

Säästva tehnoloogia õppetool

SOOJUSTEHNILISTE NÄITAJATE JA KESKMISE  
PÄEVAVALGUSTEGURI VÕRDLUS ERINEVATE  
MATERJALIDE KASUTAMISEL VÄLISSEINTES  
VÄIKEMAJA NÄITEL

COMPARISON OF THERMAL TECHNICAL INDICATORS AND AVERAGE  
DAYLIGHT FACTOR WHILE USING DIFFERENT MATERIALS IN EXTERIOR  
WALLS BY THE EXAMPLE OF A SMALL DWELLING

Magistritöö  
ehitiste restaureerimise peerialal

Üliõpilane: **Simmo Stockholm**

Juhendaja: **Aime Ruus**

Kaasjuhendaja: **Kalli Metspalu**

Tartu, 2015

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: 105350 EAEI

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

..... (juhendaja allkiri ja kuupäev)

Kaitsmisele lubatud: ..... (kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees: ..... (allkiri)

## **ABSTRACT**

Stockholm, S. Comparison of thermal technical indicators and average daylight factor while using different materials in exterior walls by the example of a small dwelling. Master's Thesis. 2 volumes. Tartu 2015. 73 pages. 14 tables. 65 drawings. The thesis is written in the Estonian language.

The intent of this thesis is to design a house and compare how using construction with different materials in external walls of a small dwelling affects some of the thermal technical indicators and average daylight factor. Modern buildings with low U-values of external building elements tend to have thick external walls, that will block daylight. Therefore it is necessary to calculate average daylight factors of living rooms. In order to compare only the effect of materials in external walls, all other parts of construction have been left the same. Materials used in external walls are: Aeroc aerated concrete blocks with Isover insulation, Weber Leca insulated lightweight concrete blocks and Termoplokk insulated concrete forms.

Based on calculations, it could be concluded, that alternative construction materials are competitive to more commonly used materials and should be taken into consideration when designing a building.

Keywords: U-value, thermal bridges, heat losses, energy-efficient building, average daylight factor.

# SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	7
1 KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	9
2 TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED .....	10
3 MATERJAL JA METOODIKA.....	11
3.1 Projekteeritav hoone .....	11
3.2 Arvutusmeetodika.....	11
3.2.1 Välispiirete soojustakistuste arvutamine .....	12
3.2.2 Soojusjuhtivuse arvutamine.....	16
3.2.3 Soojuskadude arvutamine.....	16
3.2.4 Külmasillad.....	17
3.2.5 Aastane soojakadu .....	19
3.2.6 Keskmise päevvalgustegur .....	19
4 TULEMUSED .....	22
4.1 Piirete soojusjuhtivused ja -kaod .....	22
4.1.1 Seinad .....	22
4.1.2 Aknad .....	25
4.1.3 Uksed .....	25
4.1.4 Põrand.....	25
4.1.5 Vahelagi.....	28
4.2 Geomeetriliste joonkülmasildade lisakonduktantsid ja temperatuuriindeksid .....	30
4.2.1 Aeroc plokkidest välisseintega hoone külmasillad ja temperatuuriindeksid. ....	31
4.2.2 Leca plokkidest välisseintega hoone külmasillad ja temperatuuriindeksid... ..	37
4.2.3 Aeroc plokkidest välisseintega hoone geomeetriliste joonkülmasildade $\Psi$ väärtused.....	43
4.2.4 Leca plokkidest välisseintega hoone geomeetriliste joonkülmasildade $\Psi$ väärtused.....	45

4.2.5	Termoplokkidest välisseintega hoone külmasillad.....	47
4.3	Aastased soojakaod.....	48
4.3.1	Aeroc plokkidest välisseintega hoone aastased soojakaod.....	48
4.3.2	Leca plokkidest välisseintega hoone aastased soojakaod.....	49
4.3.3	Termoplokkidest hoone aastased soojakaod.....	50
4.4	Keskmiised päevavalgustegurid.....	50
4.4.1	Aeroc plokkidest välisseintega hoone .....	51
4.4.2	Leca plokkidest välisseintega hoone .....	52
4.4.3	Termoplokkidest välisseintega hoone .....	54
5	SAADUD TULEMUSTE ANALÜÜS.....	56
6	ÜKSIKELAMU EHITUSPROJEKTI SELETUSKIRI.....	59
6.1	Seletuskirja koosseis .....	59
6.2	Üldosa .....	59
6.2.1	Sissejuhatus .....	59
6.2.2	Objekti eluiga .....	59
6.2.3	Üldandmed .....	60
6.2.4	Alusdokumendid.....	60
6.3	Asendiplaan .....	61
6.3.1	Üldandmed .....	61
6.3.2	Olemasolev olukord.....	61
6.3.3	Asendiplaani lahendus.....	62
6.3.4	Vertikaalplaneering .....	62
6.3.5	Teed ja platsid.....	62
6.3.6	Haljastus ja heakorrastus .....	63
6.3.7	Maa-ala tehnilised andmed.....	64
6.4	Arhitektuur.....	65
6.4.1	Üldandmed .....	65

6.4.2	Arhitektuuri üldlahendus .....	65
6.4.3	Hoone tehnilised andmed .....	66
6.5	Konstruksioonid.....	66
6.5.1	Vundament .....	66
6.5.2	Põrand pinnasel .....	67
6.5.3	Välisseinad .....	67
6.5.4	Siseseinad .....	67
6.5.5	Vahelagi.....	67
6.5.6	Katus.....	68
6.5.7	Avatäited.....	68
6.5.8	Terrassid .....	68
6.5.9	Siseviimistlus.....	68
6.6	Tuleohutus .....	69
6.6.1	Üldandmed .....	69
6.6.2	Tuleohutusklass, kasutusviis ja kasutusotstarve.....	69
6.6.3	Tuleohutuse tagamise põhimõtted.....	69
6.6.4	Tuletõkkeseksioonid, tulepüsivus .....	70
6.6.5	Suitsuärastus .....	70
6.6.6	Tuletundlikkus .....	70
6.6.7	Evakuatsioonilahendus .....	70
6.6.8	Tuleohutuspaigaldised .....	71
6.6.9	Tehnosüsteemide tuleohutus .....	71
6.6.10	Päästemeeskonna juurdepääs ehitisele .....	71
6.6.11	Väline tulekustutusvesi.....	71
6.7	Soojavarustus ja küte .....	71
6.8	Ventilatsioon.....	72
6.9	Veevarustus ja kanalisatsioon.....	72

6.9.1	Veevarustus .....	72
6.9.2	Kanalisatsioon .....	72
6.9.3	Sademevesi .....	72
6.10	Elektrivarustus.....	72
KOKKUVÕTE .....		73
KASUTATUD KIRJANDUS .....		74
LISA 1 ARROLI 15 ÜKSIKELAMU EELPROJEKTI JOONISED .....		76
LISA 2 ARROLI 15 ÜKSIKELAMU PÕHIPLAAN (TERMOPLOKK) .....		91

## SISSEJUHATUS

Antud lõputöö raames on valminud üksikelamu arhitektuurne ehitusprojekt eelprojekti mahus. Energiasäästliku hoone projekteerimisel on oluline pöörata tähelepanu nii materjalide valikule hoone konstruktsioonides kui ka energitarbimisele ehitatavas hoones selle kasutamise ajal. Lisaks on tähtis juba projekteerimise ajal vältida mitteotstarbekaid konstruktsioonide ning sõlmede lahendusi, mis toovad endaga kaasa soojuskaod. Tihti on võimalik soojuskadusid piirata hoone arhitektuurse vormi hoolika valiku abil. Hoone keeruline geomeetria toob endaga kaasa rohkem külmasildu hoone välispiiretes, mis tähendab ka suuremaid soojuskadusid läbi välispiirete.

Kõiki külmasildu ei anna aga hoolika planeerimisega vältida, seega tuleb soojuskadusid mingil muul moel piirata. Selleks, et piirete U-arvud ehk soojusjuhtivused madalad hoida, tuleb hoolikalt valida, milliseid materjale piiretes kasutada.

Praegu turul saada olevad materjalid on muutunud järjest innovaatilisemaks. Tootjad on kombineerinud ühes tootes nii piirde kandva osa kui ka soojustuse osa. Antud lõputöös on lisaks projektis kirjeldatud konstruktsioonidele pakutud alternatiive kahe eelpool kirjeldatud omadustega toote kasutamise näol hoone konstruktsioonides.

Väiksema soojusjuhtivusega piirete kavandamisega võib kaasnedagi piirete paksuse suurenemine. Selleks, et projekteeritav hoone vastaks „Energiaõhuse miinimumnõuetele“, võib olla vajalik piirete projekteerimisel paksu soojustuskihi kasutamine. Suure paksusega välisseintega hoones võib kaasnedagi loomuliku valguse vähenemine eluruumides. Räästas ning aknapale takistavad loomuliku valguse jõudmist ruumidesse. Vähene loomulik valgus põhjustab vajadust elektrivalguse järele ka päevasel ajal. Elektrivalguse kasutamine tähendab energia tarbimise kasvu hoones. Hoone projekteerimisel on üheks peamiseks eesmärgiks madalad kulud elektrienergiale, seega tuleks lisaks nõutud akna ning põranda pindala suhtele kontrollida ka loomulikku valgustatuse taset eluruumides.

Antud lõputöös on teostatud arvutused projekteeritud hoone välispiirete soojapidavuse ning ruumide keskmiste päevavalgustegurite leidmiseks. Valitud konstruktsioonid on samasuguste soojustehniliste omadustega, kuid erineva paksusega. Alternatiividena projektis kirjeldatud Aeroc välisseintega hoonele on lisatud võrdlusesse Weber Leca



plokkidest ning Reideni plaat Termoplokkidest välisseintega, kuid üldjoontes samasuguste konstruktsioonidega hoonete soojapidavuse ning keskmise päevavalgusteguri arvutused.

# 1 KIRJANDUSE ÜLEVAADE

Antud lõputöös on põhiliselt kasutatud Eesti Vabariigis kehtivaid seadusi, määrusi ning standardeid.

Üksikelamu projekteerimisel on lähtutud Ehitusseadusest ning ehitusprojekti üldiselt ning projekti osi (tuleohutus, ventilatsioon, küttesüsteem, müra isolatsioon) puudutavatest määrustest ning standarditest.

Soojapidavuse arvutamisel on aluseks vastavates standardites esitatud arvutusmeetodid ja 08.10.2012 vastu võetud Majandus- ja kommunikatsiooniministri määrus nr 63 „Hoonete energiatõhususe arvutamise meetodika“. [1]

Konstruksioonides kasutatud ehitusmaterjalide kohta on saadud info tootjate ametlikelt kodulehtedelt või suheldes e-maili teel.

Termoplokk-konstruksioonide külmasildade lisakonduktantse puudutav info pärineb Tartu Ülikooli Energiatõhusa ehituse tuumiklabori uurimustöö „Passiivmaja standardile vastava hoone tüüpprojekti väljatöötamine ning optimeerimine“ vahearuandest, kus on välja toodud termoplokkidest projekteeritud maja peamised tüüpsõlmed ning nende külmasildade lisasoojusjuhtivused. [2]

Ruumide loomuliku valgustatuse määramisel leitav keskmine päevavalgustegur leitakse standardis EVS 894-2008 „Loomulik valgustus elu- ja bürooruumides“ kirjeldatud meetodite põhjal. [3]

## 2 TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Lõputöö peamiseks eesmärgiks on koostada üksikelamu arhitektuurne eelprojekt. Eelprojektile antakse alternatiivseid lahendusi muutes välisseintes kasutatavaid materjale. Tõestamaks, milline konstruktiivne lahendus on sobivaim, on vaja teha piiretele soojapidavuse arvutusi ning leida soojuskaod erinevate piirete puhul. Kuna piirded on erineva paksusega, tuleks kontrollida loomuliku valguse levikut ruumidesse.

Töö ülesanneteks on:

- Koostada vastavalt tellija soovidele, kehtestatud detailplaneeringule, Eesti Vabariigis kehtivatele seadustele ja määrustele ning standarditele üksikelamu arhitektuurne eelprojekt.
- Tutvuda erinevate ehitusmaterjalidega ning nende ehitusfüüsikaliste omadustega.
- Arvutada vastavalt standardites EVS-EN ISO 13370:2008 [4], EVS-EN 908-1:2010 [5] antud arvutusmetoodikale piirete soojusjuhtivused erinevate materjalide kasutamisel välisseintes.
- Tutvuda programmiga THERM 7.3 ning modelleerida selle abil piirdetarindite soojusvood ning temperatuurierinevused erinevate materjalide kasutamisel välisseintes. [6]
- Arvutada vastavalt standardites EVS-EN ISO 10211:2008 [7] ja EVS-EN ISO 14683 [8] antud arvutusmetoodikale sõlmede külmasildade lisasoojusjuhtivused.
- Leida aastased soojuskaod läbi välispiirete.
- Arvutada vastavalt standardile EVS 894:2008 [3] keskmised päevavalgustegurid ruumides.
- Võrrelda saadud tulemusi.

## **3 MATERJAL JA METOODIKA**

### **3.1 Projekteeritav hoone**

Antud lõputöö raames on valminud üksikelamu arhitektuurne eelprojekt (jaotis 6 ,Lisa 1 joonised A-01...A-14), mille piiretele on teostatud soojapidavus- ning keskmise päevavalgusteguri arvutused. Võrreldud on erinevate materjalide kasutamisest tingitud muutusi välisseinte soojapidavuses ning keskmises päevavalgusteguris. Toote iseärasusest tingituna on Termoplokkidest [9] projekteeritud hoone põhiplaani pisut muudetud (Lisa 2).

Võrdluses kasutatav hoone on ühekorruseline üksikelamu suletud netopinnaga 135,8 m<sup>2</sup>. Hoone gabariitmõõtmed on 16,0 m (pikkus), 11,2 m (laius) ja 7,0 m (kõrgus). Hoonel on madal lintvundament. Vundamendis kasutatud materjalid on võrdluses erinevad. Pinnasel paiknev põrand on koosneb raudbetoonist, mille alla jääb 150 mm paksune soojustuskiht EPS 100 vahtpolüstüreenplaatidest, mille alla on valatud betoonist tasanduskiht. Hoone seinakonstruktsioonid on võrreldavate variantide puhul erinevad. Seinakonstruktsioonid on kirjeldatud jaotises 4 . Vahelagi on projekteeritud 50x200 mm puittaladest, sammuga 600 mm. Laetalade alla on kinnitatud kipsplaat. Hoonel on külm tuulutatud katusealune soojustatud pööningupõrandaga. Soojustuseks on laetalade vahele ja peale pandud kokku 400 mm puistevilla. Katus on projekteeritud 30° kaldega kelpkatus. Katuse kandvaks konstruktsiooniks on 50x200 mm sarikad ning katusekattematerjaliks on bituumensindelkate.

### **3.2 Arvutusmeetodika**

Välispiirete soojapidavuse hindamiseks on vajalik leida piirete soojustakistused, mis sõltuvad piiretes kasutatud materjalidest ning nende paksustest. Kui piirete summaarsed soojustakistused on leitud, saab leida piirete soojusjuhtivuse. Piirete soojapidavuse juures tuleb arvestada ka hoone geomeetriast ning konstruktsioonidest tingitud külmasildade mõju piirete soojusjuhtivusele. Piirete soojusjuhtivusest tingitud soojakadude summeerimisel saab leida aastased soojakaod. Piirdetarindite soojapidavusarvutused teostatakse vastavalt standarditele EVS-EN ISO 13370:2008 „Hoonete soojuslik toimivus. Soojuslevi pinnasesse. Arvutusmeetodid“ [4] ja EVS-EN 908-1:2010 „Hoone piirdetarindi soojusjuhtivuse arvutusjuhend. Osa 1: Välisõhuga kontaktis olev läbipaistmatu piire“. [5]

Keskmise päevavalgusteguri leidmisel kasutatakse standardit EVS 894:2008, kus on välja toodud valem keskmise päevavalgusteguri arvutamiseks ning vajalikud tegurid. [3]

### 3.2.1 Välispiirete soojustakistuste arvutamine

Soojuslikult homogeensete piirdetarindite soojustakistuse leidmine:

$$R_t = R_{si} + R_l + R_2 + \dots + R_n + R_{se}, \quad (1)$$

kus

$R_t$  – piirdetarindi soojustakistus,  $(m^2K)/W$ ;

$R_{si}$  – piirdetarindi sisepinna soojustakistus,  $(m^2K)/W$ ;

$R_{se}$  – piirdetarindi välispinna soojustakistus,  $(m^2K)/W$ ;

$R_1 \dots R_n$  – piirdetarindite üksikute soojuslikult homogeensete osade soojustakistused  $(m^2K)/W$ , mis arvutatakse valemiga 2:

$$R = d/\lambda, \quad (2)$$

kus

$R$  – piirdeosa soojustakistus,  $(m^2K)/W$ ;

$d$  – soojuslikult homogeenne kihi paksus, m;

$\lambda$  – materjali soojuseri juhtivus,  $W/(m^2K)$ .

Soojuslikult mittehomogeensete piirdetarindite puhul tuleb kasutada järgnevat valemit:

$$R_T \frac{R'_T + R''_T}{2}, \quad (3)$$

kus

$R_T$  – piirdetarindi kogusoojustakistus,  $(m^2K)/W$ ;

$R'_T$  - mittehomogeensete kihtidega piirdetarindi kogusoojustakistuse ülemine piirväärtus,  $(m^2K)/W$ ;

$R''_T$  - mittehomogeensete kihtidega piirdetarindi kogusoojustakistuse alumine piirväärtus,  $(m^2K)/W$ .

Kogusoojustakistuse ülemine piirväärtus arvutatakse valemiga 4:

$$R'_T = \frac{A_a + A_b + \dots + A_n}{\frac{A_a}{R_{Ta}} + \frac{A_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{A_n}{R_{Tn}}}, \quad (4)$$

kus  $A_a \dots A_n$  – piirde üksikute seksioonide osapindalad,  $m^2$ ;

$R_{Ta} \dots R_{Tn}$  – piirde üksikute seksioonide soojustakistused,  $(m^2K)/W$ .

Kogusoojustakistuse alumine piirväärtus arvutatakse piirdetarindi pinnaga paralleelselt olevate kihtide ühemõõtmeliste soojusvoogude summana valemiga 5:

$$R''_T = R_{si} + R_x + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}, \quad (5)$$

kus

$R_{si}$  – piirde sisepinna soojustakistus,  $(m^2K)/W$ ;

$R_x$  – soojuslikult mittehomogeense kihi soojustakistus,  $(m^2K)/W$ ;

$R_1 \dots R_n$  – soojuslikult homogeensete kihtide soojustakistus,  $(m^2K)/W$ ;

$R_{se}$  – piirde välispinna soojustakistus,  $(m^2K)/W$ .

Soojuslikult mittehomogeense kihi soojustakistus arvutatakse valemiga 6:

$$R_x = \frac{A_{xa} + A_{xb} + \dots + A_{xn}}{\frac{A_{xa}}{R_{xa}} + \frac{A_{xb}}{R_{xb}} + \dots + \frac{A_{xn}}{R_{xn}}}, \quad (6)$$

kus

$A_{xa} \dots A_{xn}$  – mittehomogeense kihi üksikute osade osapindalad,  $m^2$ ;

$R_{xa} \dots R_{xn}$  – mittehomogeense kihi üksikute osade soojustakistused,  $(m^2K)/W$ ;

Maksimaalne suhteline arvutusviga leitakse valemiga 7:

$$e = \frac{R'_T - R''_T}{2 * R_T} * 100\% \quad (7)$$

Meetodi sobivuse jaoks peab olema maksimaalne suhteline arvutusviga  $e \leq 20\%$ .

Pinnasega kokkupuutuvate põrandate soojusjuhtivus arvutatakse olenevalt põranda soojustatusest: [4]

kui põrand on soojustamata või mõõduka soojustusega ( $d_t < B'$ ), siis

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

kui põrand on hästi soojustatud ( $d_t \geq B'$ ), siis

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

kus

põrandale iseloomulik tegur  $B'$  arvutatakse valemiga 10:

$$B' = A/(0,5P), \quad (10)$$

Põranda ekvivalentne paksus meetrites, millel on sama suur soojustakistus kui pinnasel arvutatakse valemiga 11:

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}), \quad (11)$$

kus

$w$  – seinte paksus, m;

$\lambda$  – külmumata pinnase soojuserijuhtivus, W/(m\*K);

$R_{si}$  – põranda sisepinna soojustakistus, mille väärtus on antud tabelis 1, (m<sup>2</sup>K)/W;

$R_{se}$  – põranda välispinna soojustakistus, mille väärtus on antud tabelis 1 (m<sup>2</sup>K)/W;

$R_f$  – hooneelemendi soojustakistus, (m<sup>2</sup>K)/W.

**Tabel 1. Piirdetarindi sise- ja välispinna soojustakistus**

Sisepinna soojustakistus			Välispinna soojustakistus		
$R_{si}, (m^2K)/W$			$R_{se}, (m^2K)/W$		
Soojusvoolu suund					
Horisontaalne	Üles	Alla	Horisontaalne	Üles	Alla
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Piirdetarindite soojustakistuse arvutamisel ei arvestata tuulutatavat õhkvahet. Tuulutatava horisontaalse õhkvahe ja sellest väljapoole jäävate kihtide mõju soojustakistusele võib arvesse võtta, võttes tuulutatava välispinna soojustakistuse võrdseks piirdetarindi sisepinna soojustakistusega (tabel 1). [5]

Juhul kui hoonel on külm tuulutatav kaldkatusekonstruktsioon soojustatud lameda pööningupõrandaga, võib katusekonstruktsiooniosa arvesse võtta kui homogeenset kihti. Katusetarindi soojustakistus oleneb katusekattematerjalist ja selle väärtus on antud Tabel 2. Katusetarindi soojustakistus. [5]



**Tabel 2. Katusetarindi soojustakistus**

Katusetarindi iseloomustus	$R_U, (m^2K)/W$
Kivikatus ilma katusepapi, laudvoorderdise või muu aluskihita	0,06
Plekk- või kivikatus katusepapi, laudvoorderdise või muu aluskihiga	0,2
Plekk- või kivikatus alumiinium või mõne muu väikese kiirgusteguriga materjaliga katusekatte all	0,3
Rullmaterjalist laudalusel katus	0,3

### 3.2.2 Soojusjuhtivuse arvutamine

Piirdetarindi soojusjuhtivus  $U$  on piirdetarindi soojustakistuse pöördväärtus ja arvutatakse valemiga 12:

$$U=1/R_T, \quad (12)$$

kus

$U$  – piirdetarindi soojusjuhtivus,  $W/(m^2K)$ ;

$R_T$  – piirdetarindi soojustakistus,  $(m^2K)/W$ .

### 3.2.3 Soojuskadude arvutamine

Soojakaod läbi piirde arvutatakse valemiga 13:

$$\Phi=A*U, \quad (13)$$

kus

$\Phi$  – soojuskaod läbi piirde,  $W/K$ ;

$A$  – välispiirde pindala,  $m^2$ ;

$U$  – välispiirde soojusjuhtivus,  $W/(m^2K)$ .

### 3.2.4 Külmasillad

Külmasillad on piirkonnad hoone välispiiretes, kus soojusjuhtivus on lokaalselt suurem kui ümbritseva välispiirde oma. Külmasillad võivad olla hoone geomeetriast tingitud, näiteks hoone nurgad. Konstruktiivsed külmasillad tekivad kohtades, kus kõrgema soojusjuhtivusega materjal läbib isolatsioonikihti, näiteks välisseina ja vahelae liitumiskoht. Külmasillad tekivad ka ebakvaliteetse ehitustöö käigus, näiteks materjalide ebaõige paigalduse tõttu. Eristatakse punkt- ja joonkülmasildu olenevalt külmasilla ulatusest. Antud lõpuöö käsitleb joonkülmasildade arvutamist.

Külmasildade mõju hoone soojakadudele läbi piirete on võimalik hinnata kasutades numbrilist modelleerimist lõplike elementide meetodil lähtudes standardites EVS-EN ISO 10211:2008 [7] ja EVS-EN ISO 13788:2012 [10] kirjeldatud meetodikast. Modelleerimisel saadakse konstruktsiooni lõikes tekkivad isotermid ehk samatemperatuurijooned ning joonkülmasildade lisakonduktantsid ehk  $\Psi$ -väärtused.

Külmasildade tõttu on välispiirde sisepinnal madalam temperatuur. Madalama sisepinna temperatuuri kriitilisuse määrab temperatuuriindeks  $f_{Rsi}$ .

Temperatuuriindeks arvutatakse valemiga 14:

$$f_{Rsi} = \frac{t_{si} - t_e}{t_i - t_e} = \frac{R_T - R_{si}}{R_T}, \quad (14)$$

kus

$f_{Rsi}$  – temperatuuriindeks;

$t_{si}$  – sisepinna temperatuur, °C;

$t_i$  – sisetemperatuur, °C;

$t_e$  – välistemperatuur, °C;

$R_T$  – piirdetarindi kogusoojustakistus, (m<sup>2</sup>K)/W;

$R_{si}$  – piirdetarindi sisepinna soojustakistus (tabel 1), (m<sup>2</sup>K)/W.

Vastavalt standardile EVS-EN ISO 13788:2012 [10], peab temperatuuriindeks olema suurem tabelis 3 esitatud piirväärtustest.

**Tabel 3. Niiskustehniliselt turvalised temperatuuriindeksi piirväärtused Eestis**

Niiskuskooormus	Hallituse vältimine	Kondenseerumise vältimine
Niiskuslisa talvel +4 g/m <sup>3</sup> ja suvel +1,5 g/m <sup>3</sup> (madala asustusega ja hea ventilatsiooniga elamud)	0,65	0,55
Niiskuslisa talvel +6 g/m <sup>3</sup> ja suvel +2,5 g/m <sup>3</sup> (suure asustusega ja halva ventilatsiooniga elamud)	0,8	0,7

Külmasildade soojusjuhtivuste arvutamisel lähtutakse standardist EVS-EN ISO 10211:2008 [7] ja programmist THERM 7.3 saadud tulemustest.

Joonkülmasilla lisakonduktants  $\Psi$  väärtused saab leida valemi 15 abil:

$$\Psi = L_{2D} - \sum_{j=1}^{n_j} U_j * l_j, \quad (15)$$

kus

$\Psi$  – joonkülmasilla lisakonduktants, W/(m\*K);

$L_{2D}$  – tarindite liitekoha soojuserikadu, mis on leitud kahemõõtmelise temperatuuriarvutuse abil, W/(m\*K);

$U_j$  – kahte vaadeltavat keskkonda eraldava tarindi soojusjuhtivus, W/(m<sup>2</sup>K);

$l_j$  – pikkus, mille ulatuses kohaldatakse väärtust  $U_j$ , m.

