

Jaagup Vaar

**PIIRDE TARINDI ELEMENTIDEST
KOOSTATUD MIKROMAJA
TOOTEARENDEUS KATUSETARK OÜ
NÄITEL**

LÕPUTÖÖ

Tehnoloogia ja ringmajanduse instituut

Tootmine ja tootmiskorraldus

Juhendaja: Jaak Lavin

Tallinn 2023

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

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

Juhendaja Jaak Lavin (allkirjastatud digitaalselt)

Lõputöö on kaitsmisele lubatud tehnoloogia ja ringmajanduse instituudi direktori korraldusega.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Jaagup Vaar

(autori nimi)

sünnikuupäev: 20.08.1998

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

Piirdetarindi elementidest koostatud mikromaja tootearendus Katusetark OÜ näitel

(lõputöö pealkiri)

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

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

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

Tallinnas (allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digiallkirjas)

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1. KATUSETARK OÜ	6
1.1. Ettevõtte tutvustus	6
1.2. Tooted.....	6
1.3. Tootmistehnoloogiad.....	7
2. TEOREETILISED KONTSEPTSIOONID.....	9
2.1. Moodulmajad	9
2.2. Elementmajad.....	10
3. MIKROMAJA TOOTEARENDEUS.....	12
3.1. Toote vajadus	12
3.2. Elementidest ehitamine	12
3.3. Karkassi materjal.....	13
3.4. Karkassi konstruktsioon	15
3.4.1. Põranda ja katuse talastik	15
3.4.2. Seinä sõrestik.....	16
3.4.3. Karkassi tugevus	16
3.5. Soojustus	16
3.5.1. Soojustakistus ja soojusjuhtivus.....	18
3.5.2. Veeaurudifusioonitakistus	19
3.6. Põrandaelement	21
3.7. Seinäelement	23
3.8. Katuslaeaelement	25
3.9. Elementide paigaldamine	28
4. VÄLISDISAIN.....	30
4.1. Fassaadi viimistlusmaterjalid	30
4.1.1. Tsementkiudplaat	30
4.1.2. Puitlaudis.....	31
4.2. Aknad ja lükanduks	33
5. SISEDISAIN	35
5.1. Kontor koos puhkealaga.....	36
5.2. Köök	37
5.3. Vannituba	39

5.4. Elektri- ja valgustuslahendused.....	40
6. TEISALDAMINE	41
7. MAKSUMUS.....	42
KOKKUVÕTE.....	43
SUMMARY	44
VIIDATUD ALLIKAD.....	45
Lisa 1. Mikromaja maksumus	47

SISSEJUHATUS

Mikromajade tootmine ning nende kasutamine elamis- või lisapinnana kogub aina populaarsust. Aina tõusvad elamiskulud ning kallinevad ehitusmaterjalide ning tööjõu hinnad panevad inimesi mõtlema aina rohkem säästvale ning vähemmahukale elamisele.

Lõputöö teema, milleks on Piirdetarindi elementidest koostatud mikromaja tootearendus Katusetark OÜ näitel, keskendub mikromaja ning selleks kasutavate piirdetarindi elementide konstruktsioonile.

Töö põhineb tootel, mis loodi konkreetsele kliendile ettevõtte platsile minevaks kontorihooneks ning tootearenduse juures on arvestatud just selle kliendi soove ja vajadusi.

Käesoleva töö põhiosa koosneb seitsmest peatükist, kus tutvustatakse ettevõtet, täpsustatakse moodul- ja elementmajade mõisteid ning kirjeldatakse mikromaja konstruktsiooni.

1. KATUSETARK OÜ

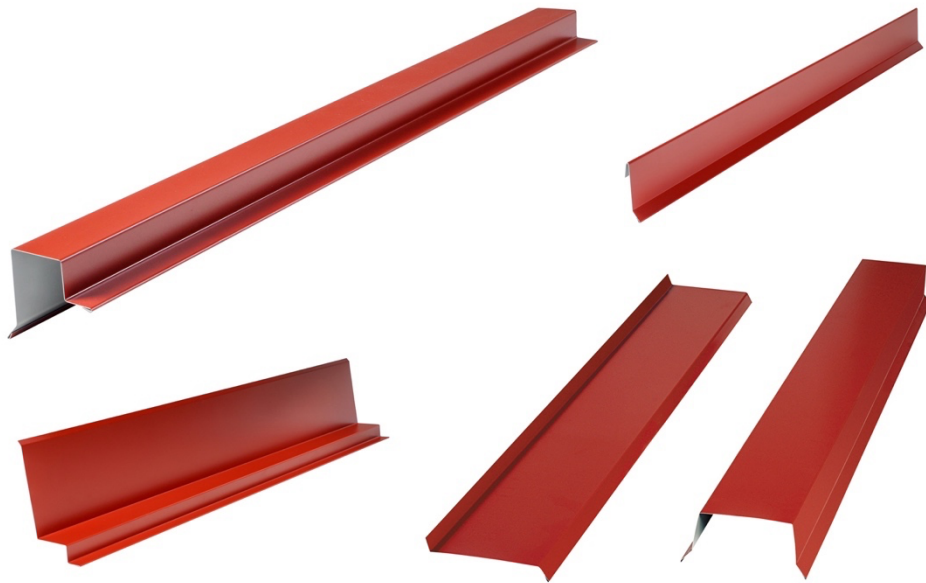
1.1. Ettevõtte tutvustus

Katusetark OÜ on aastal 1998 asutatud ehitusettevõtte, mille peamiseks tegevusalaks on lame- ja viilkatuste ehitamine ning renoveerimine. Lisaks sellele toodetakse ka kõiki katuse ja fassaadi juurde käivaid plekkdetailide ning tehakse tellimuse peale hoovimaju ning varjualuseid.

