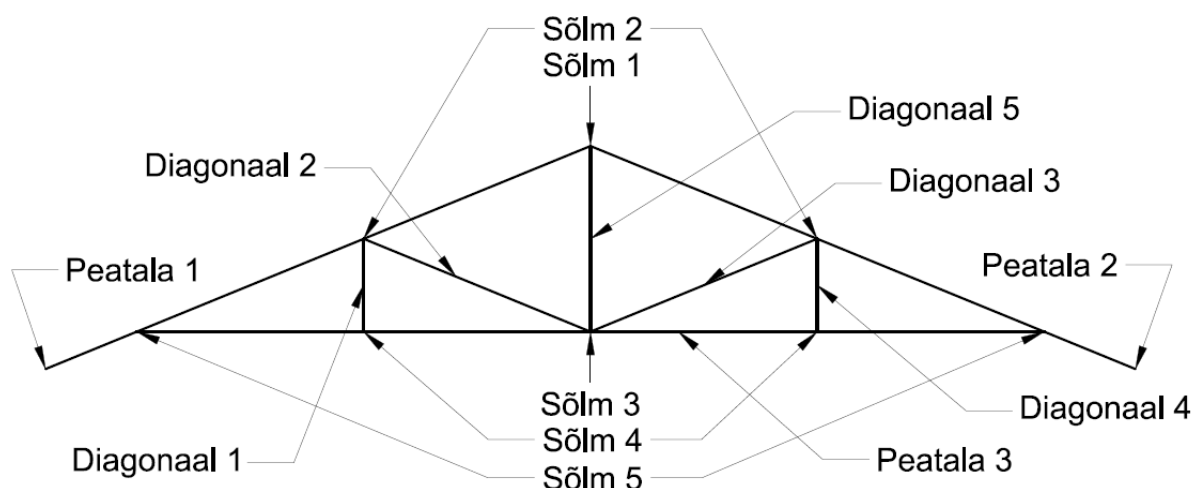
Tugevuskontroll vastavalt tingimusele 2.19:

$$\frac{0,57}{2,46} = 0,23 \leq 1$$

Tugevustingimus on rahuldatud ning ühtib programmiga saadud tulemusega tabelis 2.13.

2.5.5 Sõlmede arvutus

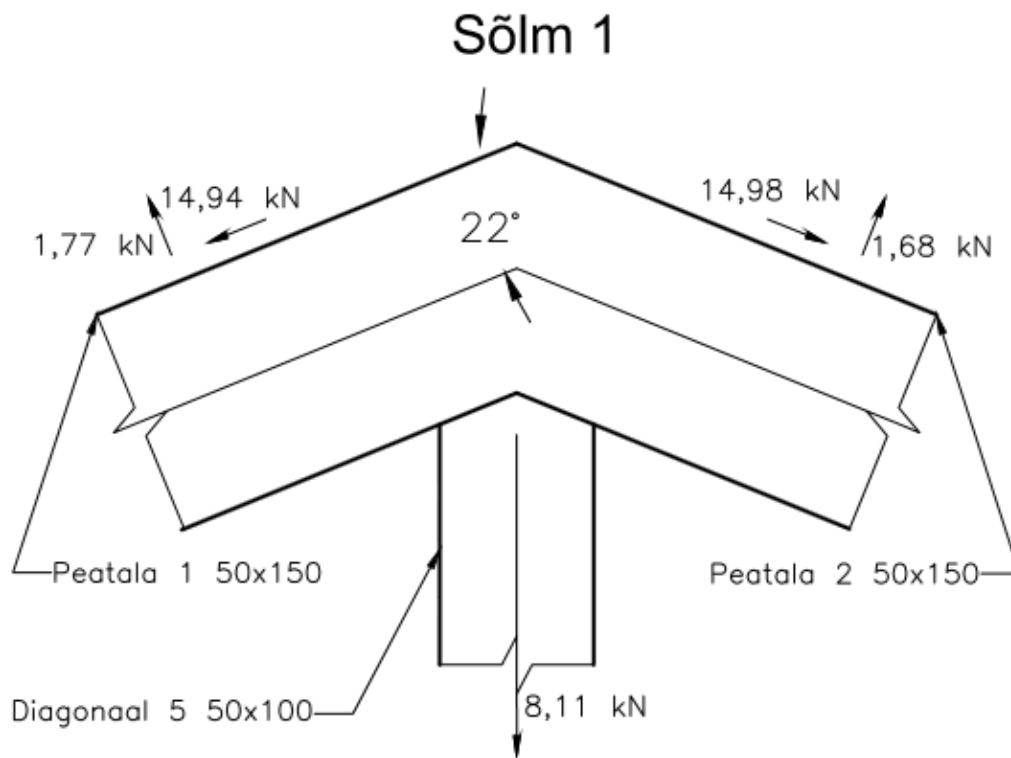
Järgnevalt on toodud sõlmede tüüp arvutused. Arvutuskäik on välja toodud ühe sõlme kohta mõlema tüübi poolt. Näite arvutustena teostatakse Sõlm 1. Ülejäänud tulemused on saadud analoogsel meetodil ning esitatud joonistel ja tabelites. Sõlmede asukohad on välja toodud joonistel 2.7.



Joonis 2.7 V-Fermi sõlmede ja elementide asukohad

2.5.5.1 Terasplaatidega sõlmede arvutus

Esimese variandina on arvutatud terasplaatidega ühendus V-fermi sõlmele 1. Sõlmeks on kahelõikeline liide, kus äärmisteks elementideks on õhukesed terasplaadid tugevusklassiga S235. Sõlmes on ühendatud fermi Peatala 1 ja Peatala 2 ning fermi post (Diagonaal 5). Kuna sõlm on peatalade suhtes sümmeetriline, siis arvutatakse Peatala 1 ja Diagonaal 5 poldid ning terasplaat. Peatala 2 on Peatalaga 1 samasugune. Elementide ühendamiseks kasutatakse polte M8 tugevusklassiga 8.8. Sõlmedes elementidele mõjuvad jõud on saadud kasutades programmi Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014, mis on välja toodud joonisel 2.8.



Joonis 2.8 Sõlmes 1 mõjuvad jõud

Materjalide omadused:

Puidu omadused on välja toodud peatükis 2.5.1.

Poldid M8 8.8 :

Tõmbetugevus: $f_{uk} = 800 \text{ N/mm}^2$ [3]

Osavarutegur: $\gamma_{mo} = 1,1$ [3]

Sõlme dimensioneerimisel saab määravaks KK-2.

Peatala 1 ja Diagonaal 5 arvutused teostatakse paralleelselt.

Peatalale 1 mõjuvad jõud (Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014):

$N_{x,P1} = 14,16 \text{ kN}$

$V_{z,E1} = 1,71 \text{ kN}$

Diagonaalile 5 mõjuvad jõud (Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014):

$$N_{x,E1} = 7,64 \text{ kN}$$

Peatalale 1 mõjuv resultantjõud:

$$F_{sd,E1} = 14,16 + \left(\frac{1,71}{\tan 22^\circ} \right) = 18,39 \text{ kN}$$

Diagonaaline 5 mõjuv resultantjõud:

$$F_{sd,E1} = 7,64 \text{ kN}$$

Poltide kandevõime ja asetus arvutakse vastavalt standardile [8].

Sõlm tugevdatakse terasplaatidega paksusega 4 mm ja poltidega diameetriga 8 mm, mida antud olukorras käsitletakse õhukeste plaatidena, kuna on täidetud tingimus $4\text{mm} \leq 0,5 d = 4 \text{ mm}$. [8]

Sõlme arvutamises üldiselt

Puidu muljumistugevuse normväärtused arvutatakse vastavalt standardile [8] valemitega :

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01d)\rho_k, \quad (2.22)$$

kus d poldi läbimõõt, mm;
 ρ_k puidu normtihedus, kg/m^3 .

Vastavalt standardile [8] on γ_m väärtuseks liidete arvutamisel 1,3.

Kuni 30 mm diameetriga poltide korral tuleks kasutada puidukiu ja jõu vahelisest nurgast α sõltuvaid puidu muljumistugevuse normväärtusi vastavalt standardile [8] valemiga:

$$f_{h,\alpha,d} = \frac{f_{h,0,d}}{k_{90} * \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}, \quad (2.23)$$

kus	$f_{h,0,d}$	puidu muljumistugevuse arvvärtus pikikiudu, N/mm^2 ;
	k_{90}	okaspuidu korral $1,35+0,015d$;
	α	nurk jõu mõjumissuuna ja pikikiu vahel;
	d	poldi läbimõõt, mm.

Poltide voolavuspiirile vastava paindemomendi normvärtus arvutatakse valemiga standardist [8]:

$$M_{y,Rk} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6}, \quad (2.24)$$

kus	$f_{u,k}$	normatiivne tõmbetugevus, N/mm^2 ;
	d	poldi läbimõõt, mm.

Kahelõikelistes liidetes, kus väliselementideks on õhukesed terasplaadid arvutatakse poltide kandevõime standardist [8] valemiga:

$$F_{v,Rd} = \min \left\{ \frac{0,5 * f_{h,0,d} * t_2 * d}{1,15\sqrt{2} * M_{y,Rd} * f_{h,2,d} * d} \right\} \quad (2.25)$$

kus	$f_{h,2,d}$	puidu muljumistugevuse arvvärtus, N/mm^2 ;
	t_2	keskmise puitelemendi paksus, mm;
	d	poldi läbimõõt, mm;
	$M_{y,Rd}$	poldi voolavuspiirile vastav momendi arvvärtus.

Poltide minimaalsed vahekaugused ja kaugused servadest leitakse vastavalt standardi [8] tabelile. Valemid minimaalsete kauguste arvutamiseks on välja toodud tabelis 2.14.

Tabel 2.14 Poltide minimaalsed vahekaugused

Vahekaugused ja kaugused servast või otsast	Nurk	Minimaalne vahekaugus või kaugus
a_1 (pikikiudu)	$0^0 \alpha \leq 360^0$	$(4+|\cos\alpha|)d$
a_2 (ristikiudu)	$0 \alpha \leq 360^0$	4d
$a_{3,t}$ (koormatud ots)	$-90^0 \alpha \leq 360^0$	max (7d;80 mm)
$a_{3,c}$ (koormamata ots)	$90^0 \alpha \leq 150^0$	max[(1+6sin α)d; 4d
	$150^0 \alpha \leq 210^0$	4d
	$210^0 \alpha \leq 270^0$	max[(1+6sin α)d; 4d
$a_{4,t}$ (koormatud serv)	$0^0 \alpha \leq 180^0$	max[(2+2sin α)d; 3d
a_1 (koormamata serv)	$180^0 \alpha \leq 360^0$	3d

Sõlme arvutus (Peatala 1)

Puidu muljumistugevuse norm ja arvväärtused arvutatakse valemitega 2.22 ning 2.6:

$$f_{h.0.k} = 0,082 * (1 - 0,01 * 8) * 350 = 26,40 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h.0.d} = 0,9 * \frac{26,40}{1,3} = 18,28 \text{ N/mm}^2$$

Puidu norm muljumistugevus arvutatakse valemiga 2.23:

$$f_{h.\alpha.d} = \frac{18,28}{(1,35 + 0,015 * 8) * \sin^2 22 + \cos^2 22} = 17,15 \text{ N/mm}^2$$

Poltide voolavuspiirile vastava paindemomendi normväärtus arvutatakse valemiga 2.24:

$$M_{y.Rk} = 0,3 * 800 * 8^{2,6} = 53486,63 \text{ N/mm}^2$$

Poltide voolavuspiirile vastava paindemomendi arvväärtus arvutatakse valemiga 2.6:

$$M_{y.Rd} = \frac{95545,72}{1,1} = 48624,21 \text{ N/mm}^2$$

Arvutatakse arvutuslik kandevõime poldi ühe nihkepinna kohta valemiga 2.25:

$$F_{v,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 * 17,15 * 50 * 10 = \mathbf{3430\ N} \\ 1,15\sqrt{2 * 48624,21 * 17,15 * 8} = 6195,98\ \text{N} \end{array} \right.$$

Kuna tegemist on kahelõikelise liitega, seega:

$$F_{v,Rd} = 2 * 3430 = \mathbf{6860\ N}$$

Poltide asetus vastavalt tabelile 2.15.

Tabel 2.15 Element 1 poltide asetuse kaugused

Vahekaugused ja kaugused servast või otsast	Nurk	Minimaalne vahekaugus või kaugus	Valitud kaugus
a ₁ (pikikiudu)	0° α ≤ 360°	(4+|cos22|)*8=39,42	40 mm
a ₂ (ristikiudu)	0° α ≤ 360°	4*8=32	40 mm
a _{3,t} (koormatud ots)	-90° α ≤ 360°	max (7*8=56;80)	80mm
a _{3,c} (koormamata ots)	90° α ≤ 150°	max[(1+6sinα)d; 4d	-
	150° α ≤ 210°	4d	-
	210° α ≤ 270°	max[(1+6sinα)d; 4d	-
a _{4,t} (koormatud serv)	0° α ≤ 180°	max[(2+2sin22)8=21,99; 30	65 mm
a ₁ (koormamata serv)	180° ≤ α ≤ 360°	3*8=24	65 mm

Vajalik poltide arv:

$$n = \frac{18,39 * 10^3}{6860} = 2,68$$

Valitakse 4 polti.

Kuna antud elemendis on koormuse mõjumissuuna ja pikikiu vaheline nurk 0° < α < 90°, tuleb n_{ef} määrata lineaarse interpoleerimise teel.[8]

a) kui α = 0°, siis

$$n_{\text{ef}} = \min \left\{ n^{0,9^4} \sqrt{\frac{a_1}{13d}} = 2^{0,9^4} \sqrt{\frac{50}{13 * 8}} = 1,56 \right. \quad n = 2$$

b) kui $\alpha = 90^\circ$, siis $n_{\text{ef}} = n = 4$

Resultandi nurga arvutus:

$$\sqrt{1,71^2 + 14,16^2} = 14,26$$

$$\alpha_{\text{res}} = \sin^{-1} \frac{1,71}{14,16} = 6,94^\circ$$

c) kuna $\alpha = 6,94^\circ$, siis

$$n_{\text{ef}} = 1,56 + \left(\frac{6,94^\circ}{90^\circ} \right) (2 - 1,56) = 1,59$$

$$\Sigma n_{\text{ef}} = 1,59 + 1,59 = 3,19 > 2,82 \quad \text{OK!}$$

$$\text{Kandevõime kontroll: } R_{v,d} = \frac{18,39 * 10^3}{4 * 6860} = 0,67 < 1$$

Kandevõime on tagatud!

Sõlme arvutus (Diagonaal 5)

Diagonaal 5 sõlme arvutamisel on kasutatud sama meetodikad nagu ka Peatala 1 ja 2 korral. Erinevuseks on see, et nüüd mõjub jõud sõlmed puidu kiudusega 0° nurga alla, seega jääb valem 2.23 kasutamata.

Puidu muljumistugevuse norm ja arvutusväärtused on välja toodud eelmises peatükis.

Poltide voolavuspiirile vastava paindemomendi norm- ja arvutusväärtused on samad mis eelmises sõlme arvutuses, kuna kasutatakse samasuguseid polte.

Arvutatakse arvutuslik kandevõime poldi ühe nihkepinna kohta valemiga 2.25:

$$F_{v,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 * 18,40 * 50 * 8 = \mathbf{3656,00 \text{ N}} \\ 1,15 \sqrt{2 * 48624,21 * 50 * 8} = 4336,83 \text{ N} \end{array} \right.$$

Kuna tegemist on kahelõikelise liitega, seega:

$$F_{v,Rd} = 2 * 3656,00 = 7312,00 \text{ N}$$

Poltide asetus vastavalt tabelile 2.16:

Tabel 2.16 Diagonaal 5 poltide asetuse kaugused

Vahekaugused ja kaugused servast või otsast	Nurk	Minimaalne vahekaugus või kaugus	Valitud kaugus
a ₁ (pikikiudu)	0° α ≤ 360°	(4+|cos0|)8=40	- mm
a ₂ (ristikiudu)	0° α ≤ 360°	4*8=32	40mm
a _{3,t} (koormatud ots)	-90° α ≤ 360°	max (7*8=56;80)	80mm
a _{3,c} (koormamata ots)	90° α ≤ 150°	max[(1+6sinα)d; 4d	-
	150° α ≤ 210°	4d	-
	210° α ≤ 270°	max[(1+6sinα)d; 4d	-
a _{4,t} (koormatud serv)	0° α ≤ 180°	max[(2+2sin64)8=30,38; 30	- mm
a ₁ (koormamata serv)	180° α ≤ 360°	3*8=24	- mm

Vajalik poltide arv:

$$n = \frac{7,64 * 10^3}{7312,00} = 1,04$$

Valitakse 2 polti.

$$\text{Kandevõime kontroll: } R_{v,d} = \frac{7,64*10^3}{2*7312} = 0,52 < 1$$

Kandevõime on tagatud.

Terasplaadi kontroll tõmbele üldiselt

Terasplaadiks on valitud S235 terasest tehtud plaat, paksusega $t = 4$ mm ja laiusega $b = 90$ mm. Terasplaadis on poldiavad $d_0 = 8$ mm. Plaati kontrollitakse ainult pikijõule ja Peatala 1 ja Diagonaal 5 sihis.

Enne terasplaadi kandevõime arvutust, tuleb kontrollida poldiaukude asetust terasplaadi suhtes vastavalt standardile [9]:

Piki jõu mõjumissuunda: $e_1 > 1,2d_0$; $p_1 > 2,2d_0$

Jõu mõjusuunaga risti: $e_2 > 1,2d_0$; $p_2 > 2,4d_0$

Brutoristlõike arvutuslik plastne kandevõime leitakse standardist [9] valemiga:

$$N_{Pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}, \quad (2.26)$$

kus f_y vastava tugevusklassi terase voolavuspiir, N/mm^2 ;

A brutoristlõike pindala, mm^2 ;

γ_{m0} terase voolavuspiir osavarutegur.

Netoristlõike kandevõime leitakse standardist [9] valemiga:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M0}}, \quad (2.27)$$

kus A_{net} ristlõike netopindala, mm^2 ;

f_u vastava tugevusklassi tõmbetugevus, N/mm^2 ;

γ_{m0} terase voolavuspiir osavarutegur.

Vastavalt standardile [9] peab arvutuslik tõmbejõud $N_{u,Rd}$ rahuldama tingimust:

$$\frac{N_{u,Rd}}{N_{t,Rd}} \leq 1, \quad (2.28)$$

kus $N_{u,Rd}$ on arvutuslik tõmbejõud, N/mm^2 ;

$N_{t,Rd}$ on elemendi arvutuslik tõmbekandevõime, N/mm^2

Terasplaadi arvutus (Peatala 1 ja Peatala 2)

Poldiaukude kontroll:

$$\text{Piki jõu mõjumissuunda: } e_1 = 10 \text{ mm} > 1,2 \cdot 8 = 9,60 \text{ mm};$$

$$p_1 = 20 \text{ mm} > 2,2 \cdot 8 = 17,60 \text{ mm}.$$

$$\text{Jõu mõjusuunaga risti: } e_2 = 10 \text{ mm} > 1,2 \cdot 8 = 9,60 \text{ mm};$$

$$p_2 = 20 \text{ mm} > 2,4 \cdot 8 = 19,20 \text{ mm}.$$

Poltide korrektne asetus terasplaadi suhtes on tagatud.

Terasplaadi brutoristlõike pindala:

$$A = b \cdot t = 4 \cdot 40 = 160 \text{ mm}^2$$

Kuna terasplaadis on poldiavad, mis nõrgestavad plaati, siis leitakse nõrgestatud ristlõikepindala A_{net} .

$$A_{\text{net}} = t \cdot (b - 2 \cdot d_0) = 4 \cdot (40 - 2 \cdot 8) = 96 \text{ mm}^2$$

Netoristlõike arvutuslik kandevõime poldiaukude kohal vastavalt valemile 2.27 :

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot 96 \cdot 360}{1,25} = 24883,20 \text{ N} = 24,88 \text{ kN}$$

Peatalas 1 mõjuv pikijõud 14,16 kN.

Arvutuslik tõmbejõud N_{Ed} peab igas ristlõikes rahuldama tingimust 2.28:

$$\frac{14,16}{24,88} = 0,57 \leq 1$$

Terasplaadi tõmbekandevõime on tagatud.

Terasplaadi arvutus (Diagonaal 5)

Diagonaal 5 terasplaadi arvutamisel kasutatakse sama meetodikat nagu ka Peatala 1 korral. Kasutatavad poldid on samad, aga poltide vahekaugused on erinevad. Samuti on erinev mõjuv jõud.

Poldiaukude kontroll:

Piki jõu mõjumissuunda: $e_1 = 10 \text{ mm} > 1,2 \cdot 8 = 9,60 \text{ mm};$

$p_1 = 20 \text{ mm} > 2,2 \cdot 8 = 17,60 \text{ mm}.$

Jõu mõjusuunaga risti: $e_2 = 10 \text{ mm} > 1,2 \cdot 8 = 9,60 \text{ mm};$

$p_2 = 40 \text{ mm} > 2,4 \cdot 8 = 19,20 \text{ mm}.$

Poltide korrektne asetus terasplaadi suhtes on tagatud.

Terasplaadi brutoristlõike pindala:

$$A = b \cdot t = 4 \cdot 60 = 240 \text{ mm}^2$$

Kuna terasplaadis on poldiavad, mis nõrgestavad plaati, siis leitakse nõrgestatud ristlõikepindala A_{net} .

$$A_{\text{net}} = t \cdot (b - 2 \cdot d_0) = 4 \cdot (60 - 2 \cdot 8) = 176 \text{ mm}^2$$

Netoristlõike arvutuslik kandevõime poldiaukude kohal vastavalt valemile 2.27 :

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot 176 \cdot 360}{1,25} = 45619,20 \text{ N} = 45,62 \text{ kN}$$

Suurim mõjuv tõmbejõud Diagonaal 5 on 7,64 kN.