### **Programm THERM 7.3**

THERM on LBNL (Larence Berkley National Laboratory) poolt välja töötatud programm, mida kasutatakse ehituskonstruksioonide soojustehniliste omaduste modelleerimiseks ja analüüsimiseks. Programmiga saab ehituslikes konstruksioonides detailselt modelleerida kahedimensionaalseid soojavoogusid. Teades temperatuuride jaotumist konstruksioonides, on võimalik prognoosida selle heterogeensusest tingitud külmasilla efekti, hinnata

erinevatest piirtingimustest tulenevaid pinnatemperatuure ning veeauru kondenseerumise ja hallituse tekke ohtu piirete sisepinnal. [2]

### 3.2.5 Aastane soojakadu

Aastane soojakadu läbi piirete arvutatakse valemiga 16:

$$Q = [\sum(A * U + \Psi * l)] * S * 24h, \quad (16)$$

kus

Q – aastane soojakadu läbi piirete, kWh;

A – välispiirde pindala sisemõõtude järgi, m<sup>2</sup>;

U – välispiirde soojusjuhtivus, W/(m<sup>2</sup>K);

Ψ – joonkülmasilla lisakonduktants, W/(m\*K);

l – joonkülmasilla pikkus, m;

S – normaalaasta kraadpäevade arv.

Tasakaalutemperatuuril 17 °C on kraadpäevade arv S Tartu piirkonnas 4295. [11]

### 3.2.6 Keskmine päevvalgustegur

Keskmine päevvalgustegur leitakse protsentuaalselt valemiga 17:

$$\bar{D} = \frac{TA_w\Theta}{A(1 - R^2)}, \quad (17)$$

kus

T – klaaside hajuvalguse läbivustegur, mis sisaldab määrdumise mõju;

A<sub>w</sub> – kogu akna klaasitud ala (m<sup>2</sup>), mis asub tööpinnast kõrgemal;

Θ – nähtava taeva nurk (kraadides). Seda mõõdetakse vertikaalpinnal, mis on klaasi suhtes täisnurga all, akna vaatluspunktist;

A – lae, põranda ja seinte kogupindala (sisaldades aknaid) ruutmeetrites;

R – sisepindade (A) peegeldustegurite kaalutud keskmine. Valgete lagede ja keskmise peegelduvusega ruumide puhul võib esialgsetes arvutustes selle väärtuseks võtta 0,5.

Klaaside hajualguse läbivustegur T leitakse valemiga 18:

$$T = g * m, \quad (18)$$

kus

g – klaasi hajualguse läbivustegur;

m – hooldetegur.

Klaasi hajualguse läbivustegurid g on antud tabelis 4.

**Tabel 4. Klaasimaterjalide keskmine valguse läbivustegur**

<b>Materjal</b>	<b>Hajualguse läbivustegur</b>
kirgas klaas (6 mm)	0,80
toonitud klaas (6 mm)	
pronksivärvi	0,40
hall	0,39
roheline	0,66
tugevalt peegeldav klaas (6 mm)	0,18
suletud pakett: kirgas klaas, 2 mm x 6 mm	0,65
suletud pakett: kirgas klaas (6 mm)	0,63
+ selektiivklaas (Low-E, 6 mm)	
suletud pakett: peegelklaas (6 mm)	0,26
+ kirgas klaas (6 mm)	
suletud pakett: tugevalt peegeldav klaas (6 mm) + kirgas klaas (6 mm)	0,15
traatsarrusega klaas (6 mm)	0,74

Hooldetegur m näitab klaasi saastest põhjustatud päevavalguse läbivusteguri vähenemist.

Hooldeteguri määramiseks on vaja leida konkreetsele olukorrale vastav valguskao protsent ning seejärel vajadusel see korrutada keskkonnamõju teguritega ja tulemus lahutada 100 protsendist.

Valguskao protsendid on välja toodud tabelis 5.

**Tabel 5. Valguskaos protsent eri tüüpi ehitistes**

Ehitise tüüp	Päevvalguse kadu võrreldes puhta klaasiga, %	
	Maapiirkond või linnalähedane piirkond	Linn
Elurajoon: eramud ja kortermajad. Ruumid väheste elanikega, hästi hooldatud	4	8
Ettevõtted, haridusasutused. Ruume kasutavad inimrühmad, kontoritehnika	4	8 kuni 12
Reostatud atmosfäär. Spordisaalid, ujulad, palju suitsetamist	12 kuni 14	12 kuni 14

Keskkonnamõjutegurid on välja toodud tabelites 6 ja 7.

**Tabel 6. Keskkonnamõju tegurid**

Keskkonnamõju	Keskkonnamõju kordaja		
	Vertikaalne klaas	Kaldus klaas	Horisontaalne klaas
Tavapärane keskkond	1	2	3
Avatud tugevale vihmale	0,5	1,5	3
Avatud lumele	1	3	4

**Tabel 7. Spetsiaalse keskkonnamõju tegurid**

Tingimus	Kordaja
Vertikaalne klaas, vihma eest varjatud	3
Ilmastikukindel või korrodeeritud klaas	3
Pliiklaas	3

Standardi EVS 894:2008 järgi on soovitatav, et keskmine päevvalgustegur eluruumides vastaks vähemalt tabelis 8 toodud väärtustele. [3]

**Tabel 8. Elamute keskmise päevvalgusteguri minimaalsed väärtused**

Ruumi tüüp	Minimaalne keskmine päevvalgustegur, %
Magamistoad	1
Elutoad	1,5
Köögid	2

## 4 TULEMUSED

### 4.1 Piirete soojusjuhtivused ja -kaod

#### 4.1.1 Seinad

##### 1. Aeroc plokkidest konstruktsioon

Soojusjuhtivuse ja -kadude leidmine projektis kirjeldatud seinakonstruktsioonile Aeroc plokkidest.

Seinas kasutatud materjalid erisoojusjuhtivuse väärtustega:

- Siseviimistlus (krohv, pahtel); 5 mm;  $\lambda = 0,87 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$
- Aeroc Classic plokk; 300 mm;  $\lambda = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$  [12]
- Vill Isover KL37 prusside vahel; 150 mm;  $\lambda = 0,037 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$  [13]
- Tuuletõke Isover RKL-31; 30 mm;  $\lambda = 0,031 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$  [14]
- Distantliistudega tuulutavahe; 22 mm
- Voodrilaudis; 18 mm

Kuna antud piirdetarindis on mittehomogeenne kiht (vill puitprusside vahel), tuleb kasutada valemit 3. Tarind on jaotatud vastavalt mittehomogeensele kihile kaheks sektsiooniks: 1.) soojustusega sektsioon; 2.) puitprussiga sektsioon.

$$R_{si} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K)/W}$$

Välispinna soojustakistuse võib tuulutatava fassaadi korral võtta samaks sisepinna soojustakistusega.

$$R_{se} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K)/W}$$

Soojustusega sektsiooni soojustakistus (valem 1):

$$R_{\text{soojustus}} = 0,13 + \frac{0,03}{0,031} + \frac{0,15}{0,037} + \frac{0,3}{0,1} + \frac{0,005}{0,87} + 0,13 = 8,29 \text{ (m}^2\text{K)/W}$$

Puitprussiga sektsiooni soojustakistus (valem 1):

$$R_{\text{pruss}} = 0,13 + \frac{0,03}{0,031} + \frac{0,15}{0,12} + \frac{0,3}{0,1} + \frac{0,005}{0,87} + 0,13 = 5,48 \text{ (m}^2\text{K)/W}$$

Kogu soojustakistuse ülemine piirväärtus (valem 4):

$$R'_T = \frac{0,05 + 0,55}{\frac{0,05}{5,48} + \frac{0,55}{8,29}} = 8,0 \text{ (m}^2\text{K)/W}$$

Soojuslikult mittehomogeense kihi soojustakistus arvutatakse valemiga 6:

$$R_{\text{vill/karkass}} = \frac{0,55 + 0,05}{\frac{0,55}{0,15} + \frac{0,05}{0,15}} = 3,42 \text{ (m}^2\text{K)/W}$$

Kogu soojustakistuse alumine piirväärtus (valem 5):

$$R''_T = 0,13 + \frac{0,03}{0,031} + 3,42 + \frac{0,3}{0,1} + \frac{0,005}{0,87} + 0,13 = 7,65 \text{ (m}^2\text{K)/W}$$

Piirdetarindi kogusoojustakistus arvutatakse valemiga 3:

$$R_T = \frac{8,0 + 7,65}{2} = 7,83 \text{ (m}^2\text{K)/W}$$

Piirdetarindi soojusjuhtivus arvutatakse valemiga 12:

$$U_{\text{sein}} = \frac{1}{7,83} = 0,13 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Maksimaalne suhteline arvutusviga arvutatakse valemiga 7:

$$e = \frac{8 - 7,65}{2 * 7,83} * 100\% = 2,23\%$$

Maksimaalne suhteline arvutusviga  $e = 2,23\% < 20\%$ .

Seinte pindala  $A_{\text{sein}} = 104,8 \text{ m}^2$

Seinte soojusjuhtivus  $U_{\text{sein}} = 0,13 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Soojuskaod läbi piirde (valem 13):

$$\Phi_{\text{sein}} = 104,8 * 0,13 = 13,62 \text{ W/K.}$$



## 2. Weber Leca plokkidest laotud seinad

Soojuskadude leidmine alternatiivsele seinakonstruktsioonile Weber Leca plokkidest.

Seinas kasutatud materjalid erisoojusjuhtivuse väärtustega:

- Siseviimistlus (krohv, pahtel); 5 mm
- Weber Leca Design LTH-420 plokk; 420 mm [15]
- Distantслиist; 22 mm
- Voodrilaudis; 18 mm

Seinte pindala  $A_{\text{sein}} = 104,8 \text{ m}^2$

Seinte soojusjuhtivus  $U_{\text{sein}} = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Leca plokkidest ehitatud seinte soojusläbivus on määratud tootja poolt. [15]

Soojuskaod läbi piirde (valem 13):

$$\Phi_{\text{sein}} = 104,8 * 0,12 = 12,58 \text{ W/K.}$$

## 3. Termoplokkidest laotud seinad

Soojuskadude leidmine alternatiivsele seinakonstruktsioonile Termoplokkidest.

Seinas kasutatud materjalid erisoojusjuhtivuse väärtustega:

- Siseviimistlus (krohv, pahtel); 5 mm
- Termoplokk Silver 320 plokk; 320 mm [9]
- Distantслиist; 22 mm
- Voodrilaudis; 18 mm

Seinte pindala  $A_{\text{sein}} = 106,2 \text{ m}^2$

Seinte soojusjuhtivus  $U_{\text{sein}} = 0,13 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Termoplokkidest ehitatud seinte soojusläbivus on määratud tootja poolt. [9]

Soojuskaod läbi piirde (valem 13):

$$\Phi_{\text{sein}} = 106,2 * 0,13 = 13,81 \text{ W/K.}$$

#### 4.1.2 Aknad

Soojuskadude leidmine akendele. Aeroc ning Leca plokkidest välisseinte puhul on akende arv ning pindalad samad, Termoplokkidest välisseinte puhul on hoonel üks 600x2000 mm aken rohkem.

Akende pindala Aeroc ja Leca välisseinte puhul:  $A_{\text{aknad},1} = 19,23 \text{ m}^2$

Akende pindala Termoplokkidest välisseinte puhul:  $A_{\text{aknad},2} = 20,43 \text{ m}^2$

Akende soojusjuhtivus (pakett + raam)  $U_{\text{aknad}} = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Akende soojusjuhtivus on antud tootja poolt. [16]

Soojuskaod arvutatakse valemiga 13:

Soojuskaod läbi akende (Aeroc ja Leca välisseinad):  $\Phi_{\text{aken},1} = 19,23 * 1,1 = 21,15 \text{ W/K}$ .

Soojuskaod läbi akende (Termoplokk välisseinad):  $\Phi_{\text{aken},2} = 20,43 * 1,1 = 22,47 \text{ W/K}$ .

#### 4.1.3 Uksed

Soojuskadude leidmine ustele. Kõikide välisseinade variantide puhul on kasutatud võrdne arv samu uksi.

Uste pindala  $A_{\text{uksed}} = 4,41 \text{ m}^2$

Uste U-arv  $U_{\text{uksed}} = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  [17]

Uste soojusjuhtivus on antud tootja poolt.

Soojuskaod läbi piirde (valem 13):

$\Phi_{\text{uksed}} = 4,41 * 0,8 = 3,53 \text{ W/K}$ .

#### 4.1.4 Põrand

Soojuskadude leidmine pinnasel olevale põrandale. Põranda konstruktsioon on kõikidel variantidel sama, kuid muutuvaks suuruseks on põranda pindala ja põranda perimeeter. Soojuskaod läbi põrandakonstruktsiooni arvutatakse standardis EVS-EN ISO 13370:2008 kirjeldatud meetodika järgi. [4]

Põrandas kasutatud materjalid erisoojusjuhtivuse väärtustega:

- Põrandakate (parkett, aluskate); 13 mm;  $\lambda = 0,07 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$
- Raudbetoon; 80 mm;  $\lambda = 2,3 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$
- EPS 100; 150 mm;  $\lambda = 0,037 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$
- Tasanduskiht (betoon); 50 mm;  $\lambda = 1,5 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$

### 1. Aeroc välisseintega hoone põhiplaani järgi:

Põranda pindala  $A_{\text{põrand},1} = 143,6 \text{ m}^2$

Põranda perimeeter  $P_1 = 48,05 \text{ m}$

Põrandale iseloomulik tegur  $B'$  (valem 10) =  $143,6/(0,5 * 48,1) = 5,98$

Seinte paksus  $w = 0,52 \text{ m}$

Külmumata pinnase soojuserijuhtivus  $\lambda = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$

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

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

Hooneelemendi soojustakistus arvutatakse valemiga 1:

$$R_f = \frac{0,013}{0,07} + \frac{0,08}{2,3} + \frac{0,15}{0,037} + \frac{0,05}{1,5} = 4,31 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}$$

Põranda ekvivalentne paksus meetrites arvutatakse valemiga 11:

$$d_t = 0,52 + 2(0,17 + 4,31 + 0,04) = 9,56 \text{ m}$$

Põranda soojustatuse tingimus on

$$d_t = 9,56 \geq B' = 5,98$$

Seega kasutatakse valemit 9:

$$U_{\text{põrand},1} = \frac{2,0}{0,457 * 5,98 + 9,56} = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Põranda pindala  $A_{\text{põrand},1} = 143,6 \text{ m}^2$

Põranda soojusjuhtivus  $U_{põrand,1} = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Soojuskaod läbi piirde (valem 13):

$$\Phi_{põrand,1} = 143,6 * 0,16 = 22,98 \text{ W/K.}$$

## 2. Leca välisseintega hoone põhiplaani järgi:

Põranda pindala  $A_{põrand,2} = 143,6 \text{ m}^2$

Põranda perimeeter  $P_2 = 48,05 \text{ m}$

Põrandale iseloomulik tegur  $B' = 143,6/(0,5 * 48,1) = 5,98$

Seinte paksus  $w = 0,46 \text{ m}$

Külmumata pinnase soojuseri juhtivus  $\lambda = 2,0 \text{ W}/(\text{m} * \text{K})$

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

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

Hooneelemendi soojustakistus:

$$R_f = \frac{0,013}{0,07} + \frac{0,08}{2,3} + \frac{0,15}{0,037} + \frac{0,05}{1,5} = 4,31 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}$$

Põranda ekvivalentne paksus:

$$d_t = 0,46 + 2(0,17 + 4,31 + 0,04) = 9,5 \text{ m}$$

$$d_t = 9,5 \geq B' = 5,98$$

Seega kasutatakse valemit 9:

$$U_{põrand,2} = \frac{2,0}{0,457 * 5,98 + 9,5} = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Põranda pindala  $A_{põrand,2} = 143,6 \text{ m}^2$

Põranda soojusjuhtivus  $U_{põrand,2} = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Soojuskaod läbi piirde (valem 13):

$$\Phi_{põrand,2} = 143,6 * 0,16 = 22,98 \text{ W/K.}$$

### 3. Termoplokk välisseintega hoone põhiplaani järgi:

$$Põranda pindala A_{põrand,3} = 144,8 \text{ m}^2$$

$$Põranda perimeeter P_3 = 49,05 \text{ m}$$

$$Põrandale iseloomulik tegur B' = 144,8 / (0,5 * 49,1) = 5,89$$

$$\text{Seinte paksus } w = 0,36 \text{ m}$$

$$\text{Külmumata pinnase soojusjuhtivus } \lambda = 2,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

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

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

Hooneelemendi soojustakistus:

$$R_f = \frac{0,013}{0,07} + \frac{0,08}{2,3} + \frac{0,15}{0,037} + \frac{0,05}{1,5} = 4,31 \text{ (m}^2\text{K)/W}$$

Pinnase ekvivalentne paksus:

$$d_t = 0,36 + 2(0,17 + 4,31 + 0,04) = 9,4 \text{ m}$$

$$d_t = 9,4 \geq B' = 5,89$$

Seega kasutatakse valemit 9:

$$U_{põrand,3} = \frac{2,0}{0,457 * 5,89 + 9,4} = 0,17 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$Põranda pindala A_{põrand,3} = 144,8 \text{ m}^2$$

$$Põranda soojusjuhtivus U_{põrand,3} = 0,17 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Soojuskaod läbi piirde:

$$\Phi_{põrand,3} = 144,8 * 0,17 = 24,62 \text{ W/K.}$$

#### 4.1.5 Vahelagi

Vahelae soojusjuhtivuse ja -kadude arvutamine. Vahelae konstruktsioon on kõikide välisseinte variantide puhul sama, kuid muutuvaks suuruseks on vahelae pindala.

Vahelaes kasutatud materjalid erisoojusjuhtivuse väärtustega:

- Kipsplaat; 13 mm;  $\lambda = 0,23 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- Puistevill Isover laetalade (50x200 mm) vahel ja peal; 400 mm;  $\lambda = 0,041 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  [18]

Kuna antud piirdetarindis on mittehomogeenne kiht (vill laetalade vahel), tuleb kasutada valemit 3. Tarind on jaotatud vastavalt mittehomogeensele kihile kaheks sektsiooniks: 1.) soojustusega sektsioon; 2.) puittalaga sektsioon.

Katusetarindi soojustakistus rullmaterjalist katusekatte puhul  $R_U = 0,3 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}$  (tabel 2)

Soojustusega sektsiooni soojustakistus (valem 1):

$$R_{\text{soojustus}} = 0,10 + \frac{0,013}{0,23} + \frac{0,4}{0,041} + 0,3 = 10,21 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}$$

Puittalaga sektsiooni soojustakistus (valem 1):

$$R_{\text{tala}} = 0,10 + \frac{0,013}{0,23} + \frac{0,2}{0,12} + \frac{0,2}{0,041} + 0,3 = 7,0 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}$$

Kogu soojustakistuse ülemine piirväärtus (valem 4):

$$R'_T = \frac{0,05 + 0,55}{\frac{0,05}{7,0} + \frac{0,55}{10,21}} = 9,83 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}$$

Mittehomogeense kihi soojustakistus (valem 6):

$$R_{\text{vill/karkass}} = \frac{0,55 + 0,05}{\frac{0,50}{0,2} + \frac{0,05}{0,2}} = 4,20 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}$$

Kogu soojustakistuse alumine piirväärtus (valem 5):

$$R''_T = 0,10 + \frac{0,013}{0,23} + 4,20 + \frac{0,2}{0,041} + 0,3 = 9,53 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}$$

Piirdetarindi kogusoojustakistus arvutatakse valemiga 3:

$$R_T = \frac{9,83 + 9,53}{2} = 9,68 \text{ (m}^2\text{K)/W}$$

Piirdetarindi soojusjuhtivus arvutatakse valemiga 12:

$$U_{\text{vahelagi}} = \frac{1}{9,68} = 0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Maksimaalne suhteline arvutusviga arvutatakse valemiga 7:

$$e = \frac{9,83 - 9,53}{2 * 9,68} * 100\% = 1,55\%$$

Maksimaalne suhteline arvutusviga  $e = 1,55\% < 20\%$ .

Vahelae pindala (Aeroc ja Leca välisseinad)  $A_{\text{vahelagi},1} = 143,6 \text{ m}^2$

Vahelae pindala (Termoplokk välisseinad)  $A_{\text{vahelagi},2} = 144,8 \text{ m}^2$

Vahelae soojusjuhtivus  $U_{\text{vahelagi}} = 0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Soojuskaod läbi vahelae (Aeroc ja Leca välisseinad):

$$\Phi_{\text{vahelagi},1} = 143,6 * 0,1 = 14,36 \text{ W/K.}$$

Soojuskaod läbi vahelae (Termoplokk välisseinad):

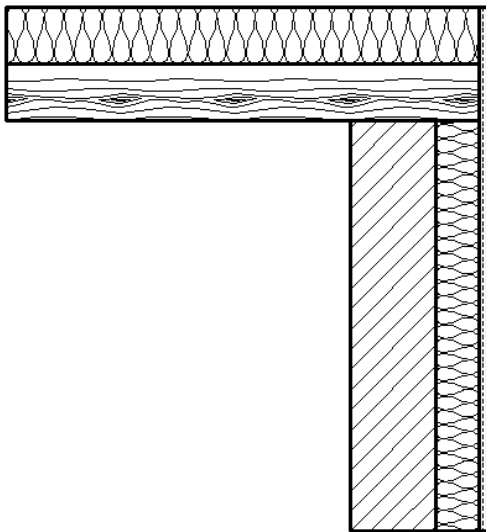
$$\Phi_{\text{vahelagi},2} = 144,8 * 0,1 = 14,48 \text{ W/K.}$$

## **4.2 Geomeetriliste joonkülmasildade lisakonduktantsid ja temperatuuriindeksid**

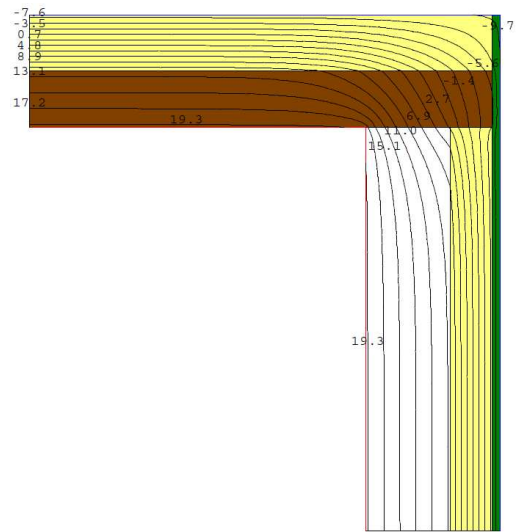
Külmasildade kriitilisuse määramine toimub valemiga 14. Geomeetriliste joonkülmasildade lisasoojusjuhtivus  $\Psi$  arvutatakse valemiga 15.

## 4.2.1 Aeroc plokkidest välisseintega hoone külmasillad ja temperatuuriindeksid

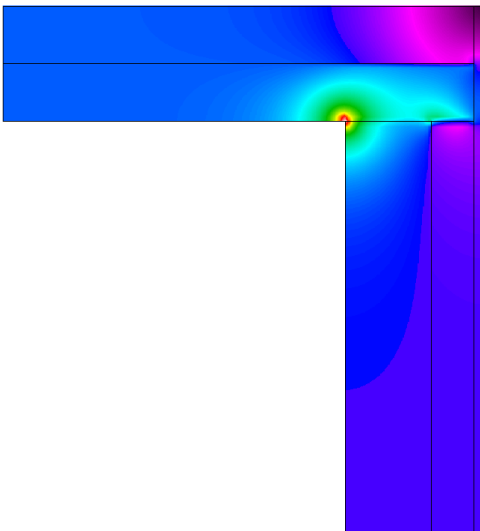
### Vahelae ja välisseina sõlm



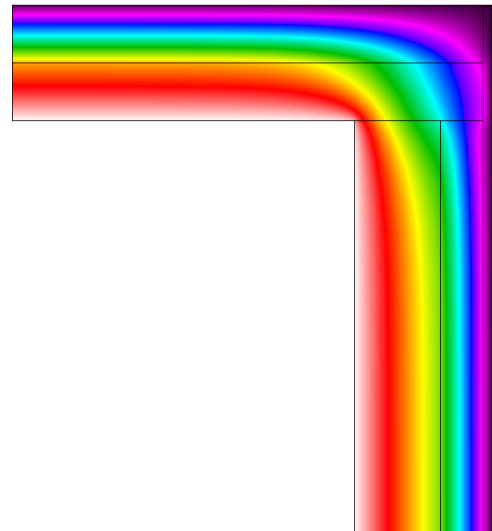
Joonis 1. Vahelae-välisseina sõlm



Joonis 2. Vahelae-välisseina sõlme isotermid



Joonis 3. Soojusvoog vahelae-välisseina sõlmes



Joonis 4. Temperatuurierinevused vahelae-välisseina sõlmes

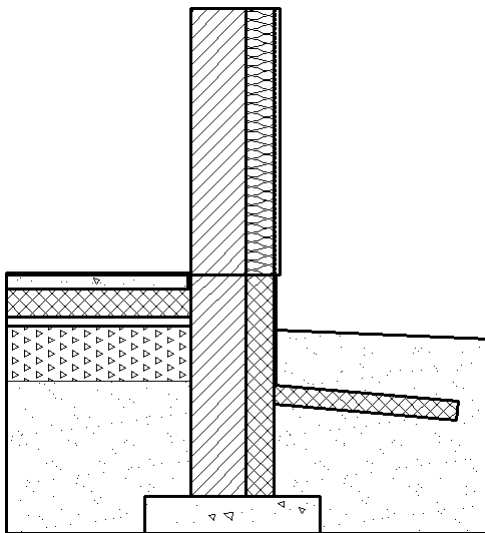
Temperatuuriindeks

$$f_{Rsi} = \frac{18 - (-10)}{20 - (-10)} = 0,93$$

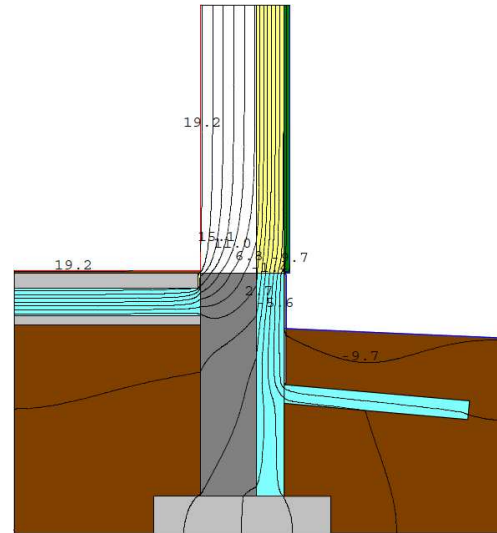
$f_{Rsi} = 0,93 > 0,65$  – kondenseerumise ja hallitamise ohtu ei ole.