Ettevõtte peamine tegevus käib Pärnus, kus asub 300m² tootmispind ning selle ümbruses, kuid tasapisi laiendatakse haaret ka Tallinnas.

1.2. Tooted

Toodetakse kõiki hoone fassaadi ning katuse juurde käivaid plekkdetailide. Näiteks nagu liiteplekid, harjaplekid, parapetiplekid. Peamiselt toodetakse neid ettevõtte poolt teostavate objektide jaoks kuid vähesel määral müüakse neid ka edasi.



Joonis 1. Plekkdetailid [1]

Lisaks plekkdetailidele on ka valminud esimesed varjualused ning hoovimajad. Valmis ei ole tüüpprojekte ning need on tehtud tellimuse peale ning vastavalt kliendi soovile.



Joonis 2. Varjualune

1.3. Tootmistehnoloogiad

Plekkdetailide tootmisel on kasutusel mitmed erinevad masinad ning tööriistad. Ükski masin ei ole automaatne ning vajab töötamiseks inimest, kes seda opereerib.

Kasutusel on järgnevad pingid ning tööriistad:

- giljotiin,
- kaks painutuspinki,
- erinevat sorti plekikäärid
- plekitangid
- marker
- mõõdulint
- joonlaud

Varjualused ning aiamajad valmivad käsitööna ning ei ole kasutuses masinaid ega automatiseeritud liine, välja arvatud telfer, millega tõstetakse valminud tooteid ning suuri tootedetaile.

Järgnevad osad kasutatavatest tööriistadest:

- akutrellid,
- ketaslõikurid
- haamrid,
- naelapüssid,
- mõõdulindid,
- loed,
- ketassaed.

Kuna seadmed, mida kasutatakse, võivad vale käsitlemise korral tekitada tõsiseid ja isegi fataalseid vigastusi, on vajalik korralik kontroll tööohutusele ning tööohutusest teadlikud töötajad. Selleks koolitatakse tööjõudu.

2. TEOREETILISED KONTSEPTSIOONID

Moodulmajad ning elementmajad on terminid, mida tihti kasutatakse läbisegi. Mõlema puhul on tegemist tehasemajaga, kuid erinevus peitub tehases valminud detailide erinevuses ning paigaldamises.

2.1. Moodulmajad

Moodulmaja on ruumimoodulitest koosnev maja, mis on valmistatud tehases ning seejärel transporditud ühes või mitmes tükis krundile, kus need paigaldatakse terviklikuks majaks. Ruumimooduliteks võivad olla näiteks erinevad ruumid või ruumiosad, mis paigalduse käigus omavahel ühendatakse. [2]

Moodulmajade hulka käivad ka teisaldatavad mikro- ja väikemajad. Mikromajade all peetakse silmas kuni 20m² pinnaga ning kuni 5m kõrguseid väikeseid maju, mille krundile paigaldamiseks ei ole vajalik ehitusluba ega ehitusteatist. Väikemajadeks peetakse kuni 60m² suurusi hooneid, mille jaoks ei ole vaja ehitusluba kuid on vajalik ehitusteatist. [2]



Joonis 3. Moodulmaja ruumimooduli transport [2]

Moodulmaja eelised [3]:

- kiire ehitusaeg - moodulmajad koostatakse tehasetingimustes, kus ei sega ilmastik ega muud välised faktorid ning tootmisprotsess on loodud kiireks tootmiseks;
- standardne kvaliteet - moodulmajade ehitamine läbib palju põhjalikuma kvaliteedikontrolli, sest tehases töötavad kvaliteedikontrollijad on tööl igapäevaselt aga ehitusjärelvalve ei viibi kogu aeg objektil;
- keskkonnasõbralikkus - tehases toodetud majades on jäätmete maht kontrollitud ning tehakse kõik, et ei kuluks liigselt materjali ning võimalusel taaskasutatakse üle jäänud materjalid. Traditsiooniliste ehitusmeetmete korral visatakse tihti üle jäänud materjalid ära.

Moodulmaja puudused:

- Suurus on piiratud: moodulite transportimisest sõltuvalt tekivad moodulite tootmisele piirangud.
- Kujundamise piirangud: moodulmajad on suures pildis siiski kõik ühe ehitusviisiga ning ei saa teha suuri korrekture hoone arhitektuurilistes lahendustes vastavalt enda soovidele.
- Kulukas transport

2.2. Elementmajad

Elementmaja on ehitatud erinevatest elementidest, milleks on näiteks seina-, vahelae, põranda- ja katuseelemendid, mis ehitatakse valmis tehases ning seejärel viiakse krundile, kus need kokku pannakse. Elementide valmidusastme saab valida vastavalt tellitud pakatile, mis tähendab, et on võimalik tellida ainult maja karkass või ka siseviimistlust ja välisviimistlust hõlmava lahendus. [2]

Elementmaja eelised [4]:

- kiire ja lihtne ehitus;
- kõrgem kvaliteet;
- energiatõugus;
- ilmastikukindel;
- paindlikus projekteerimisel;
- puhtam ehitusplats.

Elementmaja puudused [5]:

- paigaldamisest tulenevad vead;
- kulukas transport.



Joonis 4. Elementmaja seinadetaili paigaldamine [2]

3. MIKROMAJA TOOTEARENDEUS

Mikromaja tootearendus algas kliendiga suhtlemisest ning selle vestluse käigus pandi paika üldised nõuded mikromajale. Täpsustati mõõtmed, kujundus, fassaadikattematerjalid, sisustus ning soojustus. Nende andmete põhjal sai autor hakata koostama mikromaja 3D mudelit, mis on antud töö praktiliseks osaks.