Arvutuslik tõmbejõud N_{Ed} peab igas ristlõikes rahuldama tingimust 2.28:

$$\frac{7,64}{45,62} = 0,17 \leq 1$$

Terasplaadi tõmbekandevõime on tagatud.

Sõlme kontroll muljumisele

Kontrollitakse Diagonaal 5 muljumist peatalade poolt tekitatud resultantjõule.

Peatalade poolt tekitatav resultantjõud:

$$F_{\text{res}} = \cos 68 * 14,16 + \cos 68 * 14,20 = 10,62 \text{ kN}$$

Muljumise kontrollimisel peab olema täidetud tingimus standardist [8]:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{F_{c,d}/A_n}{f_{c,0,d}} \leq 1, \quad (2.29)$$

kus $F_{c,d}$ tsentrilise survejõu arvutusväärtus, kN;
 A_n neto-ristlõikepindale, mm^2 ;
 $f_{c,0,d}$ pikikiudu survetugevuse arvutusväärtus, kN.

Pikikiudu survetugevuse arvutusväärtus leitakse valemiga (2.6):

$$f_{c,0,d} = 0,9 * \frac{21,00}{1,3} = 14,54 \text{ N/mm}^2$$

Neto-ristlõikepindala on leitud kasutades Autocad Architecture 2014 programmi.

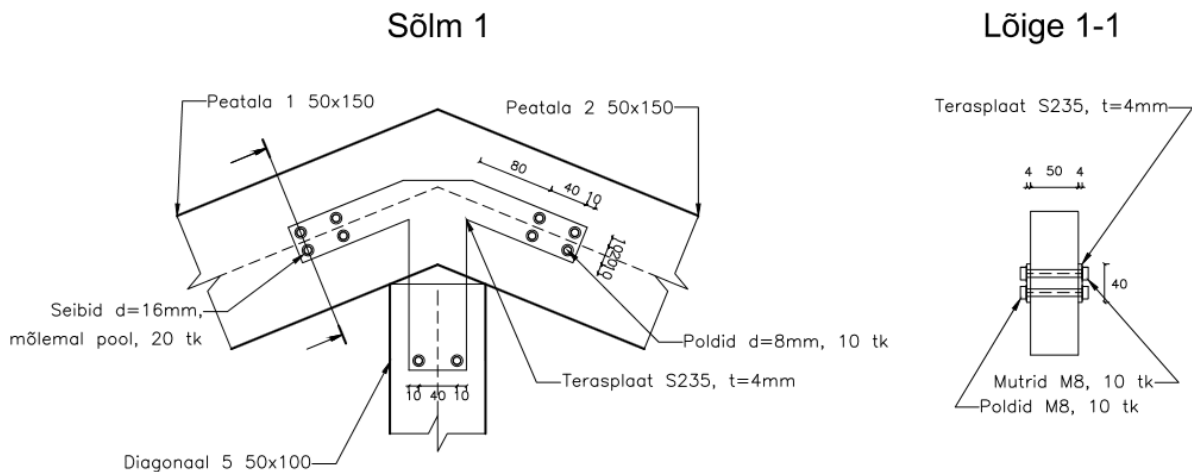
$$A_n = 50 * 108 = 5400 \text{ mm}^2$$

Kontrollitakse sõlme tugevust muljumisele vastavalt valemile 2.29:

$$\frac{10,62 * 10^3 / 5400}{14,54} = 0,14 \leq 1$$

Muljumiskandevõime on tagatud.

Sõlm 1 on esitatud joonisel 2.9:



Joonis 2.9 Sõlme 1 terasplaadiga lahendus

Terasplaatidega sõlmede koontabel

Tabel 2.17 Terasplaat sõlmedega koontabel

Sõlm	KK	Terasplaadi pindala	Poldi läbimõõt	Poltide arv	Terasplaadi tugevustingimus	Poltide Tugevustingimus
		mm ²	mm	tükk		
1	KK-2	22100	8	10	0,57<1	0,67<1
2	KK-2	26300	8	8	0,57<1	0,34<1
3	KK-2	63200	8	14	0,46<1	0,71<1
4	KK-2	23700	8	10	0,46<1	0,72<1
5	KK-2	35500	8	8	0,52<1	0,81<1

2.5.5.2 Vineerplaadiga sõlmede arvutus

Teise variandina on arvatud vineerplaadiga ühendus V-fermi sõlmele 1. Sõlmeks on kahelõikeline liide, kus äärmisteks elementideks on 25 mm vineerplaadid. Sõlmes on ühendatud fermi peatalad (Peatala1 ja Peatala 2) ning fermi post (Diagonaal 5). Kuna sõlm on sümmeetriline, siis arvutatakse Peatala 1 ja Diagonaal 5 naelad ning vineerplaatplaat. Peatala 2 on Peatalaga 1 samasugune. Elementide ühendamiseks kasutatakse soonilisi

naelu läbimõõduga $d = 2,8$ mm ja pikkusega $L = 90$ mm. Sõlmedes elementidele mõjuvad jõud on saadud kasutades programmi Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014, mis on välja toodud joonistel 2.8. Näitena tuua Sõlme 1 arvutus, ülejäänud sõlmed on arvutatud samal meetodil ning tulemused on esitatud tabelis 2.23 ning graafilise osa joonistel.

Vineerplaadi omadused:

Tihedus: $\rho_k = 400$ N/mm² [3]

Naelte omadused :

Tõmbetugevus: $f_{uk} = 600$ N/mm² [3]

Osavarutegur: $g_{mo} = 1,1$ [3]

Sõlme dimensioneerimisel saab määravaks KK-2.

Peatala 1 ja Diagonaal 5 arvutused teostatakse paralleelselt.

Peatalale 1 mõjuv resultantjõud:

$$F_{sd,E1} = 14,16 + \left(\frac{1,71}{\tan 22^\circ} \right) = 18,39 \text{ kN}$$

Diagonaaline 5 mõjuv resultantjõud:

$$F_{sd,E1} = 7,64 \text{ kN}$$

Naelte kandevõime ja asetus arvutakse vastavalt standardile [8].

Sõlme arvutamises üldiselt

Vineerplaadi muljumistugevuse normväärtused ette puurimata naela aukude puhul arvutatakse vastavalt standardile [8] valemitega :

$$f_{h,1,k} = 0,11 * \rho_k * d^{-0,3}, \quad (2.30)$$

kus d naela läbimõõt, mm;
 ρ_k vineeri normtihedus, kg/m³.

Saepuidu muljumistugevuse normväärtused ette puurimata naela aukude puhul arvutatakse vastavalt standardile [8] valemitega :

$$f_{h,2,k} = 0,082 * \rho_k * d^{-0,3}, \quad (2.31)$$

kus d naela läbimõõt, mm;
 ρ_k puidu normtihedus, kg/m³.

Puidu muljumistugevuse normväärtus arvutatakse valemiga 2.6

Vastavalt standardile [8] on γ_m väärtuseks liidete arvutamisel 1,3.

Naelte voolavuspiirile vastava paindemomendi normväärtus arvutatakse valemiga standardist [8]:

$$M_{y,Rk} = 0,45 * f_u * d^{2,6}, \quad (2.32)$$

kus f_u naela normatiivne tõmbetugevus, N/mm²;
 d naela läbimõõt, mm.

Naelte norm kandevõime leitakse vastavalt standardile [8] valemitega:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,1,d} * t_1 * d}{2+\beta} \left[\sqrt{2 * \beta(1 + \beta) + \frac{4*\beta(2+\beta)M_{y,Rd}}{f_{h,1,d}*d*d_1^2}} - \beta \right], \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} * f_{h,1d} * d} \end{array} \right. \quad (2.33)$$

kus	$f_{h,1,d}$	vineerplaadi muljumistugevuse arvvärtus, N/mm ² ;
	$f_{h,2,d}$	puidu muljumistugevuse arvvärtus, N/mm ² ;
	t_1	vineerplaadi paksus, mm;
	t_2	keskmise puitelemendi paksus, mm;
	d	naela läbimõõt, mm;
	$M_{y,Rd}$	naela voolavuspiirile vastav momendi arvvärtus;
	β	$f_{h,2,k}/f_{h,1,k}$.

Naelte minimaalsed vahekaugused ja kaugused servadest leitakse vastavalt standardi [8] tabelile. Valemid minimaalsete kauguste arvutamiseks on välja toodud tabelis 2.18.

Tabel 2.18 Naelte minimaalsed vahekaugused

Vahekaugused ja kaugused servast või otsast	Minimaalne vahekaugus või kaugus
a_1 (pikikiudu)	$0,85*(5+5|\cos\alpha|)*d$
a_2 (ristikiudu)	$0,85*5*d$
$a_{3,t}$ (koormatud ots)	$0,85*(10+\cos\alpha)*d$
$a_{3,c}$ (koormamata ots)	$0,85*10*d$
$a_{4,t}$ (koormatud serv)	$(3+4\sin\alpha)d$
$a_{4,c}$ (koormamata serv)	$3d$

Sõlme arvutus (Peatala 1)

Leitakse saepuidu ja vineerplaadi muljumistugevused vastavalt valemitele 2.30 ning 2.31:

Vineerplaat:

$$f_{h,1,k} = 0,11 * 400 * 2,8^{-0,3} = 32,31 \text{ N/mm}^2$$

Saepuit:

$$f_{h,2,k} = 0,082 * 350 * 2,8^{-0,3} = 21,07 \text{ N/mm}^2$$

Vastavate väärtuste arvutusväärtused leitakse valemiga 2.6:

$$f_{h,1,d} = 0,9 * \frac{32,31}{1,3} = 22,37 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h,2,d} = 0,9 * \frac{21,07}{1,3} = 14,59 \text{ N/mm}^2$$

Naelte voolavuspiirile vastava paindemomendi normväärtus arvutatakse valemiga 2.32:

$$M_{y,Rk} = 0,45 * 600 * 2,8^{2,6} = \frac{3926,22}{1,1} \text{ N/mm}^2$$

Naelte voolavuspiirile vastava paindemomendi arvutusväärtus arvutatakse valemiga 2.6:

$$M_{y,Rd} = \frac{3926,22}{1,1} = 3569,29 \text{ N/mm}^2$$

Leitakse teguri β väärtus:

$$\beta = \frac{14,59}{22,37} = 0,65 \text{ N/mm}^2$$

Naelte norm kandevõime leitakse valemiga 2.33:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 22,37 * 25 * 2,8 = 1565,68 \text{ N/mm}^2 \\ 0,5 * 14,59 * 50 * 2,8 = 1021,25 \text{ N/mm}^2 \\ 1,05 \frac{22,37 * 25 * 2,8}{2 + 0,65} \left[\sqrt{2 * 0,65(1 + 0,65) + \frac{4 * 0,65(2 + 0,65)3569,29}{22,37 * 2,8 * 25^2}} - 0,65 \right] = 630,37 \text{ N/mm}^2 \\ 1,15 \sqrt{\frac{2 * 0,65}{1 + 0,65}} \sqrt{2 * 3569,29 * 22,37 * 2,8} = 683,24 \text{ N/mm}^2 \end{array} \right.$$

Kuna tegemist on kahelõikelise liitega, seega:

$$F_{v,Rd} = 2 * 630,37 = 1260,74 \text{ N}$$

Tabel 2.19 Naelte minimaalsed vahekaugused Peatala 1 ja Peatala 2

Vahekaugused ja kaugused servast või otsast	Minimaalne vahekaugus või kaugus	Valitud vahekaugused
a ₁ (pikikiudu)	$0,85 * (5 + 5|\cos 22|) * 2,8 = 22,93$ mm	25 mm
a ₂ (ristikiudu)	$0,85 * 5 * 2,8 = 11,90$ mm	12 mm
a _{3,t} (koormatud ots)	$0,85 * (10 + \cos 22) * 2,8 = 24,48$ mm	25 mm
a _{3,c} (koormamata ots)	$0,85 * 10 * 2,8 = 23,80$ mm	25 mm
a _{4,t} (koormatud serv)	$(3 + 4\sin 22) * 2,8 = 12,60$ mm	15 mm
a _{4,c} (koormamata serv)	$3 * 2,8 = 8,4$ mm	10 mm

Vajalik naelte arv peatala 1:

$$n = \frac{18,39 * 10^3}{1260,74} = 14,59$$

Valitakse 16 naela, 8 ühelt poolt ja 8 teiselt poolt.

$$\text{Kandevõime kontroll: } R_{v,d} = \frac{18,39 * 10^3}{16 * 1260,74} = 0,91 < 1$$

Kandevõime on tagatud!

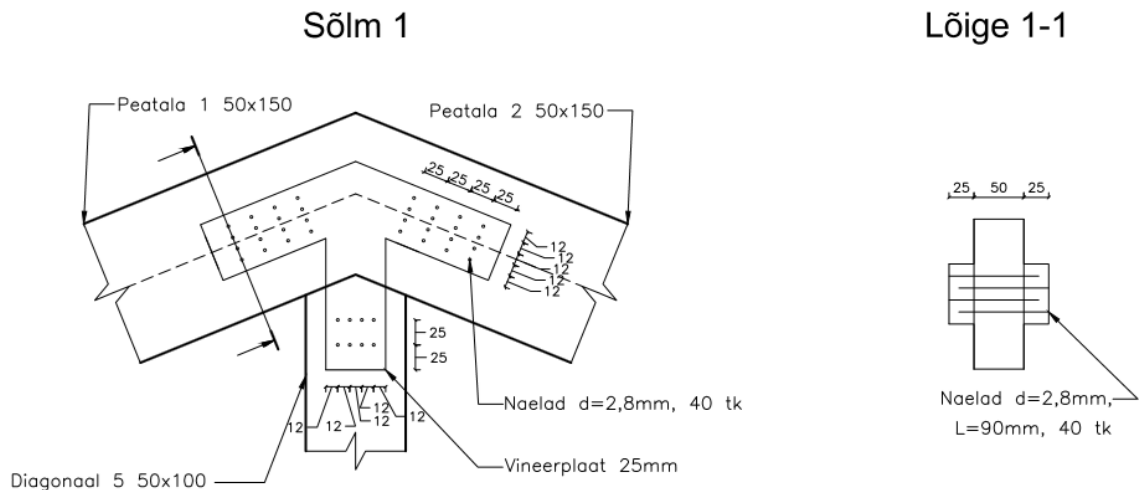
Vajalik naelte arv Diagonaal 5:

$$n = \frac{7,64 * 10^3}{1260,74} = 6,06$$

Valitakse 8 naela, 4 ühelt poolt ja 4 teiselt poolt.

$$\text{Kandevõime kontroll: } R_{v,d} = \frac{7,64 \cdot 10^3}{8 \cdot 1260,74} = 0,76 < 1$$

Kandevõime on tagatud!



Joonis 2.10 Sõlme 1 vineerplaadiga lahendus

Vineerplaadi kontroll tõmbele

Vineerplaadiks on valitud 25 mm paksune vineer tihedusega 400 kg/m^3 . Ühendusplaadi laius on $b=60 \text{ mm}$. Vineerplaadis naelad $d=2,6 \text{ mm}$. Vineerplaadi tõmbetugevus on $f_{t,k}=18 \text{ N/mm}^2$. Plaati kontrollitakse ainult pikijõule ja Peatala 1 ja Diagonaal 5 sihis.

Tõmbel kiudude suunas peab olema rahuldatud tingimus standardist [8]:

$$\frac{F_{t,d}/A_n}{f_{t,0,d}} \leq 1, \quad (2.34)$$

kus $f_{t,d}$ tsentrilise tõmbejõu arvutusväärtus, N/mm^2 ;
 A_n netorislõike pindala, mm^2 ;
 $f_{t,0,d}$ kiudude suunas tõmbetugevuse arvutusväärtus, N/mm^2 .

Vineerplaadi kontroll tõmbele (Peatala 1 ja Peatala 2)

Leitakse vineerplaadi netorislõike pindala naelte kohal.

$$A_n = t * (b - 4d) = 25 * (60 - 4 * 2,8) = 1220 \text{ mm}^2$$

Vineerplaadi kiudude suunad tõmbetugevuse arvutusväärtus leitakse valemiga 2.6.

Vastavalt standardile [8] on vineerplaadi osavarutegur 1,20.

$$f_{t,0,d} = 0,9 * \frac{18}{1,2} = 13,50 \text{ N/mm}^2$$

Peatalas 1 mõjuv pikijõud 14,16 kN.

Vastavalt standardile [8], pead olema rahuldatud tingimus 2.34:

$$\frac{14,16 * 10^3 / 1220}{13,50} = 0,86 \leq 1$$

Kandevõime on tagatud !

Vineerplaadi kontroll tõmbele (Diagonaal 5)

Leitakse vineerplaadi netoristolõike pindala naelte kohal.

$$A_n = t * (b - 4d) = 25 * (60 - 4 * 2,8) = 1220 \text{ mm}^2$$

Vineerplaadi kiudude suunad tõmbetugevuse arvutusväärtus leitakse valemiga 2.6.

Vastavalt standardile [8] on vineerplaadi osavarutegur 1,20.

$$f_{t,0,d} = 0,9 * \frac{18}{1,2} = 13,50 \text{ N/mm}^2$$

Diagonaal 5 mõjuv pikijõud 7,64 kN.

Vastavalt standardile [8], pead olema rahuldatud tingimus 2.33:

$$\frac{7,64 * 10^3 / 1220}{13,50} = 0,46 \leq 1$$

Kandevõime on tagatud !

Tabel 2.20 Vineerplaatide sõlmede koondtabel

Sõlm	KK	Vineerplaadi pindala	Naelte läbimõõt	Naelte arv	Vineerplaadi tugevustingimus	Naelte Tugevustingimus
		mm ²	mm	tükk		
1	KK-2	25300	2,80	40	0,86<1	0,91<1
2	KK-2	18700	2,80	24	0,96<1	0,94<1
3	KK-2	59600	2,80	58	0,96<1	0,84<1
4	KK-2	23100	2,80	22	0,88<1	0,94<1
5	KK-2	44300	2,80	24	0,96<1	0,83<1

Kõigi sõlmede võrdlus

Kuna materjalide omadused ning ristlõiked on kõikide ühenduste puhul samad siis on võrreldud sõlmede materjali kulu.

Lähtudes tabelistest 2.17, 2.20 ning hinnapakkumisest lisas 3 leidis autor, et antud hoone puhul oleks soodsam kasutada ogaplaatferme. Tersplaatidega ühenduse puhul kulub terasplaati 683 200 mm³, vineerplaatidega ühenduse korral kulub vineerplaati 4 275 000 mm³ kuid ogaplaatühendust kasutades kulub 525 720 mm³ terasplaati. Vineeri- ja terasplaatühenduste materjali hulka ei ole arvestatud polte, mutreid, seibe ega naelu. Juba ilma ühenduselementida ületab teras- ning vineerplaatühendus materjalikulu poolest ogaplaatferme.

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli teostada välisseina tüüpide maksumuse ning fermide tugevusarvutuste võrdlus eramu Väike-Õuna näitel. Eramu on projekteeritud Tartumaale, Haaslava külla, Väike-Õuna kinnistule.

Lõputöö esimeses osas teostati välisseina tüüpide võrdlus. Võrdluse aluseks oli hoone soojakadu arvestades kraadpäevi, konstruktsiooni püstitamise maksumus ning aeg, mis kulub konstruktsiooni püstitamiseks. Võrdluse tulemusena selgus, et valitud viiest konstruktsioonist osutus parimaks WeberMin lahendus. Antud valiku põhjuseks oli hea soojapidavus, mis aitab edaspidistes kuludes kokku hoida. Samuti oli see konstruktsioon üks odavamatest. Ehituskestvuses oli WeberMin lahendus kõige parem. Lühem ehitusaeg aitab rahalises mõttes kokku hoida. Lõppkokkuvõttes tuleb WeberMin lahendus antud võrreldavatest konstruktsioonidest kõige soodsam ning kiirem.

Magistritöö teises osas pakuti välja kaks fermikuju, sildamaks 9,8 meetrit ava. Fermidele teostati tugevusarvutused ning optimeerimine. Kahte fermi võrreldi materjali kulu alusel ning paremale fermile teostati ka erinevat tüüpi sõlmede arvutus. Sõlmed arvutati kahelõikelise terasplaatidega sõlmena ning kahelõikelise vineerplaadiga sõlmena. Kolmanda tüübina pakuti ka välja ogaplaatühendus, mille puhul kasutati ogaplaatfermide tootjate hinnapakumis.

Kuna antud hoone on suhteliselt väike ning mõjuvad koormused on väiksed, siis oleks mõistlik kasutada siiski ogaplaatühendusi, kuna seda varianti kasutades tuleb materjali kulu kõige väiksem. Ogaplaatfermide tehaseline tootmine on lisaks kiirem ja täpsem, kui fermide valmistamine kohapeal.

Lõputöö edasiarendusena võiks teostada hoone müüritise ning armeeritud betooni arvutused vastavalt projektjoonistele.