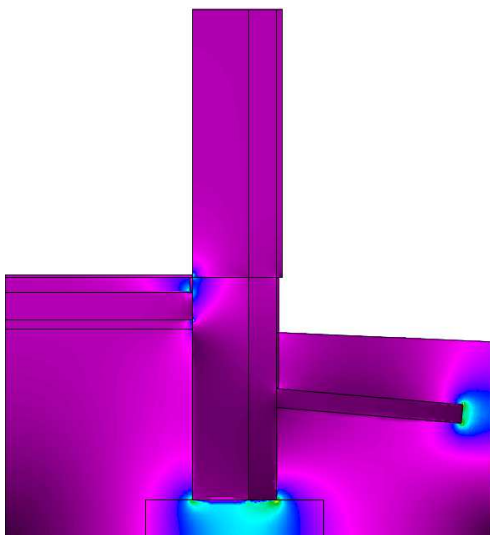
## Sokli sõlm



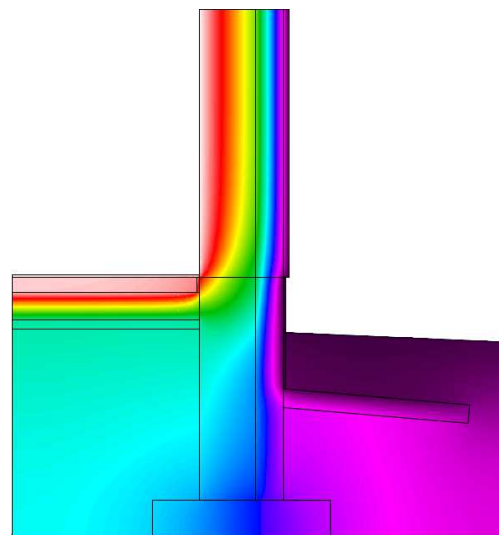
Joonis 5. Sokli sõlm



Joonis 6. Sokli sõlme isothermid



Joonis 7. Soojusvoog sokli sõlmes



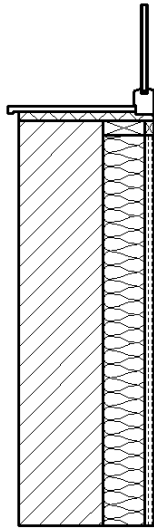
Joonis 8. Temperatuurierinevused sokli sõlmes

Temperatuuriindeks

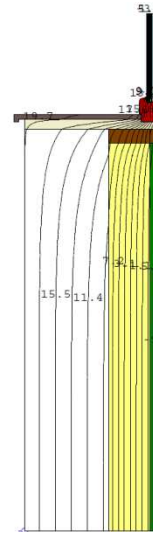
$$f_{Rsi} = \frac{17,6 - (-10)}{20 - (-10)} = 0,92$$

$f_{Rsi} = 0,92 > 0,65$  – kondenseerumise ja hallitamise ohtu ei ole.

## Aknasõlm



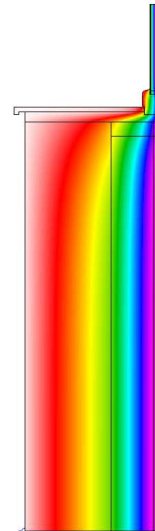
Joonis 9. Aknasõlm



Joonis 10. Aknasõlme isotermid



Joonis 11. Soojusvoog aknasõlmes



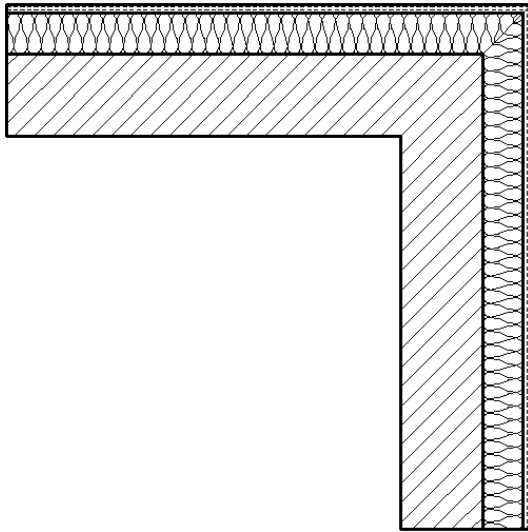
Joonis 12. Temperatuurierinevused aknasõlmes

Temperatuuriindeks

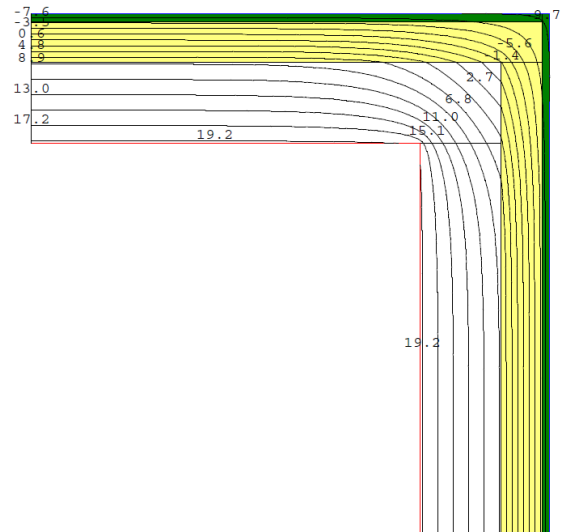
$$f_{Rsi} = \frac{14,6 - (-10)}{20 - (-10)} = 0,82$$

$f_{Rsi} = 0,82 > 0,65$  – kondenseerumise ja hallitamise ohtu ei ole.

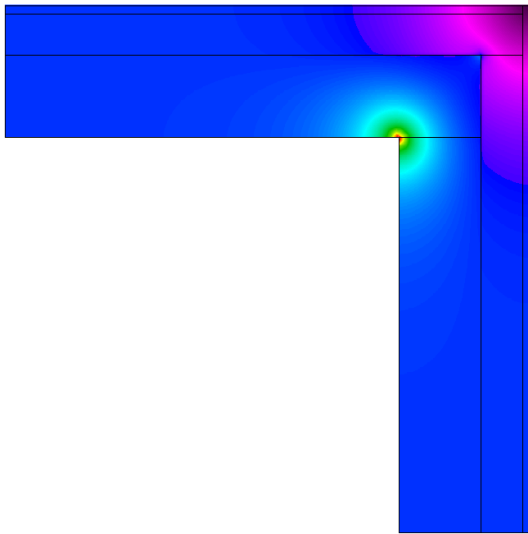
## Välisseina välisnurk



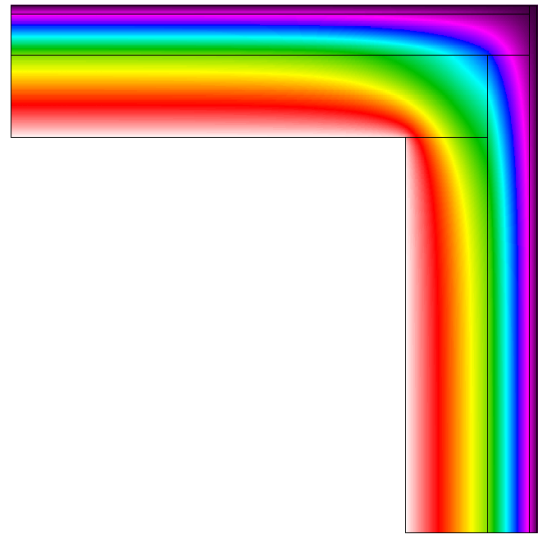
Joonis 13. Välisseina välisnurk



Joonis 14. Välisseina välisnurga isotermid



Joonis 15. Soojusvoog välisnurgas



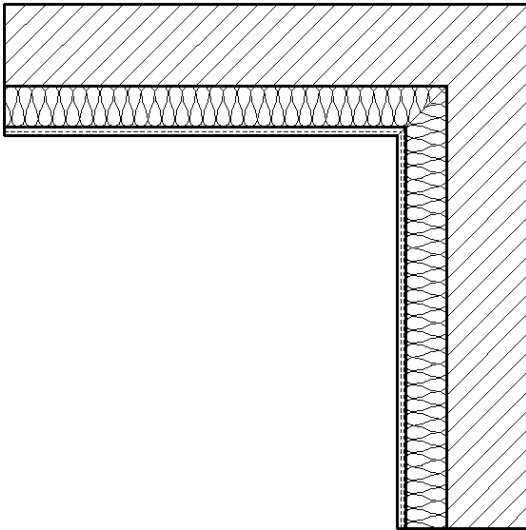
Joonis 16. Temperatuurierinevused välisnurgas

Temperatuuriindeks

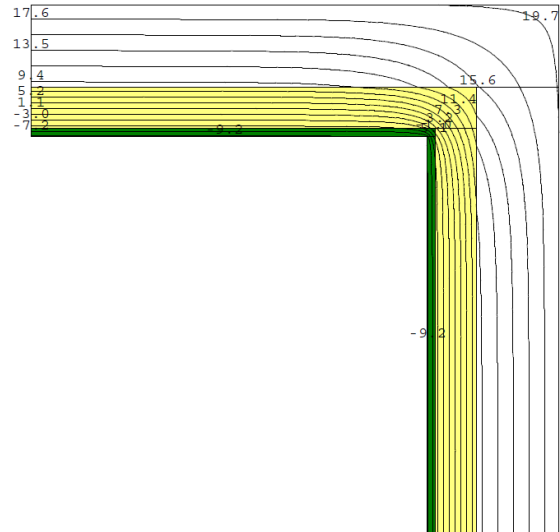
$$f_{Rsi} = \frac{18,2 - (-10)}{20 - (-10)} = 0,94$$

$f_{Rsi} = 0,94 > 0,65$  – kondenseerumise ja hallitamise ohtu ei ole.

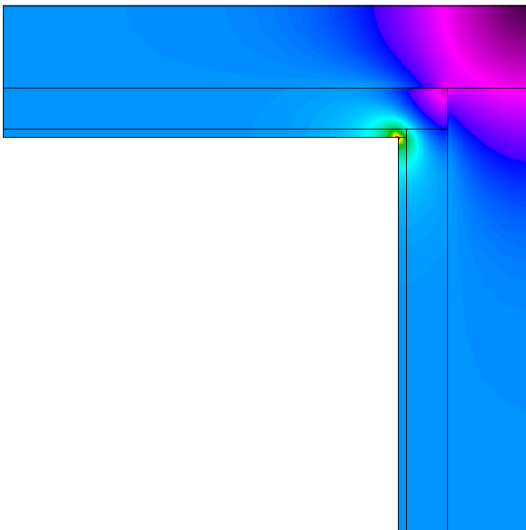
## Välisseina sisenurk



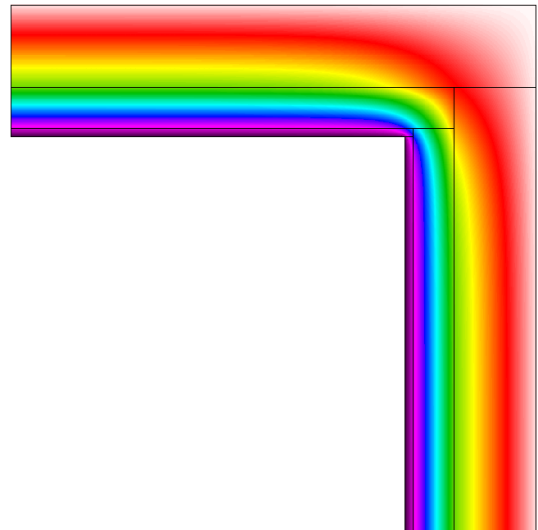
Joonis 17. Välisseina sisenurk



Joonis 18. Välisseina sisenurga isoterimid



Joonis 19. Soojusvoog sisenurgas



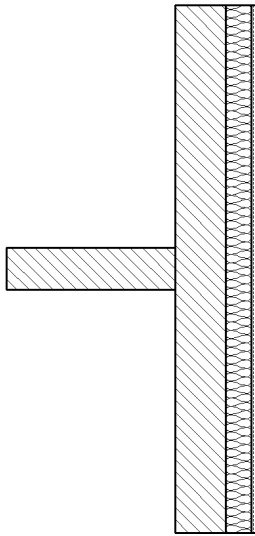
Joonis 20. Temperatuurierinevused sisenurgas

Temperatuuriindeks

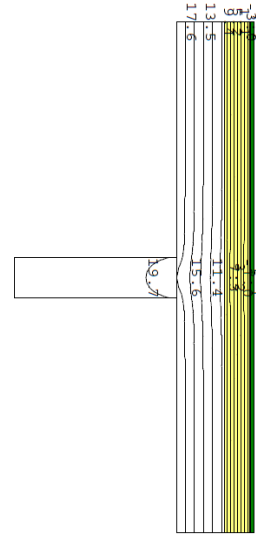
$$f_{Rsi} = \frac{19,3 - (-10)}{20 - (-10)} = 0,98$$

$f_{Rsi} = 0,98 > 0,65$  – kondenseerumise ja hallitamise ohtu ei ole.

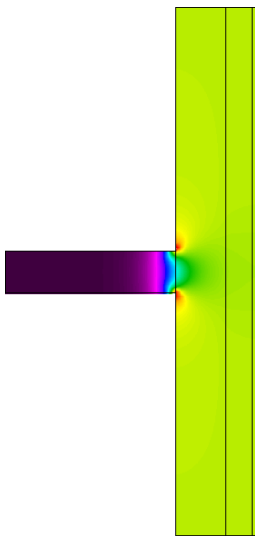
## Välisseina ja siseseina liitekoht



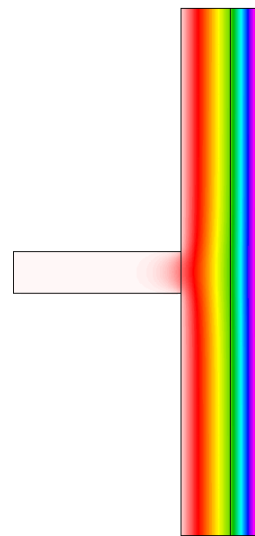
Joonis 21. Välisseina liitumine siseseinaga



Joonis 22. Välissein-sisesein sõlme isotermid



Joonis 23. Soojusvoog välissein-sisesein sõlmes



Joonis 24. Temperatuurierinevused välissein-sisesein sõlmes

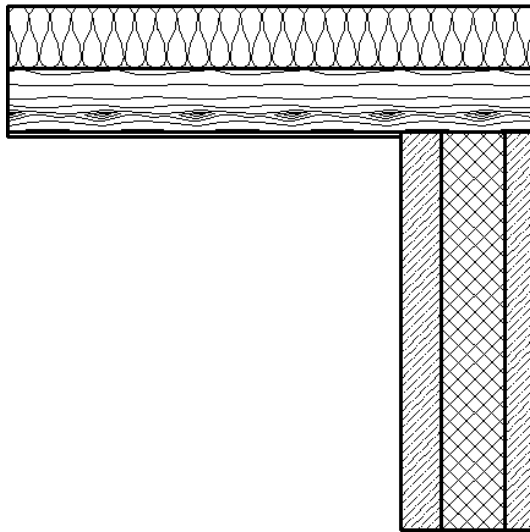
Temperatuuriindeks

$$f_{Rsi} = \frac{19,2 - (-10)}{20 - (-10)} = 0,97$$

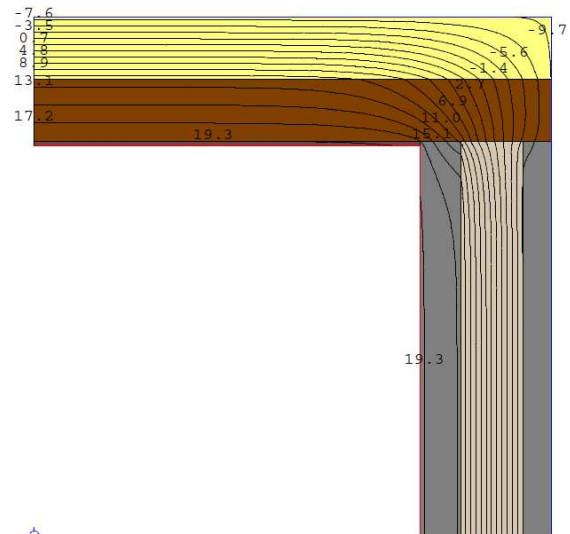
$f_{Rsi} = 0,97 > 0,65$  – kondenseerumise ja hallitamise ohtu ei ole.

## 4.2.2 Leca plokkidest välisseintega hoone külmasillad ja temperatuuriindegid

### Vahelae ja välisseina sõlm

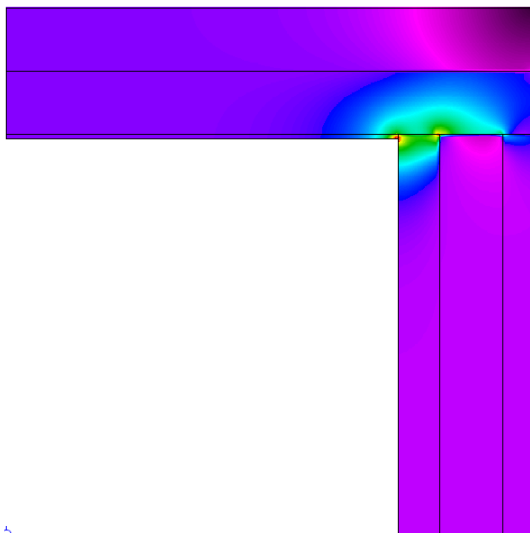


Joonis 25. Vahelae-välisseina sõlm

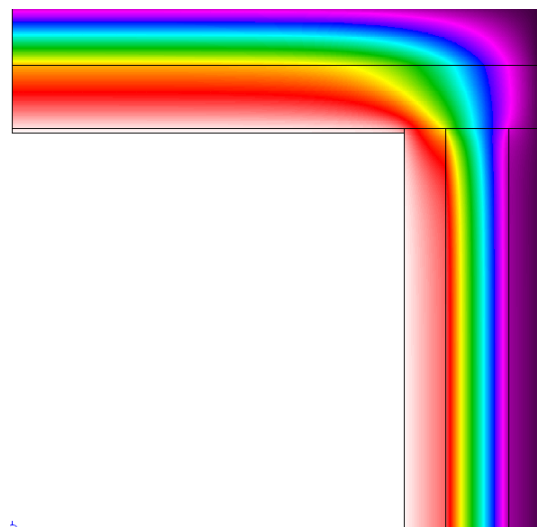


Joonis 26. Vahelae-välisseina sõlme

### isotermid



Joonis 27. Soojusvoog vahelagi-välissein sõlmes



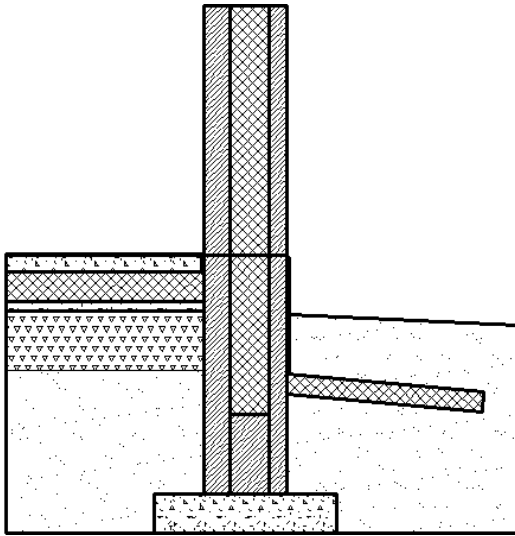
Joonis 28. Temperatuurierinevused vahelagi-välissein sõlmes

Temperatuuriindeks

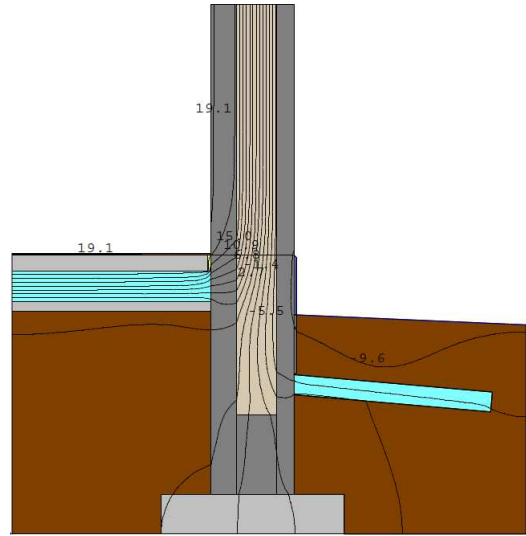
$$f_{Rsi} = \frac{18,0 - (-10)}{20 - (-10)} = 0,93$$

$f_{Rsi} = 0,93 > 0,65$  – kondenseerumise ja hallitamise ohtu ei ole.

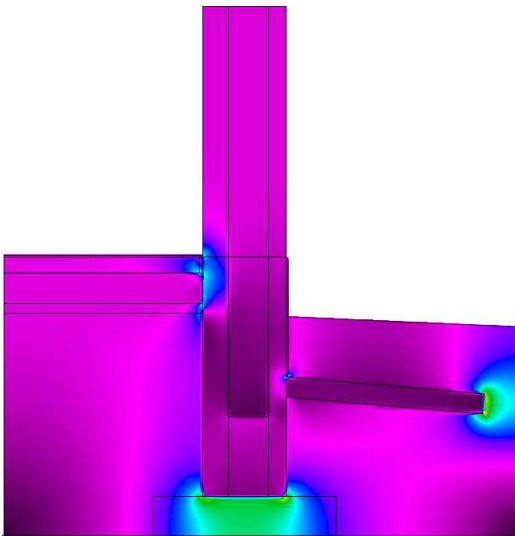
## Sokli sõlm



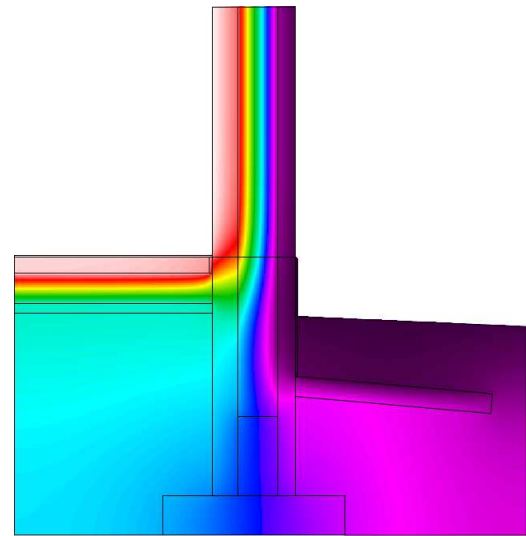
Joonis 29. Sokli sõlm



Joonis 30. Sokli sõlme isotermid



Joonis 31. Soojusvoog sokli sõlmes



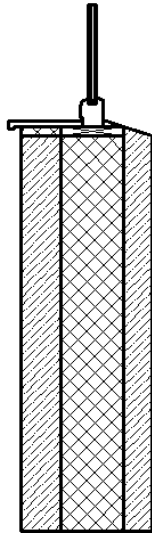
Joonis 32. Temperatuurierinevused sokli sõlmes

Temperatuuriindeks

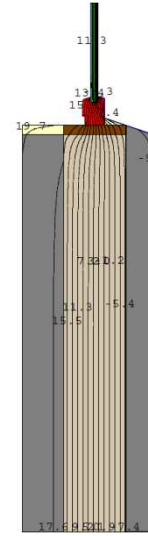
$$f_{Rsi} = \frac{17,6 - (-10)}{20 - (-10)} = 0,92$$

$f_{Rsi} = 0,92 > 0,65$  – kondenseerumise ja hallitamise ohtu ei ole.

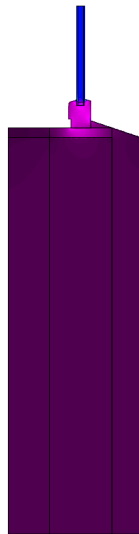
## Aknasõlm



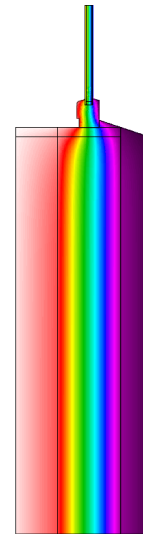
Joonis 33. Aknasõlm



Joonis 34. Aknasõlme isothermid



Joonis 35. Soojusvoog aknasõlmes



Joonis 36. Temperatuurierinevused aknasõlmes

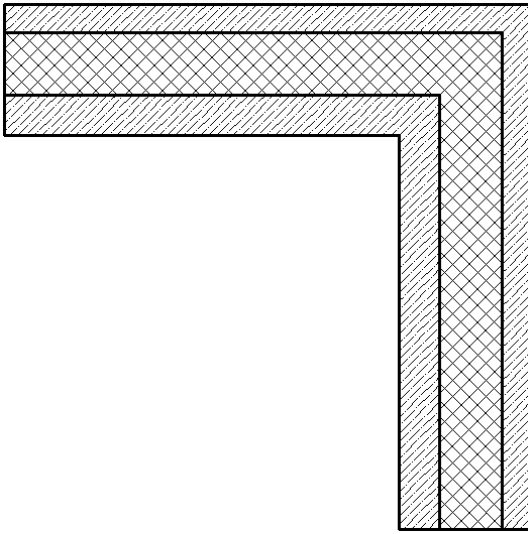
Temperatuuriindeks

$$f_{Rsi} = \frac{14,7 - (-10)}{20 - (-10)} = 0,82$$

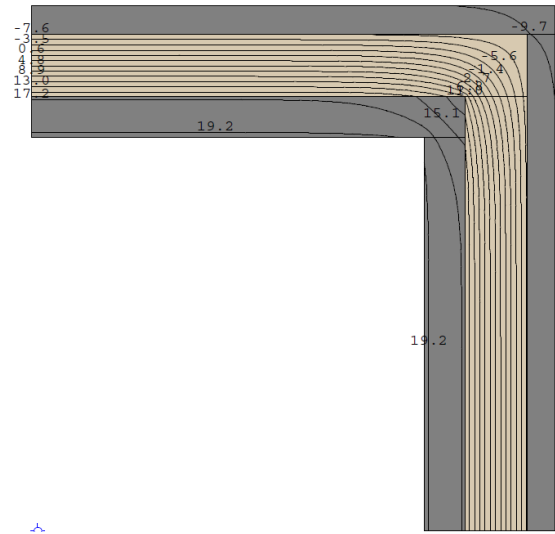
$f_{Rsi} = 0,82 > 0,65$  – kondenseerumise ja hallitamise ohtu ei ole.