3D mudelis loodi kõigepealt mikromaja sellisena nagu klient seda soovib ning järjest hakati tegema vajalike muudatusi piirdetarindite konstruktsioonis, mis võimaldab luua mikromaja elementide kaupa. Väline ja sisemine kujundus jäeti samaks kuid tehti muudatusi konstruktsioonis ning teatud materjalide valikul.

Samal ajal alustas klient hoone vundamendi ehitamisega. Vundamendiks lõi ta postvundamendi, mille peale hiljem mikromaja toetuma jääb ning seega jääb põranda konstruktsioon hingav, sest mikromaja põhi ei toetu otse maapinnale ega näiteks plaatvundamendile.

3.1. Toote vajadus

Töös käsitletav mikromaja on tellimuse peale loodud arvestades kliendi soove ning mikromaja kasutamise eesmärki. Loodud mikromaja on planeeritud kasutamiseks ehitusettevõtte platsil kontori eesmärgil ning seetõttu ei ole vajalik sisse planeerida pinda magamiseks. Küll aga peab olema ruumi köögi, vannitoa ning kontoriruumi jaoks, mis on sisustatud kirjutuslaua, kontoritooli ning ka diivani jaoks.

3.2. Elementidest ehitamine

Mikromaja toote arendamine kasutades piirdetarindi elemente, annab mitmeid eeliseid võrreldes traditsioonilise ehitusviisiga ehitades nii tootjale, kui ka kliendile.

Mikromaja ehitamine elementidest annab hea võimaluse mikromaja elemendid ladustada. Kui toodetakse ette ning laoruumi napib, saab valmis toota elemendid ning õige aja saabudes need ühtseks tükiks kokku tõsta ning kinnitada. Lisaks sellele annab see ka võimaluse müüa mikromaja erinevates valmisoleku etappides. Klient võib soovida teha muudatusi mikromajas vastavalt enda nägemisele ning müües talle elemendid näiteks karkassi astmes, saab ta teha näiteks vajalikud juurdeehitused vms.

Elementidest ehitamine on kasulik ka selle pärast, et luues tüüpelemendid näiteks aurutõkke, karkassi, soojustuse ja tuuletõkke tasemel on võimalik luua erinevaid mikromaja komplekte kombineerides erinevaid elemente. Oletades, et toodetakse kaks erinevat mikromaja, mille seinaelemendi mõõtmed on samad, aga erinevused on näiteks akende ja uste suuruse, asukoha ja olemuse osas. Komplekteerides nende kahe maja elemente võib saada lisaks olemasolevate kahe maja komplektille kolmanda ja ka neljanda mõistliku välimusega ja müüdava majakomplekti ning seda teha tootes endiselt samu elemente, mis eelnevalt.

3.3. Karkassi materjal

Iga elemendi kõige tähtsam osa on karkass. Karkass on aluseks kauakestvale hoonele. See peab suutma taluda ehitise enda koormust, inimeste koormust, mööbli koormust ning ilmastikust tingitud koormusi nagu näiteks lumi ja tugevad tuuled. Lisaks sellele peab konstruktsioon tagama, et maja oleks piisavalt tugev ja stabiilne ning vastama ka kehtivatele ehitusseadus- ja ohutusnõuetele.

Mikromaja kandevkonstruktsiooni materjaliks on valitud C24 tugevussorteeritud puit, mis tähendab 24N/mm² paindetugevusega okaspuitu (Vaata Tabel 1). Okaspuitu kasutatakse kandevkonstruktsioonidesse selle tõttu, et lehtpuit on sageli okaspuidust nõrgem ning kõduneb kergemini. [6]

Autori jaoks on puidu oluliseks eeliseks see, et see on peaaegu ainuke täielikult taastuv ehitusmaterjal.

Puidu eelised: [6]

- suhteliselt tugev tiheduse kohta,
- kerge,
- lihtsasti töödeldav,
- laialt leviv,
- taastuv.

Puidu puudused: [6]

- tuleohtlik,
- valesti kasutamisel võib mädaneda või putukkahjurite mõjul hävineda,
- mahu muutus olenevalt niiskusesisaldusest,
- habras nihkel ja tõmbel, eriti ristikiudu.

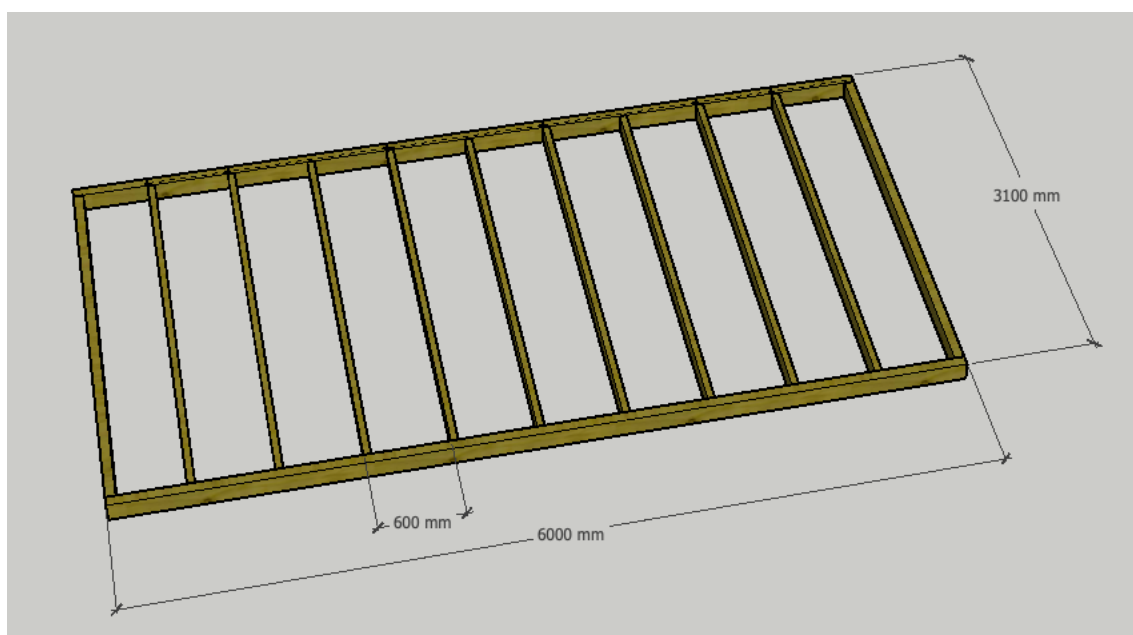
Tabel 1. Eurostandardid N1912 [7]