KASUTATUD KIRJADUS

1. Hoonete soojuslik toimivus. Soojuslevi pinnasesse. Arvutusmeetodid: Eesti standard EVS-EN ISO 13370:2008: Tallinn 2011.
2. Hoone piirdetarindi soojusjuhtivuse arvutusjuhend, Osa 1:Välisõhuga kontaktis olev läbipaistmatu piire: Eesti standard EVS-EN ISO 908-1:2010: Tallinn 2010.
3. T. Masso. (2014). Ehituskonstruktorigi käsiraamat. Tallinn: EHITAME.
4. EkeNora OÜ EKE NORA, Ehitusnormis, ehituslikuks üksushinded, Tallinn, 2014
5. Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused Osa 1-4: Üldkoormused. Tuulekoormus
6. Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused Osa 1-3: Üldkoormused. Lumekoormus
7. Isoveri tootekataloog. Isoveri kodulehekülg [WWW] <http://www.isover.ee/tooted> (25.03.2016)
8. Puitkonstruktsioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldist. Üldreeglid ja reeglid hoonete projekteerimiseks.EVS-EN1995-1-1:2007 Eurokoodeks 5 Tallinn : Eesti standardikeskus, 2009.
9. Eurokoodeks 3: Teraskonstruksioonide projekteerimine. Osa1-8: Liidete projekteerimine. EVS-EN 1993-1-8:2005 Tallinn: Eesti standardikeskus, 2005

LISAD

Lisa 1 Hoone olulised tehnilised andmed

1. Ehitise üldised olulised tehnilised andmed

ehitisealune pindala	215	m ²	kõrgus	5,70	m
hoone suletud netopind	154,80	m ²	pikkus	17,30	m
rajatise avatud brutopind	-	m ²	laius	10,30	m
minimaalne korruste arv	1		maht	515	m ³
maksimaalne korruste arv	1		kõetav pind	154,80	m ²

2. Ehitise materjalid (märkida X, "muu" korral)

vundament

puudub

madalvundament

vaivundament

_____ muu

kandekonstruktsioon

puudub

asfaltbetoon

bituumeniga töödeldud kruus

kruus

killustik

stabiliseeritud kruus või killustik

kergmetall

malm

teras

looduslik kivi

monoliitne raudbetoon

monteeritav raudbetoon

plastmass

puit

suurpaneel

suurplokk

tellis, väikeplokk

tehisplaat

_____ muu

jäigastavad ja piirdekonstruktsioonid

puudub

eterniit

keraamika

kergmetall

teras

looduslik kivi

monoliitne raudbetoon

monteeritav raudbetoon

plastmass

puit

suurpaneel

vahe- ja katuslaed

puudub

kergmetall

teras

monoliitne raudbetoon

monteeritav raudbetoon

puit

_____ muu

välissein

puudub

looduslik kivi

profileeritud metall

puit

suurpaneel

suurplokk

tellis, väikeplokk

_____ muu

katuse kate

puudub

eterniit

kivi

plekk

profileeritud metall

puitlaast

roog

rullmaterjal

_____ muu

välisviimistlus

puudub

lihtkrohv

looduslik kivi

profileeritud metall

puhasvuuk

puit

terrasiitkrohv

_____ muu

suurplokk
 tellis, väikeplokk
 tehisplaat

_____ muu

3. Ehitise tehnosüsteemid (märkida X või "muu" korral materjal)

elekter

puudub
 220 V
 380 V
 20 kV
 35–110 kV
 220–330 kV

_____ muu

küttesüsteem

puudub
 kaugkeskküte
 lokaalne keskküte
 elektriküte
 maaküte
 ahju- või kaminaküte

_____ muu

vesi

puudub
 võrk
 lokaalne

kanalisatsioon

puudub
 võrk
 lokaalne

kütte liik

puudub
 masuut
 petrool
 küttegaas
 tahke
 elekter
 maaküte

_____ muu

pesemisvõimalus

puudub
 vann/dušš
 saun

küttegaas

puudub
 võrk
 lokaalne

liftide arv _____ -
 köökide arv _____ 1
 kööginiššide arv _____ -
 tualettruumide arv _____ 1

küttegaasipaigaldiste arv _____ -
 rõdude arv ja kogupind _____ - , _____ - m²
 lodžade arv ja kogupind _____ - , _____ - m²
 terrasside arv ja kogupind _____ 1 , _____ 45,64 m²

4. Ehitise kasuliku pinna spetsifikatsioon [m²]

Kasutamise otstarve

	kasulik pind	elamispind	abiruumide pind	lahuspind	üldkasutata v pind	mitteeluruumi de pind
1.	154,80	147,77	7,03			
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

Kasutamise otstarve						
kasulik	elamis	abiruumide	lahus	üldkasutata	mitteeluruumi	
pind	pind	pind	pind	v pind	de pind	
7.	
8.	
9.	
kokku	
	154,80	.....	.....	.....	.....

5. Ehitise ruumide spetsifikatsioon

eluruumid (sh korterid)	arv	pindala
1-toaline	.....	..... m ²
2-toaline	.....	..... m ²
3-toaline	.....	..... m ²
4-toaline	.....	..... m ²
5-toaline	.....	..... m ²
5-toaline	.....	..... m ²
7-toaline	.....	..... m ²
8 ja enama toaline	147,77	..... m ²
kokku	.....	..... m ²
mitteeluruumide arv	9	
tubade arv	4	

6. Ehitise muud olulised andmed

..... nimetus	..... väärtus	..... mõõtühik
..... nimetus	..... väärtus	..... mõõtühik
..... nimetus	..... väärtus	..... mõõtühik
..... nimetus	..... väärtus	..... mõõtühik
..... nimetus	..... väärtus	..... mõõtühik

7. Märkused ehitise kohta

Lisa 2 Projekteerimistingimused



KORRALDUS

Kurepalu

29. aprill 2016 nr 71

Väike-Õuna maaüksusel elamu ja abihoone ehitamiseks projekteerimistingimuste kinnitamine

Ehitusseadustiku § 26 lõigete 1 ja 2 alusel ning kooskõlas Haaslava Vallavolikogu 04.02.2015 määruse nr 25 "Haaslava valla ehitusmäärus", § 16 lõikega 2, § 18 lõigetega 3, 5 ja 6 ning võttes arvesse Kersti Õuna (Õun) taotlust, annab Haaslava Vallavalitsus korralduse:

1. Kinnitada projekteerimistingimused Haaslava külas Väike-Õuna maaüksusel elamu ja abihoone ehitamiseks vastavalt käesoleva korralduse lisale.
2. Korraldus jõustub teatavastegemisest.
3. Käesolevat korraldust on võimalik vaidlustada 30 päeva jooksul korralduse teatavastegemisest, esitades vaide haldusmenetluse seaduses sätestatud korras Haaslava Vallavalitsusele või kaebuse Tartu Halduskohtusse (Kalevi 1, 51010 Tartu) halduskohtumenetluse seadustikus sätestatud korras.

Priit Lomp
Vallavanem

Annika Pajumaa-Murov
Vallasekretär

Lisa: Projekteerimistingimused PT-6-2016

PROJEKTEERIMISTINGIMUSED

ÄRAKIRI

PT - 6- 2016

1. Üldandmed

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1) Kinnistu omanik: | Kersti Õun |
| 2) Katastriüksuse nimi: | Väike-Õuna |
| 3) Katastriüksuse aadress: | Haaslava küla, Haaslava vald |
| 4) Kinnistu registriosa nr: | 3986950 |
| 5) Katastriüksuse tunnus: | 18501:001:1364 |
| 6) Katastriüksuse pindala: | 10036 m² |
| 7) Katastriüksuse sihtotstarbe liik: | maatulundusmaa |
| 8) Taotleja: | Kersti Õun |

2. Andmed ehitise ja ehitamise kohta

- 1) Kavandatav ehitustegevus: Üksikelamu ja abihoone ehitamine.
Projekteerimisel arvestada antud piirkonna arhitektuursete iseärasustega ning vältida kõiki omadustelt või väljanägemiselt piirkonnale võõraid elemente.

3. Nõuded ehitusprojektile

- 1) Projekt tuleb koostada lähtuvalt majandus- ja kommunikatsiooniministri 17. septembri 2010 määrusest nr 67 "Nõuded ehitusprojektile."
- 2) Projekteerijal ja ehitajal järgida Haaslava valla üldplaneeringust, Haaslava valla ehitismäärusest ning teistest projekteerimismõistest tulenevaid nõudeid.
- 3) Projekti koosseisus lahendada krundisiseselt sademete- ja drenaažvee ärajuhtimisvõimalused ning näidata juurdepääsutee asukoht.
- 4) Projekt kooskõlastada Lõuna Päästkeskusega ja asendiplaanil kirjalikult Väike-Õuna maaüksuse piirinaabritega: Õunatalu (katastritunnus 18501:001:1363); Arandi (katastritunnus 18501:001:0091).

4. Projekti koosseis

Ehitusloa taotlemisel esitatakse kohalikule omavalitsusele ehitusprojekt, mis vastab ehitusprojektile esitatavatele nõuetele.

Ehitusprojekti koosseisus esitatakse ka ehitise asukoha maa-ala ehitusgeodeetiliste uurimustööde andmed ehk geodeetiline alusplaan.

5. Kohustused

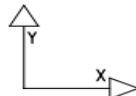
- 1) Asendiplaan soovitatavalt 1:500, esitada ka digitaalselt (dwg, dgn kujul);
- 2) tagada ehitamise ajal ehitise ning selle asukoha maaüksuse korrashoid ja ohutus ümbruskonnale.

Projekteerimistingimused kehtivad kaks aastat alates taotlejale teatavastegemisest.

Lisa 3 Ogaplaattermide pakkumised

Sweco RakenneTekniikka 2016

RAK PIN-1654/1 F1 SILVER KUUM
 KASUTUSKLASS 2
 KOORMUSPINNA LAIUS (kand.samm) 800 mm
 KOORMUSED (ilma sõrestiku omakaaluta)
 lumekoormus (maapinnal) 1,50 kN/m²
 ülemise vöö alaliskoormus 0,55 kN/m² (kivi)
 alumise vöö alaliskoormus 0,30 kN/m²
 tuulekoormus 0,60 kN/m²
 AV. LÖPLIK LÄBIPÄINE 10 mm L/300= 32 mm
 ALUMISE VÖÖ OTSTE HORIS.PAIGUTISTE SUMMA 3 mm
 ÜLEMISE VÖÖ NÖTKEPIKKUS 900 mm Oper.rate of b.s.(Sidew.) .99
 Standardid,määrused,juhendid / Eurokoodeksi kohane meetod
 EN 1990:2002, EN 1995-1-1:2004+A1:2008, EN 1995-1-2:2004
 EN 1991-1-1:2002, EN 1991-1-2:2003, EN 1991-1-3:2004, EN 1991-1-4:2005
 RIL 205-2009, RIL 201-2008, RIL 248-2008
 NAULALEVYRAKENTEIDEN SUUNNITTELU 16.12.2009 / Inspecta Sertifiointi Oy



PROJEKTEERIMISEL KASUTATUD PROGRAMM: WoDe2000 31.03.2010

Inspecta Sertifiointi Oy on käesoleva ogaplaatkonstruksioonide projekteerimisjuhendi läbi vaadanud ja heaks kiitnud 19. mai 2008
 OGAPLAADID Arvamus Kehitvusaeg
 LL13 VTT-S-03259-12 31. 5.2017

ASETUS :Kui ei ole teisiti märgitud siis asetatakse sümmeetriliselt sõlme suhtes. Ogaplaadi peasuund on näidatud joonega --
 Ogaplaadi paigaldustolerants 10mm
 Ogaplaadi paigalduskoht (●) elemendi serval.

KVALITEEDIKONTROLLI-JA VALMISTAMISE PÄEVIK			
VALMISTAMISE EEST VASTUTAB		TUG.KL.-JA.TUNNUS	
SÖRMJ.TUNNUS		----	
OK-heaks kiidetud	Toler.	OK	Märkused
Konstr. pikkus	+-10		
kõrgus h1	+-10		
h2	+-10		
Elementide asukoht			
Puumaterjali dimens.			
Ogaplaadi asetuse suurus	+-10		
puututungimine			
Pitlud sõlmedes			
Eelitus			
Niiskusprotsendid	MIN	MAX	
Ülemine vöö			
Alumine vöö			
Võrguvarjad			
Tugevusklass			
VALMISTUSKUUPÄEV	---	20---	VAHETUS
			VALM.ARV

Sweco RakenneTekniikka 2016

Sweco RakenneTekniikka 2016

Tukireaktioiden ominaisarvot tuenta- ja kuormitustapuksittain sekä kattotuolin vaatimat tukileveydet.

Tuenta	Kuorm.	Aikal.	Tuki1	2
A	Omap.	Pysyvä	Y 4,4	4,4 kN
Lumi 1	Keskip	Y 5,8	5,8 kN	
Lumi 2	Keskip	Y 5,2	3,4 kN	
	X	-1	- kN	
Lumi 3	Keskip	Y 3,4	5,2 kN	
	X	.1	- kN	
Tuuli1	Helkel	Y .9	-.1 kN	
	X	-.8	- kN	
Tuuli2	Helkel	Y -.1	.9 kN	
	X	.8	- kN	
Tuuli3	Helkel	Y -4,3	-4,3 kN	
Tukileveys			111	111 mm
Td	Keskip	Y 13,8	13,8 kN	
Td kok.tuuli	Helkel	X 2,3	0,0 kN	
Td lmu	Helkel	Y -2,4	-2,4 kN	
Runko (C24)			73	73 mm
Runko (C30)			68	68 mm

PUILELEMENTIDE ARVUTUS

Element nr	b x h	lugevus klass	Qd	Qd/Rd	side lk	kc	Nd kN	Nd/Rd	Md	Md/Rd	Summa
Alumine vöö:											
1	45x145	C24	.73	.07	--	1.00	19.17	.36	577	.26	.63
2	45x145	C24	.73	.07	--	1.00	19.18	.36	-579	.27	.63
Ülemine vöö:											
31	45x145	C24	2.63	.26	--	.86	-21.84	.32	1496	.53	.85
32	45x145	C24	2.07	.21	--	.85	-14.49	.22	608	.28	.50
Võrguvarjad:											
61	45x145	C24	-.29	.03	0	1.00	.19	0.00	-165	.08	.08
62	45x145	C24	.12	.01	0	.10	-6.84	.91	-150	.03	.94
63	45x145	C24	.06	0.00	0	1.00	5.65	.11	61	.03	.14

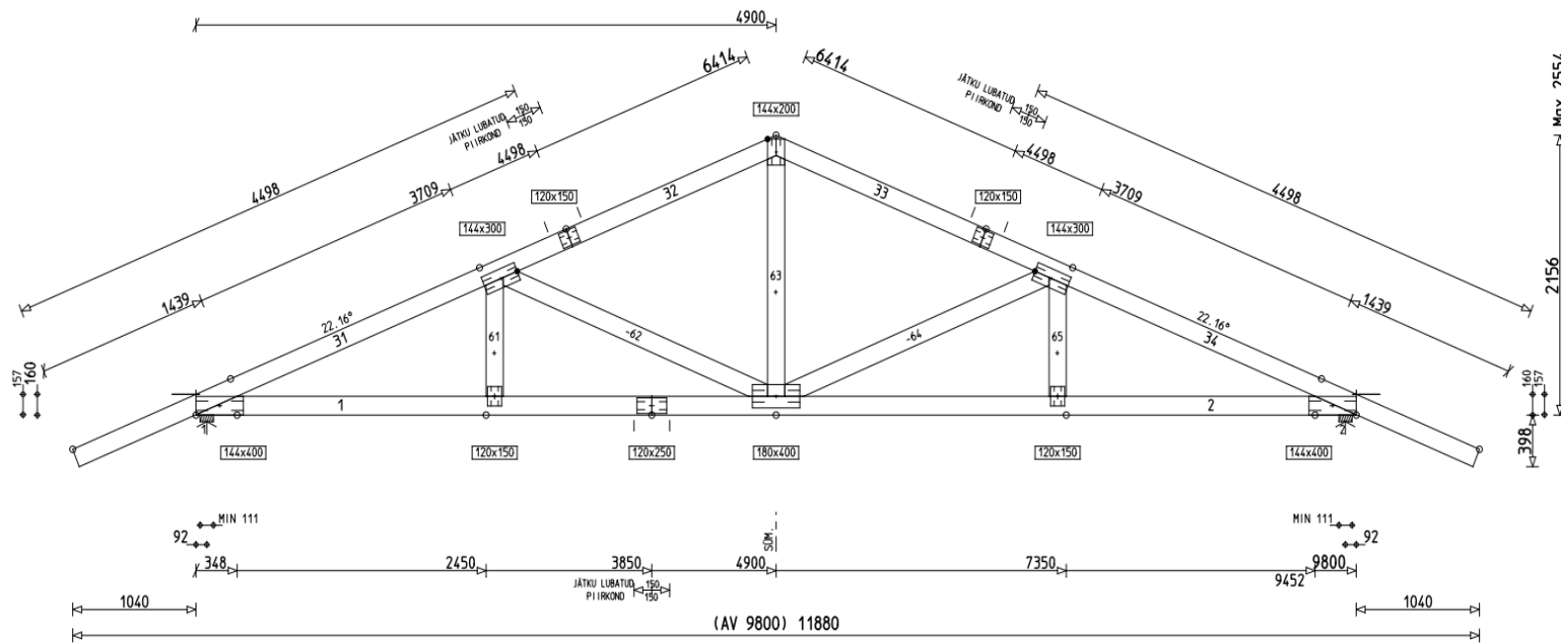
SÕLMEDE ARVUTUS

Ogaplaadi Elem. tüüp nr	Fa,d kN	Ma,d kN	Alfa kraad	Beta kraad	Ateg mm ²	Anõul mm	L mm	Lnõul L	Nd,max kN	Nd,min kN
L13 144x400 31	9.59	-143.82	2.26	24.43	18000	.31	372	.34	.82	-21.84
1	9.59	461.49	2.26	2.26	26137	.22	372	.34	19.46	0.00
L13 144x300 61	.22	-83.55	4.42	63.41	7747	.13	60	.16	.70	0.00
62	2.35	-83.45	27.03	17.58	6953	.25	127	.21	0.00	-6.84
31	2.55	206.26	24.17	24.17	16530	.12	284	.16	.82	-21.84
L13 120x150 61	.99	0.00	90.00	90.00	6292	.12	120	.06	.70	0.00
1	.99	0.00	0.00	90.00	6600	.11	120	.06	19.46	0.00
L13 120x150 31	2.52	14.57	13.78	13.78	6292	.21	120	.30	.82	-21.84
32	2.52	-58.25	13.78	13.78	6292	.25	120	.30	.03	-15.09
L13 120x250 1	9.73	67.77	.69	.69	11792	.39	120	.41	19.46	0.00
2	9.73	-53.48	.69	.69	11792	.39	120	.41	19.48	-0.00
L13 180x400 62	2.69	-28.11	27.73	5.28	8272	.17	90	.26	0.00	-6.84
63	3.22	4.94	89.89	.11	9747	.23	90	.26	6.50	0.00
64	2.69	32.75	27.21	4.77	8272	.17	90	.25	0.00	-6.86
2	1.84	-.43	27.71	27.71	29250	.03	400	.06	19.48	-0.00
L13 144x200 63	3.25	1.26	.06	.06	5406	.28	78	.48	6.50	0.00
32	5.25	-234.86	71.98	4.14	6898	.63	127	.77	.03	-15.09
33	5.25	233.32	71.95	4.11	6899	.62	127	.77	.03	-15.09

Sweco RakenneTekniikka 2016

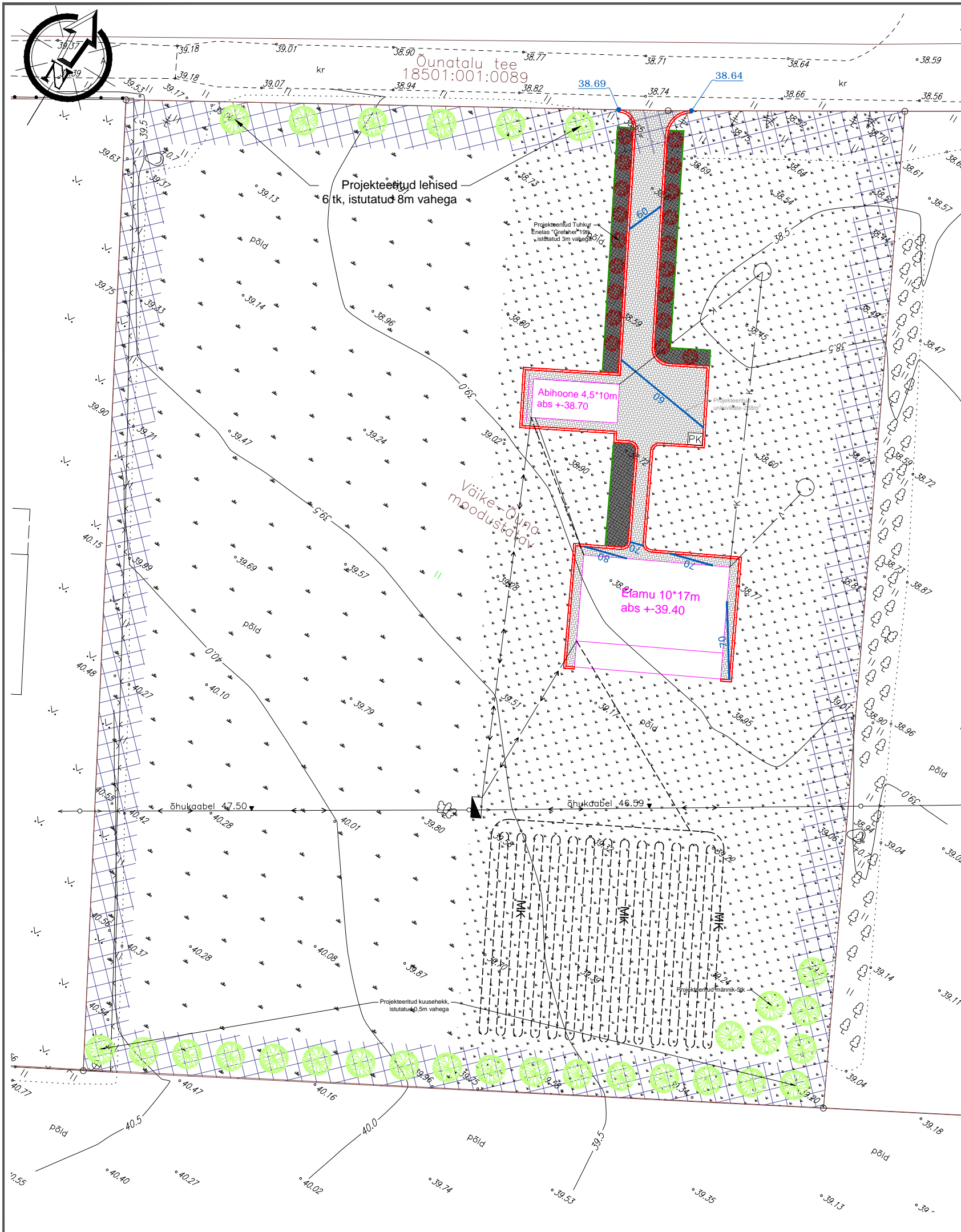
SILVER KUUM
 RAK PIN-1654/1 F1
 ---- Tükki C/C 800