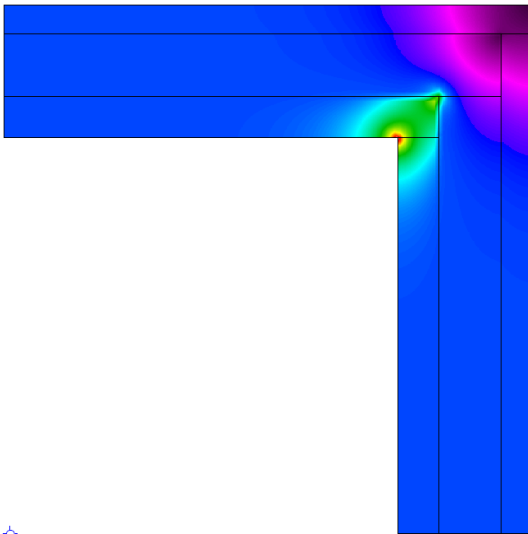
## Välisseina välisnurk



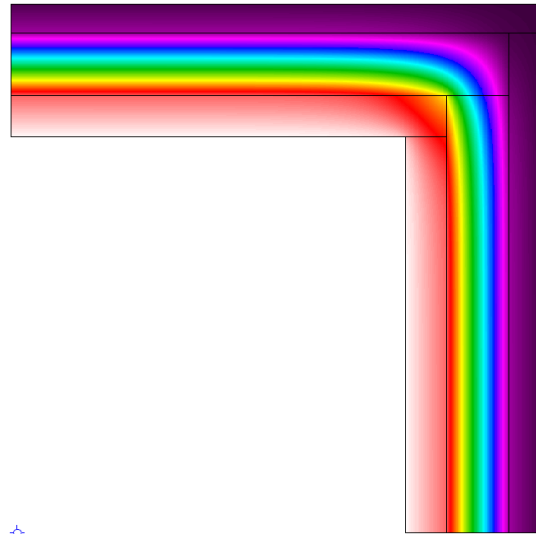
Joonis 37. Välisseina välisnurk



Joonis 38. Välisseina välisnurga isoterimid



Joonis 39. Soojusvoog välisnurgas



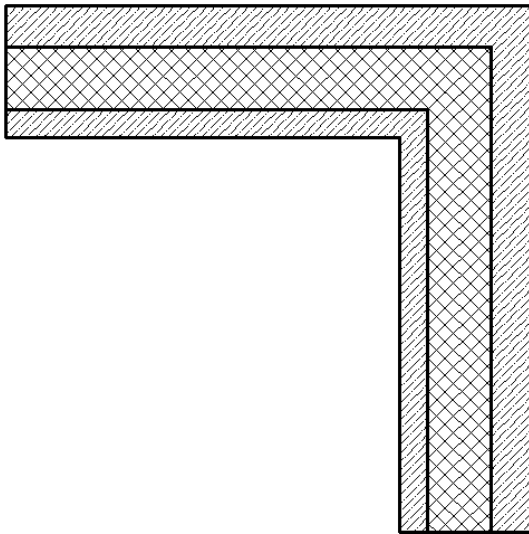
Joonis 40. Temperatuurierinevused välisnurgas

Temperatuurindeks

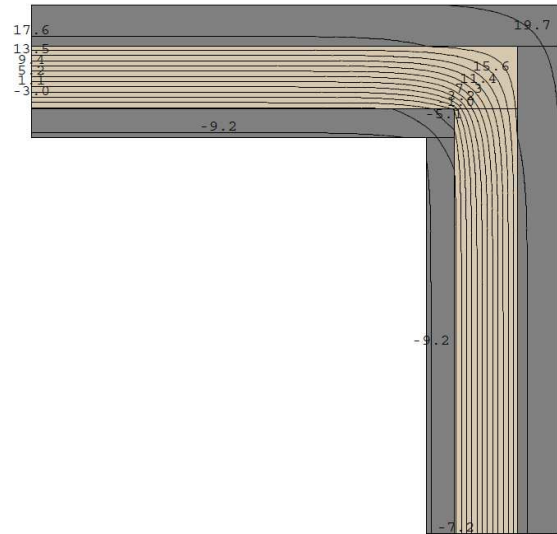
$$f_{Rsi} = \frac{18,4 - (-10)}{20 - (-10)} = 0,95$$

$f_{Rsi} = 0,95 > 0,65$  – kondenseerumise ja hallitamise ohtu ei ole.

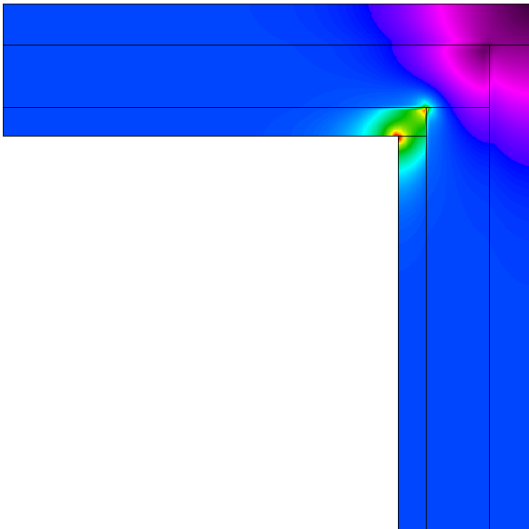
## Välisseina sisenurk



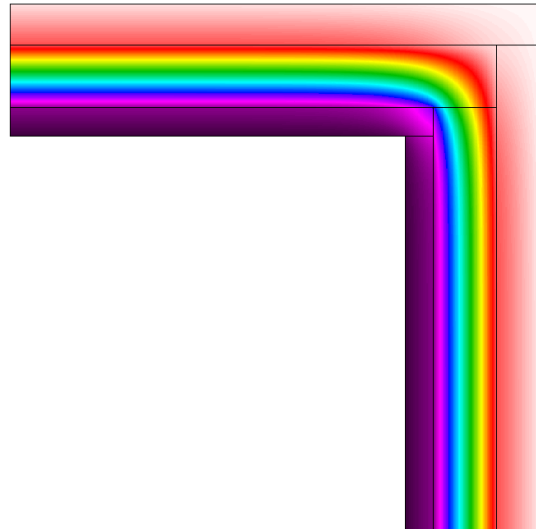
Joonis 41. Välisseina sisenurk



Joonis 42. Välisseina sisenurga isotermid



Joonis 43. Soojusvoog sisenurgas



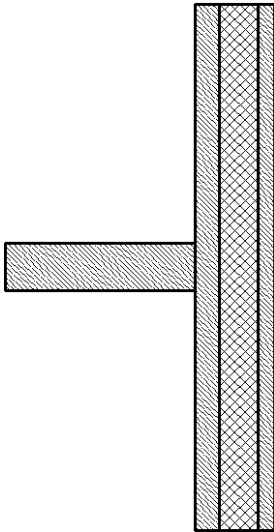
Joonis 44. Temperatuurierinevused sisenurgas

Temperatuuriindeks

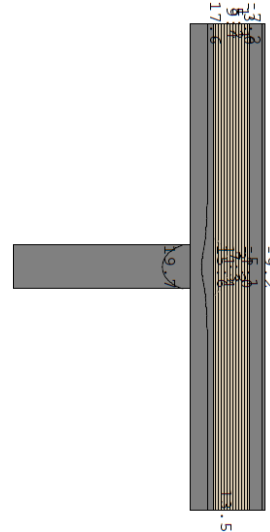
$$f_{Rsi} = \frac{19,5 - (-10)}{20 - (-10)} = 0,98$$

$f_{Rsi} = 0,98 > 0,65$  – kondenseerumise ja hallitamise ohtu ei ole.

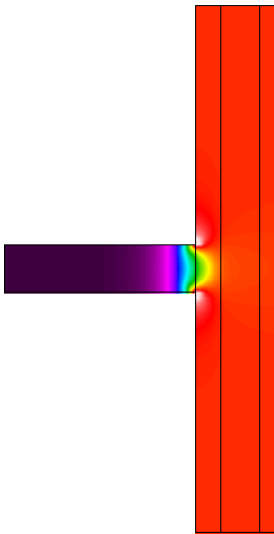
## Välisseina ja siseseina liitekoht



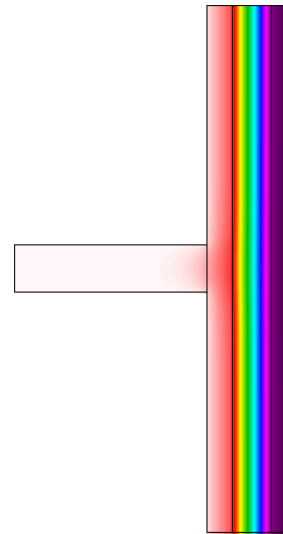
Joonis 45. Välisseina liitumine siseseinaga



Joonis 46. Välissein-sisesein sõlme isoterimid



Joonis 47. Soojusvoog välissein-sisesein sõlmes



Joonis 48. Temperatuurierinevused välissein-sisesein sõlmes

Temperatuuriindeks

$$f_{Rsi} = \frac{19,3 - (-10)}{20 - (-10)} = 0,98$$

$f_{Rsi} = 0,98 > 0,65$  – kondenseerumise ja hallitamise ohtu ei ole.

### 4.2.3 Aeroc plokkidest välisseintega hoone geomeetriliste joonkülmasildade $\Psi$ väärtused

Aeroc plokkidest välisseintega hoone külmasillad on arvutatud vastavalt programmiga THERM 7.3 modelleerimisel saadud kahemõõtmeliste soojusvoogude järgi.

#### Välisseina ja vahelae liitekoht

$$L_{2D} = 0,403 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

$$U_{\text{lagi},1D} = 0,144 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$l_{\text{lagi},1D} = 1,2 \text{ m}$$

$$U_{\text{sein},1D} = 0,1208 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$l_{\text{sein},1D} = 1,44 \text{ m}$$

$$\Psi = 0,403 - (0,144 * 1,2 + 0,1208 * 1,44) = 0,056 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

#### Akna liitumine välisseinaga

$$L_{2D} = 0,318 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

$$U_{\text{aken},1D} = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$l_{\text{aken},1D} = 0,07 \text{ m}$$

$$U_{\text{sein},1D} = 0,1208 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$l_{\text{sein},1D} = 1,43 \text{ m}$$

$$\Psi = 0,318 - (1,3 * 0,07 + 0,1208 * 1,43) = 0,055 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

#### Põrand-pinnase ja välisseina liitekoht

$$L_{2D} = 0,356 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

$$U_{\text{põrand},1D} = 0,222 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$l_{\text{põrand},1D} = 1,0 \text{ m}$$

$$U_{\text{sein},1D} = 0,1208 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$l_{\text{sein},1D} = 1,43 \text{ m}$$

$$\Psi = 0,356 - (0,222 * 1,0 + 0,1208 * 1,43) = -0,038 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$$

Põrand-pinnase ja välisseina liitekohta külmasilla  $\Psi$  väga madal väärtus on tingitud sokli soojustuse mõjust ülejäänud põranda soojakadudele. Arvutustes kasutatakse „Hoonete energiatõhususe arvutamise meetodika“ määruises ette antud  $\Psi$  väärtust  $\Psi = 0,3 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ .  
[1]

### **Välisseina välisnurk**

$$L_{2D} = 0,393 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$$

$$U_{\text{sein},1D} = 0,1208 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

$$l_{\text{sein},1D} = 1,44 \text{ m}$$

$$U_{\text{sein},1D} = 0,1208 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

$$l_{\text{sein},1D} = 1,44 \text{ m}$$

$$\Psi = 0,393 - (0,1208 * 1,44 + 0,1208 * 1,44) = 0,045 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$$

### **Välisseina sisenurk**

$$L_{2D} = 0,370 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$$

$$U_{\text{sein},1D} = 0,1208 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

$$l_{\text{sein},1D} = 1,92 \text{ m}$$

$$U_{\text{sein},1D} = 0,1208 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

$$l_{\text{sein},1D} = 1,92 \text{ m}$$

$$\Psi = 0,370 - (0,1208 * 1,92 + 0,1208 * 1,92) = -0,094 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$$

### **Välisseina ja siseseina liitekoht**

$$L_{2D} = 0,376 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$$

$$U_{\text{sein},1D} = 0,1208 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

$$l_{\text{sein},1D} = 3,13 \text{ m}$$

$$\Psi = 0,376 - (0,1208 * 3,13) = -0,002 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$$

#### 4.2.4 Leca plokkidest välisseintega hoone geomeetriliste joonkülmasildade $\Psi$ väärtused

Leca plokkidest välisseintega hoone külmasillad on arvutatud vastavalt programmiga THERM 7.3 modelleerimisel saadud kahemõõtmeliste soojusvoogude järgi.

##### Välisseina ja vahelae liitekoht

$$L_{2D} = 0,395 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

$$U_{\text{lagi},1D} = 0,1428 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$l_{\text{lagi},1D} = 1,24 \text{ m}$$

$$U_{\text{sein},1D} = 0,1237 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$l_{\text{sein},1D} = 1,25 \text{ m}$$

$$\Psi = 0,395 - (0,1428 * 1,24 + 0,1237 * 1,25) = 0,064 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

##### Akna liitumine välisseinaga

$$L_{2D} = 0,170 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

$$U_{1D} = 0,1237 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$l_{1D} = 1,25 \text{ m}$$

$$\Psi = 0,170 - (0,1237 * 1,25) = 0,015 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

##### Põrand-pinnase ja välisseina liitekoht

$$L_{2D} = 0,333 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

$$U_{\text{põrand},1D} = 0,2222 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$l_{\text{põrand},1D} = 1,0 \text{ m}$$

$$U_{\text{sein},1D} = 0,1237 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$l_{\text{sein},1D} = 1,25 \text{ m}$$

$$\Psi = 0,333 - (0,2222 * 1,0 + 0,1237 * 1,25) = -0,043 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Põrand-pinnase ja välisseina liitekohta külmasilla  $\Psi$  väga madal väärtus on tingitud sokli soojustuse mõjust ülejäänud põranda soojakadudele. Arvutustes kasutatakse „Hoonete energiatõhususe arvutamise meetodika“ määruses ette antud  $\Psi$  väärtust  $\Psi = 0,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ .  
[1]

#### **Välisseina välisnurk**

$$L_{2D} = 0,350 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$U_{\text{sein,1D}} = 0,1237 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$l_{\text{sein,1D}} = 1,26 \text{ m}$$

$$U_{\text{sein,1D}} = 0,1237 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$l_{\text{sein,1D}} = 1,26 \text{ m}$$

$$\Psi = 0,350 - (0,1237 * 1,26 + 0,1237 * 1,26) = 0,038 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

#### **Välisseina sisenurk**

$$L_{2D} = 0,344 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$U_{\text{sein,1D}} = 0,1237 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$l_{\text{sein,1D}} = 1,68 \text{ m}$$

$$U_{\text{sein,1D}} = 0,1237 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$l_{\text{sein,1D}} = 1,68 \text{ m}$$

$$\Psi = 0,344 - (0,1237 * 1,68 + 0,1237 * 1,68) = -0,072 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

#### **Välisseina ja siseseina liitekoht**

$$L_{2D} = 0,342 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$U_{\text{sein,1D}} = 0,1237 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$l_{\text{sein,1D}} = 2,77 \text{ m}$$

$$\Psi = 0,376 - (0,1208 * 3,13) = -0,001 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

#### **4.2.5 Termoplokkidest välisseintega hoone külmasillad**

Termoplokkidest hoone sõlmede joonkülmasildade lisakonduktantsid on võetud Tartu Ülikooli Energiatõhusa ehituse tuumiklabori poolt teostatud uurimustööst „Passiivmaja standarditele vastava hoone tüüpprojekti väljatöötamine ning optimeerimine“. [2]

##### **Välisseina ja vahelae liitekoht**

$$\Psi = 0,024 \text{ W/(m}^*\text{K)}$$

##### **Akna liitumine välisseinaga**

$$\Psi = 0,015 \text{ W/(m}^*\text{K)}$$

##### **Põrand-pinnase ja välisseina liitekoht**

$$\Psi = 0,020 \text{ W/(m}^*\text{K)}$$

Põrand-pinnase ja välisseina liitekohta külmasilla  $\Psi$  väga madal väärtus on tingitud sokli soojustuse mõjust ülejäänud põranda soojakadudele. Arvutustes kasutatakse „Hoonete energiatõhususe arvutamise meetodika“ määruses ette antud  $\Psi$  väärtust  $\Psi = 0,3 \text{ W/(m}^*\text{K)}$ . [1]

##### **Välisseina välisnurk**

$$\Psi = 0,035 \text{ W/(m}^*\text{K)}$$

##### **Välisseina sisenurk**

$$\Psi = -0,058 \text{ W/(m}^*\text{K)}$$

##### **Välisseina ja siseseina liitekoht**

$$\Psi = 0,000 \text{ W/(m}^*\text{K)}$$



## 4.3 Aastased soojakaod

### 4.3.1 Aeroc plokkidest välisseintega hoone aastased soojakaod

Summaarsed soojuskaod Aeroc plokkidest välisseintega hoone puhul on esitatud tabelis 9.

**Tabel 9. Summaarsed soojakaod temperatuuride erinevusel 1 K**

Piirdetarindi osa	A m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> K)	AU W/K	% AU+ΨI
Seinad	104,8	0,13	13,62	14,0
Aknad	19,23	1,1	21,15	21,8
Uksed	4,41	0,8	3,53	3,6
Pööningu põrand	143,6	0,1	14,36	14,8
Põrand	143,6	0,16	22,98	23,7
<b>Välispiirete geomeetriliste külmasildade lisakonduktantsid</b>	<b>l, m</b>	<b>Ψ, W/(mK)</b>	<b>ΨI</b>	
välisseina välisnurk	10,4	0,045	0,47	0,5
välisseina siseturk	2,6	-0,094	-0,24	-0,3
sisesein-välissein	41,6	-0,002	-0,08	-0,1
vahelagi-välissein	48,05	0,056	2,69	2,8
põrand-välissein	48,05	0,3	14,42	14,9
avatäited-välissein	75,8	0,055	4,17	4,3
		<b>Σ(AU+ΨI)</b>	<b>97,06</b>	<b>100,0</b>

Aastased soojakaod arvutatakse valemiga 16:

$$Q = 97,06 * 4295 * 24 = 10005 \text{ kWh}$$

Ruutmeetri kohta oleksid soojakaod:

$$Q = 10005/135,8 = 74 \text{ kWh/m}^2.$$

### 4.3.2 Leca plokkidest välisseintega hoone aastased soojakaod

Summaarsed soojuskaod Leca plokkidest välisseintega hoone puhul on toodud tabelis 10.

**Tabel 10. Summaarsed soojakaod temperatuuride erinevusel 1K**

Piirdetarindi osa	A m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> K)	AU W/K	% AU+ΨI
Seinad	104,8	0,12	12,58	13,5
Aknad	19,23	1,1	21,15	22,7
Uksed	4,41	0,8	3,53	3,8
Pööningu põrand	143,6	0,1	14,36	15,4
Põrand	143,6	0,16	22,98	24,6
<b>Välispiirete geomeetriliste külmasildade lisakonduktantsid</b>	<b>l, m</b>	<b>Ψ, W/(mK)</b>	<b>ΨI</b>	
välisseina välisnurk	10,4	0,038	0,40	0,4
välisseina sisenurk	2,6	-0,072	-0,19	-0,2
sisesein-välissein	41,6	-0,001	-0,04	0,0
vahelagi-välissein	48,05	0,064	3,08	3,3
põrand-välissein	48,05	0,3	14,42	15,4
avatäited-välissein	75,8	0,015	1,14	1,2
		<b>Σ(AU+ΨI)</b>	<b>93,39</b>	<b>100,0</b>

Aastased soojakaod arvutatakse valemiga 16:

$$Q = 93,39 * 4295 * 24 = 9627 \text{ kWh}$$

Ruutmeetri kohta oleksid soojakaod:

$$Q = 9627/135,8 = 71 \text{ kWh/m}^2.$$

### 4.3.3 Termoplokkidest hoone aastased soojakaod

Summaarsed soojuskaod Leca plokkidest välisseintega hoone puhul on toodud tabelis 11.

**Tabel 11. Summaarsed soojakaod temperatuuride erinevusel 1K**

Piirdetarindi osa	A m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> K)	AU W/K	% AU+ΨI
Seinad	106,2	0,13	13,81	14,3
Aknad	20,43	1,1	22,47	23,3
Uksed	4,41	0,8	3,53	3,7
Pööningu põrand	144,8	0,1	14,48	15,0
Põrand	144,8	0,17	24,62	25,6
<b>Välispiirete geomeetriliste külmasildade lisakonduktantsid</b>	<b>l, m</b>	<b>Ψ, W/(mK)</b>	<b>ΨI</b>	
välisseina välisnurk	13	0,035	0,46	0,5
välisseina sisenurk	2,6	-0,058	-0,15	-0,2
sisesein-välissein	41,6	0	0,00	0,0
vahelagi-välissein	49,05	0,024	1,18	1,2
põrand-välissein	49,05	0,3	14,72	15,3
avatäited-välissein	81	0,015	1,22	1,3
		<b>Σ(AU+ΨI)</b>	<b>96,31</b>	<b>100,0</b>

Aastased soojakaod arvutatakse valemiga 16:

$$Q = 96,31 * 4295 * 24 = 9928 \text{ kWh}$$

Ruutmeetri kohta oleksid soojakaod:

$$Q = 9928/137 = 72 \text{ kWh/m}^2.$$

### 4.4 Keskmised päevavalgustegurid

Keskmised päevavalgustegurid arvutatakse valemiga 17

$$g = 0,63 \text{ (Tabel 4. Suletud pakett: kirkas klaas (6 mm) + selektiivklaas (Low-E, 6 mm))}$$

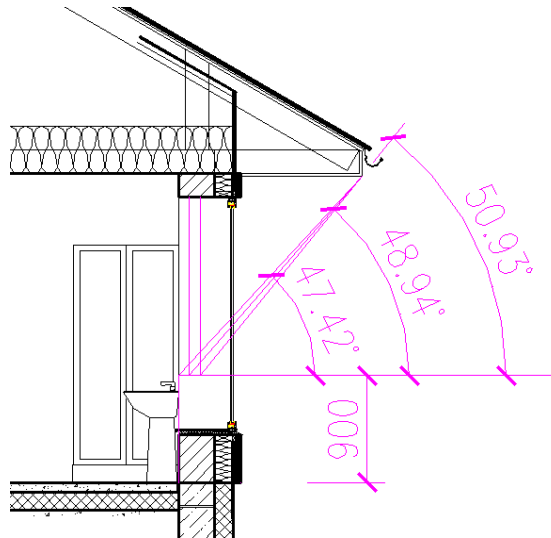
Hooldeteguri m määramine (linnalähedane piirkond, eramu, tavapärase keskkond, vertikaalne klaas, vihma eest varjatud)

$$m = 100 - 4 * 1 * 3 = 88\%$$

Klaaside hajualguse tegur arvutatakse valemiga 18:

$$T = 0,63 * 0,88 = 0,55$$

Nähtava taeva nurga määramine on näidatud joonisel 49.



Joonis 49. Nähtava taeva nurga määramine

#### 4.4.1 Aeroc plokkidest välisseintega hoone

Seinte paksus on 520 mm.

Nähtava taeva nurk  $\Theta = 47,5^\circ$

Sisepindade peegeldustegurite kaalutud keskmine  $R = 0,5$

$$T = 0,55$$

#### Köök:

Kogu klaasitud ala pindala, mis asub töötasapinnast kõrgemal  $A_w = 3,6 \text{ m}^2$

Lae, põranda ja seinte kogupindala  $A = 73,4 \text{ m}^2$

Keskmine päevavalgustegur (valem 17):

$$\bar{D} = \frac{0,55 * 3,6 * 47,5}{73,4 * (1 - 0,5^2)} = 1,7\%$$

**Elutuba:**

Kogu klaasitud pindala, mis asub töötasapinnast kõrgemal  $A_w = 3,6 \text{ m}^2$

Lae, põranda ja seinte kogupindala  $A = 115,1 \text{ m}^2$

Keskmine päevvalgustegur (valem 17):

$$\bar{D} = \frac{0,55 * 3,6 * 47,5}{115,1 * (1 - 0,5^2)} = 1,1\%$$

**Magamistuba 1:**

Kogu klaasitud pindala, mis asub töötasapinnast kõrgemal  $A_w = 3,36 \text{ m}^2$

Lae, põranda ja seinte kogupindala  $A = 83,5 \text{ m}^2$

Keskmine päevvalgustegur (valem 17):

$$\bar{D} = \frac{0,55 * 3,36 * 47,5}{83,5 * (1 - 0,5^2)} = 1,4\%$$

**Magamistuba 2:**

Kogu klaasitud pindala, mis asub töötasapinnast kõrgemal  $A_w = 3,36 \text{ m}^2$

Lae, põranda ja seinte kogupindala  $A = 91,2 \text{ m}^2$

Keskmine päevvalgustegur (valem 17):

$$\bar{D} = \frac{0,55 * 3,36 * 47,5}{91,2 * (1 - 0,5^2)} = 1,3\%$$

**4.4.2 Leca plokkidest välisseintega hoone**

Seinte paksus on 460 mm.

Nähtava taeva nurk  $\Theta = 49^\circ$

Sisepindade peegeldustegurite kaalutud keskmine  $R = 0,5$

$T = 0,55$

**Köök:**

Kogu klaasitud pindala, mis asub töötasapinnast kõrgemal  $A_w = 3,6 \text{ m}^2$

Lae, põranda ja seinte kogupindala  $A = 73,4 \text{ m}^2$

Keskmine päevvalgustegur (valem 17):

$$\bar{D} = \frac{0,55 * 3,6 * 49}{73,4 * (1 - 0,5^2)} = 1,8\%$$

**Elutuba:**

Kogu klaasitud pindala, mis asub töötasapinnast kõrgemal  $A_w = 3,6 \text{ m}^2$

Lae, põranda ja seinte kogupindala  $A = 115,1 \text{ m}^2$

Keskmine päevvalgustegur (valem 17):

$$\bar{D} = \frac{0,55 * 3,6 * 49}{115,1 * (1 - 0,5^2)} = 1,1\%$$

**Magamistuba 1:**

Kogu klaasitud pindala, mis asub töötasapinnast kõrgemal  $A_w = 3,36 \text{ m}^2$

Lae, põranda ja seinte kogupindala  $A = 83,5 \text{ m}^2$

Keskmine päevvalgustegur (valem 17):

$$\bar{D} = \frac{0,55 * 3,36 * 49}{83,5 * (1 - 0,5^2)} = 1,5\%$$

**Magamistuba 2:**

Kogu klaasitud pindala, mis asub töötasapinnast kõrgemal  $A_w = 3,36 \text{ m}^2$

Lae, põranda ja seinte kogupindala  $A = 91,2 \text{ m}^2$

Keskmine päevvalgustegur (valem 17):

$$\bar{D} = \frac{0,55 * 3,36 * 49}{91,2 * (1 - 0,5^2)} = 1,3\%$$

#### 4.4.3 Termoplokkidest välisseintega hoone

Seinte paksus on 360 mm.