Standard N1912	C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40
Paindetugevus N/mm ²	14	16	18	22	24	27	30	35	40
Tõmbetugevus N/mm ²	8	10	11	13	14	16	18	21	24
Survetugevus N/mm ²	16	17	18	20	21	22	23	24	26
Elastsusmoodul KN/mm ²	7	8	9	10	11	12	12	13	14
Tihedus Kg/m ³	290	310	320	340	350	370	380	400	420

3.4. Karkassi konstruktsioon

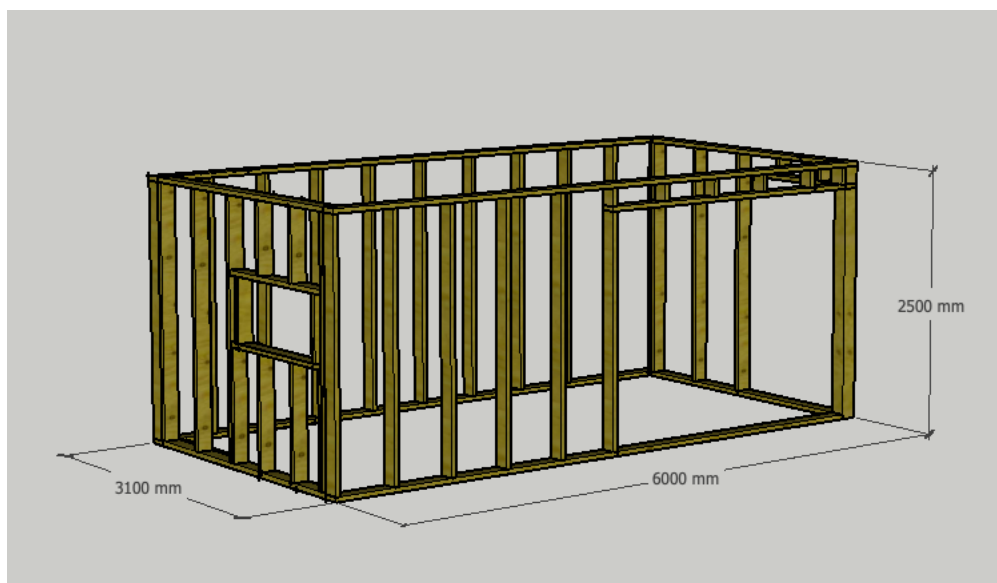
3.4.1. Põranda ja katuse talastik

All oleval joonisel (Joonis 5) on kujutatud katuse- ja põrandatalastiku, milleks on autor valinud 45x145mm hõövelprussid, mis on asetatud 600mm sammuga. Katuse ning põrandatalastiku tugevus on oluline kuna talad peavad hoidma konstruktsiooni- ning lumekoormust. Oluline on ka talade samm, sest tala sammu suurenedes võib hakata konstruktsioon liigselt läbi vajuma. Talastiku kinnitamisel on kasutatud puidukruve ning kinnitusnurki.



Joonis 5. Katuse- ja põrandatalastik

3.4.2. Seinä sõrestik



Joonis 6. Seinäsõrestik

Üleval oleval joonisel (Joonis 6) on kujutatud seinäsõrestik, mis on paigutatud 600mm sammuga, et vahele mahuksid soojustusplaadid otse pakist tulnud mõõtmetega. Joonisel kujutatud sõrestik sisaldab ka avausi akende ja lükandukse jaoks. Seinäsõrestik koosneb omavahel erinevatest detailidest, mille saab jaotada neljaks: aluspuuks, sisepostideks, vöölauaks ning aknatugilauad. Kõik detailid on tehtud 45x145mm tugevussorteeritud hõövelprussidest. Sõrestik kinnitatakse puidukruvide ning kinnitusnurkadega.

3.4.3. Karkassi tugevus

Tiit Masso kirjutatud raamatus „Väikemajad“ kirjutatakse, et puitsõrestik hoone kandevkonstruktsiooni prussi minimaalne paksus peab olema 100mm. [8] Arvestades seda on 45x145mm prussidest tehtud konstruktsioon igati vastupidav.

3.5. Soojustus

Olulisimaid aspekte maja ehitamisel, on soojustus, mis tagab sooja ja ökoloogilist jalajälge vähendava elukeskkonna. Eesmärk soojustamisel on energiakao vältimine ning mugava ja tervisliku sisekliima tagamine.