Puitu 0,20318 m3
 Ogapiirid 0,80880 m2
 Konstruktiooni kaal 100kg



Lisa 4 Graafiline osa

- Leht 1. Asendiplaan M 1:500
- Leht 2. Vaade loodest M 1:75
- Leht 3. Vaade kagust M 1:75
- Leht 4. Vaade edelast M 1:50
- Leht 5. Vaade kirdest M 1:50
- Leht 6. Põhiplaan M 1:100
- Leht 7. Viimistlusplaan M 1:100
- Leht 8. Lõige A-A M 1:50
- Leht 9. Lõige B-B M 1:100
- Leht 10. Katusekandjate plaan M 1:100
- Leht 11. Katuse plaan M 1:100
- Leht 12. Tüüpkonstruktsioonid M 1:100
- Leht 13. Võrreldavad fermid M 1:50
- Leht 14. Fermi tööjoonis M 1:50
- Leht 15. Sõlmed 1 ja 2 terasplaatidega M 1:5
- Leht 16. Sõlmed 3 ja 4 terasplaatidega M 1:5
- Leht 17. Sõlm 5 terasplaatidega M 1:5
- Leht 18. Sõlmed 1 ja 2 vineerplaatidega M 1:5
- Leht 19. Sõlmed 3 ja 4 vineerplaatidega M 1:5
- Leht 20. Sõlm 5 vineerplaatidega M 1:5



TINGMÄRGID

- Projekteeritud hoone
- Krundi piir
- Muru
- Heinamaa
- Betonkivi sillutis
- ✿ Projekteeritud põõsas
- ✿ Projekteeritud puu
- Projekteeritud peenar
- Projekteeritud äärekivi h=0cm
- Projekteeritud maaküttekabel
- 38.95 Olemasolev absoluutkõrgus
- Olemasolev õhukaabel
- Projekteeritud kanalisatsioon
- Rajatav veetrass
- Prügikonteiner
- Liitumiskilp
- Projekteeritud madalpingekaabel

TEHNILISED ANDMED

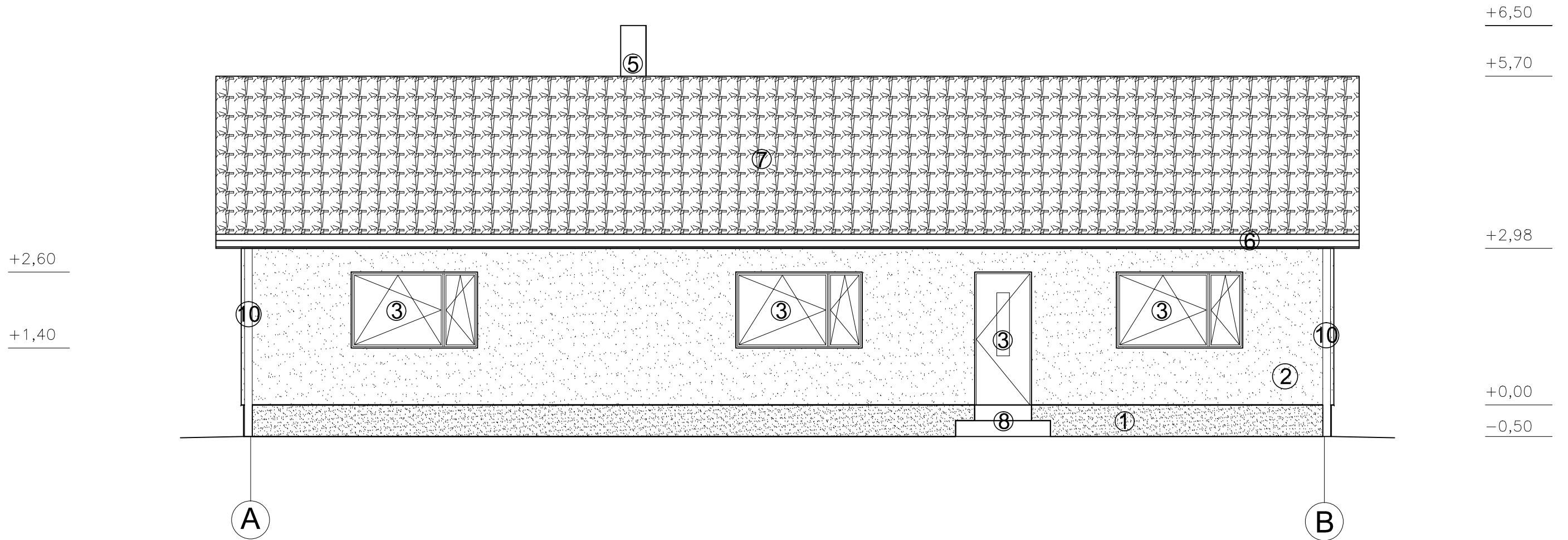
Krundi pind	10036 m ²
Ehitusalune pind	266 m ²
Hoone maht	515m ³
Korruselisus	1 korrus
Täiehituse %	2,7%
Parkimiskohtade arv	3
Tulepüsimusklass	TP2
Krundiseste teede ja platside maht	286

Märkused:

1) Geodeetiline alusplaan on koostatud KOBRA AS poolt (12.2015). Töö number 2015-231. Koordinaadid L-Est 97 süsteemis.

TTÜ TARTU KOLLEDŽ		Töö nimetus: Välisseinte tüüpide ja fermide tugevusarvutuste võrdlus eramu Väike-Õuna näitel			
Koostaja: Silver Kuum	(allkiri, kuupäev)	Töö liik: Magistriõppe lõputöö			
Juhendaja: Illimar Kalk	(allkiri, kuupäev)	Nimetus: Asendiplaan			
Säästva tehnoloogia õppetool		Möötkava 1:500	Formaat: A3	Leht: 1/20	Kuupäev: 30.05.2016

VAADE LOODEST

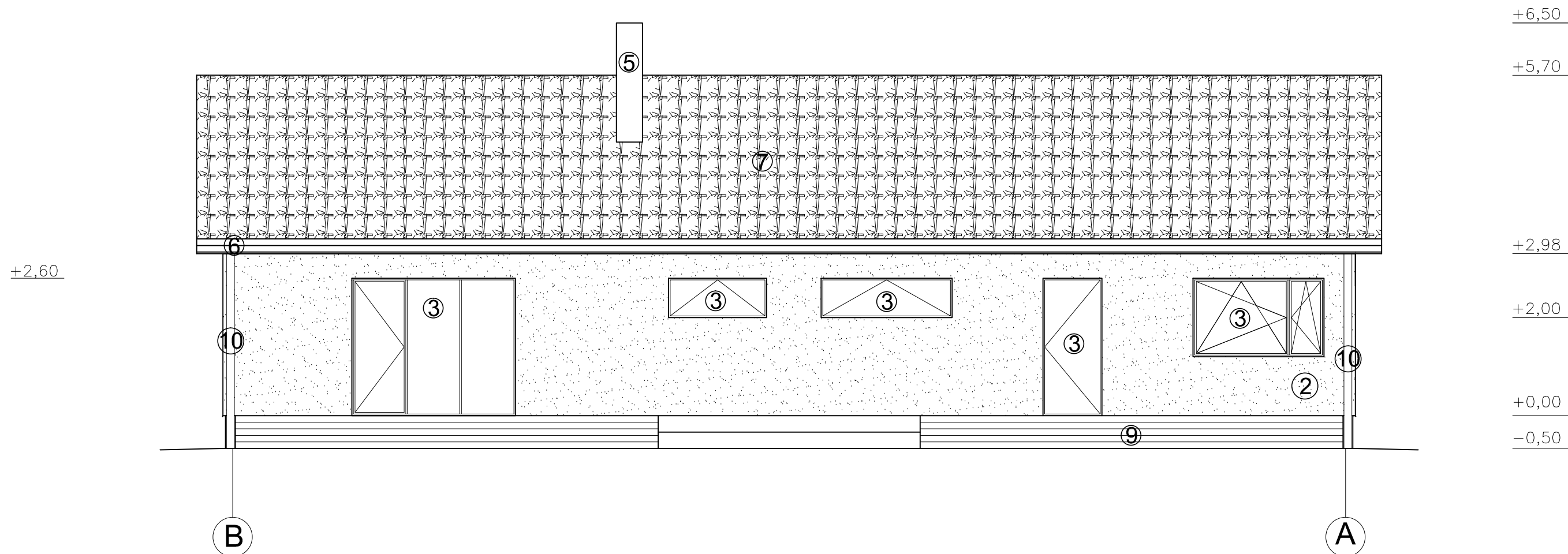


Vaade loodest

1-Sokkel kivipuruplaad, toon RAL 1015
2-Krohvitud fassaad, toon RAL 9002
3-Puitaavataited, toon RAL 8028
5-Korstnaplekk, toon RAL 8028
6-Puidust tuulekast, toon RAL 8028
7-Katuseplekk ADAMENTE tumepruun, toon RAL 8028
8-Betoontrepp harjatud pinnaviimistlusega
10-Vihmaveerenn kandiline, toon RAL 8028


TTÜ TARTU KOLLEDŽ		Töö nimetus: Välisseinte tüüpide ja fermide tugevusarvutuste võrdlus eramu Väike-Õuna näitel			
		Töö liik: Magistriõppe lõputöö			
Koostaja: Silver Kuum		(allkiri, kuupäev)		Nimetus: Vaade loodest	
Juhendaja: Illimar Kalk		(allkiri, kuupäev)		Möötkava 1:75	Formaat: A3
Säästva tehnoloogia õppetool				Leht: 2/20	Kuupäev: 30.05.2016

VAADE KAGUST

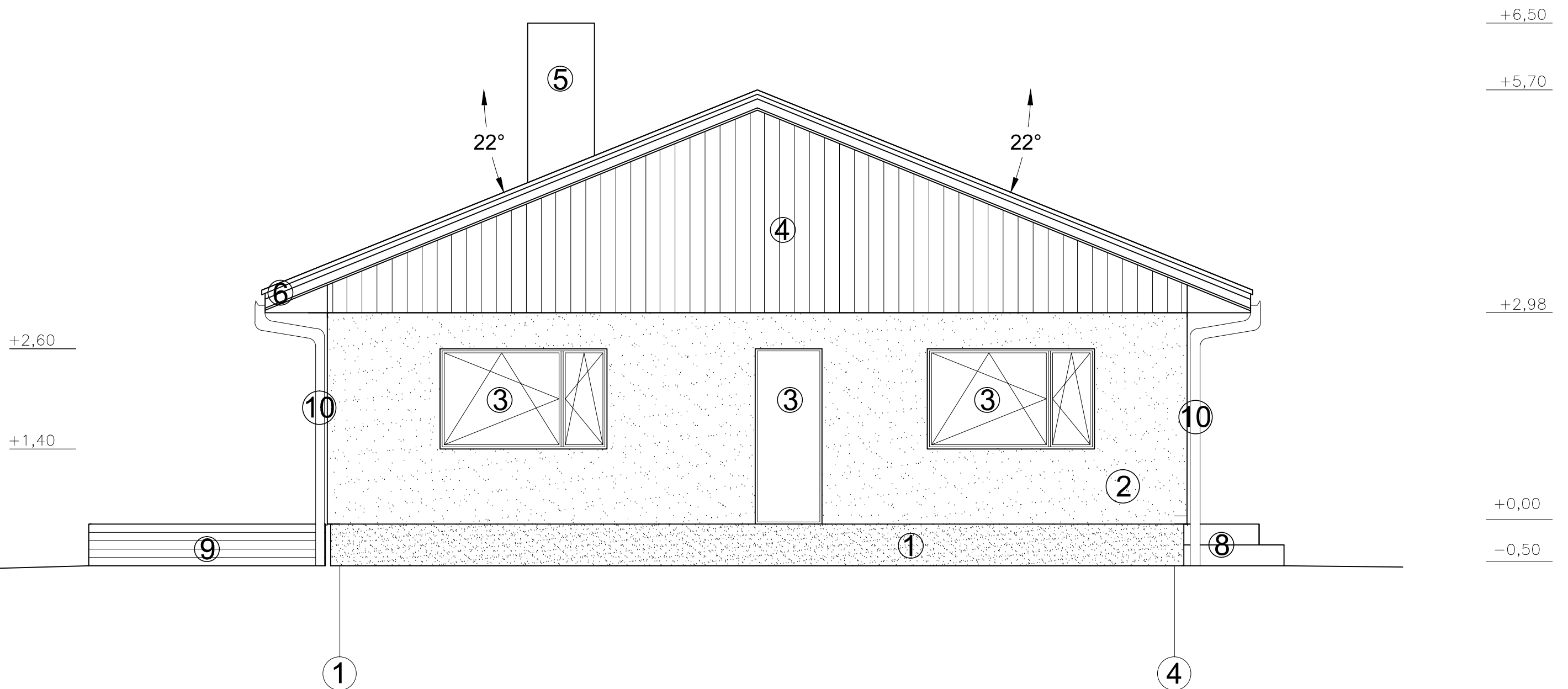


Vaade kagust

1-Sokkel kivipuruplaat, toon RAL 1015
2-Krohvitud fassaad, toon RAL 9002
3-Puitaavatäited, toon RAL 8028
5-Korstnaplekk, toon RAL 8028
6-Puidust tuulekast, toon RAL 8028
7-Katuseplekk ADAMENTE tumepruun, toon RAL 8028
10-Vihmaveerenn kandiline, toon RAL 8028


 TTÜ TARTU KOLLEDŽ TTU		Töö nimetus: Välisseinte tüüpide ja fermide tugevusarvutuste võrdlus eramu Väike-Õuna näitel			
Koostaja: Silver Kuum	(allkiri, kuupäev)	Töö liik: Magistriõppe lõputöö			
Juhendaja: Illimar Kalk	(allkiri, kuupäev)	Nimetus: Vaade kagust			
Säätva tehnoloogia õppetool		Mõõtkava 1:75	Formaat: A3	Leht: 3/20	Kuupäev: 30.05.2016

VAADE EDELAST

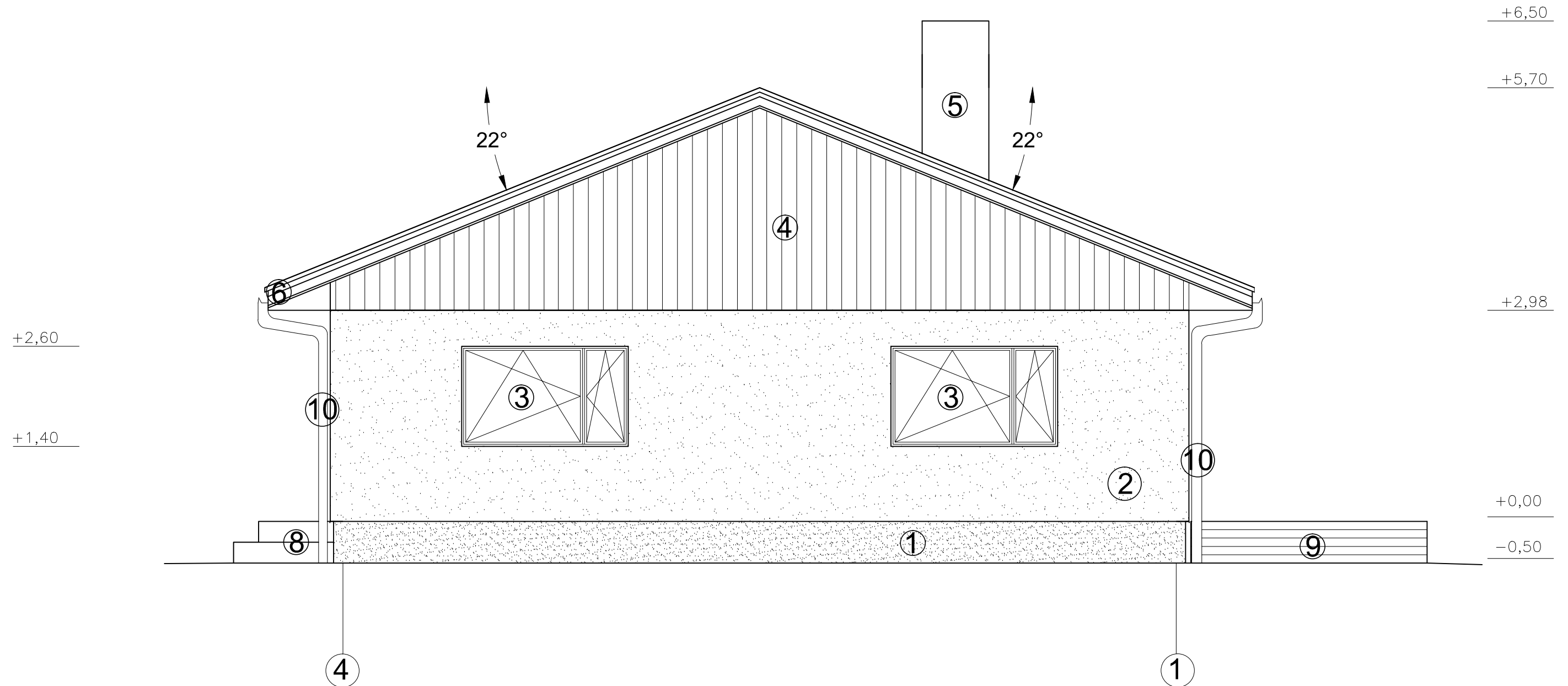


Vaade edelast

- | |
|---|
| 1-Sokkel kivipuruplaat, toon RAL 1015 |
| 2-Krohvitud fassaad, toon RAL 9002 |
| 3-Puitaavatäited, toon RAL 8028 |
| 4-Viilulaudis, toon RAL 8028 |
| 5-Korstnaplekk, toon RAL 8028 |
| 7-Katuseplekk ADAMENTE tumepruun, toon RAL 8028 |
| 8-Betoontrepp harjatud pinnaviimistlusega |
| 9-Terrass, toon RAL 8028 |
| 10-Vihmaveerenn kandiline, toon RAL 8028 |


 TTÜ TARTU KOLLEDŽ		Töö nimetus: Välisseinte tüüpide ja fermide tugevusarvutuste võrdlus eramu Väike-Õuna näitel			
Koostaja: Silver Kuum	(alkiri, kuupäev)	Töö liik: Magistriõppe lõputöö			
Juhendaja: Illimar Kalk	(alkiri, kuupäev)	Nimetus: Vaade edelast			
Säätva tehnoloogia õppetool		Mõõtkava 1:50	Formaat: A3	Leht: 4/20	Kuupäev: 30.05.2016