Nähtava taeva nurk  $\Theta = 51^\circ$

Sisepindade peegeldustegurite kaalutud keskmine  $R = 0,5$

$T = 0,55$

##### **Köök:**

Kogu klaasitud pindala, mis asub töötasapinnast kõrgemal  $A_w = 4,5 \text{ m}^2$

Lae, põranda ja seinte kogupindala  $A = 78,4 \text{ m}^2$

Keskmine päevvalgustegur (valem 17):

$$\bar{D} = \frac{0,55 * 4,5 * 51}{78,4 * (1 - 0,5^2)} = 2,2\%$$

##### **Elutuba:**

Kogu klaasitud pindala, mis asub töötasapinnast kõrgemal  $A_w = 3,6 \text{ m}^2$

Lae, põranda ja seinte kogupindala  $A = 115,1 \text{ m}^2$

Keskmine päevvalgustegur (valem 17):

$$\bar{D} = \frac{0,55 * 3,6 * 51}{115,1 * (1 - 0,5^2)} = 1,2\%$$

##### **Magamistuba 1:**

Kogu klaasitud pindala, mis asub töötasapinnast kõrgemal  $A_w = 3,36 \text{ m}^2$

Lae, põranda ja seinte kogupindala  $A = 83,5 \text{ m}^2$

Keskmine päevvalgustegur (valem 17):

$$\bar{D} = \frac{0,55 * 3,36 * 51}{83,5 * (1 - 0,5^2)} = 1,5\%$$

**Magamistuba 2:**

Kogu klaasitud pindala, mis asub töötasapinnast kõrgemal  $A_w = 3,36 \text{ m}^2$

Lae, põranda ja seinte kogupindala  $A = 91,2 \text{ m}^2$

Keskmine päevvalgustegur (valem 17):

$$\bar{D} = \frac{0,55 * 3,36 * 51}{91,2 * (1 - 0,5^2)} = 1,4\%$$



## 5 SAADUD TULEMUSTE ANALÜÜS

Arvutustulemuste põhjal võib järeldada, et kõik antud lõputöös käsitletud piirded vastavad soojapidavuse poolest „Energiatõhususe miinimumnõuetele“. Soojapidavus ning soojuskaod läbi piirete on vaid üks osa „Energiatõhususe miinimumnõuetest“ [19], seega tuleb tähelepanu pöörata ka kütte- ning ventilatsioonisüsteemile. Samuti ei ole antud lõputöös arvestatud soojuskadusid läbi õhulekkekohtade, kuna vastavaid mõõtmisi läbi viimata ei ole mõtet kasutada energiatõhususe miinimumnõuete arvutusmetoodikas toodud baasväärtusi. [20]

Soojusjuhtivuse seisukohalt on kõik käsitletud välisseina konstruktsioonid sarnaste U-arvudega. Aeroc plokkidest välisseintega (seina paksus 520 mm) hoonel ning Termoplokkidest (seina paksus 360 mm) hoonel on võrdsed U-arvud ( $U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), kuid Termoplokkidest välissein on sama U-arvu juures 160 mm väiksema paksusega. Leca plokkidest laotud välissein ( $U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) on paksusega 460 mm. Leca plokkide puhul on tootja ära märkinud, et U-arv  $U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ , saavutatakse vaid siis, kui vuuk täidetakse soojustuse kohalt vähepaisuva vahuga.

Külmasildade lisasoojusjuhtivuste arvutustest selgus, et „Hoonete energiatõhususe arvutamise metoodikas“ antud joonkülmasildade lisakonduktantsid on erinevad antud lõputöös saadud tulemustest. Erinevused on toodud tabelis 12.

**Tabel 12. Joonkülmasildade lisasoojusjuhtivuse võrdlus**

	Joonkülmasilla soojusläbivus $\psi$ , $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$			
	Aeroc välisseinad	Leca välisseinad	Termoplokk välisseinad	Määrus
Välisseina välisnurk	0,045	0,038	0,035	0,2
Välisseina sisenurk	-0,094	-0,072	-0,058	-0,1
Välisseina ja siseseina liitekoht	-0,002	-0,001	0	0,1
Välisseina ja vahelae liitekoht	0,056	0,064	0,024	0,1
Põrand-pinnase liitekoht	0,3*	0,3*	0,3*	0,3
Akna liitumine välisseinaga	0,055	0,015	0,015	0,1

\* - Põrand-pinnase liitekohta soojusjuhtivus on arvutustes võetud samaks määruses antuga, kuna simulatsioonimudel ei arvesta ainult sõlme geomeetriat, vaid ka sokli soojustuse mõju põranda soojuskadudele.

Protsentuaalselt üsna suurel määral (umbes 15% kõikidest soojakadudest) mõjutab soojakadusid põrand-pinnase ja välisseina sõlm, mille joonkülmasilla lisakonduktantsi väärtus võeti „Hoonete energiatõhususe arvutamise metoodika“ määrusest ning võib olla tegelikkuses väiksem. Täpsema arvutusmetoodika kasutamisel on võimalik, et kulu on tegelikult kuni 10% väiksem sokli-põranda liitumiskoha arvelt.

Aastased soojakaod läbi piirete saadi vastavalt:

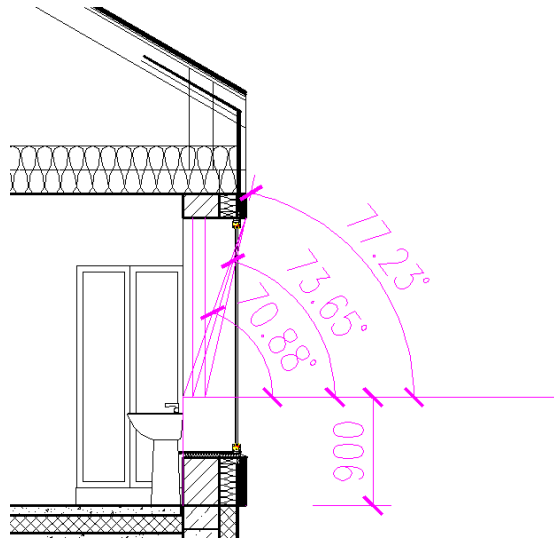
- Aeroc välisseintega hoone puhul: 10005 kWh 74 kWh/m<sup>2</sup>
- Leca välisseintega hoone puhul: 9627 kWh 71 kWh/m<sup>2</sup>
- Termoplokkseintega hoone puhul: 9928 kWh 72 kWh/m<sup>2</sup>

Hoone ruumidele leitud keskmised päevavalgustegurid ei tulnud ühegi välisseina variandi puhul kõikides ruumides vastavalt standardis ette nähtud alammäärale. Magamistubades olid saadud keskmised päevavalgustegurid üle miinimumi. Köögis oli üle miinimumi vastav tegur vaid Termoplokkidest välisseintega hoonel. Elutoale esitatud nõuet keskmisele päevavalgustegurile ei saavutanud ükski käsitletud hoonetest. Parimate keskmiste päevavalgusteguritega hoone on Termoplokkidest projekteeritud. Selle põhjuseks võib olla seinte väiksem paksus võrreldes teiste käsitletud välisseina variantidega. Põhjuseks võib olla ka põhiplaani erinevus köögi osas, mis on tingitud Termoplokkide iseärasustest (Termoplokkidest ei saa laduda kaarjat seina). Kõikide välisseina konstruktsioonide puhul on antud uurimustöös määravaks lai (1 m) räästas, mis mõjutab tegurit  $\Theta$  (nähtava taeva nurk kraadides), kuid isegi nii laia räästa puhul mõjutavad antud tegurit ka seina paksused. Keskmiste päevavalgustegurite võrdlus on toodud tabelis 13.

**Tabel 13. Keskmise päevavalgusteguri võrdlus**

Ruum	Keskmise päevavalgusteguri %			
	Aeroc välisseinad	Leca välisseinad	Termoplokk välisseinad	Standard
Köök	1,7	1,8	2,2	2
Elutuba	1,1	1,1	1,2	1,5
Magamistuba 1	1,4	1,5	1,5	1
Magamistuba 2	1,3	1,3	1,4	1

Juhul kui keskmiste päevvalgustegurite arvutamisel ei ole vaja arvestada hoone räästaga, oleksid nähtava taeva nurgad joonisel 50 näidatud väärtustega ning keskmised päevvalgustegurid tabelis 14 esitatud väärtustega.



**Joonis 50. Nähtava taeva nurgad ilma räästata seinal**

**Tabel 14. Keskmised päevvalgustegurid ilma räästata seina puhul**

Ruum	Keskmine päevvalgustegur %			
	Aeroc välisseinad	Leca välisseinad	Termoplokk välisseinad	Standard
Köök	2,6	2,6	3,2	2
Elutuba	1,6	1,7	1,8	1,5
Magamistuba 1	2,1	2,2	2,3	1
Magamistuba 2	1,9	2,0	2,1	1

## **6 ÜKSIKELAMU EHITUSPROJEKTI SELETUSKIRI**

### **6.1 Seletuskirja koosseis**

1. Üldosa
2. Asendiplaan
3. Arhitektuur
4. Konstruksioonid
5. Tuleohutus
6. Soojavarustus ja küte
7. Ventilatsioon
8. Veevarustus ja kanalisatsioon
9. Elektrivarustus

### **6.2 Üldosa**

#### **6.2.1 Sissejuhatus**

Projekti staadium: eelprojekt

Asukoht: Tartumaa Ülenurme vald Külitse küla Arroli tn. 15, katastritunnus 94901:005:0946

Käesoleva eelprojekti mahus lahendatakse uue üksikelamu püstitamine Arroli tn 15 krundile. Eelprojekti aluseks on tellija lähteülesanne ja OÜ Brom Planeeringud poolt koostatud detailplaneering. Ehitusprojekti juurde tuleb koostada eraldi veevarustuse-, kanalisatsiooni-, kütte-, ventilatsiooni-, elektri- ja nõrkvoolu projektid. Projekt on koostatud vastavuses Eesti Vabariigi Ehitusseadusandlusega ja kehtivate normidega.

Hooneks on ühekorruseline ühepereelamu, mille õue poolsel küljel on terrass. Hoonel on tume bituumensindlitega kelpkatus. Fassaadidel on kasutatud heleda tooniga värvitud laudvoodrit ning tumedamates toonides dekoorelemente akende ja uste ümber ning hoone nurkades. Sokkel on krohvitud heleda krohviga.

#### **6.2.2 Objekti eluiga**

Hoone elueaks on arvestatud 50 aastat.

Ehituskonstruksioonidele ja küttele tuleb elueaks arvestada minimaalselt 50 aastat; ventilatsioonisüsteemidele ja soojaveetorustikele 20 aastat.

### **6.2.3 Üldandmed**

Eelprojekt on aluseks ehitusloa taotlemisel. Eelprojekt hõlmab üksikelamu arhitektuurset ja asendiplaanilist lahendust.

### **6.2.4 Alusdokumendid**

Külitse küla, Arroli 2 (94901:005:0473) kinnistu detailplaneering

Seadused:

- Ehitusseadus

Määrused:

- Majandus- ja kommunikatsiooniministri määrus nr 67/ 17.09.2010 „Nõuded ehitusprojektile“
- Majandus- ja kommunikatsiooniministri määrus nr 84/ 01.10.2014 „Ehitise tehniliste andmete loetelu ja pindade arvestamise alused“
- Vabariigi Valitsuse määrus nr 38 / 26.01.1999 „Eluruumidele esitatavad nõuded“
- Vabariigi Valitsuse määrus nr 315 / 27.10.2004 „Ehitisele ja selle osale esitatavad tuleohutusnõuded“
- Vabariigi Valitsuse määrus nr 68 / 30.08.2012 „Energiatõhususe miinimumnõuded“
- Sotsiaalministri määrus nr 42 / 04.03.2002 „Müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja mürataseme mõõtmise meetodid“

Standardid:

- EVS 811:2012 Hoone ehitusprojekt
- EVS 865-1:2013 Ehitusprojekti kirjeldus. Osa 1: Eelprojekti seletuskiri
- EVS 812-2:2014 Ehitise tuleohutus. Osa 2: Ventilatsioonisüsteemid
- EVS 812-3:2013 Ehitiste tuleohutus. Osa 3: Küttesüsteemid
- EVS 812-6:2012 Ehitise tuleohutus. Osa 6: Tuletõrje veevarustus
- EVS 812-7:2008 Ehitise tuleohutus. Osa 7: Ehitisele esitatava põhinõude, tuleohutusnõude tagamine projekteerimise ja ehitamise käigus
- EVS 842:2003 Ehitise heliisolatsiooninõuded. Kaitse müra eest

Normid:

- Ehitusreeglite Nõukogu seisukoht/ Protokoll nr 8 / 09.09.1994 – Hea ehitustava (ET-1 0207-0068)
- EPN 14.1 (Eelnõu) Ruumide ja nende osade mõõtmetele esitatavad üldnõuded

## **6.3 Asendiplaan**

### **6.3.1 Üldandmed**

#### **Projekteerimistöo piiritus:**

Projektiosaga on lahendatud hoone üldine asendiplaan – hoone paiknemine, juurdepääsuteed, parkimine, haljastus, piirdeaia ning prügikonteineri asukoht.

### **6.3.2 Olemasolev olukord**

#### **Paiknemine:**

Kinnistu asub Tartu maakonnas Ülenurme vallas Külitse külas (Lisa, joonis A-01). Põhjast piirneb kinnistu Arroli tänavaga, lõunast Kaseoru (maatulundusmaa) maatüksusega, idast Arroli 17 krundiga ja läänest Arroli 13 krundiga. Lähiumbruses olevatel kruntidel on ühe ja kahekorruselised üksikelamud. Juurdepääs krundile on põhjast, Arroli tänavalt.

#### **Olemasolevad hooned ja rajatised:**

Krundil on üks olemasolev kõrvalhoone – saun, mis asub krundi lõunaosas. Krundi edelaossa on planeeritud üks abihoone – kuur/auto varjualune.

#### **Olemasolev reljeef:**

Krunt on kogu ulatuses tasane. Krunt on väikse tõusuga suunal põhjast lõunasse. Absoluutkõrgused jäävad vahemikku 47.46 krundi põhja osas ning 47.59 krundi lõuna osas.

#### **Olemasolev kõrghaljastus:**

Krundile on hiljuti istutatud mõned viljapuud (õunapuu, ploomipuu) ning üks kuusk.

### **Olemasolevad tänavad, juurdesõiduteed ja kõnniteed:**

Juurdepääs krundile on Arroli tänavalt. Juurdepääsutee on krundi piiril killustikkattega. Krundil on tasandatud liivakattega sõidutee kuni parkimiskohtadeni ning betoonkivisillutisega kõnnitee kõrvalhooneni.

### **6.3.3 Asendiplaani lahendus**

Hoone paikneb detailplaneeringuga näidatud hoonestusala Arroli tänava poolsel küljel. Hoone kaugus krundi põhjapiirist on 10 m ja idapiirist 7,3 m. Hoone pikem külg ja hari on risti Arroli tänavaga. Enamus aknaid ning terrass jääb õue ning ühtlasi ka lõuna ja lääne ilmakaare poole soodustades loomulikku valgust ruumides. Elamu ning kõrvalhoone vahele jääb murukattega õu.

### **6.3.4 Vertikaalplaneering**

#### **Veritkaalplaneerimise lahenduse lähteandmed:**

Maapind on kogu krundi ulatuses tasane. Maapinda tõstetakse vaid sellisel ulatusel, mis võimaldaks sajuveed hoonest eemale juhtida. Juurdepääs hoonele on maapinnalt. Kõrgusmärk peasissepääsu ees kõnniteel on 47.46.

#### **Hoone paiknemiskõrgus:**

Hoone põranda kõrgusmärgiks on 47.76.

#### **Sademevee käitlemine:**

Sademeveed juhatakse katuselt vihmaveerenni ning toru abil maapinnale, kus lastakse sademeveel hajutatult pinnasesse imbuda.

### **6.3.5 Teed ja platsid**

#### **Juurdesõidutee:**

Juurdepääs krundile on Arroli tänavalt mööda kattega teed. Sissesõit on ette nähtud katta asfaltkattega

### **Krundisisesed teed ja platsid:**

Juurdepääs krundile on Arroli tänavalt mööda kattega teed. Krundile on ette nähtud betoonkivisillutisega tee kuni autode varjualuseni. Läbi krundi kulgevalt laiemalt teelt viivad hooneteni kõnniteed. Varjualuseni viiv tee on 48,4 m pikk ja 4 m lai. Kõrvalhooneni viiv kõnnitee on 1 m lai ja elumajani viiv kõnnitee on 1,4 m lai. Varjualuse ees olev plats on 5,8 m lai, võimaldamaks autodel varjualuse alla pöörata. Prügikonteinerini pääseb mööda sillutatud teed.

### **Katendid:**

Varjualuseni viiv tee ja kõnnitee hooneni on planeeritud katta betoonkivisillutisega, mõlemas servas äärekivid. Tee kõrvale jäävale alale on planeeritud murukate. Hoone perimeetri ümber on planeeritud 0,6 m laiune betoonkivisillutisega riba.

### **Äärekivid:**

Teedele on ette nähtud äärekivid 1000x200x80, toon hall. Äärekivid paigaldada sillutiskividega samale kõrgusele.

### **6.3.6 Haljastus ja heakorrastus**

#### **Olemasolev, säilitatav haljastus:**

Ehitusele ei jää ette haljastust. Krundile on hiljuti istutatud kolm õunapuud, üks ploomipuu ning üks kuusepuu, mis kuuluvad säilitamisele. Krundi lõunapiiril on elupuuhekk, mis kuulub säilitamisele.

#### **Projekteeritud haljastus:**

Hoonetest, teedest ja platsidest vabale alale külvata muru. Täiendavat kõrghaljastust planeeritud ei ole.

#### **Välisvalgustus:**

Varjualuseni viiva tee äärde paigutada olemasoleva kõnnitee eeskujul õrna valgusega postvalgustid, sammuga 4 m. Postvalgustite kõrgus on 1 m. Hoone õue poolse räästakasti sisse paigaldada allapoole suunatud valgustid.



**Väikeehitised:**

Krundi edelanurka on planeeritud autode varjualune (Lisa, joonis A-02, joonis A-13, joonis A-14) Varjualune rajada betoonvaivundamendile, vaiadeks on 120 mm läbimõõduga 1,20 m pikkused postid, mis kaevata 1,0 m sügavusele maa alla. Postidele toetub varjualuse puitkarkass. Puidust karkassipostid teha 200x200 mm immutatud saepuidust, katusekonstruktsioon 50x150 mm immutatud saepuidust. Katusele paigaldada OSB-plaadid, bituumenaluskate ning bituumensindelkate. Seinad katta immutatud saelaudisega 22x100 mm.

**Piirded ja väravad:**

Piirdeks rajada horisontaallaudisega laudaed krundi lõuna-, ida- ja läänepiirile (Lisa, joonis A-02). Aiapostideks on nelikant ristlõikega metallpostid. Aia kõrguseks on 1,2 m. Piirded töödelda tumepruuni peitsiga. Krundi põhjapiirile on projekteeritud kividest laotud postidega laudaed. Sissepääsu teele krundipiirile on planeeritud kaheosaline puitvärav eraldi sissepääsudega autode ning jalakäijate jaoks.

**Prügikonteinerid:**

Krundi põhjapiirile paigutatakse prügikonteiner olmeprügi kogumiseks. Konteineri asukoht on märgitud asendiplaanile (Lisa, joonis A-02). Konteineri tühjendamiseks olemprügist tuleb hoone valdajal sõlmida leping prügiveoteenust osutava firmaga. Konteineri tühjendamiseks peab omanik tühjendamispäeval konteineri värava taha lükkama.

**6.3.7 Maa-ala tehnilised andmed**

Katastritunnus – 94901:005:0946

Krundi pindala – 1986 m<sup>2</sup>

Sihtotstarve – elamumaa 100%

Hoonete arv krundil – 2

Parkimiskohtade arv – 2

Tulepüsivusklass – TP 2

## **6.4 Arhitektuur**

### **6.4.1 Üldandmed**

#### **Projekteerimistöö piiritus:**

Projektiosaga on lahendatud hoone arhitektuurne lahendus eelprojekti mahus.

### **6.4.2 Arhitektuuri üldlahendus**

#### **Hoone paiknemine, planeeringu piirangud:**

Hoone paikneb hoonestusala põhjapoolsel küljel naabermajadega ühel joonel. Hoone pikem külg ja hari on risti Arroli tänavaga. Hoone kaugus põhjapoolsest krundipiirist on 10 m ja idapoolsest krundi piirist 7,3 m. Detailplaneeringuga ette nähtud hoone harja lubatud kõrgus on 8 m. Hoone lubatud katusekalle on 30...45°.

#### **Hoone gabariidid:**

Hoone pikkus on 16 m, laius 11,2 m ja kõrgus harjani maapinnast on 7,0 m.

#### **Hoone arhitektuuri üldkontseptsioon:**

Hoone on ühekorruseline ühepereelamu. Üldplaan on risküliku kujuline, kuid õuepoolsele küljele on kujundatud sisseastega kaarjas suurte akendega osa, kust pääseb terrassile (Lisa, joonis A-03). Sisseaste jätab rohkem ruumi katusealusele terrassile. Terrass jääb suuremas osas õue poole, pakkudes nii rohkem privaatsust. Peasissepäas hoonesse asub hoone lääneküljel. Lisaks on võimaldatud väljapääs terrassile köök/söögitoast ning katlaruumist. Hoonel on heledates toonides horisontaalne laudis, kaarjal osal on laudis vertikaalne. Dekoratiivelementidena on kasutatud kontrastina heledale voodrilauale tumepruune piirdelaudu avade ümber ning nurgapilastrilaudu. Fassaadimaterjalidena on kasutatud veel katusel tumepruuni kärgtüüpi bituumensindlit ning heledat krohvi sokliosas.

#### **Energiatõhusus ja sisekliima:**

Hoone välispiirete projekteerimisel on arvestatud Energiatõhususe miinimumnõuetes toodud soojuslähivuse soovituslike väärtustega. Piirded on õhutihedad ning soojapidavad, välditud on külmasildu. Hoone sisekliima parameetrites on õhutemperatuur tagatud lokaalse keskküttega puidu-gaasikatla baasil ja sundventilatsiooniga. Avatäidete klaaspaketid on kahekordsed selektiivklaasiga. Suvise ruumide ülekuumenemise eest

kaitseb pikk räästas, mis pakub varju. Ruumides on tagatud piisav loomulik valgus. Energiatõhususe miinimumnõuetele vastavus tõendatakse lihtsustatud meetodil arvutuslikult.

### **Hoone ruumid:**

Hoones on kaks magamistuba, suur avatud elutuba, mis avaneb ühtlasi köögile. Köögi töötasapinnad ja seadmed on elutoa suhtes eraldatud vaheseinaga ning kööginurga ja elutoa vahele jääb avatud söögitoa osa, kust pääseb ka terrassile. Külaliste magamistuba jääb ülejäänud ruumiprogrammist pisut eraldi, elanike magamistuba paikneb WC ning vannitoa kõrval. WC ning vannituba on elutoast eraldatud kerge vaheseinaga, mis loob WC ja vannitoa ette koridoriosa. Sauna ning kuuri poole jääb katlaruum, kust pääseb terrassi kaudu kuurist puid tooma.

### **6.4.3 Hoone tehnilised andmed**

Kasutamise otstarve – 11101 Üksikelamu

Ehitisealune pind – 170 m<sup>2</sup>

Suletud netopind – 135,8 m<sup>2</sup>

Korruste arv – 1

Absoluutne kõrgus – 54,46 m

Hoone kõrgus – 7,0 m vahetult ümbritsevast maapinnast

Hoone pikkus – 16,0 m

Hoone laius – 11,2 m

Hoone maht – 434,2 m<sup>3</sup>

Köetav pind – 135,8 m<sup>2</sup>

Tehnopind – 11,3 m<sup>2</sup>

## **6.5 Konstruktsioonid**

### **6.5.1 Vundament**

Hoonele on projekteeritud madal lintvundament. Taldmik on raudbetoonist, kõrgusega 200 mm ja laiusega 800 mm. Vundamendiseinad laotakse 300 mm laiustest FIBO 3 plokkidest ning soojustatakse 150 mm vahtpolüstüreenplaatidega EPS 120 Perimeeter. Vundamendiseinad kaitstakse hüdroisolatsiooniga. Sokkel krohvitakse. Vundamentide

ümber laotakse horisontaalselt umbes 300 mm sügavusele 1 m laiuselt 100 mm vahtpolüstüreenist plaadid EPS külmakerke kaitseks.

### **6.5.2 Põrand pinnasel**

Alusmüüride vaheline ruum täidetakse tihendatud liiva ning killustikuga 300 mm. Killustiku peale valatakse 50 mm tasanduskiht, mis kaetakse 150 mm vahtpolüstüreenplaatidega EPS 100 ning hüdroisolatsiooniga. Pärast põrandaküttetorustiku, muude torude ning hülsside paigaldamist kaetakse põrand 80 mm betooniga.  $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

### **6.5.3 Välisseinad**

Välisseinad laotakse Aeroc Classic 300 mm plokkidest ning soojustatakse 150 mm mineraalvillaga Isover KL37, mis paigaldatakse 50x150 mm prusside vahele. Villa peale paigaldatakse 30 mm tuuletõkkeplaadid Isover RKL-31. Tuuletõkke ja voodrilaudise vahele jäetakse distantssliistudega tuulutusvahe 22 mm. Seestpoolt seinad krohvitakse, pahteldatakse ning viimistletakse. Seinad isoleeritakse vundamendist rullbituumeniga.  $U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

### **6.5.4 Siseseinad**

Kandvad siseseinad laotakse 250 mm Aeroc Classic plokkidest. Seinad krohvitakse, pahteldatakse ning viimistletakse.

Mittekandvad siseseinad laotakse 150 mm Aeroc Classic plokkidest. Seinad krohvitakse, pahteldatakse ning viimistletakse.

### **6.5.5 Vahelagi**

Vahelagi ehitatakse 50x200 mm puittaladest, sammuga 600 mm. Talade alla pannakse aurutõkkepaber, kinnitatakse kipsplaat. Aurutõkke paber paigaldatakse ülekattega ning teibitakse. Altpoolt kipsplaadid pahteldatakse ning värvitakse. Laetalade vahele ning peale pannakse kokku 400 mm paksuselt puistevilla. Räästaosas tuleb paigaldada vertikaalne tuuletõkkeplaat kuni sarikate vahele kinnitatud papist tuulesuunajateni, et vältida puistevilla minema puhumist räästa äärest.  $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

### **6.5.6 Katus**

Hoonele on projekteeritud 30° kaldega kelpkatus. Katust kandvateks elementideks on sarikad 50x200 mm sammuga 600 mm. Sarikate peale kinnitatakse horisontaalne roovitus 22 mm sammuga 600 mm, seejärel armeeritud kile ning vertikaalne distantsliist 22 mm, sammuga 600 mm. Vertikaalsed distantsliistud kaetakse 12 mm OSB plaatidega, mis kaetakse bituumenaluskattega. Kõige peale paigaldatakse bituumensindelkate.

### **6.5.7 Avatäited**

Välisüksed on projekteeritud värvitud HDF kattega JELD-WEN Basic ukсед. Peasissepääsul on projekteeritud avatava laiendi ning klaasiga uks. Ukseklaas on kahekihiline argoongaasi täitega kirka klaasiga. Aknad ja terrassiuks on projekteeritud tumepruunide PVC raamidega. Aknaklaasid on kahekihilised argoontäitega ja selektiivklaasidega, Kömmerling Eurofutur Classic profiiliga. Siseüksed on valged värvitud spoonüksed. Katlaruumi ja eluruumide vaheline uks on valge JELD-WEN Fire tuletõkkeuks.

Akende  $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Uste  $U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Tuletõkkeukse tulepüsivusklass on EI 30.