Väärtuslik soojustus majas aitab vähendada kütte ja jahutamise peale minevat energiakulu, mis omakorda muudab elu taskukohasemaks ja vähendab keskkonnasaastet. Kvaliteetne soojustus tagab ka piisava heliisolatsiooni, mis annab privaatsust.

Soojustust valides tuleb mõelda läbi erinevad aspektid ja kaaluda erinevate materjalide kasutamist, näiteks rullmaterjalid, klaasvill, vahtpolüstüreen jne.

Hoone peamiseks soojustusmaterjaliks on valitud Rockwool Superrock tooted ning see on paigaldatud kipsiroovi vahele ning talastiku ja sõrestiku vahele.. Superrock on looduslike kivimite baasil loodud pooljäik kivivillaplaat, mis isoleerib soojust ja heli ning takistab tule levikut. [7]

Soojustusele aitavad ka kaasa muud kihid, mis ei ole otseselt soojustuse eesmärgil loodud ning töös käsitletavas mikromajas on nendeks:

- tuuletõke;
- kips;
- parkett;
- OSB.

Tabel 2. Soojustuskihtide näitajad

	μ	$\lambda, \frac{W}{m \cdot K}$
Kivivill [7]	1	0,035
OSB 12mm [8]	143	0,1
OSB 22mm [8]	118	0,091
Tuuletõkkeplaat [9]	1	0,032
Tuuletõkkekangas [10]	80	2,3
Kips [11]	-	0,23
Täispuitparkett	-	0,14

3.5.1. Soojustakistus ja soojusjuhtivus

Hoone soojustuslahenduse konstrueerimisel on oluliseks näitajaks materjali soojusjuhtivus. Soojusjuhtivuse arvutamiseks on vajalik kõigepealt välja arvutada soojustakistus. Eesti ehitusmäärused soovivad uutele elamutele maksimaalseks soojusjuhtivuseks põrandatele $0,16 \frac{W}{m^2 \cdot K}$, seinte puhul maksimaalselt $0,20 \frac{W}{m^2 \cdot K}$, ja lagedele maksimaalselt $0,13 \frac{W}{m^2 \cdot K}$. Selliste soojusjuhtivusnäitajatega saab luua mugava elukeskkonna.

Materjali soojustakistus arvutatakse valemiga (1):

$$R = \frac{d}{\lambda}, \quad (1)$$

kus R – materjali soojustakistus, $m^2 \cdot \frac{K}{W}$;
 d – materjalikihi paksus, m ;
 λ – materjali soojusjuhtivus, $\frac{W}{m \cdot K}$.

Piirdetarindi kogu soojustakistus leitakse, kui liidetakse kokku kõikide kihtide soojustakistused (2):

$$R_{piirdetarind} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n, \quad (2)$$

kus $R_{piirdetarind}$ – piirdetarindi soojustakistus, $m^2 \cdot \frac{K}{W}$;
 R_n – materjali soojustakistus, $m^2 \cdot \frac{K}{W}$.

Põrandaelemendi soojustakistus leitakse vastavalt valemile (2):

$$R_{põrand} = \frac{0,014}{0,12} + \frac{0,022}{0,13} + \frac{0,20}{0,035} + \frac{0,013}{0,034} = 6,38 m^2 \cdot \frac{K}{W}$$

Seinaelemendi soojustakistus leitakse vastavalt valemile (2):

$$R_{sein} = \frac{0,013}{0,23} + \frac{0,05}{0,034} + \frac{0,012}{0,13} + \frac{0,15}{0,035} + \frac{0,0006}{2,3} = 5,90 m^2 \cdot \frac{K}{W}$$

Katuslaelemendi soojustakistuse leitakse vastavalt valemile (2):

$$R_{katus} = \frac{0,013}{0,23} + \frac{0,05}{0,035} + \frac{0,012}{0,13} + \frac{0,20}{0,035} + \frac{0,013}{0,034} = 7,66 \text{ m}^2 \cdot \frac{K}{W}$$

Soojustakistusest arvutame soojusjuhtivuse valemiga (3):

$$U = \frac{1}{R}, \quad (3)$$

kus R – piirdetarindi soojustakistus, $\text{m}^2 \cdot \frac{K}{W}$;

U – piirdetarindi soojusjuhtivus, $\frac{W}{\text{m}^2 \cdot K}$.

Põrandaelemendi soojusjuhtivus vastavalt valemile (3):

$$U_{põrand} = \frac{1}{6,38} = 0,16 \frac{W}{\text{m}^2 \cdot K}$$

Seinaelemendi soojusjuhtivus vastavalt valemile (3):

$$U_{sein} = \frac{1}{5,90} = 0,17 \frac{W}{\text{m}^2 \cdot K}$$

Katuslaelemendi soojusjuhtivus vastavalt valemile (3):

$$U_{katus} = \frac{1}{7,66} = 0,13 \frac{W}{\text{m}^2 \cdot K}$$

Arvutuste tulemusel näeme, et kõik piirdetarindi elemendid vastavad soovitud soojusjuhtivuse näitajatele.