VAADE KIRDEST

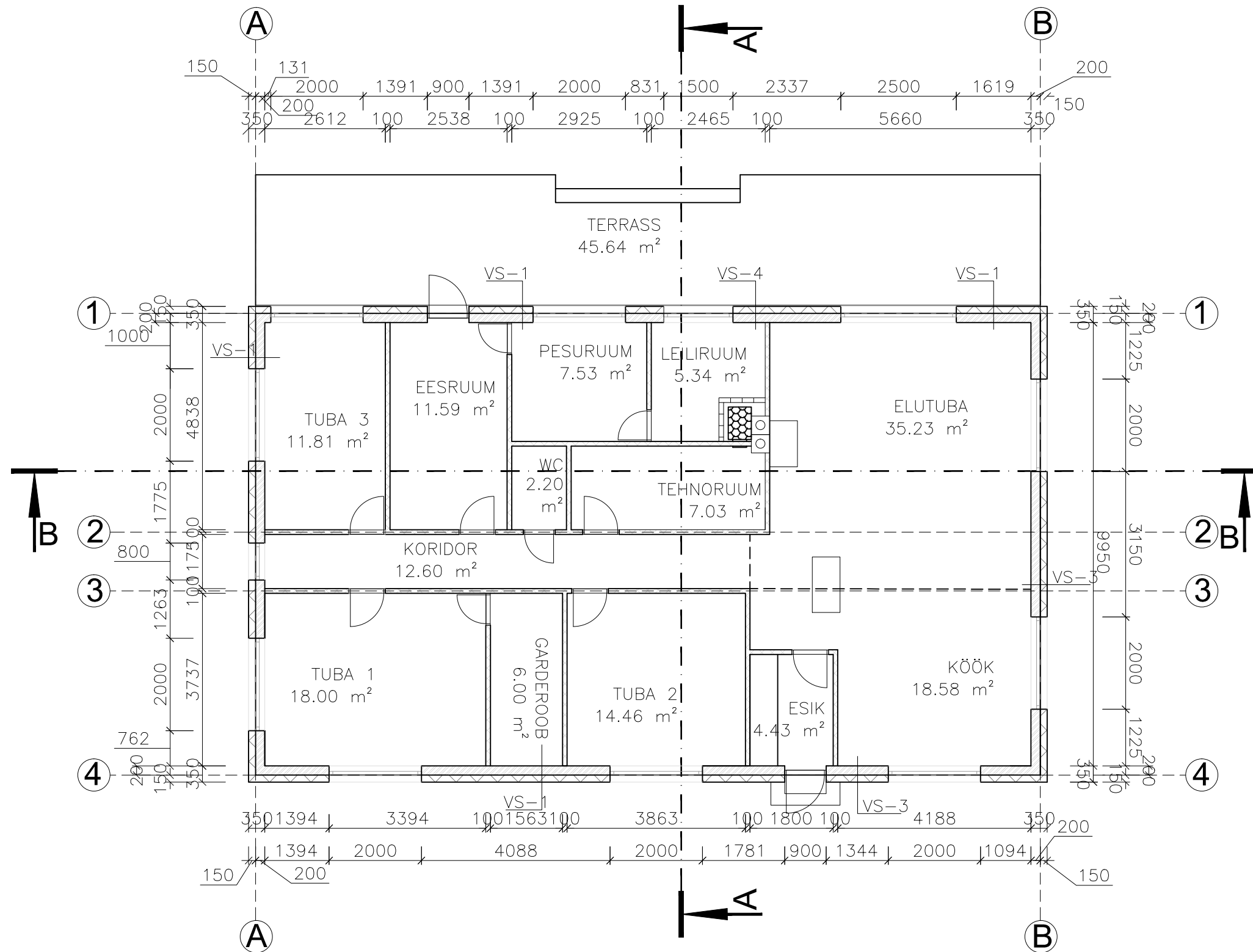


Vaade kirdest

1-Sokkel kivipuruplaat, toon RAL 1015
2-Krohvitud fassaad, toon RAL 9002
3-Puitaavataited, toon RAL 8028
4-Viilulaudis, toon RAL 8028
5-Korstnaplekk, toon RAL 8028
7-Katuseplekk ADAMENTE tumepruun, toon RAL 8028
8-Betoontrepp harjatud pinnaviimistlusega
9-Terrass, toon RAL 8028
10-Vihmaveerenn kandiline, toon RAL 8028


 TTÜ TARTU KOLLEDŽ		Töö nimetus: Välisseinte tüüpide ja fermide tugevusarvutuste võrdlus eramu Väike-Õuna näitel			
Koostaja: Silver Kuum	(alkiri, kuupäev)	Töö liik: Magistriõppe lõputöö			
Juhendaja: Illimar Kalk	(alkiri, kuupäev)	Nimetus: Vaade kirdest			
Säätva tehnoloogia õppetool		Mõõtkava 1:50	Formaat: A3	Leht: 5/20	Kuupäev: 30.05.2016

PÕHIPLAAN

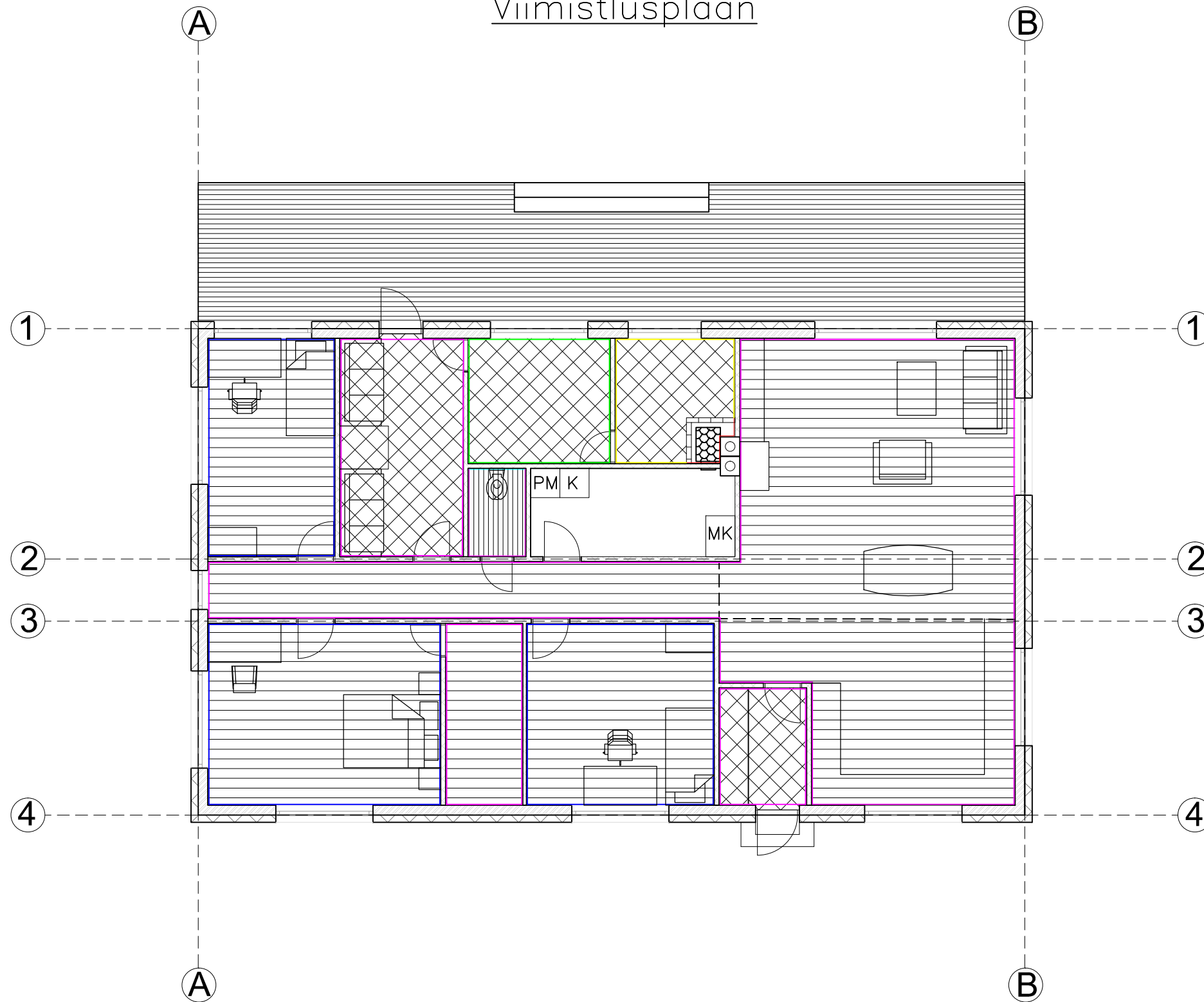


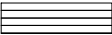


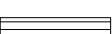






Ruumide spetsifikatsioon


1. Esik:	4.43 m ²
2. Koridor:	12.60 m ²
3. Köök:	18.58 m ²
4. Elutuba:	35.23 m ²
5. WC:	2.20 m ²
6. Tehnoruum:	7.03 m ²
8. Leiliruum:	5.34 m ²
9. Pesuruum:	7.53 m ²
10. Eesruum:	11.59 m ²
11. Garderoob	6.00 m ²
12. Tuba1:	18.00 m ²
13. Tuba 2:	14.46 m ²
14. Tuba 3:	11.81 m ²
Kokku:	154.80 m²

 TTÜ TARTU KOLLEDŽ		Töö nimetus: Välisseinte tüüpide ja fermide tugevusarvutuste võrdlus eramu Väike-Õuna näitel		
Koostaja: Silver Kuum	(allkiri, kuupäev)	Töö liik: Magistriõppe lõputöö		
Juhendaja: Illimar Kalk	(allkiri, kuupäev)	Nimetus: Põhiplaan		
Säätva tehnoloogia õppetool		Mõõtkava 1:100	Formaat: A3	Leht: 6/20
		Kuupäev: 30.05.2016		

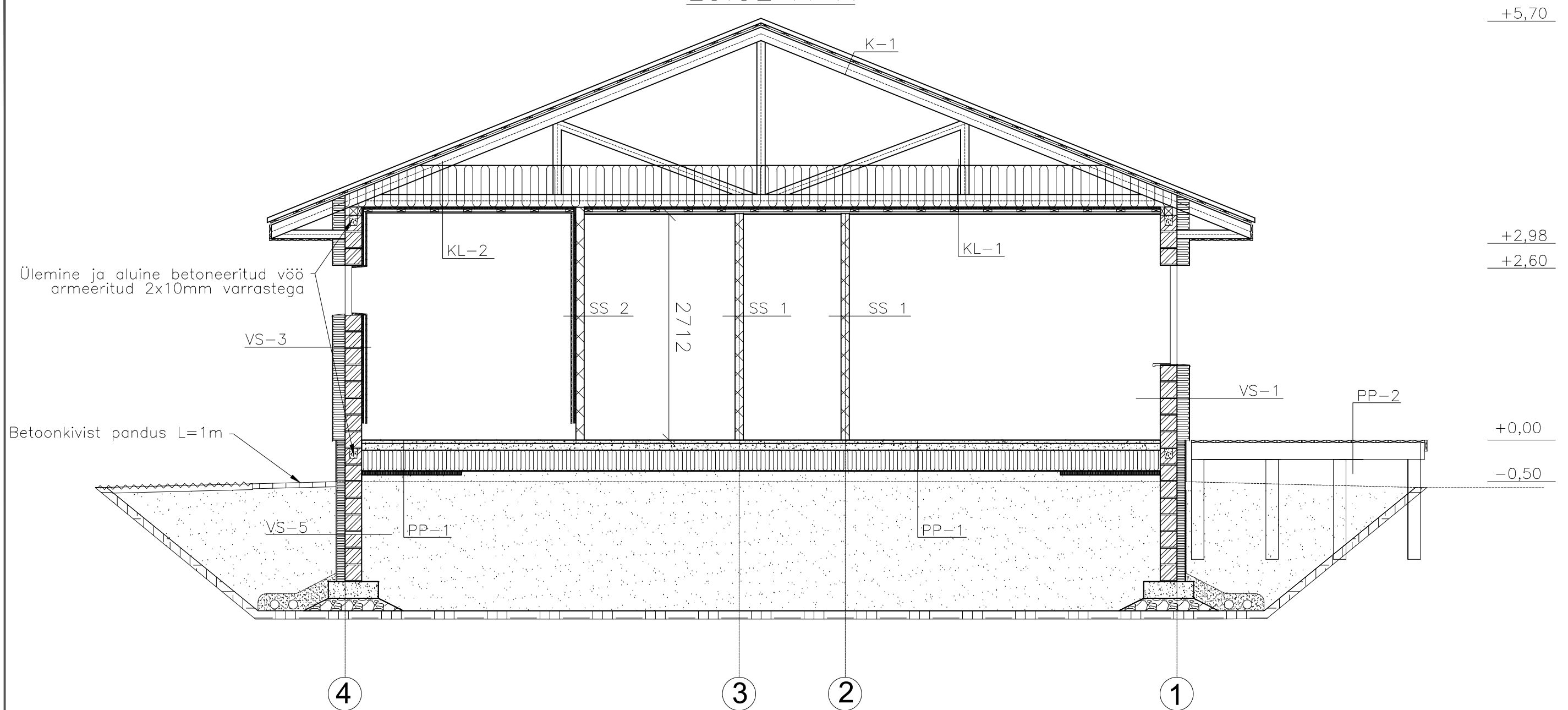
Viimistlusplaani



-  Naturaal parkett
-  Keraamiline plaat
-  Põrandalaudis
-  Plastrex terrassilaudis
-  Krohvitud ja värvitud sein
-  Tapetseeritud sein
-  Horisontaalse laudisega kaetud sein
-  Keraamilise plaadiga kaetud sein
-  Vertikaalse laudisega kaetud sein
-  Tellis plaadiga kaetud sein

 TTÜ TARTU KOLLEDŽ		Töö nimetus: Välisseinte tüüpide ja fermide tugevusarvutuste võrdlus eramu Väike-Õuna näitel			
		Töö liik: Magistriõppe lõputöö			
Koostaja: Silver Kuum	(allkiri, kuupäev)	Nimetus: Viimistlusplaani			
Juhendaja: Illimar Kalk	(allkiri, kuupäev)	Möötkava 1:100	Formaat: A3	Leht: 7/20	Kuupäev: 30.05.2016
Säästva tehnoloogia õppetool					

LÕIGE A-A



PP-1
Siseviimistlus vastavalt sisekujundusele
Betoonist tasanduskiht-40mm
Betoon-80mm
Soojusisolatsioon Styrofoam 250
SL-A-N 50+100+100mm
Soojusisolatsioon Styrofoam 250
SL-A-N-50, 1,2m laiuselt äärest

VS-1
Weber.pas 481 AquaBalance-2mm
Weber.therm 310-3mm
Klaaskiudvõrk Weber 397-0mm
Weber.therm 310-4mm
Isover FS 30-150mm
Fibo 3-200mm
Siseviimistlus vastavalt projektile

VS-5
Tempsi Zoccolo sokliplaat-10mm
Liimvaht Penosil Fixfoam
Eps 150 Perimeeter Pluss-100mm
Fibo 3-200mm

K-1
Profiilplekk "ADAMANTE"-55mm
Roov 25x100
Distantслиist 22x50
Aluskate
Ogaplaatferm 200x50 s800mm

KL-1
Puistevill PH KV 039-400mm
Soojusisolatsioon ISOVER KL33-100mm
Ogaplaatferm 200x50 s800mm
Aurutõke ISOVER REK 31-25-25mm
Roovitus 32x100mm s400mm
OSB plaat 18mm
Kipsplaat Gyproc GN 13
Laevärv-valge

KL-2
Puistevill PH KV 039-400mm
Soojusisolatsioon ISOVER KL33-100mm
Ogaplaatferm 200x50 s800mm
Aurutõke ISOVER REK 31-25-25mm
Hõre laudis 32x100mm s=325mm
Laelaudis 15x70mm

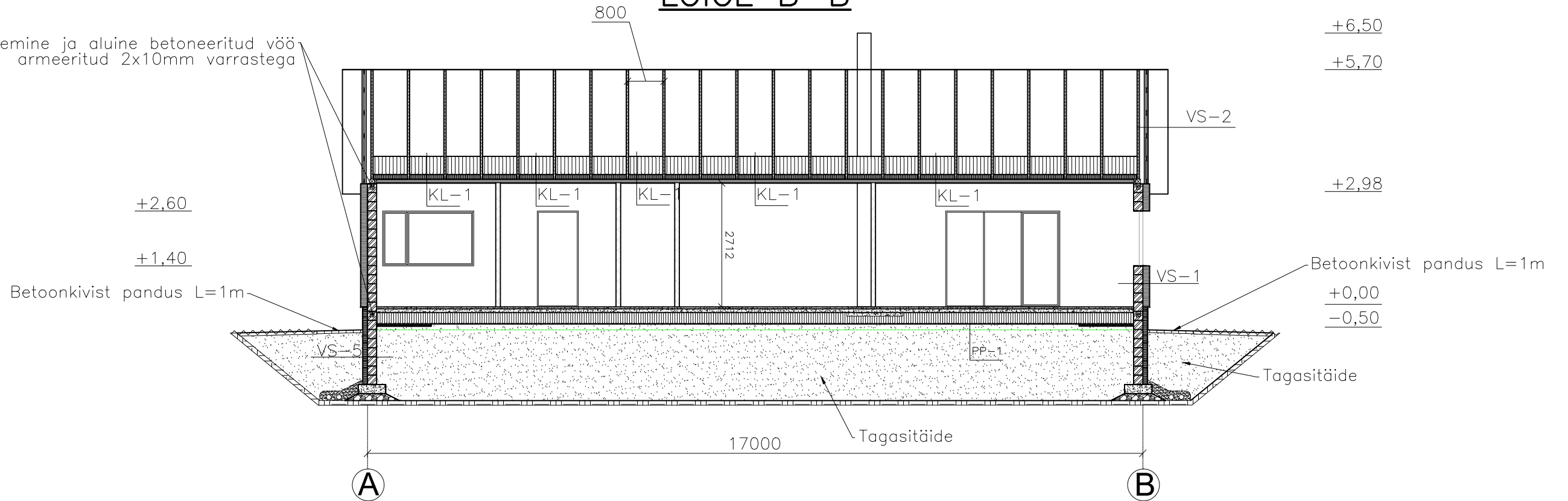
VS-3
Weber.pas 481 AquaBalance-2mm
Weber.therm 310-3mm
Klaaskiudvõrk Weber 397-0mm
Weber.therm 310-4mm
Isover FS 30-150mm
Fibo 3-200mm
OSB plaat-18mm
Kipsplaat Gyproc GN 13
Siseviimistlus vastavalt projektile

SS-1
Siseviimistlus vastavalt tellija soovile
Aeroc element 100
Siseviimistlus vastavalt tellija soovile
SS-2
Seinalaudis 15x70 mm
Distantслиist vertikaal 22x50 s400
ISOVER SAUNA plaat-25mm
Aeroc element 100
Siseviimistlus vastavalt tellija soovile

TTÜ TARTU KOLLEDŽ		Töö nimetus: Välisseinte tüüpide ja fermide tugevusarvutuste võrdlus eramu Väike-Õuna näitel			
Koostaja: Silver Kuum	(allkiri, kuupäev)	Töö liik: Magistriõppe lõputöö			
Juhendaja: Illimar Kalk	(allkiri, kuupäev)	Nimetus: Lõige A-A			
Säätva tehnoloogia õppetool		Mõõtkava 1:50	Formaat: A3	Leht: 8/20	Kuupäev: 30.05.2016

LÕIGE B-B

Ülemine ja alune betoneeritud vöö
armeeringitud 2x10mm varrastega



VS-1
Weber.pas 481 AquaBalance-2mm
Weber.therm 310-3mm
Klaaskiudvõrk Weber 397-0mm
Weber.therm 310-4mm
Isover FS 30-150mm
Fibo 3-200mm
Siseviimistlus vastavalt projektile


VS-2
Värvitud fassaadilaudis UTS-28x170mm
Roovlatid 25x100-s400mm
Püstlaud 25x100-s400mm
Tuuletõkkeplaat Isover VKL-13mm
Karkassipost 100x50-s400mm
Ogaplaat ferm

VS-5
Tempsi Zoccolo sokliplaat-10mm
Liimvaht Penosil Fixfoam
Eps 150 Perimeeter Pluss-100mm
Fibo 3-200mm

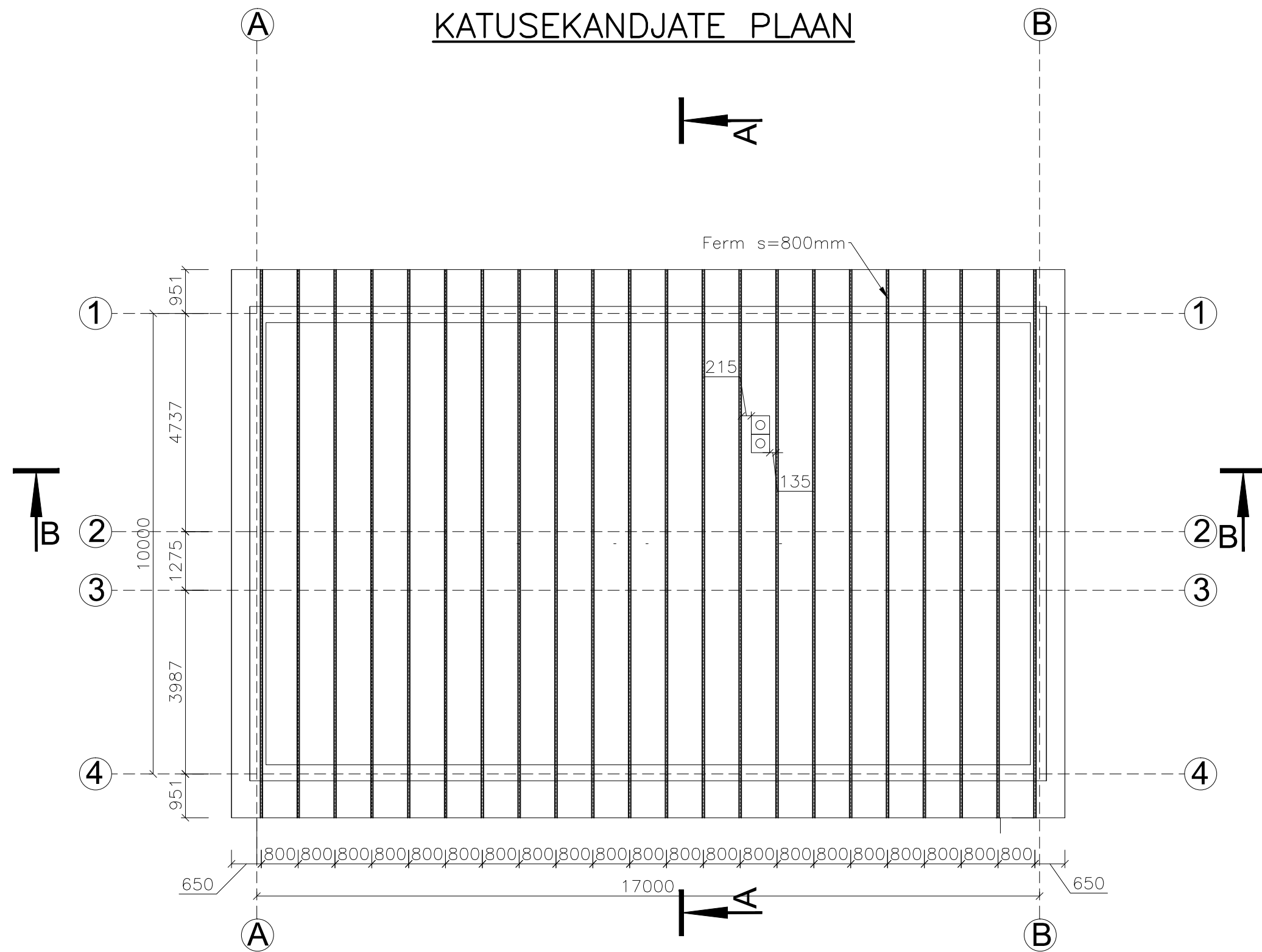
PP-1
Siseviimistlus vastavalt sisekujundusele
Betonist tasanduskiht-40mm
Beton-80mm
Soojusisolatsioon Styrofoam 250
SL-A-N 50+100+100mm
Soojusisolatsioon Styrofoam 250
SL-A-N-50, 1,2m laiuselt äärest