### **6.5.8 Terrassid**

Hoone lõuna- ja läänepoolsele küljele jääv terrass ehitada postvundamendile. Enne terrassi ehitamist koorida pinnast 150 mm ja täita tihendatud kruusaga. Vundamendipostid läbimõõduga 120 mm puurida 1,2 m sügavusele maapinnast. Postid armeerida terasest keermelatiga, mille otsa kinnitada 50x150 puitsõrestik. Puit tuleb eelnevalt sügavimmutada. Sõrestik katta pruuni immutusega rihveldatud terrassilaudadega. Terrassilaudade vahele jätta 5 mm vaba ruumi.

### **6.5.9 Siseviimistlus**

Täpsem siseviimistluslahendus selgub ehituse käigus. Põrandad kaetakse puitparketiga, kööginurgas ja esikus põrandal keraamilised põrandaplaadid. WC ja vannitoa põrand kaetakse keraamiliste plaatidega. Magamistubade seinad tapeeditakse, elutoas, köögis ja katlaruumis krohvatakse, pahteldatakse ja värvitakse. WC ja vannitoa seinad plaaditakse. Kõik laed pahteldatakse ning värvitakse.

## **6.6 Tuleohutus**

### **6.6.1 Üldandmed**

#### **Projekteerimistöo piiritus:**

Projekteeritav hoone on ühekorruseline üksikelamu.

#### **Alusdokumendid:**

- Vabariigi Valitsuse määrus nr 315 / 27.10.2004 „Ehitisele ja selle osale esitatavad tuleohutusnõuded“
- EVS 812-2:2014 Ehitise tuleohutus. Osa 2: Ventilatsioonisüsteemid
- EVS 812-3:2013 Ehitiste tuleohutus. Osa 3: Küttesüsteemid
- EVS 812-6:2012 Ehitise tuleohutus. Osa 6: Tuletõrje veevarustus

### **6.6.2 Tuleohutusklass, kasutusviis ja kasutusotstarve**

Detailplaneeringus on nõutud tulepüsivusklass hoonele TP 2.

Ehitise kasutamisotstarbe (üksikelamu) järgi kuulub hoone I kasutusviisi alla.

Hoone on ühekorruseline. Hoone kõrgus maapinnast on 7,0 m.

### **6.6.3 Tuleohutuse tagamise põhimõtted**

#### **Tuleohutuskujad:**

Hoone on paigutatud detailplaneeringus ette nähtud hoonestusalale. Vastavalt detailplaneeringule on nõutud hoonete kaugus naaberkrundi piirist 7 m ja tänavapoolsest krundipiirist 10 m. Naaberkrundidel olevad hooned on tulepüsivusklassiga TP 2. Abihoone ehitamiseks lähemale kui detailplaneeringus ette nähtud on vajalik naabri ning valla ehitusnõuniku kirjalik nõusolek.

#### **Kande- ja tuletõkkekonstruktsioonide tulepüsivusajad:**

Kandekonstruktsioon peab vastama tulepüsivusele R 30. Tuletõkkekonstruktsioonid peavad vastama tulepüsivusele EI 30. Tuletõkke uks peab vastama tulepüsivusele EI 15. Avatäited peavad olema sertifitseeritud.

Tuletõkkekonstruktsioone läbivate tehnosüsteemide tulepüsivusaeg peab olema vähemalt 50% tuletõkkekonstruktsioonile ettenähtud tulepüsivusajast, kusjuures avatäite pindala ei tohi olla suurem kui 40% tuletõkkekonstruktsiooni pindalast.

#### **Põlemiskoormus:**

Põlemiskoormus on kuni  $600 \text{ MJ/m}^2$

#### **6.6.4 Tuletõkkesektsioonid, tulepüsivus**

Eraldi tuletõkkesektsiooni moodustab katlaruum, kuna katlaruumis asuvate kütteseadmete koguvõimsus on üle 25 kW. Katlaruumi tuletõkkekonstruktsioonide tulepüsivus on EI 30. Katlaruumi ja eluruume eraldav tuletõkke uks on tulepüsivusega EI 30. Läbiviigud katlaruumi seinast peavad olema selliselt tihendatud, et läbiviigu tulepüsivusaeg oleks EI 30.

#### **6.6.5 Suitsuärastus**

Suitsu eemaldamine ruumidest toimub avatavate akende ja uste kaudu.

#### **6.6.6 Tuletundlikkus**

Siseviimistluse tuletundlikkus: seinad ja lagi B-s1, d0, põrandatele nõudeid ei esitata.

Mittekasutatava pööningu vahelae pealispind: B-s1, d0

Katusekate peab vastama nõudele  $B_{\text{ROOF}}$

Välisseina välispinna tuletundlikkus: D-s2, d2

Õhutuspilu välispinna tuletundlikkus: D-s2, d2

Õhutuspilu sisepinna tuletundlikkus: D-s2, d2

#### **6.6.7 Evakuatsioonilahendus**

##### **Maksimaalne inimeste arv:**

Hoones elab arvestuslikult kaks inimest.

##### **Evakuatsiooniteed:**

Evakuatsioon toimub avatavate uste ja akende kaudu otse õue. Maksimaalne evakuatsioonitee pikkus on umbes 15 m, seega on evakuatsioonitee nõutav pikkus (30 m) tagatud. Evakuatsioonitee ning –uste laius on vähemalt 900 mm.

## **Pääsud keldrisse, pööningule ja katusele:**

Hoonel puudub kelder.

Pööningule pääseb halli laes oleva luugi kaudu. Pööninguluugi mõõtmed on 800x800 ja tulepüsivus on EI 15.

Katusele pääseb väljastpoolt hoonet redeliga. Katusele on projekteeritud nõuetekohane statsionaarne katuseredel.

### **6.6.8 Tuleohutuspaigaldised**

Hoonesse paigaldatakse autonoomne tulekahjusignalisatsioon, andurite arvu ja asukoha lahendab valvesignalisatsiooni paigaldaja eraldi projektiga.

### **6.6.9 Tehnosüsteemide tuleohutus**

Selleks, et tagada tuleohutus, tuleb tehnosüsteemid nõuetekohaselt paigaldada oma ala spetsialistide poolt vastavalt tootja poolt ette antud juhistele. Küttesüsteemi tuleb regulaarselt hooldada vastavalt tootja poolt ette antud juhistele.

### **6.6.10 Päästemeeskonna juurdepääs ehitisele**

Hoone asub tänavapoolsest krundipiirist 10 m kaugusel. Hoone juurde pääseb juurdepääsu tee kaudu. Päästemeeskonnale on tagatud juurdepääs tulekahju kustutamiseks ettenähtud päästevahenditega hoone kõigist külgedest.

### **6.6.11 Väline tulekustutusvesi**

Lähim tuletõrje veevõtukoht asub 150 m kaugusel Arroli 25 krundil Arroli tn lõpus oleva ümberpööramise koha vahetusläheduses. Teine lähedal asuv tuletõrje veevõtu koht on 190 m kaugusel Arroli 3 krundi tänavapoolses nurgas Arroli 5 krundi piiri lähedal. Tuletõrje veevarustus vastab standardile EVS 812-6:2012. Veevõtukohta mahutavus on 450 m<sup>3</sup>, mis tagab tuletõrjele kustutusvee, millega oleks võimalik kolm tundi pidevalt kustutada.

## **6.7 Soojavarustus ja küte**

Täpsemalt lahendatakse projekti järgmises staadiumis.

Hoones on lokaalne keskküte puidu-gaasi katla baasil. Küttesüsteemi soojuskandjaks on vesi. Soojusjaotus toimub põrandakütte torustiku kaudu. Elutoas on kamin.



## **6.8 Ventilatsioon**

Täpsem lahendus antakse projekti järgmises staadiumis

Hoones on tsentraalne soojustagastiga ventilatsioon. Ventilatsiooniseade paigutatakse katlaruumi. Puhta õhu võtt toimub läbi katlaruumi välisseina. Heitõhk suunatakse läbi katuse välja.

## **6.9 Veevarustus ja kanalisatsioon**

Täpsem lahendus antakse projekti järgmises staadiumis.

### **6.9.1 Veevarustus**

Veevarustus krundi piirini on tagatud kohaliku puurkaevu abil, mis asub Arroli 3 krundil. Arvutuslik ööpäevane veetarbimine on  $Q_d = 0,5 \text{ m}^3/\text{d}$ . Krundil on olemas ühendus Arroli tänava veetorustikuga. Peakaevu kolmikust on torud veetud kuni projekteeritava hooneni. Torude läbimõõt veetorudel on 32 mm.

### **6.9.2 Kanalisatsioon**

Reoveepuhastus on lahendatud kohaliku reoveepuhastiga, mis asub Arroli 25 krundil. Arvutuslik ööpäevane reovee hulk on  $Q_d = 0,5 \text{ m}^3/\text{d}$ . Krundil on olemas ühendus Arroli tänava kanalisatsioonitorustikuga. Peakaevu kolmikust on torud veetud kuni projekteeritava hooneni. Torude läbimõõt kanalisatsioonitorudel on 110 mm.

### **6.9.3 Sademevesi**

Sademeveed juhatakse katustelt rennidesse ning sealt maapinnale ning lastakse pinnasesse imbuda.

## **6.10 Elektrivarustus**

Täpsem lahendus antakse projekti järgmises staadiumis.

Krundi omanikul on liitumisleping Elektrilevi OÜ-ga. Liitumiskilbist on veetud maa-alused madalpingekaablid kuni projekteeritava hooneni. Liitumiskilp asub Arroli 13 ja Arroli 15 piiril. Peakaitse nimivool on  $3 \times 10 \text{ A}$  ja nimipinged on 230/400 V. Mõõdik hakkab paiknema projekteeritava hoone esikus. Elektrienergia arvestus toimub elektrikilbist 2-tariifse arvestiga.

## KOKKUVÕTE

Uurimustöös valmis üksikelamu arhitektuurne eelprojekt vastavalt tellija soovidele ning Eesti Vabariigis kehtivatele seadustele, määrustele, standarditele ja normidele.

Lisaks projektis kasutatud konstruktsioonilahendustele pakuti alternatiividena välisseinte ehitamist kas Weber Leca LTH plokkidest või Termoplokk Silver 320 plokkidest.

Aeroc ning Leca plokkidest sõlmedele modelleeriti soojusvood, arvutati joonkülmasildade lisakonduktantsid ja määrati sõlmede pinnatemperatuuride kriitilisust. Arvutuste kohaselt ei ole üheski sõlmes veeauru kondenseerumise ega hallitamise ohtu. Ka termoplokkidest välisseintega hoone sõlmedes ei ole vastavalt uuringutele kondenseerumise ega hallitamise ohtu.

Uurimusest saab järeldada, et antud võrdluses käsitletud erineva paksusega, kuid ligikaudu sama soojusjuhtivusega seintega hoone (erinevus 8%), soojuskaod on ligikaudu samad (erinevus 3...4%).

Seinte väiksemad paksused tagavad samas ruumide parema valgustatuse. Antud töös leitud päevavalgustegurid erinevate piirdetarinditega hoonetel jäid osalt alla standardis ette nähtud miinimumile, kuid valgustatust saab parandada nii heledamates toonides ruumidega, mille peegeldustegurid on suuremad, kui ka suurema valgusläbivusega klaaside valikuga. Elutoa väike keskmine päevavalgustegur on tingitud ka ruumi suurest sügavusest.

## KASUTATUD KIRJANDUS

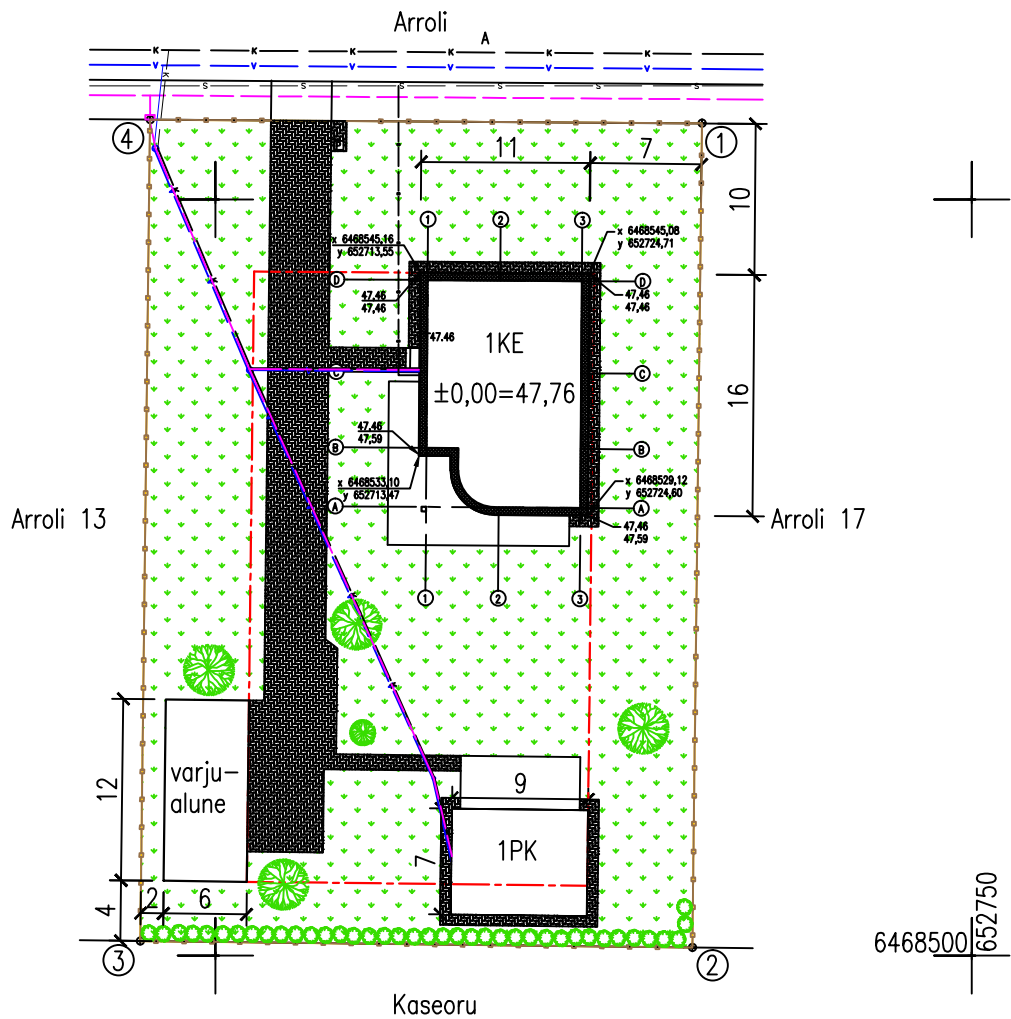
1. Hoonete energiatõhususe arvutamise meetodika, Majandus- ja kommunikatsiooniministri 08.10.2012 a. määrus nr. 63, 2012 – eRT [<https://www.riigiteataja.ee/akt/118102012001?leiaKehtiv>] [10.05.2015].
2. Kalbe, K. Passiivmaja standarditele vastava hoone tüüpprojekt väljatöötamine ning optimeerimine. Vahearuanne. Joonkülmastaldade lisakonduktantsarvutused. Tartu: Tartu Ülikooli Energiatõhususa ehituse tuumiklabor, 2012.
3. EVS 894:2008. Loomulik valgustus elu- ja bürooruumides. 2008. Eesti Standardikeskus
4. EVS-EN ISO 13370:2008. Hoonete soojuslik toimivus. Soojuslevi pinnasesse. Arvutusmeetodid. 2008. Eesti Standardikeskus.
5. EVS-EN 908-1:2010. Hoone piirdetarindi soojusjuhtivuse arvutusjuhend. Osa 1: Välisõhuga kontaktis olev läbipaistmatu piire. 2010. Eesti Standardikeskus.
6. Lawrence Berkeley National Laboratory. THERM 6.3/WINDOW 6.3 NFRC Simulation Manual. 2013 [Online] Kättesaadav: [<http://windows.lbl.gov/software/NFRC/SimMan/NFRCSim6.3-2013-07-Manual.pdf>] [15.05.2015].
7. EVS-EN ISO 10211:2008. Külmasillad hoones. Soojusvood ja pinnatemperatuurid. Üldised arvutusmeetodid. 2008. Eesti Standardikeskus.
8. EVS-EN ISO 14683:2008. Termilised sillad ehituskonstruksioonides. Lineaarne soojusläbivus. Lihtsustatud meetodid ja veaväärtused. 2008. Eesti Standardikeskus.
9. Termoplokk toote ametlik kodulehekülg, Termoplokk tooted, Termoplokk Silver 320. [Online]. Kättesaadav: [<http://www.termoplokk.eu/termoplokk-silver-320/>]. [10.05.2015].
10. EVS-EN ISO 13788:2012 Hoone elementide ja piirdetarindite soojus- ja niiskustehniline toimivus. Kriitilise pinnaseniiskuse ja elemendisese kondenseerumise vältimine. Arvutusmeetodid. 2012. Eesti Standardikeskus.
11. Kredex kodulehekülg, Energiatõhusus, Energiatõhusus korterelamus, Kraadpäevad. [Online] Kättesaadav: [<http://kredex.ee/energiatohususest/kraadpaevad-4/>] [10.05.2015]
12. Aeroc ametlik kodulehekülg, Tooted, AEROC Classic. [Online]. Kättesaadav: [[http://www.aeroc.ee/index.php?page=740&lang=est&cnt=AEROC\\_Classic](http://www.aeroc.ee/index.php?page=740&lang=est&cnt=AEROC_Classic)] [10.05.2015].

13. Isover ametlik kodulehekül, Pehmed ehitusvillad, Isover KL 37. [Online].  
Kättesaadav: [\[http://www.isover.ee/tooted/ehitusisolatsioon/pehmed-ehitusvillad/2513/isover-kl-37\]](http://www.isover.ee/tooted/ehitusisolatsioon/pehmed-ehitusvillad/2513/isover-kl-37) [10.05.2015].
14. Isover ametlik kodulehekül, Tuuletõkketooted, Isover RKL-31. [Online]  
Kättesaadav: [\[http://www.isover.ee/tooted/ehitusisolatsioon/tuuletõkketooted/2518/isover-rkl-31\]](http://www.isover.ee/tooted/ehitusisolatsioon/tuuletõkketooted/2518/isover-rkl-31) [10.05.2015].
15. Weber ametlik kodulehekül, Leca Design tooteleht. [Online] Kättesaadav:  
[\[http://www.weber.ee/plokitooted-ja-moodulkorsten/tooted/eriplokid/leca-design.html\]](http://www.weber.ee/plokitooted-ja-moodulkorsten/tooted/eriplokid/leca-design.html) [10.05.2015].
16. Plasto ametlik kodulehekül, Tooted. [Online] Kättesaadav:  
[\[http://www.plasto.ee/tooted\]](http://www.plasto.ee/tooted) [10.05.2015]
17. JELD-WEN ametlik kodulehekül, Välisüksed – tehniline info. [Online]  
Kättesaadav: [\[http://www.jeld-wen.ee/tooted/vaelisuksed/vaelisuksed-tehniline-info/#EXT\\_tech\\_info\\_basic\]](http://www.jeld-wen.ee/tooted/vaelisuksed/vaelisuksed-tehniline-info/#EXT_tech_info_basic) [10.05.2015].
18. Isover ametlik kodulehekül, Puistevill, Isover KV puistevill. [Online]  
Kättesaadav: [\[http://www.isover.ee/tooted/ehitusisolatsioon/puistevill/2536/isover-kv-puistevill\]](http://www.isover.ee/tooted/ehitusisolatsioon/puistevill/2536/isover-kv-puistevill) [10.05.2015].
19. Energiatõhususe miinimumnõuded, Vabariigi Valitsuse 30.08.2012. a määrus nr. 68, 2012 – eRT [<https://www.riigiteataja.ee/akt/106012015007>] [10.05.2015]
20. Energiamärgise vorm ja väljastamise kord, Majandus- ja kommunikatsiooniministri 23.04.2013 määrus nr. 30, 2013 – eRT [<https://www.riigiteataja.ee/akt/102102014012>] [10.05.2015]

## **LISA 1 ARROLI 15 ÜKSIKELAMU EELPROJEKTI JOONISED**



	Tellija: Simmo Stockholm			Objekt: Arroli 15 üksikelamu		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: A-01 Asukohaskeem		
Koostas:	Simmo Stockholm					
Juhendas:	Aime Ruus					
TTÜ Tartu Kollidž				Leht: 1	Lehti: 14	Mõõtkava: 1:2000



#### Tehnilised näitajad

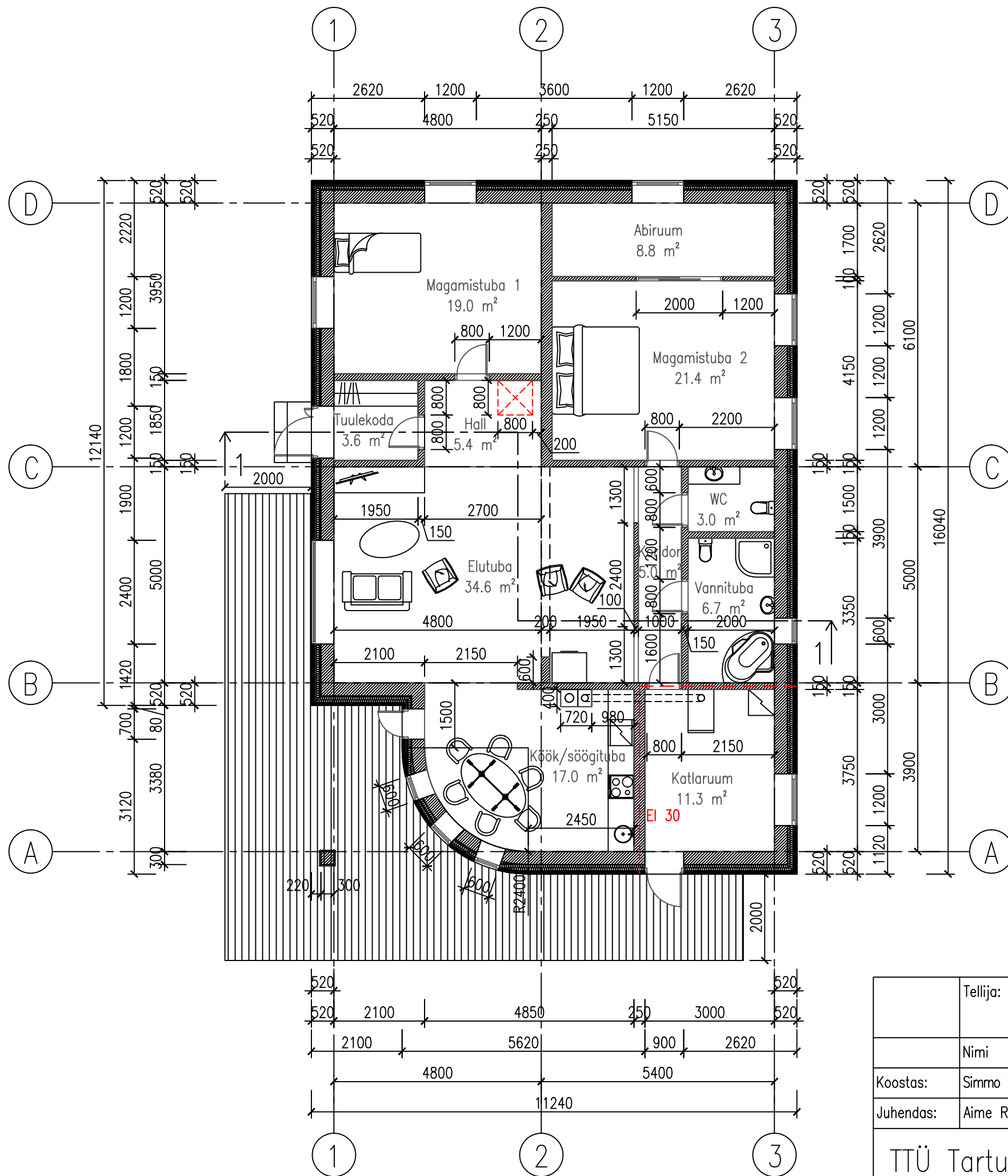
Kinnistu sihtotstarve	elamumaa 100%
Kinnistu pindala	1986m <sup>2</sup>
Hoone korruselisus	1 korrus
Elamu ehitisealune pind	170m <sup>2</sup>
Suletud netopind	135,8m <sup>2</sup>
Hoone maht	434,2m <sup>3</sup>
Ol.olevate hoonete pind	63m <sup>2</sup>
Ehitisealune pind kokku:	233m <sup>2</sup>
Täisehituse protsent	12%
Parkimiskohtade arv	2
Tulepüsisusklass	TP 2

Hoone +- 0,00 = 47,76  
Päärdeks rajatakse laudaed, h=1,2 m  
Antud on soojustatud vundamendi  
välisnurga koordinaadid L-EST süsteemis

#### Leppemärgid

	Krundi piir		Piiripunkt
	Naaberkrundi piir		Piiripunkti nr
	Planeeritud hoonetusala		Proj. MP kõrgusmärk
	Planeeritud laudaed		Ol.olev kõrghaljastus
	Planeeritud sideliin		Ol.olev hekk
	Ol.olev madalpingekaabel		Prügikonteiner
	Ol.olev veesisestus		Liitumiskapp
	Ol.olev kanalisatsiooni torustik		
	Projekteeritud hoone		
	Ol.olev ehitis		
	Planeeritud betoonsillutisega tee		
	Projekteeritav muru		

	Tellija: Simmo Stockholm			Objekt: Arroli 15 üksikelamu
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: A-02 Asendiplaan
Koostas:	Simmo Stockholm			
Juhendas:	Aime Ruus			
TTÜ Tartu Kollidž				Leht: 2
				Lehti: 14
				Mõõtkava: 1:500