3.5.2. Veeaurudifusioonitakistus

Piirdetarindite kihtide kavandamisel on oluline arvesse võtta nende kihtide veeauru difusiooni. Veeauru difusiooni all peetakse silmas veeauru liikumist läbi tahke ehitusmaterjali. See on määratletud standardiga DIN 52615 ning selle alusel on defineeritud mõiste difusioonitakistuskonstant ehk μ -väärtus. See näitab, mitu korda on materjali difusioonitakistus suurem kui sama paksu seisva õhukihi oma. See konstant annab teavet materjali omaduste kohta, kuid

ei võimalda anda hinnangut seinakihi aurutakistuse S_d väärtuse kohta, mis näitab kogu seina difusioonset käitumist. Selleks, et arvutada seinakihi aurutakistus, on vajalik korrutada materjali difusioonikonstant μ ja materjalikihi paksus meetrites, mille tulemusel saadakse seisva õhukihi paksus S_d , mille difusioonitakistus on võrdeline vaadeldava materjaliga. [12]

Materjalikihi aurutakistus leitakse valemiga (4):

$$S_d = \mu \cdot s \text{ m}, \quad (4)$$

kus S_d – materjalikihi aurutakistus, m;

μ – difusioonikonstant;

s – materjalikihi paksus, m.

Valemist (4) tulenevalt on tehtud arvutused piirdetarindi kihtidele alates aurutõkkest ning lõpetades tuuletõkkega.

$$S_{d,kivivill\ 200mm} = 1 \cdot 0,2 = 0,200 \text{ m}$$

$$S_{d,kivivill\ 150mm} = 1 \cdot 0,15 = 0,150 \text{ m}$$

$$S_{d,OSB3\ 22mm} = 118 \cdot 0,022 = 2,596 \text{ m}$$

$$S_{d,OSB3\ 12mm} = 143 \cdot 0,012 = 1,716 \text{ m}$$

$$S_{d,tuuletõkkekangas} = 80 \cdot 0,0006 = 0,048 \text{ m}$$

$$S_{d,tuuletõkkeplaat\ 13mm} = 1 \cdot 0,013 = 0,013 \text{ m}$$

Piirdetarindi konstrueerimisel ei ole oluline erinevate kihtide veeaurutakistuste summaarum, kui materjali kihid järjestatakse nii, et hoone seest poolt välja poole minnes on iga kihi veeaurutakistus väiksem kui eelmisel kihil. See on oluline, sest vastasel juhul hakkab veeaur kondenseeruma konstruktsiooni sisse. [12]

Kuna autor on aurutõkke kihiks valinud OSB 3 plaadi ning sellest sisse poole jääb ainult kips ning roov koos täitevillaga, siis alguspunktiks on võetud OSB plaat ning viimaseks kihiks on tuuletõke, sest juba peale seda on tuulutusvahe, mis ei takista enam auru liikumist.

Tabel 3. Põrandaelemendi veeaurutakistus kihtide kaupa seest välja

	OSB 3 22mm	Kivivill 200mm	Tuuletõkkeplaat 13mm
μ	118	1	1
S_d	2,596	0,200	0,013

Tabel 4. Seinaelemendi veeaurutakistus kihtide kaupa seest välja

	OSB3 12mm	Kivivill 150mm	Tuuletõkkekangas
μ	143	1	80
S_d	1,716	0,15	0,048

Tabel 5. Katuslaelemendi veeauru takistus kihtide kaupa seest välja

	OSB3 22mm	Kivivill 200mm	Tuuletõkkeplaat 13mm
μ	118	1	1
S_d	2,596	0,2	0,013

Tabelitest on näha, et iga kihi veeaurutakistus on väiksem kui eelmisel kihil ning seega saab veeaur vabalt konstruktsioonist välja liikuda.

3.6. Põrandaelement

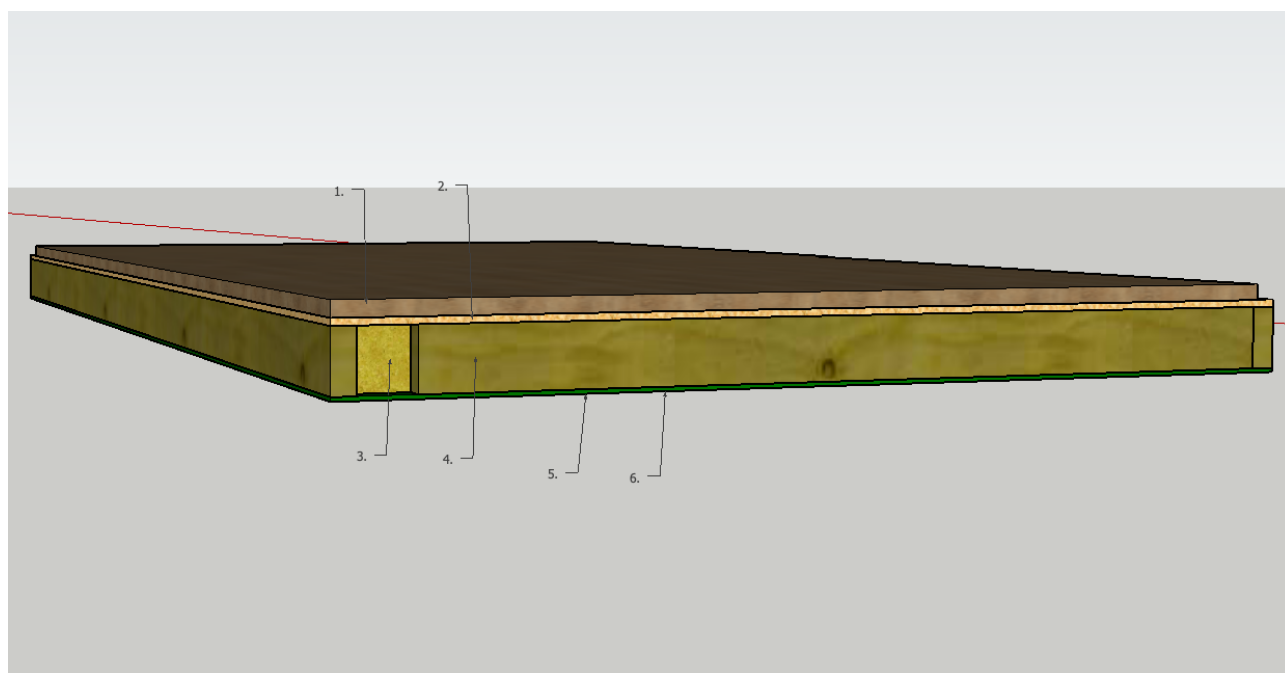
Kuna mikromaja jääb toetuma postvundamendile ning maja alumine kiht on avatud, peab olema paigaldatud näriliste tõke, mis kaitseb selle eest, et närilised ennast maja konstruktsiooni sisse ei näriks. Selleks on autor valinud kuumtsingitud traadist võrgu, mis on kinnitatud tuuletõkkeplaadi peale.