KL-1
Puistevill PH KV 039-400mm
Soojusisolatsioon ISOVER KL33-100mm
Ogaplaatferm 200x50 s800mm
Aurutõke ISOVER REK 31-25-25mm
Roovitus 32x100mm s400mm
OSB plaat 18mm
Kipsplaat Gyproc GN 13
Laevärv-valge


VS-1
Weber.pas 481 AquaBalance-2mm
Weber.therm 310-3mm
Klaaskiudvõrk Weber 397-0mm
Weber.therm 310-4mm
Isover FS 30-150mm
Fibo 3-200mm
Siseviimistlus vastavalt projektile

 TTÜ TARTU KOLLEDŽ		Töö nimetus: Välisseinte tüüpide ja fermide tugevusarvutuste võrdlus eramu Väike-Õuna näitel			
Koostaja: Silver Kuum	(allkiri, kuupäev)	Töö liik: Magistriõppe lõputöö			
Juhendaja: Illimar Kalk	(allkiri, kuupäev)	Nimetus: Lõige B-B			
Säätva tehnoloogia õppetool		Mõõtkava 1:100	Formaat: A3	Leht: 9/20	Kuupäev: 30.05.2016

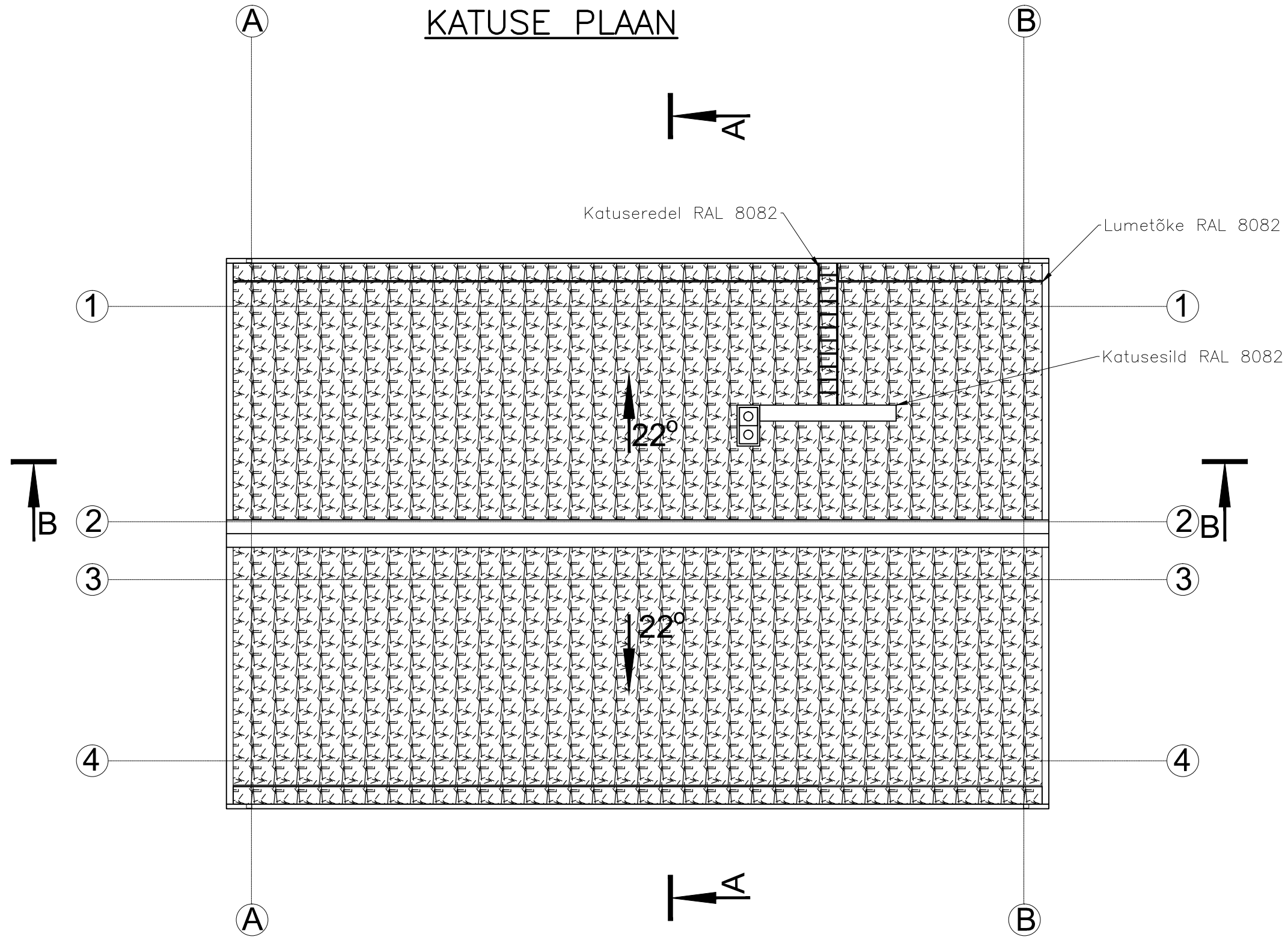
KATUSEKANDJATE PLAAN




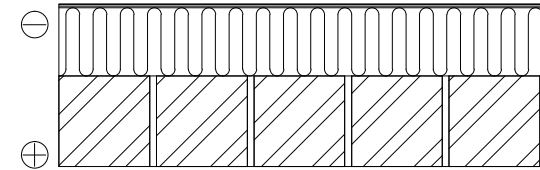
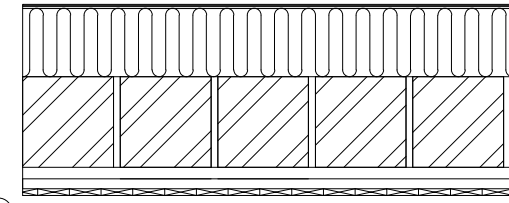
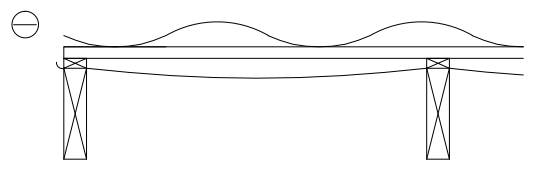
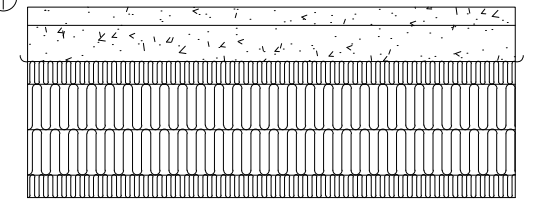
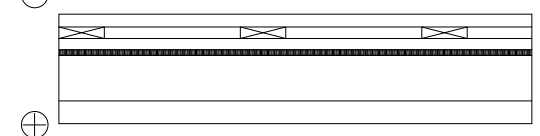
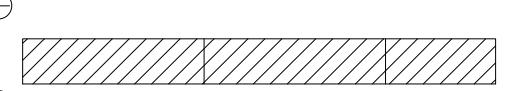
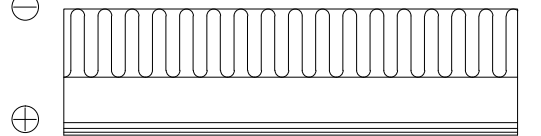
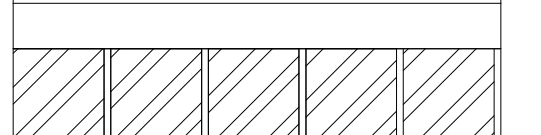
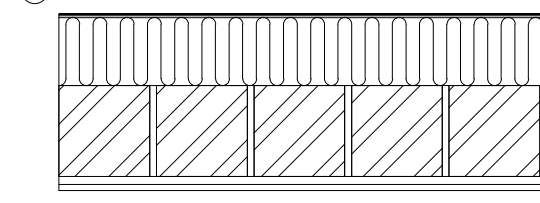
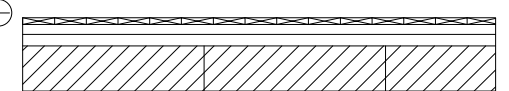
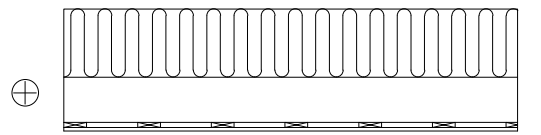
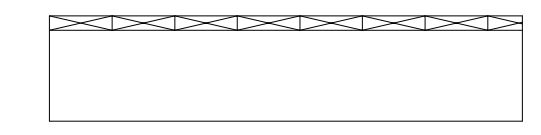
Fermi tüüp joonisel 14: Fermi tööjoonis


 TTÜ TARTU KOLLEDŽ		Töö nimetus: Välisseinte tüüpide ja fermide tugevusarvutuste võrdlus eramu Väike-Õuna näitel		
Koostaja: Silver Kuum	(allkiri, kuupäev)	Töö liik: Magistriõppe lõputöö		
Juhendaja: Illimar Kalk	(allkiri, kuupäev)	Nimetus: Katusekandjate plaan		
Säätva tehnoloogia õppetool		Mõõtkava 1:100	Formaat: A3	Leht: 10/20
		Kuupäev: 30.05.2016		

KATUSE PLAAN

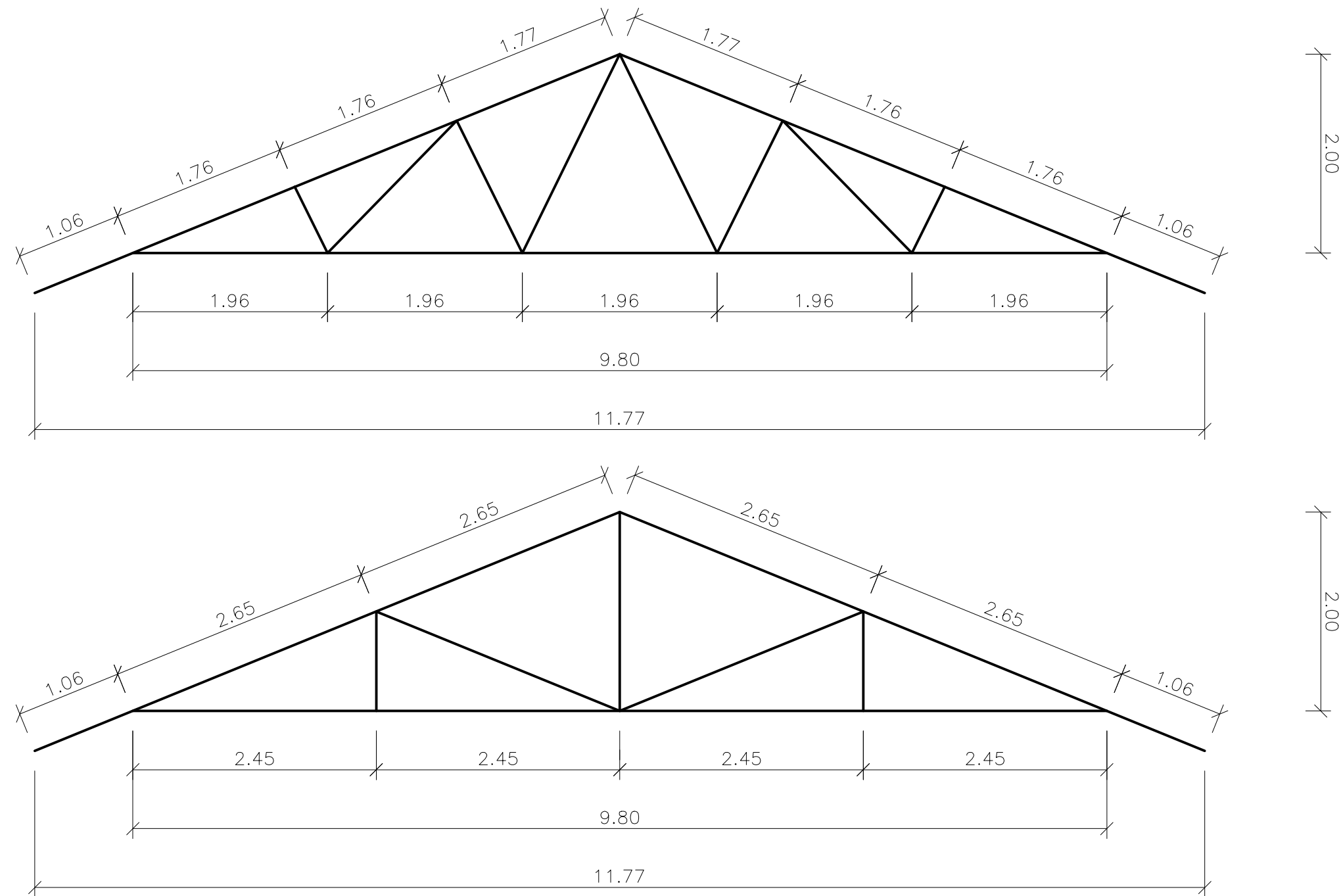



 TTÜ TARTU KOLLEDŽ		Töö nimetus: Välisseinte tüüpide ja fermide tugevusarvutuste võrdlus eramu Väike-Õuna näitel			
Koostaja: Silver Kuum	(allkiri, kuupäev)	Töö liik: Magistriõppe lõputöö			
Juhendaja: Illimar Kalk	(allkiri, kuupäev)	Nimetus: Katuse plaan			
Säätva tehnoloogia õppetool		Mõõtkava 1:100	Formaat: A3	Leht: 11/20	Kuupäev: 30.05.2016

<p>Tähis</p> <p>VS-1</p>  <p>Weber.pas 481 AquaBalance-2mm Weber.therm 310-3mm Klaaskiudvõrk Weber 397-0mm Weber.therm 310-4mm Isover FS 30-150mm Fibo 3-200mm Siseviimistlus vastavalt projektile</p>	<p>Tähis</p> <p>VS-4</p>  <p>Weber.pas 481 AquaBalance-2mm Weber.therm 310-3mm Klaaskiudvõrk Weber 397-0mm Weber.therm 310-4mm Isover FS 30-150mm Fibo 3-200mm ISOVER SAUNA plaat-25mm Distantikliist vertikaal 22x50 s800 Seinalaudis 15x70 mm</p>	<p>Tähis</p> <p>K-1</p>  <p>Profiilplekk "ADAMANTE"-55mm Roov 25x100 s350mm Distantikliist 22x50 Aluskate Ogaplaatferm 150x50 s800mm</p>	<p>Tähis</p> <p>PP-1</p>  <p>Siseviimistlus vastavalt sisekujundusele Betonist tasanduskiht C25/30-40mm Beton C25/30, keskel põrandakütte- torustik-80mm Polüetüleenkile 0,2mm, vuugid 200mm 200mm ülekattega, teibitud Soojusisolatsioon Styrofoam 250 SL-A-N 50+100+100mm Soojusisolatsioon Styrofoam 250 SL-A-N-50, 1,2m laiuselt äärest Tihendatud täitepinnas min 150mm Tihendatud aluspinnas</p>
<p>Tähis</p> <p>VS-2</p>  <p>Värvitud fassaadilaudis UTS-28x170mm Roovlatid 25x100-s400mm Püstlauad 25x100-s400mm Tuuletõkkeplaat Isover VKL-13mm Karkassipost 100x50-s400mm Otsaviilu karkass 50x200mm</p>	<p>Tähis</p> <p>SS-1</p>  <p>Siseviimistlus vastavalt tellija soovile Aeroc element 100 Siseviimistlus vastavalt tellija soovile</p>	<p>Tähis</p> <p>KL-1</p>  <p>Puistevill PH KV 039-400mm Soojusisolatsioon ISOVER KL33-100mm Ogaplaatferm 150x50 s800mm Aurutõke ISOVER REK 31-25-25mm Roovitus 32x100mm s400mm OSB plaat 18mm Kipsplaat Gyproc GN 13 Laevärv-valge</p>	<p>Tähis</p> <p>VS-5</p>  <p>Tempsi Zoccoło sokliplaat-10mm Liimvaht Penosil Fixfoam Eps 150 Perimeeter Pluss-100mm Fibo 3-200mm</p>
<p>Tähis</p> <p>VS-3</p>  <p>Weber.pas 481 AquaBalance-2mm Weber.therm 310-3mm Klaaskiudvõrk Weber 397-0mm Weber.therm 310-4mm Isover FS 30-150mm Fibo 3-200mm OSB plaat-18mm Kipsplaat Gyproc GN 13 Siseviimistlus vastavalt projektile</p>	<p>Tähis</p> <p>SS-2</p>  <p>Seinalaudis 15x70 mm Distantikliist vertikaal 22x50 s400 ISOVER SAUNA plaat-25mm Aeroc element 100 Siseviimistlus vastavalt tellija soovile</p>	<p>Tähis</p> <p>KL-2</p>  <p>Puistevill PH KV 039-400mm Soojusisolatsioon ISOVER KL33-100mm Ogaplaatferm 150x50 s800mm Aurutõke ISOVER REK 31-25-25mm Hõre laudis 32x100mm s=400mm Laelaudis 15x70mm</p>	<p>Tähis</p> <p>PP-2</p>  <p>Terrassilaudis Plastrex-32mm Talad 50x200 s400mm Pinnasesse betoneeritud postid</p>

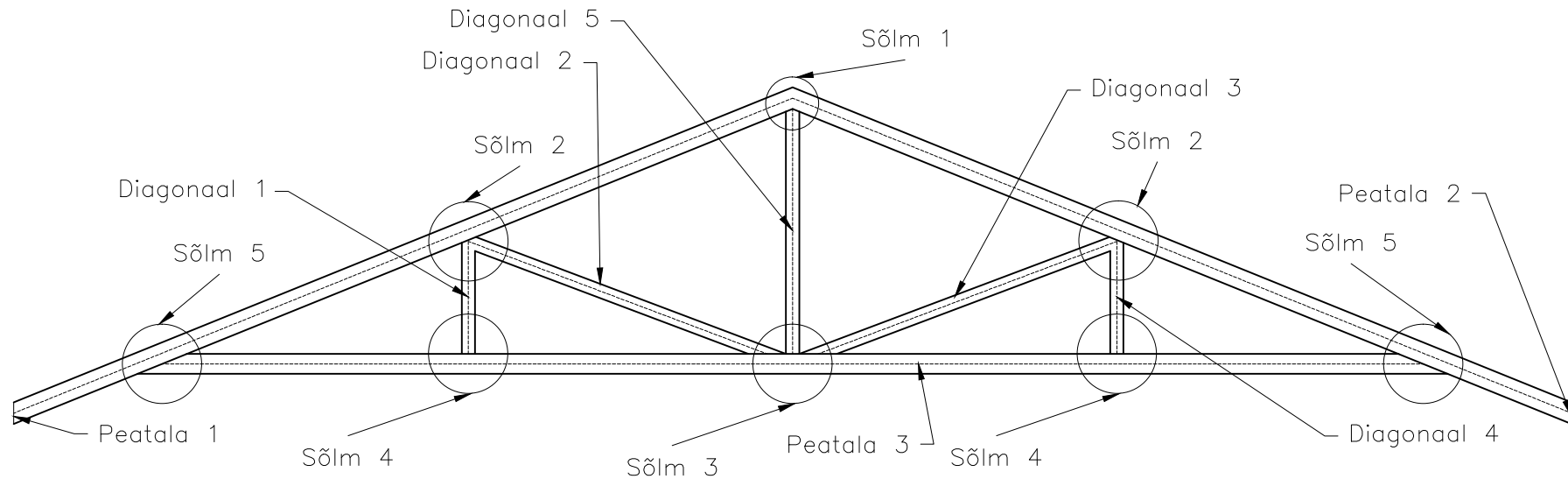
 TTÜ TARTU KOLLEDŽ		Töö nimetus: Välisseinte tüüpide ja fermide tugevusarvutuste võrdlus eramu Väike-Õuna näitel			
Koostaja: Silver Kuum	(alkiri, kuupäev)	Töö liik: Magistriõppe lõputöö			
Juhendaja: Illimar Kalk	(alkiri, kuupäev)	Nimetus: Tüüpkonstruktsioonid			
Säästva tehnoloogia õppetool		Mõõtkava 1:100	Formaat: A3	Leht: 12/20	Kuupäev: 30.05.2016

VÖRRELDAVAD FERMID



 TTÜ TARTU KOLLEDŽ		Töö nimetus: Välisseinte tüüpide ja fermide tugevusarvutuste võrdlus eramu Väike-Õuna näitel		
Koostaja: Silver Kuum	(allkiri, kuupäev)	Töö liik: Magistriõppe lõputöö		
Juhendaja: Illimar Kalk	(allkiri, kuupäev)	Nimetus: Võrreldavad fermid		
Säätva tehnoloogia õppetool		Mõõtkava 1:50	Formaat: A3	Leht: 13/20
		Kuupäev: 30.05.2016		

FERMI TÖÖJOONIS



Sõlmede lahendused joonistelt 15–20.