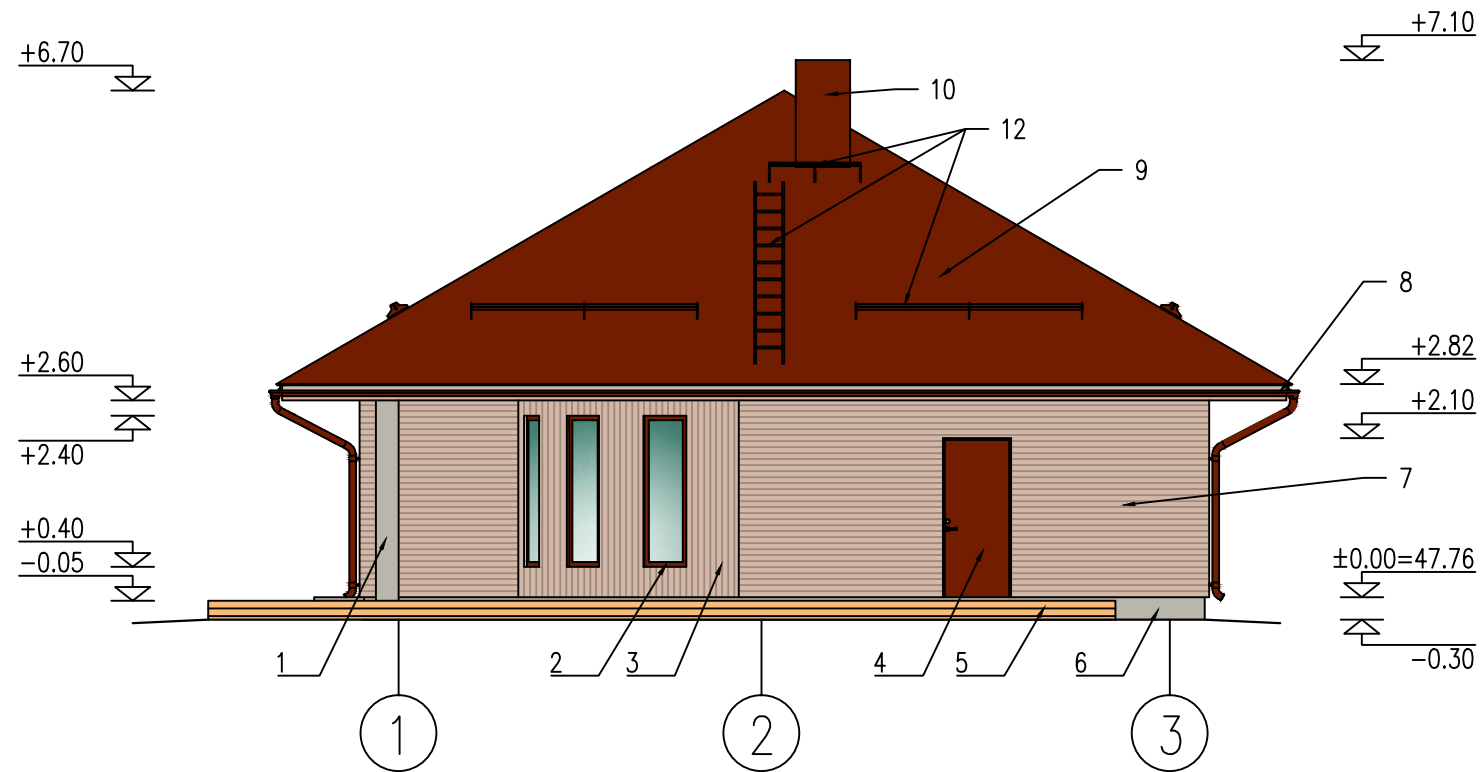


Ehitise eksplikatsioon	
Tuulekoda	3.6 m <sup>2</sup>
Hall	5.4 m <sup>2</sup>
Elutuba	34.6 m <sup>2</sup>
Köök/söögituba	17.0 m <sup>2</sup>
Katlaruum	11.3 m <sup>2</sup>
Vannituba	6.7 m <sup>2</sup>
WC	3.0 m <sup>2</sup>
Koridor	5.0 m <sup>2</sup>
Magamistuba 1	21.4 m <sup>2</sup>
Magamistuba 2	19.0 m <sup>2</sup>
Abiruum	8.8 m <sup>2</sup>
Kokku:	135.8 m <sup>2</sup>

	Tellija: Simmo Stockholm			Objekt: Arrolti 15 üksikelamu		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: A-03 Põhiplaan		
Koostas:	Simmo Stockholm					
Juhendas:	Aime Ruus					
TTÜ Tartu Kollidž				Leht: 3	Lehti: 14	Möötkava: 1:100

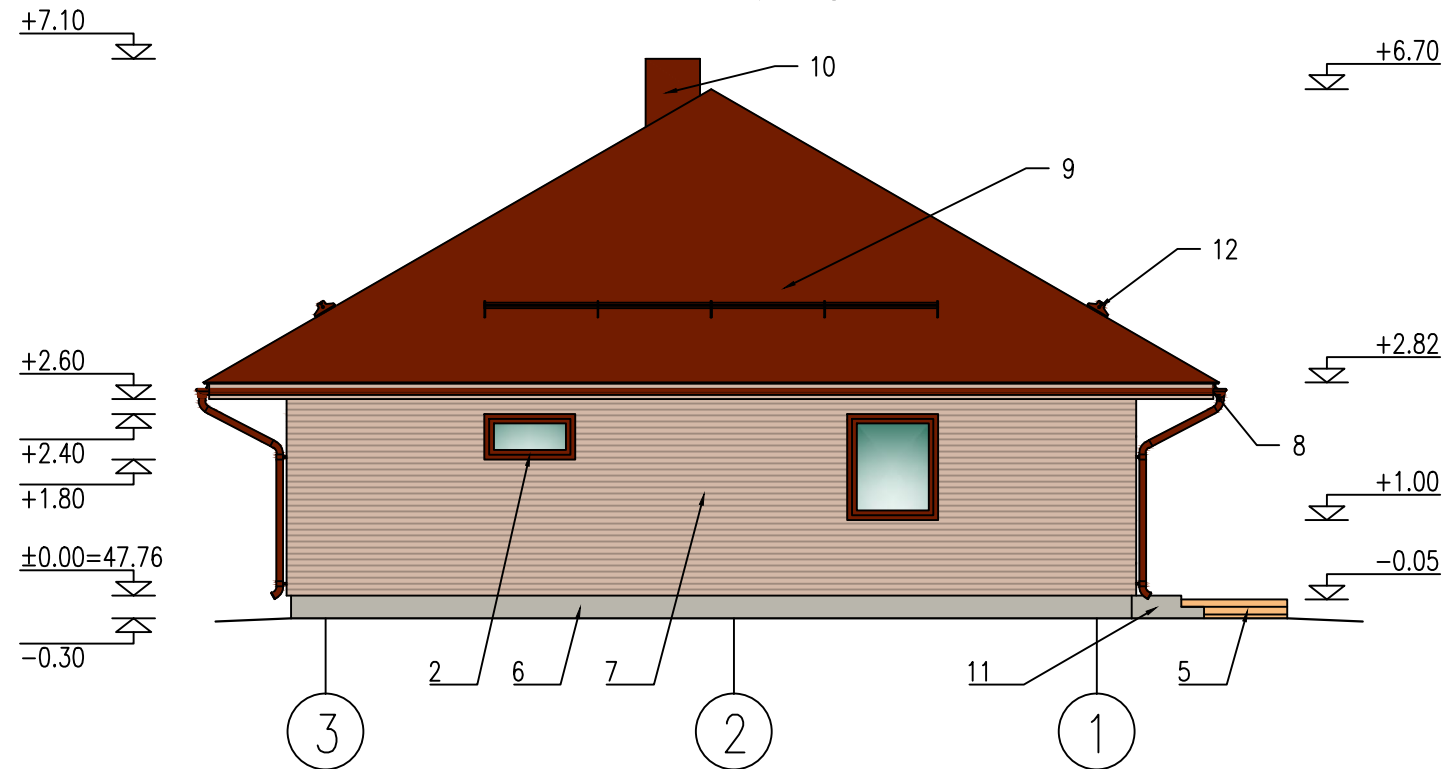


### Vaade lõunast



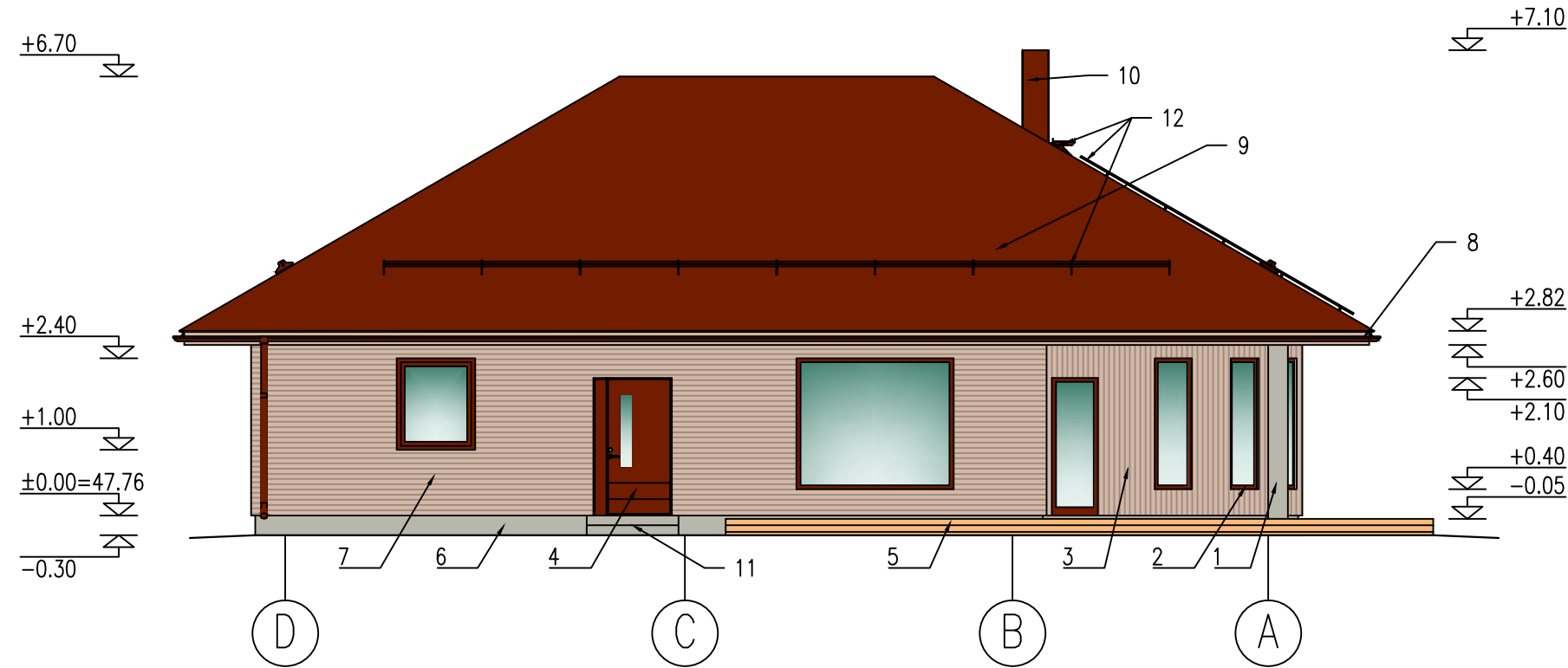
Materjalide spetsifikatsioon	
1	Betoonpost, viimistlus helehall krohv
2	Tumepruun PVC aknaraam, Kömmerling EuroFutur Classic, tumepruuni aknaplekiga
3	Vertikaalne värvitud voodrilaudis, toon: Tikkurila 312X
4	Värvitud HDF uks JELD-WEN Basic, toon pruun
5	Immutatud pruun terrassilaudis
6	Helehall soklikrohv
7	Horisontaalne värvitud voodrilaudis, toon: Tikkurila 312X
8	Ruukki ümar vihmaveesüsteem, toon RR32 (tumepruun)
9	Tumepruun bituumensindelkatus, kärgtüüpi
10	Moodulkorsten kaetud tumepruuni terasplekiga
11	Betoon
12	Terasest katuseredel, katusesild ja lumetõkked, toon RR32

### Vaade põhjast

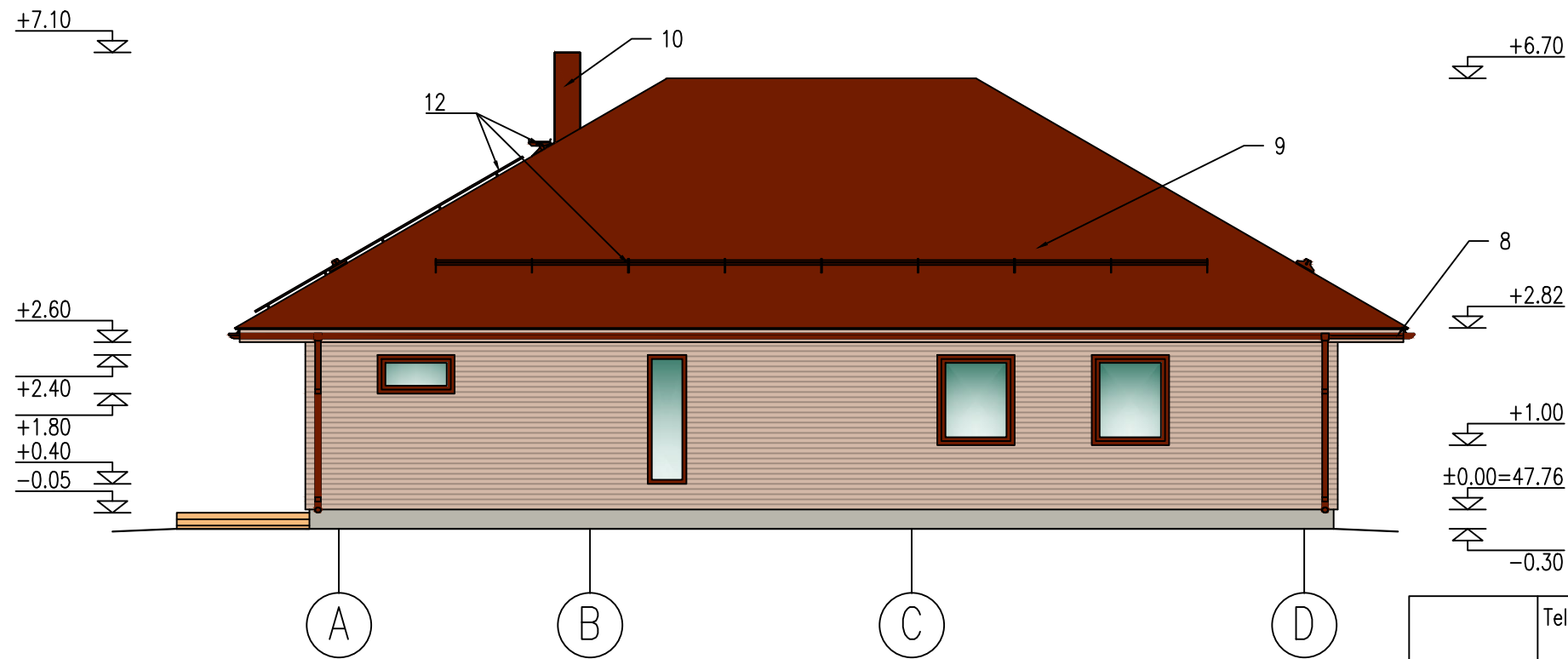


	Tellija: Simmo Stockholm			Objekt: Arroli 15 üksikelamu		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: A-04 Vaade lõunast ja vaade põhjast		
Koostas:	Simmo Stockholm					
Juhendas:	Aime Ruus					
TTÜ Tartu Kolledž				Leht: 4	Lehti: 14	Mõõtkava: 1:100

### Vaade läänest



### Vaade idast

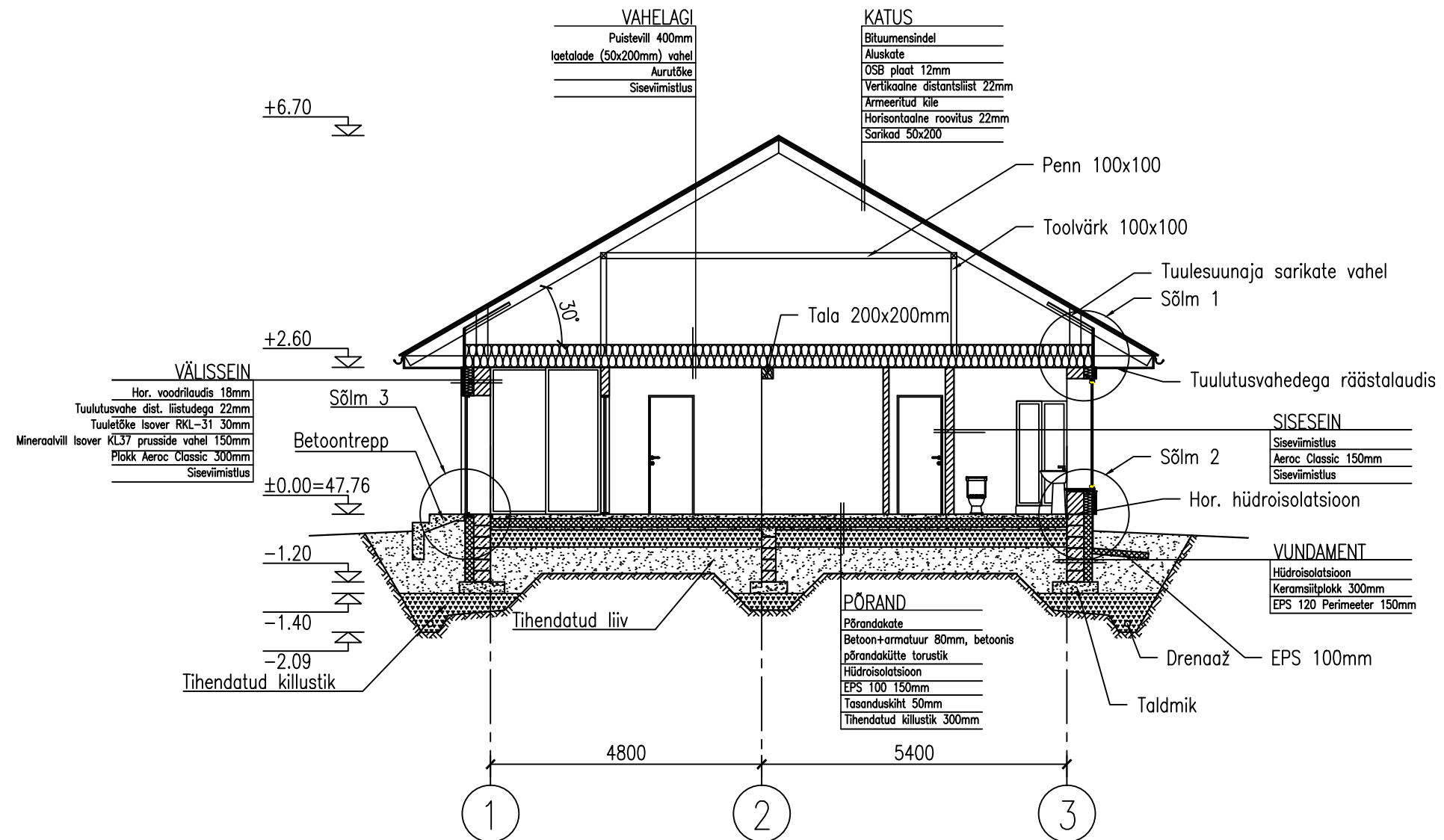


### Materjalide spetsifikatsioon

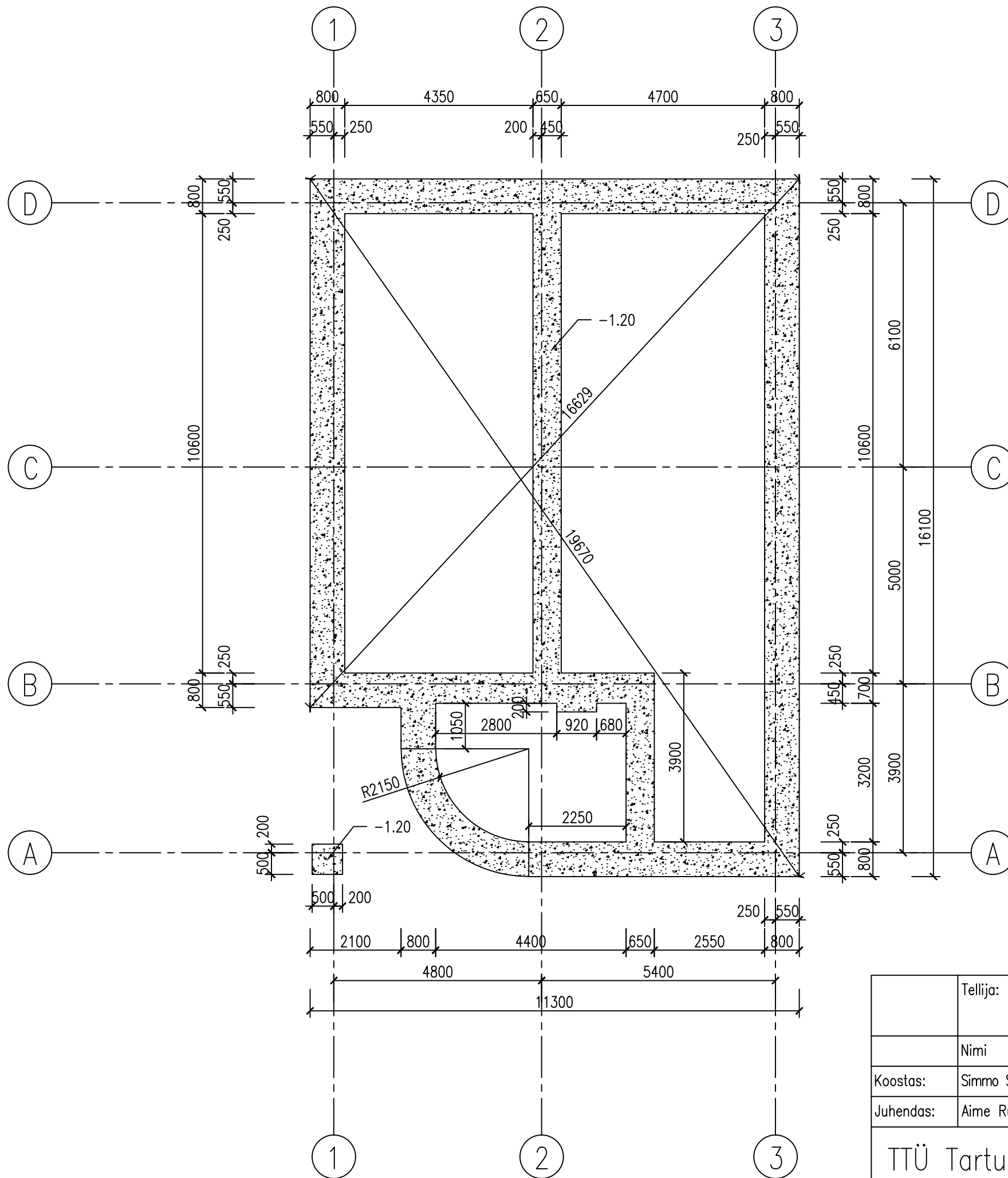
1	Betoonpost, viimistlus helehall krohv
2	Tumepruun PVC aknaraam, Kömmerling EuroFutur Classic, tumepruuni aknaplekiga
3	Vertikaalne värvitud voodrilaudis, toon: Tikkurila 312X
4	Avatava laiendiga värvitud HDF uks JELD-WEN Basic, toon: pruun
5	Immutatud pruun terrassilaudis
6	Helehall soklikrohv
7	Horisontaalne värvitud voodrilaudis, toon: Tikkurila 312X
8	Ruukki ümar vihmaveesüsteem, toon RR32 (tumepruun)
9	Tumepruun bituumensindelkatus, kärgtüüpi
10	Moodulkorsten kaetud tumepruuni terasplekiga
11	Betoon
12	Terasest katuseredel, katusesild ja lumetõkked, toon RR32

	Tellija: Simmo Stockholm			Objekt: Arrol 15 üksikelamu		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: A-05 Vaade läänest ja vaade idast		
Koostas:	Simmo Stockholm					
Juhendas:	Aime Ruus					
TTÜ Tartu Kolledž				Leht: 5	Lehti: 14	Möötkava: 1:100

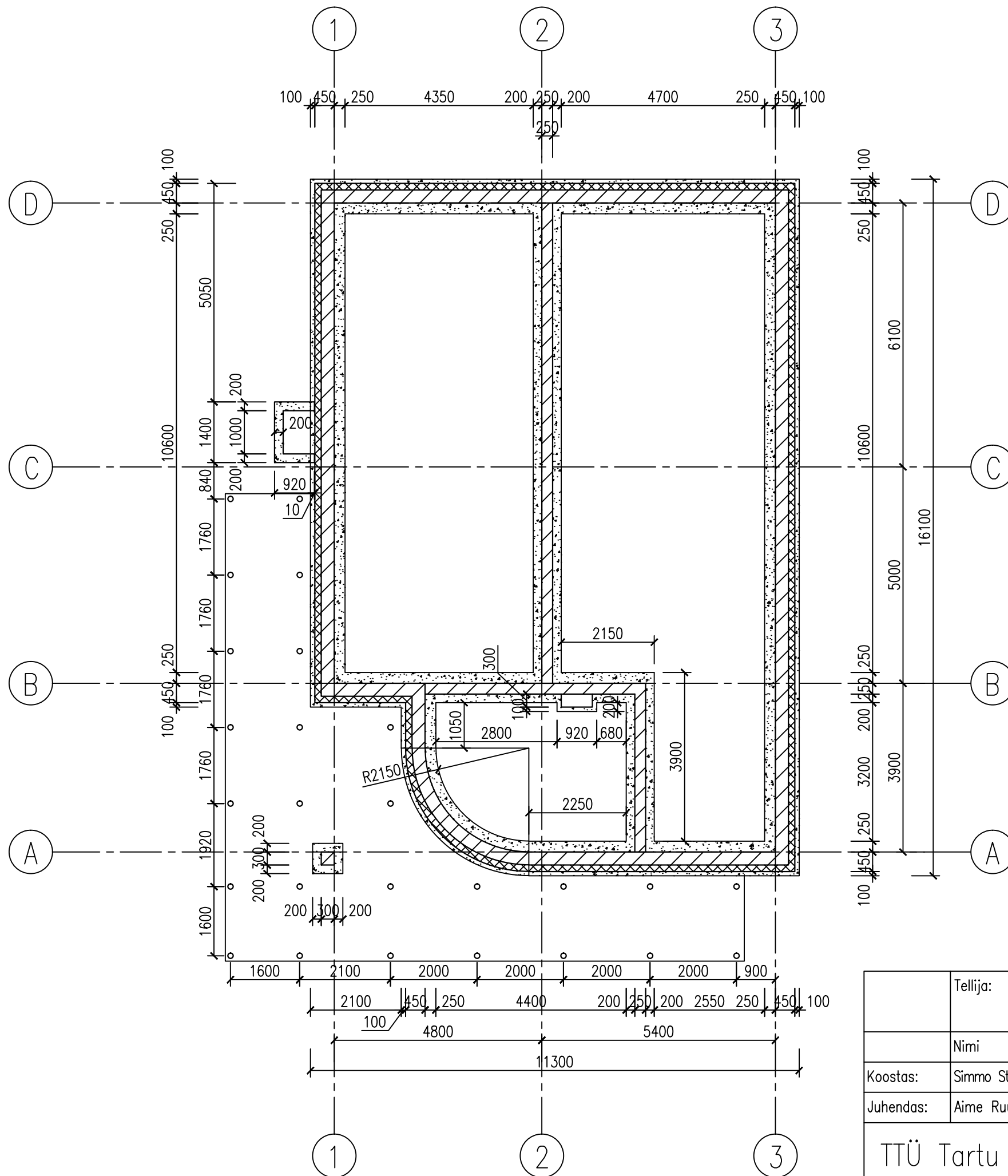
# Lõige 1-1



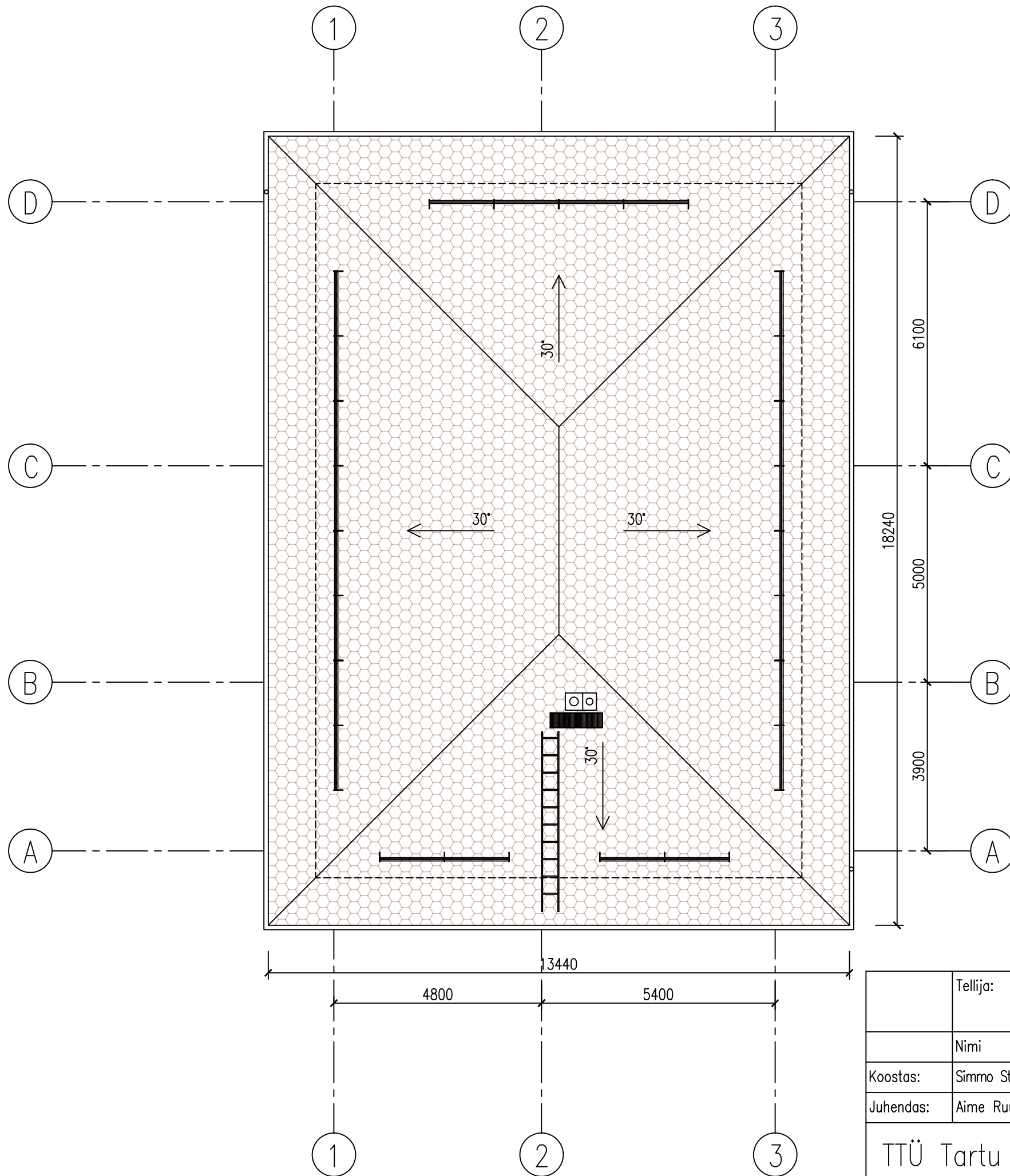
	Tellija: Simmo Stockholm			Objekt: Arrol 15 üksikelamu
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: A-06 Lõige 1 - 1
Koostas:	Simmo Stockholm			
Juhendas:	Aime Ruus			
TTÜ Tartu Kolledž				Leht: 6 Lehti: 14 Möötkava: 1:100