Tuuletõkkeks on valitud 13mm tuuletõkke plaat, mis pakub lisaks tuuletõkkele veel soojuskihti. Tuuletõkkeplaadi ühenduskohad tuleb teipida, et vältida vuukidest tuule läbi puhumist.

Karkassi moodustavad 45x195höövelprussid, mis on paigutatud 600mm sammuga. Prusside vahele paigaldatakse 150mm paksusega kivivill.

Karkassi peale on pandud 22mm OSB3 plaat. 22mm plaat on 600mm sammu juures õige paksus, et vältida põrandavetrumist selle peal kõndides. OSB plaat töötab ka aurutõkkena ning selle kasutamisel aurutõkkena on oluline kõik plaadi ühenduskohad teipida ning liimida.

Siseviimistluseks pannakse OSB plaadi peale täispuitparkett.



Joonis 7. Põrandaelement

Põrandaelemendi kihid ülevalt alla:

1. täispuitparkett;
2. OSB 3 22mm;
3. kivivill 200mm;
4. karkass 45x195mm;
5. tuuletõkkeplaat 13mm;
6. närilistõke.

3.7. Seinaelement

Seinaelemendi viimistluskihiks on vastavalt elemendile tsementkiudplaat või puitlaudis.

Fassaadi viimistlusmaterjali hoiab seinas tuulutusroov, mille eesmärk on hoida fassaadiplaadid või puitvooder muudest paneelidetailidest eemal, et oleks tagatud avatud õhuliiklus läbi mikromaja fassaadi.

Tuuletõkkena on tuulutusroovi all kasutatud tuuletõkkekangast. Tuuletõkkekangas peab olema paigaldatud paneeli perimeetris 200mm ülejäägiga, et pärast oleks võimalik erinevate paneelide tuuletõkkekangad omavahel ühenda ning sellega luues ühtse tuuletõkke kihi. Lisaks sellele tuleb teipida kõik kangapaanide ülekatted ning augud ja deformatsioonid materjalis. Eriti oluline on see selle pärast, et fassaadikattematerjalina kasutavate plaatide ja laudade vahele tuleb jätta 10mm vahe, mille kaudu hakkab palju vihmavett fassaadikattele pääsema. Tuuletõkkekangas paigaldatakse karkassi ja soojustuse peale.

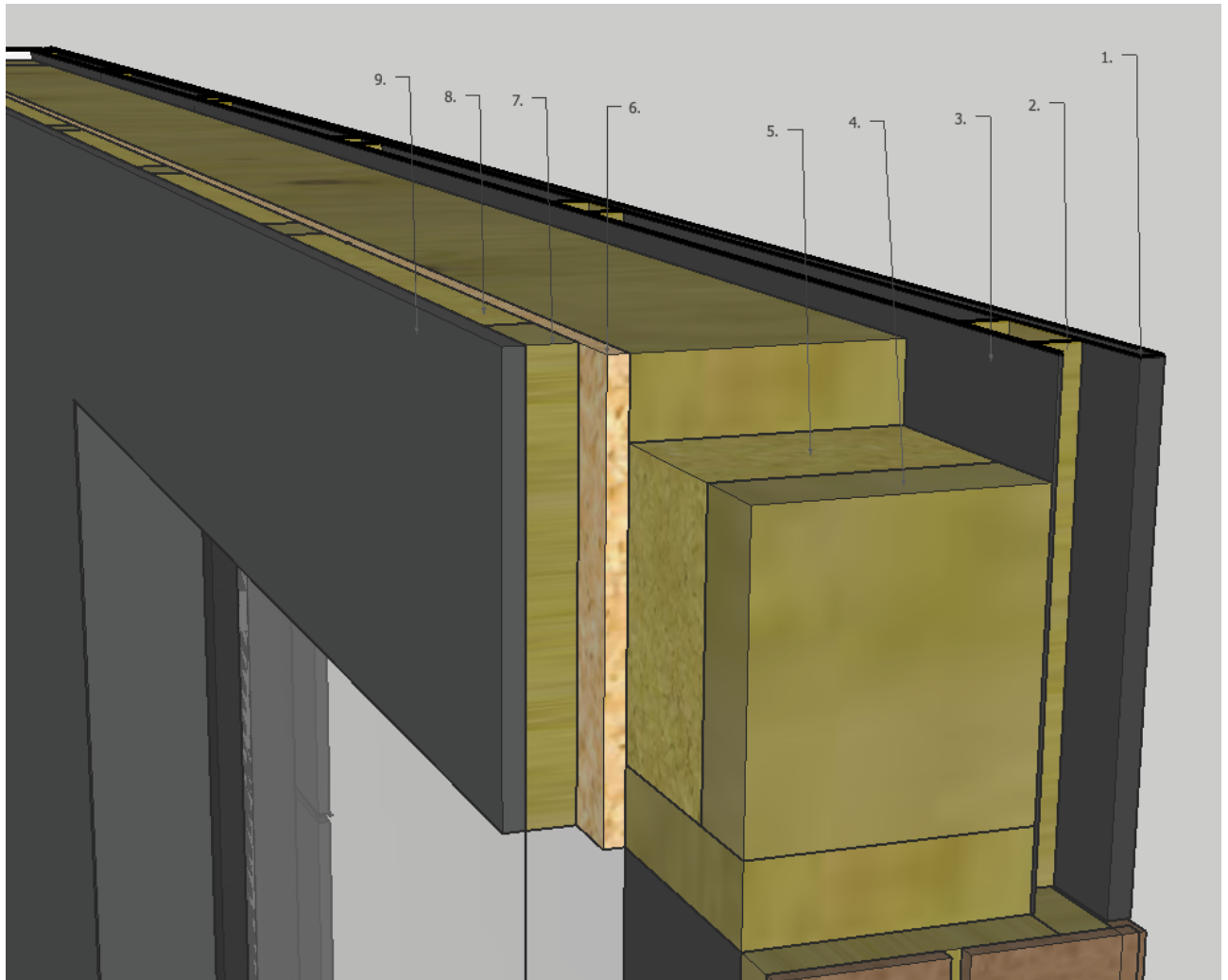
Karkassiks on valitud 45x145mm C24 tugevussorteeritud puit 600mm sammuga, mille vahele on paigaldatud 150mm paksused kivivilla plaadid.