Fermi materjal: C24

Elemendide paksus: 50 mm

Elementide laius: 150 mm (Peatala 1–3)

100 mm (Diagonaalid 1–5)

Fermide asetust joonisel 10: Katusekandjate plaan



TTÜ TARTU KOLLEDŽ

Koostaja:

Silver Kuum

(allkiri, kuupäev)

Juhendaja:

Illimar Kalk

(allkiri, kuupäev)

Töö nimetus:

Välisseinte tüüpide ja fermide tugevusarvutuste võrdlus eramu Väike-Õuna näitel

Töö liik:

Magistriõppe lõputöö

Nimetus:

Fermi tööjoonis

Säästva tehnoloogia õppetool

Möötkava

1:50

Formaat:

A3

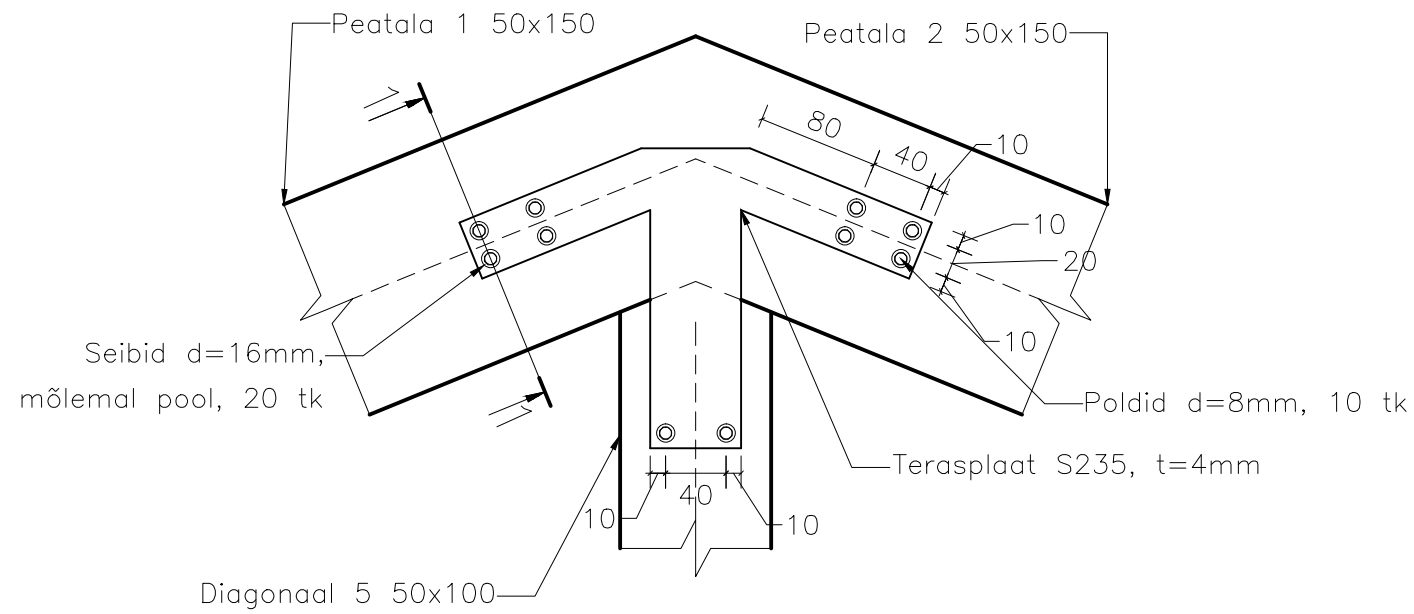
Leht:

14/20

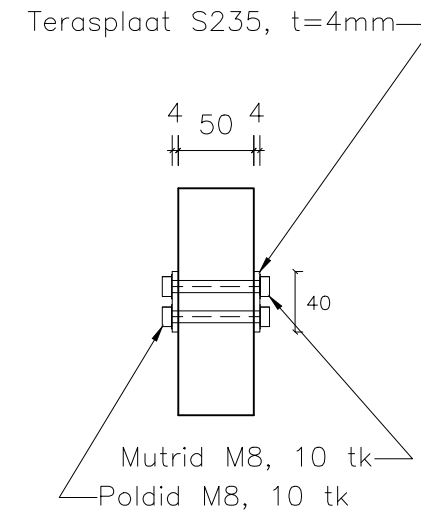
Kuupäev:

30.05.2016

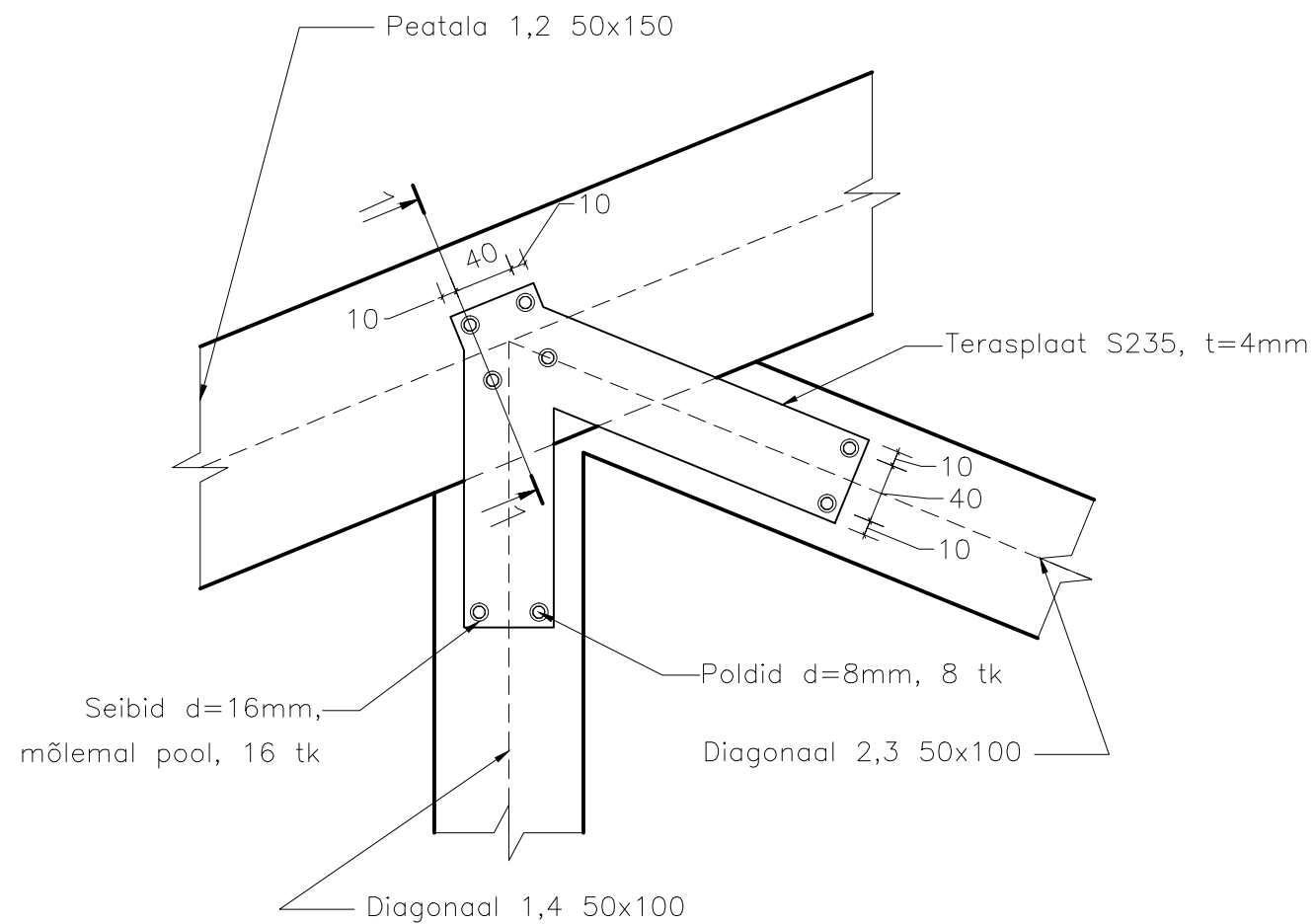
SÕLM 1



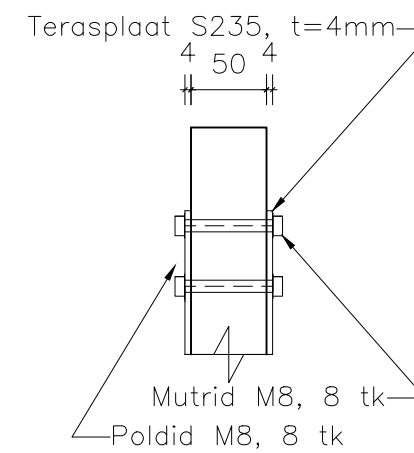
LÕIGE 1-1




SÕLM 2

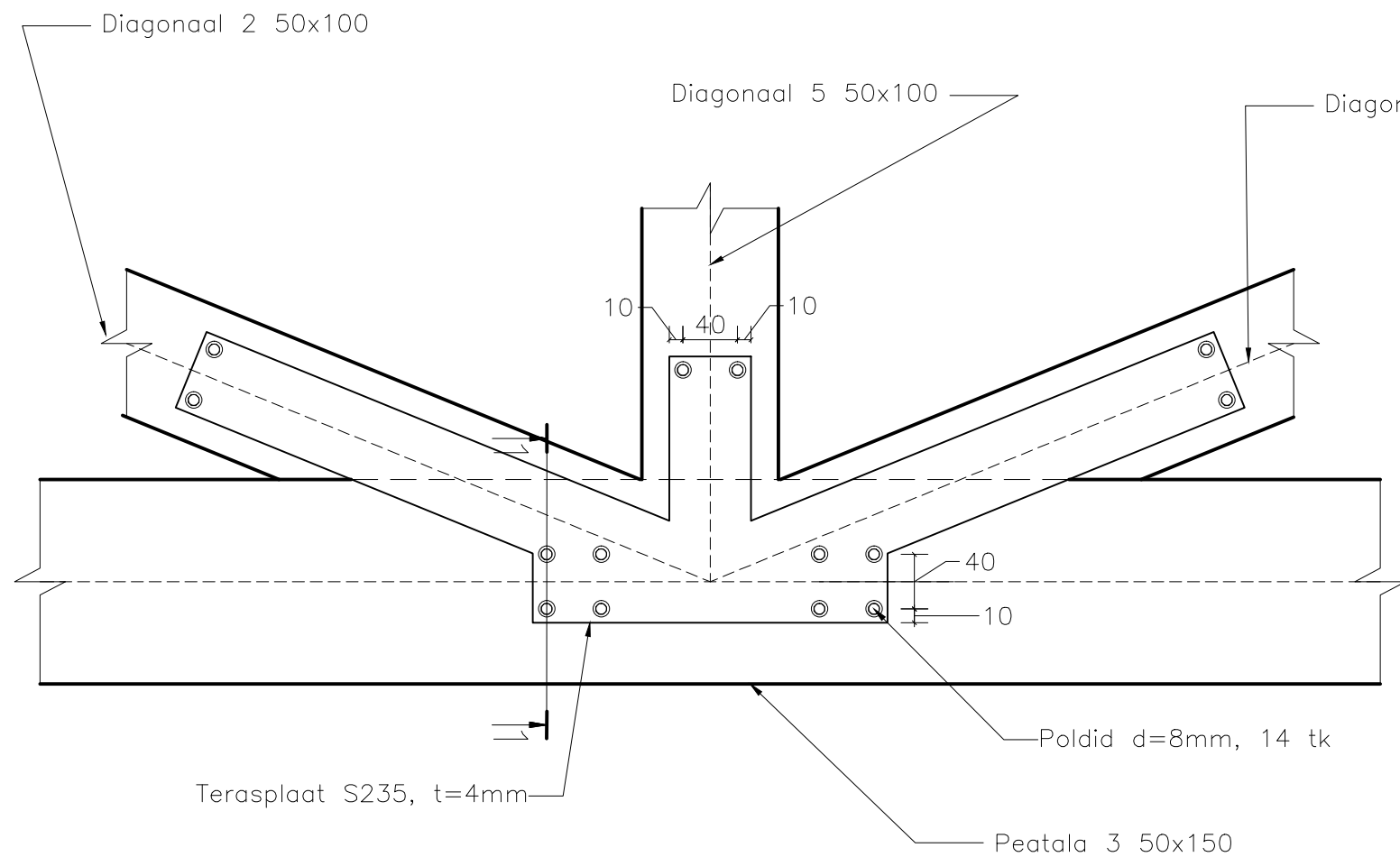


LÕIGE 1-1

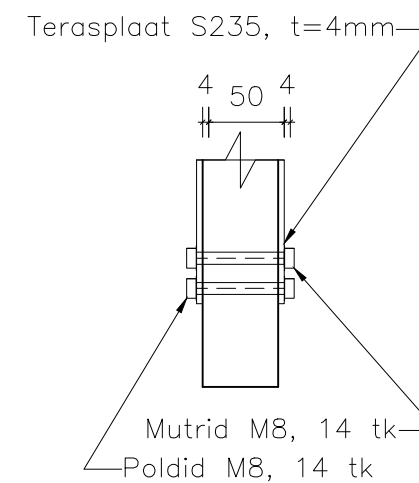


 TTÜ TARTU KOLLEDŽ		Töö nimetus: Välisseinte tüüpide ja fermide tugevusarvutuste võrdlus eramu Väike-Õuna näitel		
Koostaja: Silver Kuum		(allkiri, kuupäev)		Töö liik: Magistriõppe lõputöö
Juhendaja: Illimar Kalk		(allkiri, kuupäev)		Nimetus: Sõlmed 1 ja 2 terasplaatidega
Säätva tehnoloogia õppetool		Mõõtkava 1:5	Formaat: A3	Leht: 15/20
				Kuupäev: 30.05.2016

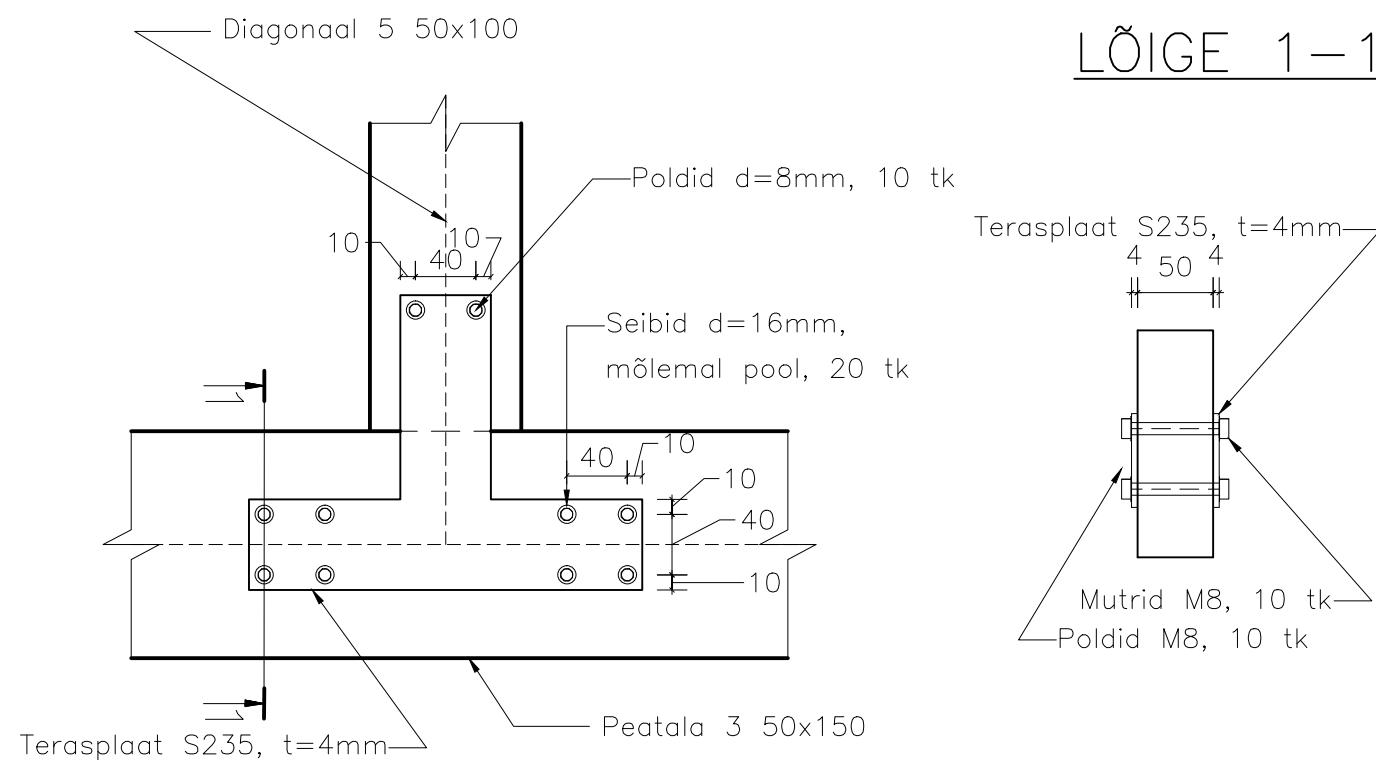
SÕLM 3



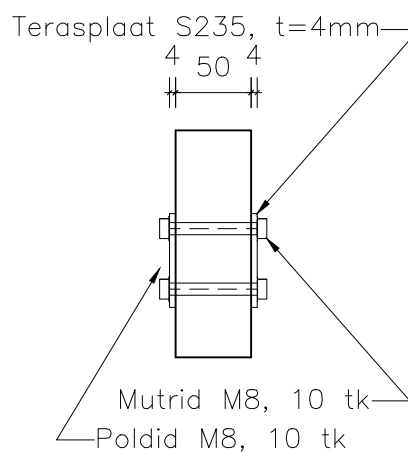
LÕIGE 1-1




SÕLM 4

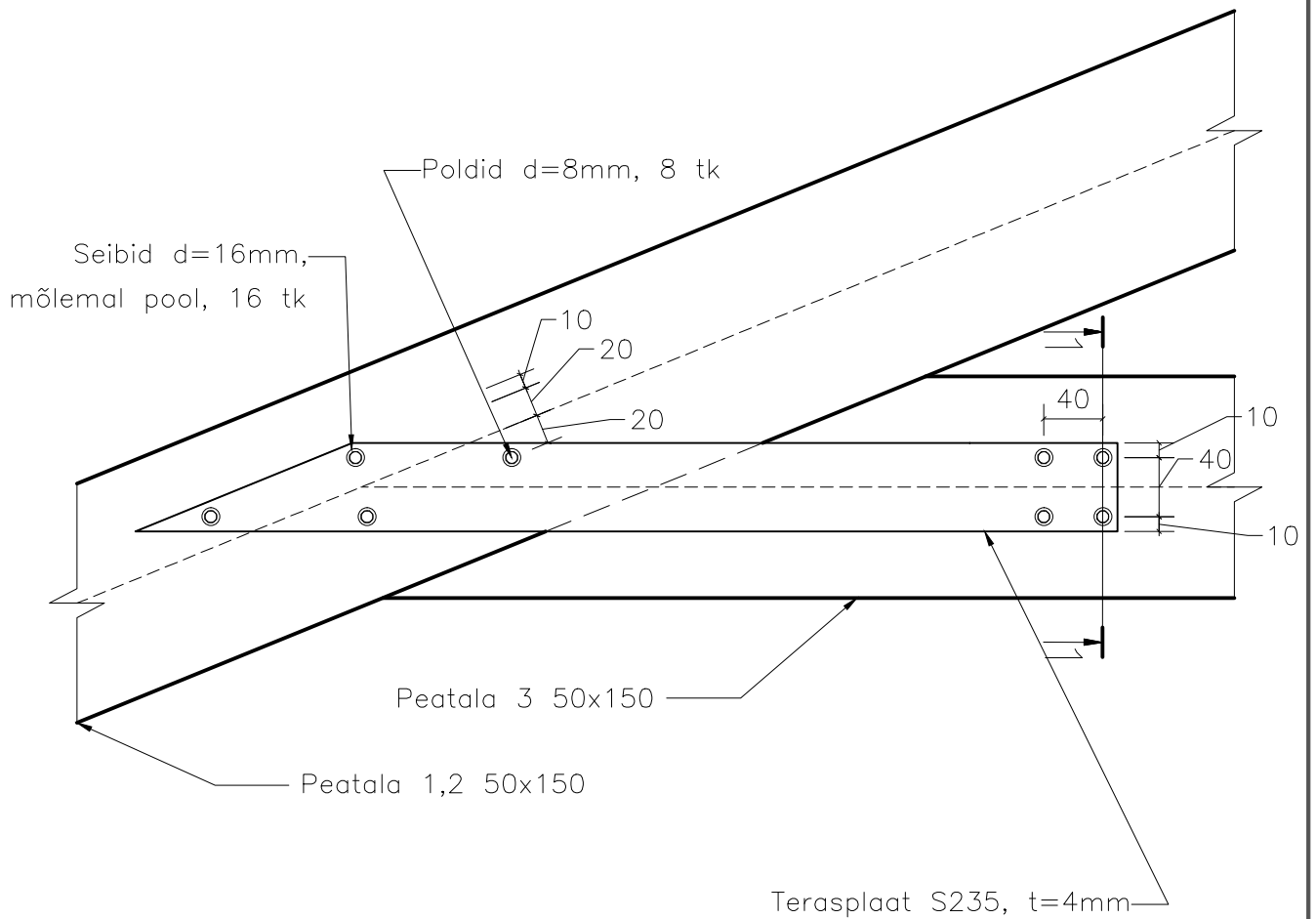


LÕIGE 1-1

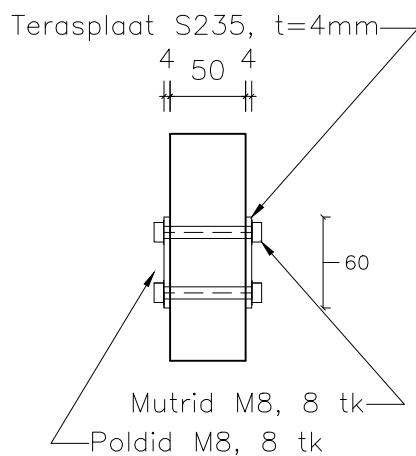


 TTÜ TARTU KOLLEDŽ		Töö nimetus: Välisseinte tüüpide ja fermide tugevusarvutuste võrdlus eramu Väike-Õuna näitel		
Koostaja: Silver Kuum	(allkiri, kuupäev)	Töö liik: Magistriõppe lõputöö		
Juhendaja: Illimar Kalk	(allkiri, kuupäev)	Nimetus: Sõlmed 3 ja 4 terasplaatidega		
Säätva tehnoloogia õppetool		Mõõtkava 1:5	Formaat: A3	Leht: 16/20
		Kuupäev: 30.05.2016		