	Tellija: Simmo Stockholm			Objekt: Arrolu 15 üksikelamu		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: A-07 Taldmiku plaan		
Koostas:	Simmo Stockholm					
Juhendas:	Aime Ruus					
TTÜ Tartu Kollidž				Leht: 7	Lehti: 14	Möötkava: 1:100

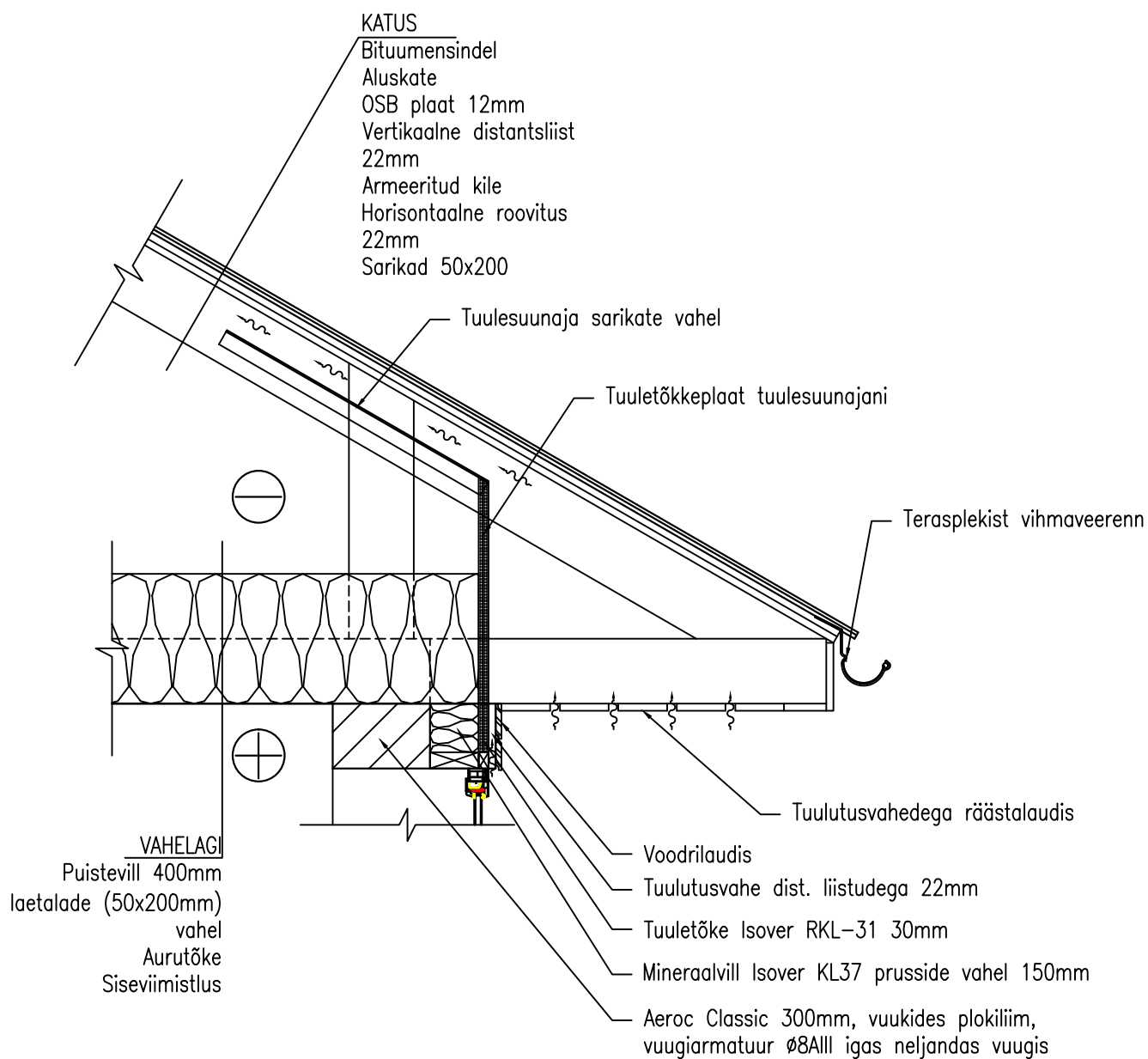


	Tellija: Simmo Stockholm			Objekt: Arroli 15 üksikelamu
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: A-08 Seinte sidumine taldmikuga
Koostas:	Simmo Stockholm			
Juhendas:	Aime Ruus			
TTÜ Tartu Kolledž				Leht: 8
				Lehti: 14
				Möötkava: 1:100



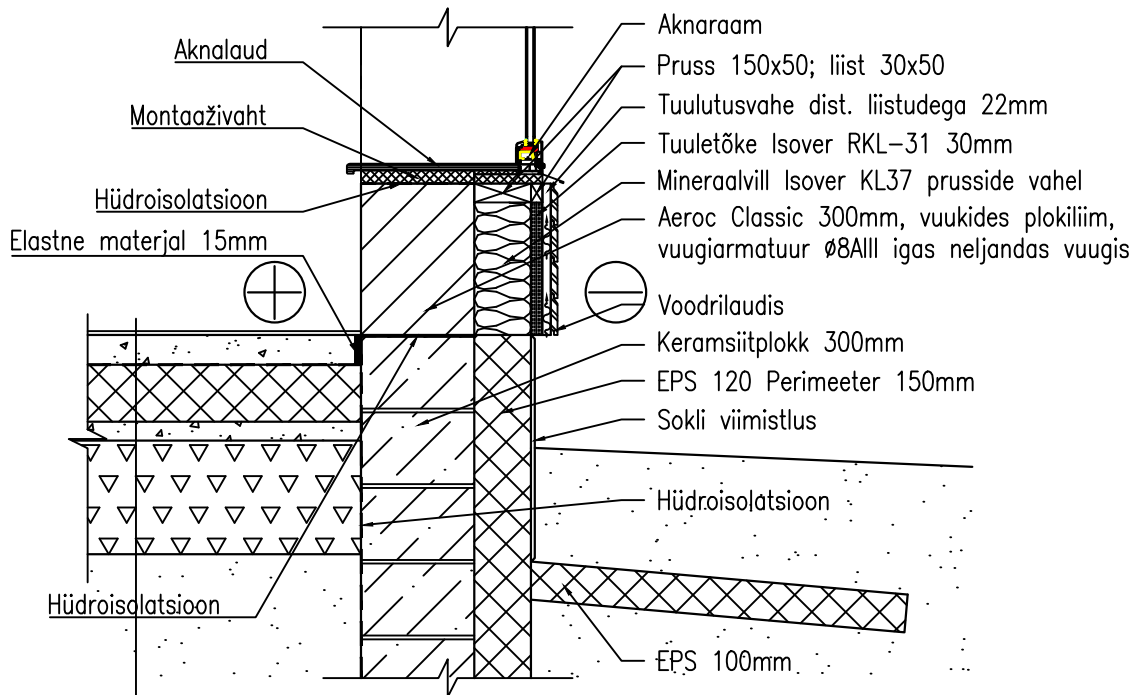
	Tellija: Simmo Stockholm			Objekt: Arrolu 15 üksikelamu		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: A-09 Katuseplaan		
Koostas:	Simmo Stockholm					
Juhendas:	Aime Ruus					
TTÜ Tartu Kolledž				Leht: 9	Lehti: 14	Mõõtkava: 1:100

# Sõlm 1



	Tellija: Simmo Stockholm			Objekt: Arroli 15 üksikelamu		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: A-10 Sõlm 1		
Koostas:	Simmo Stockholm					
Juhendas:	Aime Ruus					
TTÜ Tartu Kolledž				Leht: 10	Lehti: 14	Mõõtkava: 1:20

# Sõlm 2



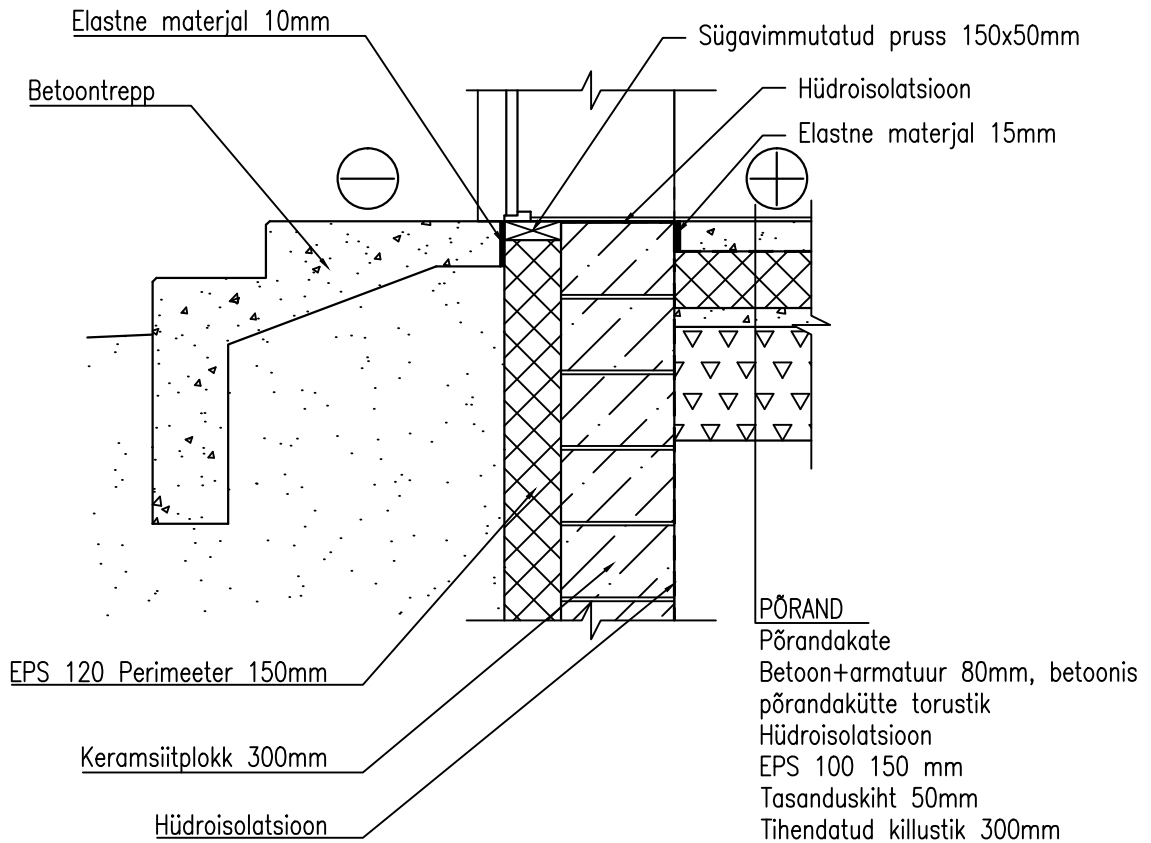
## PÕRAND

Põrandakate  
 Betoon+armatuur 80mm, betoonis  
 põrandakütte torustik  
 Hüdroisolatsioon  
 EPS 100 150mm  
 Tasanduskiht 50mm  
 Tihendatud killustik 300mm

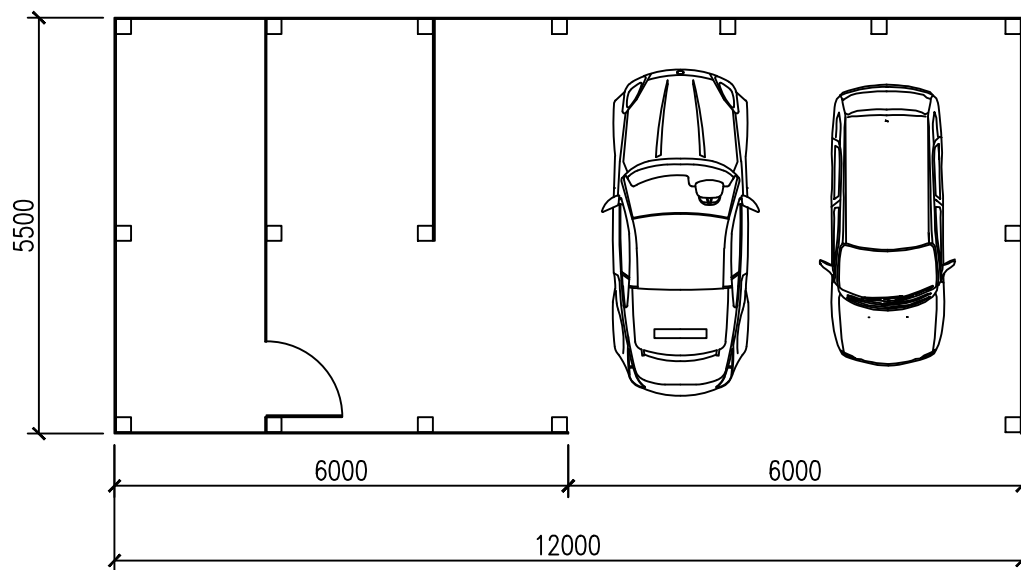
	Tellija: Simmo Stockholm			Objekt: Arroli 15 üksikelamu		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: A-11 Sõlm 2		
Koostas:	Simmo Stockholm					
Juhendas:	Aime Ruus					
TTÜ Tartu Kolledž				Leht: 11	Lehti: 14	Mõõtkava: 1:20



# Sõlm 3

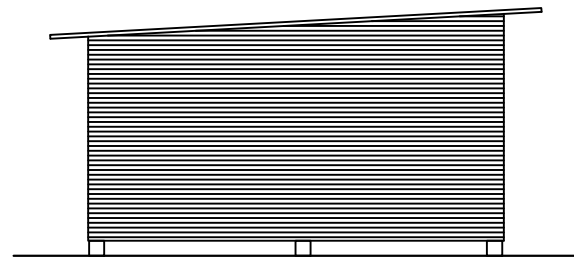


	Tellija: Simmo Stockholm			Objekt: Arroli 15 üksikelamu		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: A-12 Sõlm 3		
Koostas:	Simmo Stockholm					
Juhendas:	Aime Ruus					
TTÜ Tartu Kollidž				Leht: 12	Lehti: 14	Mõõtkava: 1:20

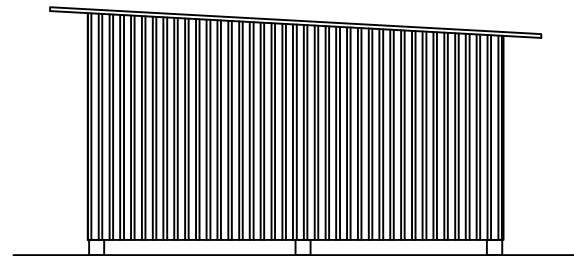


	Tellija: Simmo Stockholm			Objekt: Arroli 15 üksikelamu		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: A-13 Varjualuse plaan		
Koostas:	Simmo Stockholm					
Juhendas:	Aime Ruus					
TTÜ Tartu Kolledž				Leht: 13	Lehti: 14	Mõõtkava: 1:100

Vaade lõunast



Vaade põhjast

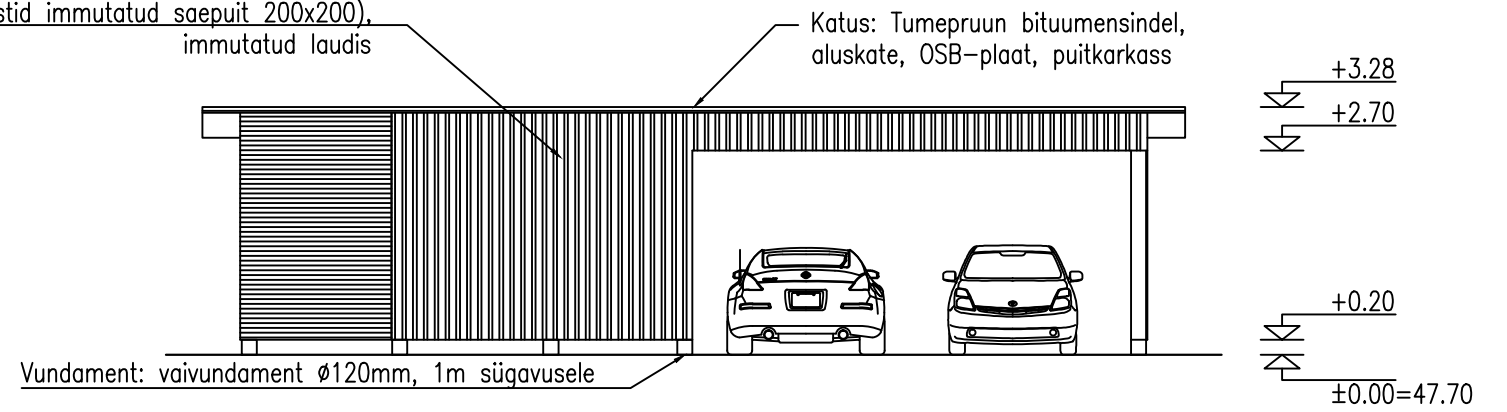


Vaade idast

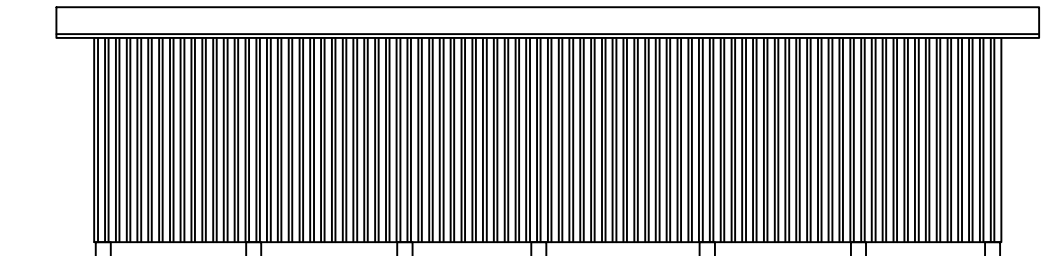
Seinad: puitkarkass (postid immutatud saepuit 200x200),  
immutatud laudis

Katus: Tumepruun bituumensindel,  
aluskaat, OSB-plaat, puitkarkass

Vundament: vaivundament  $\varnothing 120\text{mm}$ , 1m sügavusele

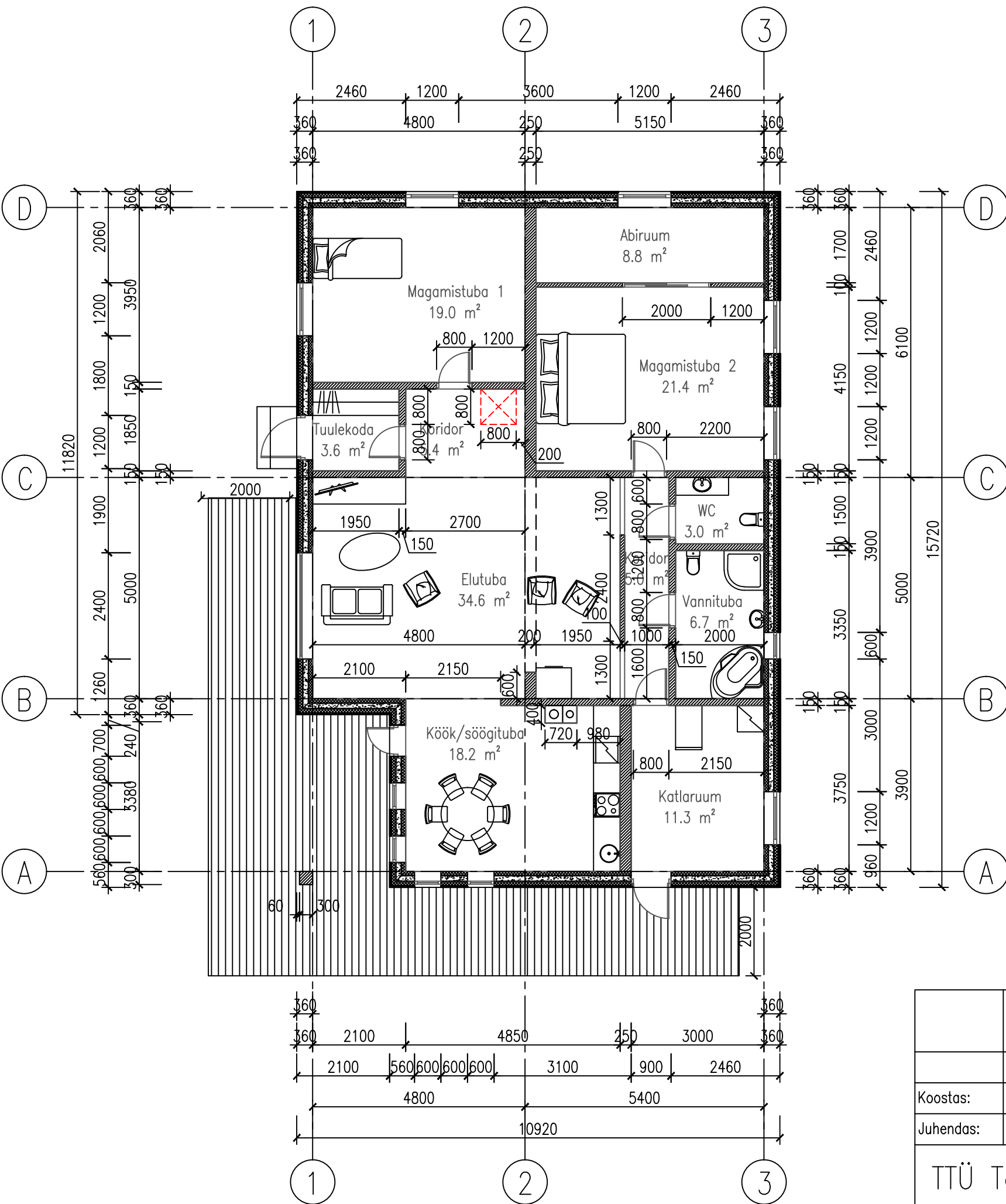


Vaade läänest



	Tellija: Simmo Stockholm			Objekt: Arrolti 15 üksikelamu		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: A-14 Varjualuse vaated		
Koostas:	Simmo Stockholm					
Juhendas:	Aime Ruus					
TTÜ Tartu Kollidž				Leht: 14	Lehti: 14	Möötkava: 1:100

## **LISA 2 ARROLI 15 ÜKSIKELAMU PÕHIPLAAN (TERMOPLOKK)**



Ehitise eksplikatsioon

Tuulekoda	3.6 m <sup>2</sup>
Hall	5.4 m <sup>2</sup>
Elutuba	34.6 m <sup>2</sup>
Köök/söögituba	18.2 m <sup>2</sup>
Katlaruum	11.3 m <sup>2</sup>
Vannituba	6.7 m <sup>2</sup>
WC	3.0 m <sup>2</sup>
Koridor	5.0 m <sup>2</sup>
Magamistuba 1	21.4 m <sup>2</sup>
Magamistuba 2	19.0 m <sup>2</sup>
Abiruum	8.8 m <sup>2</sup>
Kokku:	137.0 m <sup>2</sup>

Tellija:	Simmo Stockholm		Objekt:	Arrol 15 üksikelamu	
Nimi:	Allkiri:	Kuupäev:	Nimetus:		
Koostas:	Simmo Stockholm		Termoplokkidest hoone põhiplaan		
Juhendas:	Aime Ruus				
TTÜ Tartu Kolledž			Leht:	1	Möötkava:
			Leht:	1	1:100