SÕLM 5



LÕIGE 1-1



TTÜ TARTU KOLLEDŽ

Töö nimetus:
Välisseinte tüüpide ja fermide tugevusarvutuste võrdlus eramu Väike-Õuna näitel

Koostaja:
Silver Kuum
(allkiri, kuupäev)

Töö liik:
Magistriõppe lõputöö

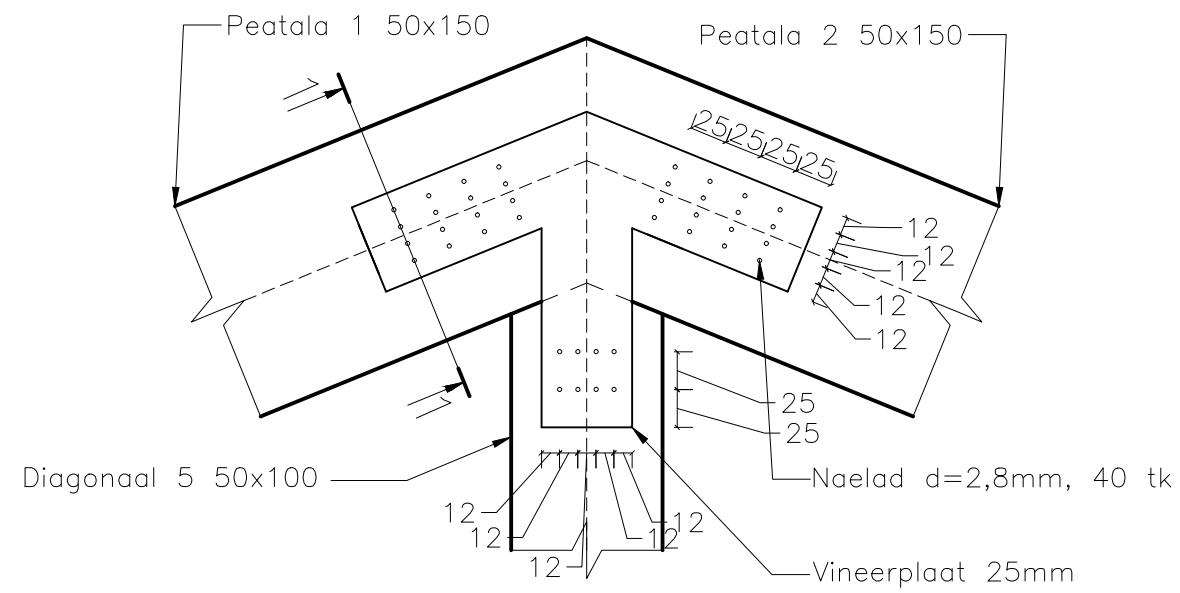
Juhendaja:
Illimar Kalk
(allkiri, kuupäev)

Nimetus:
Sõlm 5 terasplaatidega

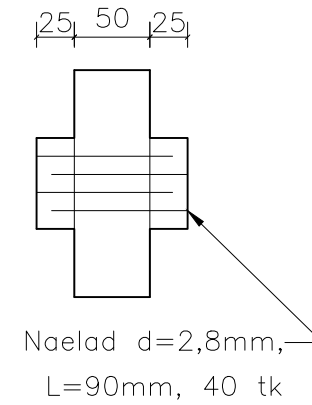
Säästva tehnoloogia õppetool

Möötkava 1:5	Formaat: A4	Leht: 17/20	Kuupäev: 30.05.2016
-----------------	----------------	----------------	------------------------

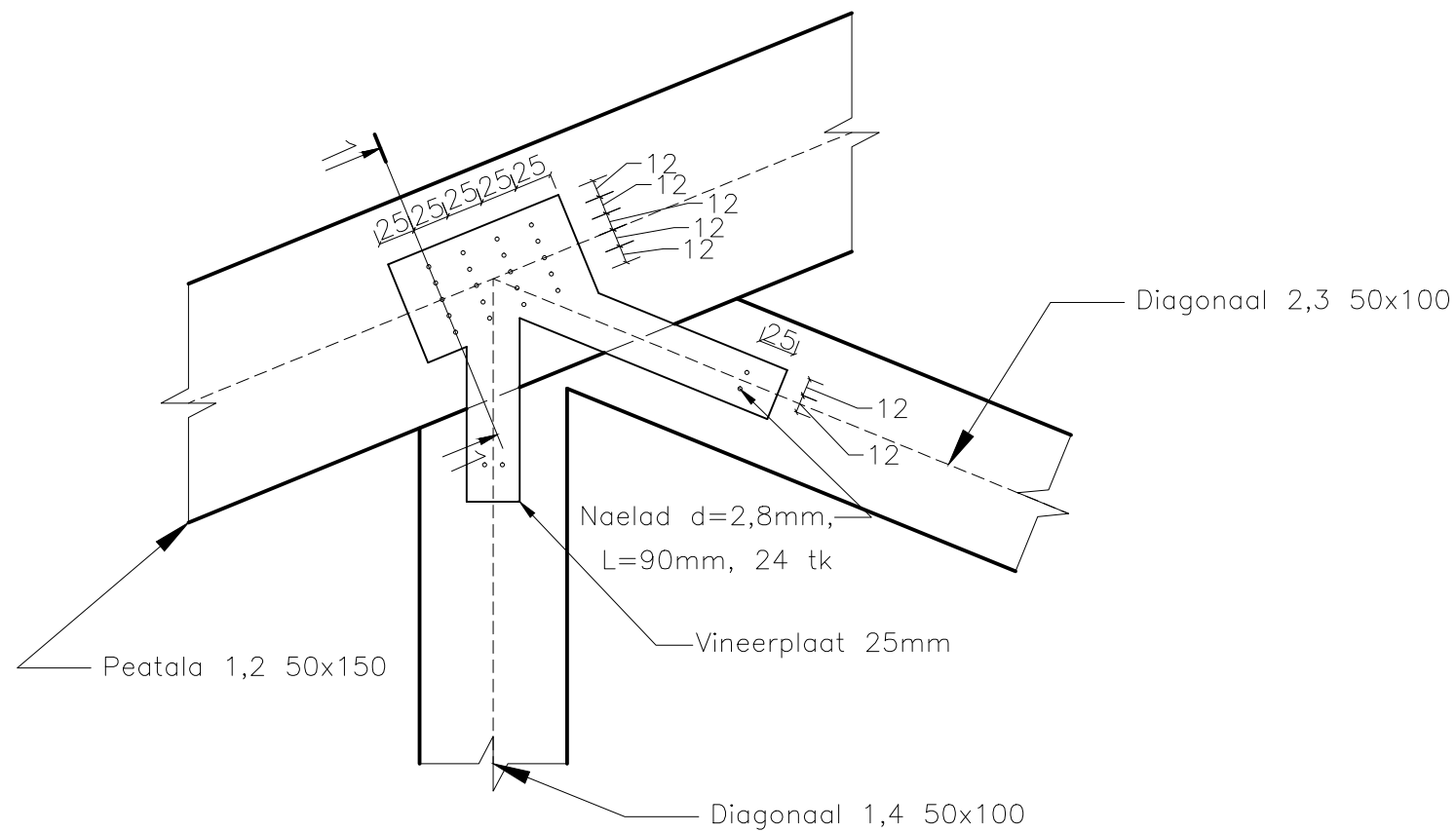
SÕLM 1



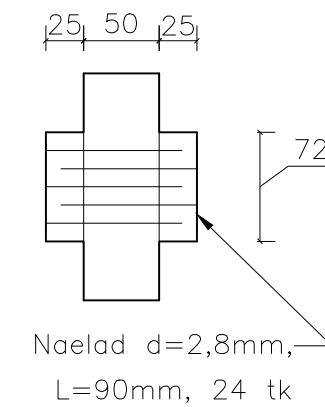
LÕIGE 1-1




SÕLM 2

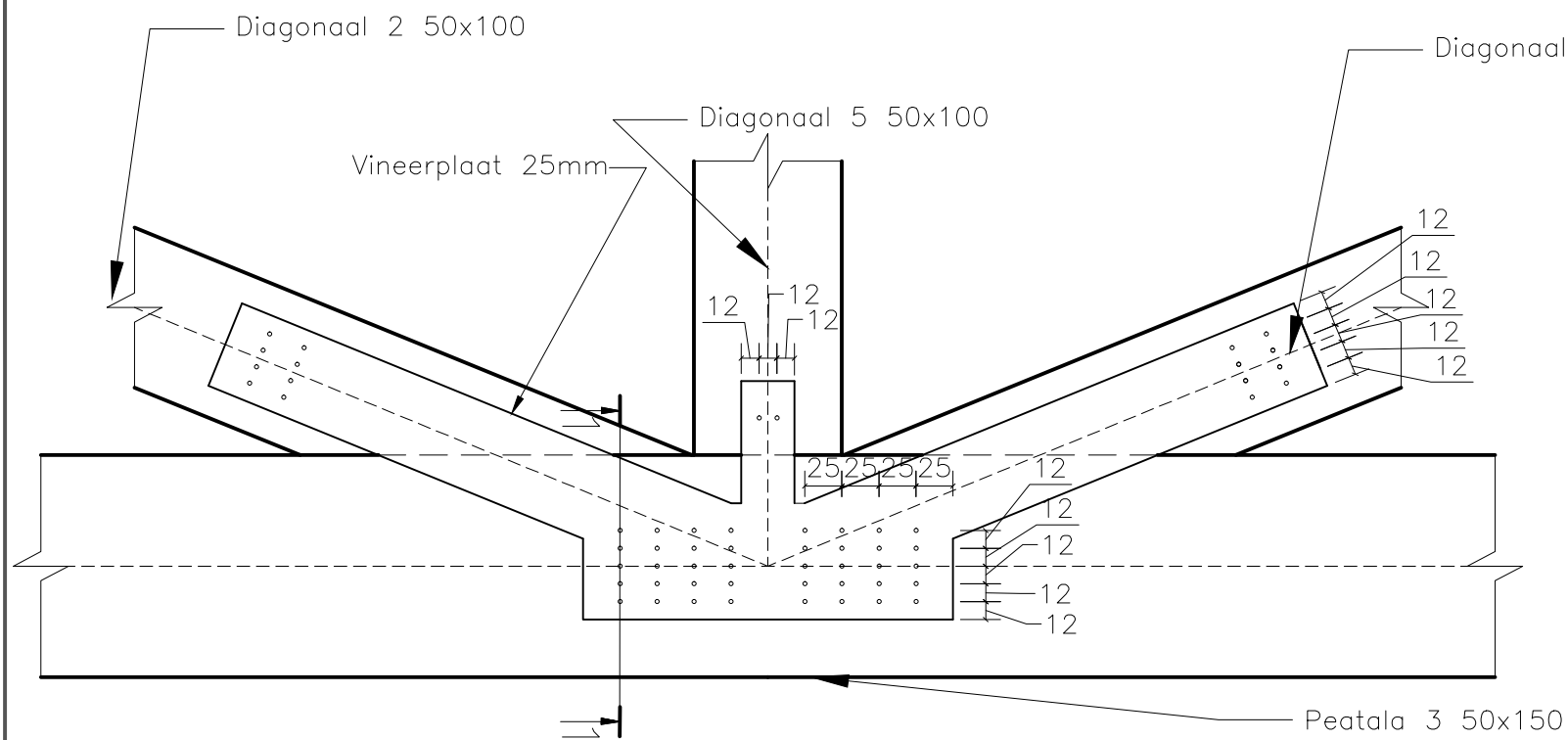


LÕIGE 1-1

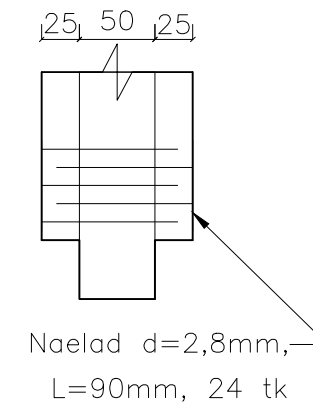


 TTÜ TARTU KOLLEDŽ		Töö nimetus: Välisseinte tüüpide ja fermide tugevusarvutuste võrdlus eramu Väike-Õuna näitel		
Koostaja: Silver Kuum	(allkiri, kuupäev)	Töö liik: Magistriõppe lõputöö		
Juhendaja: Illimar Kalk	(allkiri, kuupäev)	Nimetus: Sõlmed 1 ja 2 vineerplaatidega		
Säätva tehnoloogia õppetool		Mõõtkava 1:5	Formaat: A3	Leht: 18/20
		Kuupäev: 30.05.2016		

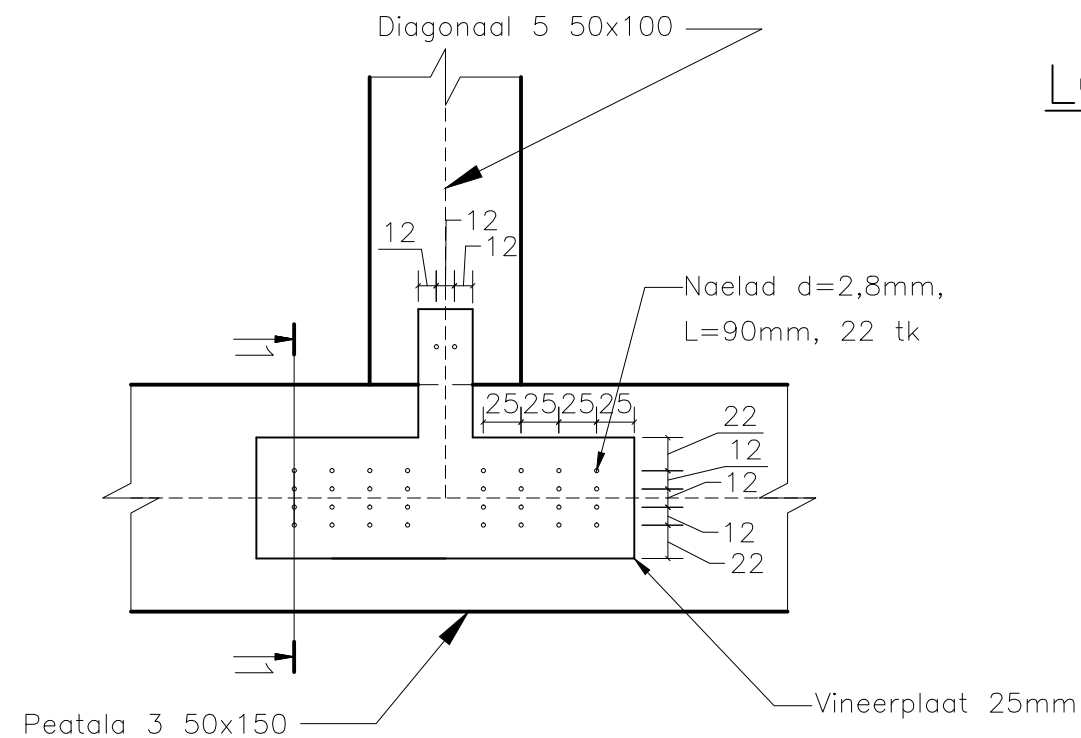
SÖLM 3



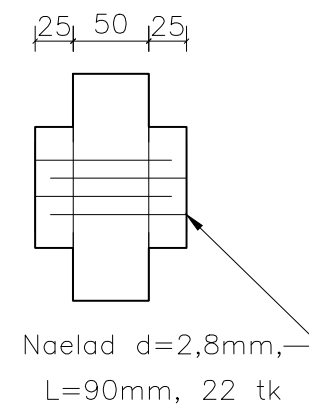
LÕIGE 1-1




SÖLM 4

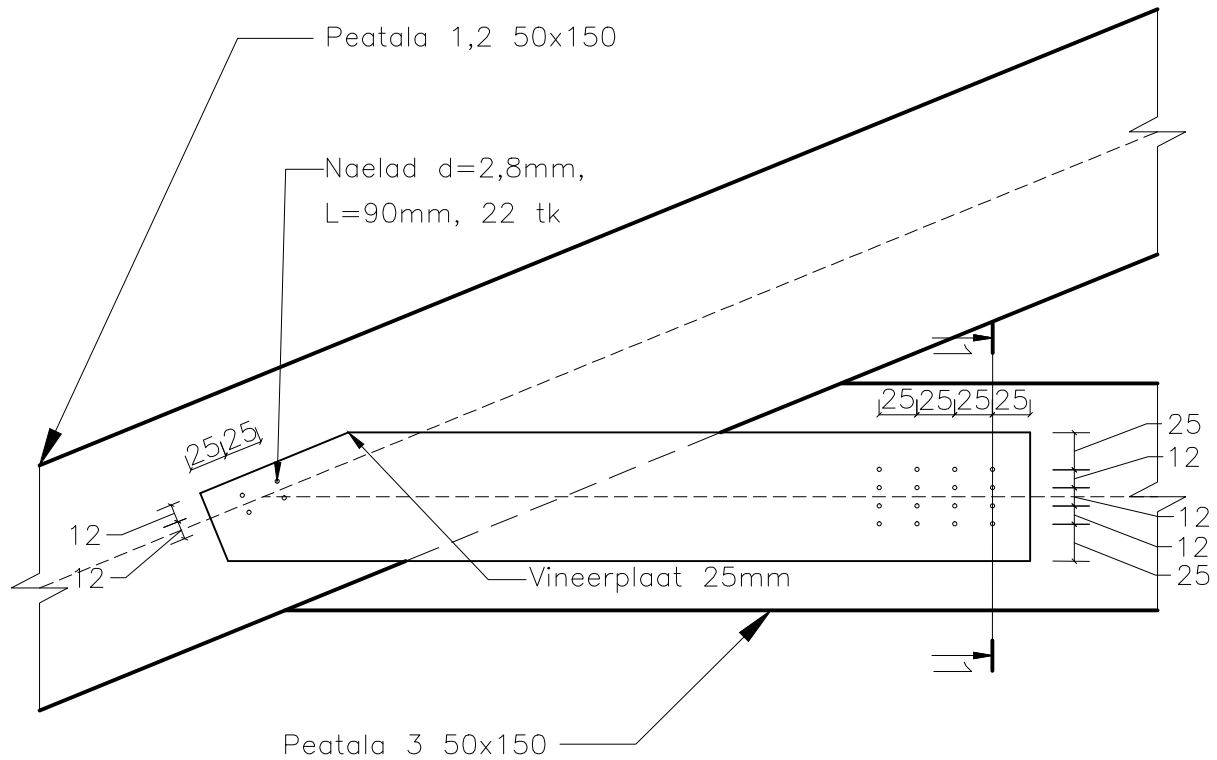


LÕIGE 1-1



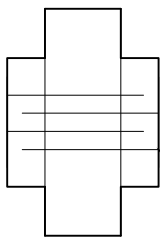
 TTÜ TARTU KOLLEDŽ		Töö nimetus: Välisseinte tüüpide ja fermide tugevusarvutuste võrdlus eramu Väike-Õuna näitel		
Koostaja: Silver Kuum	(allkiri, kuupäev)	Töö liik: Magistriõppe lõputöö		
Juhendaja: Illimar Kalk	(allkiri, kuupäev)	Nimetus: Sõlmed 3 ja 4 vineerplaatidega		
Säätva tehnoloogia õppetool		Mõõtkava 1:5	Formaat: A3	Leht: 19/20
		Kuupäev: 30.05.2016		

SÕLM 5



LÕIGE 1-1

25, 50, 25



Naelad $d=2,8\text{mm}$,
 $L=90\text{mm}$, 22 tk



TTÜ TARTU KOLLEDŽ

Töö nimetus:
Välisseinte tüüpide ja fermide tugevusarvutuste
võrdlus eramu Väike-Õuna näitel

Koostaja:
Silver Kuum

(allkiri, kuupäev)

Töö liik:
Magistriõppe lõputöö

Juhendaja:
Illimar Kalk

(allkiri, kuupäev)

Nimetus:
Sõlm 5 vineerplaatidega

Säästva tehnoloogia õppetool

Möötkava
1:5

Formaat:
A4

Leht:
20/20

Kuupäev:
30.05.2016