Elementi katab siseküljel 12mm OSB 3 plaat, mis on konstruktsiooni jäigastava omadusega ning töötab ka aurutõkkena. OSB plaatide ühenduskohad tuleb lisaks naelutamisele korrektselt liimida ning teipida aurtõkketeibiga.

Järgnevad siseviimistluse kihid, mis paigaldatakse peale majakarbi kokkupanekut.

OSB plaadi peale kinnitatakse 50x50mm roov 600mm sammuga, mille vahed täidetakse 50mm villaga. Viimaseks kihiks on 13mm paksune kipsplaat.

Mööda villaga soojustatud roovi kanaleid, mis paiknevad OSB ja kipsi vahel jooksevad elektrikaablid seinapistikute ja -lülitite jaoks. Selle jaoks on vajalik villa sisse lõigata sooned ning vältida soojustuskihi kokku pressimist.



Joonis 8. Seinaelemendi kihid

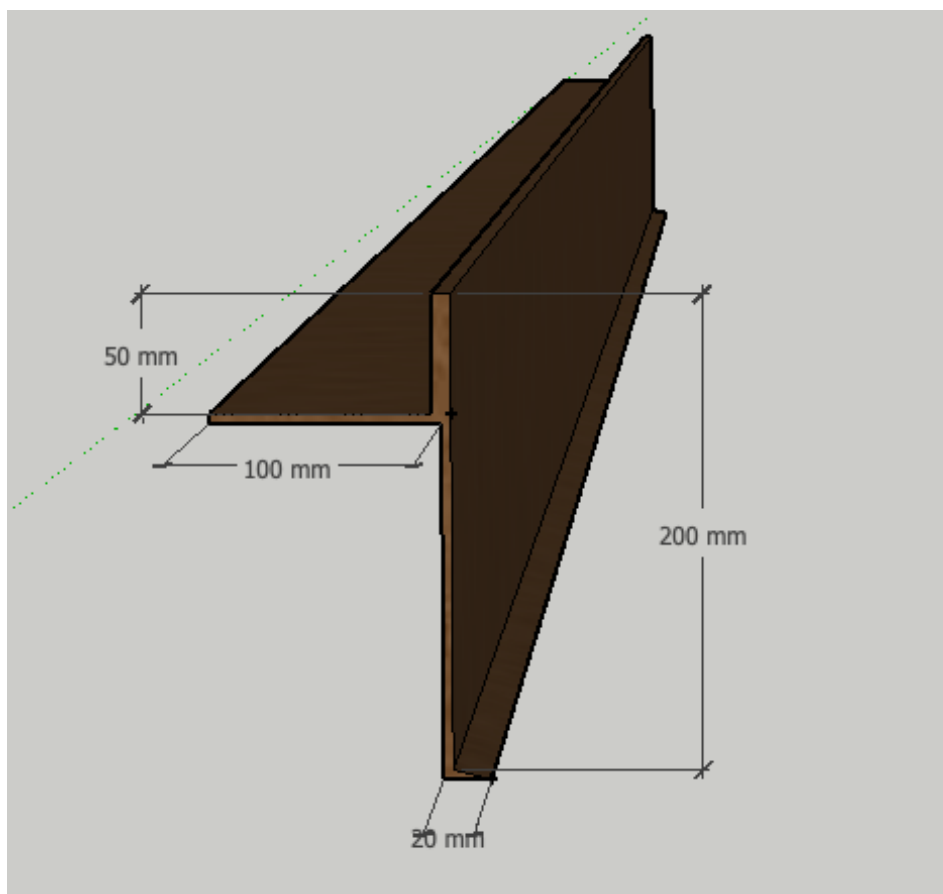
Elemendi kihid paremalt vasakule:

1. tsementkiudplaat/puitlaudis;
2. roovitus 31x70mm;
3. tuuletõkkekangas;
4. karkass 145x45,
5. 150mm vill;
6. 12mm OSB 3 plaat;
7. 50x50mm roov;
8. soojustus 50mm;
9. 13mm kipsplaat.

3.8. Katuslaeelement

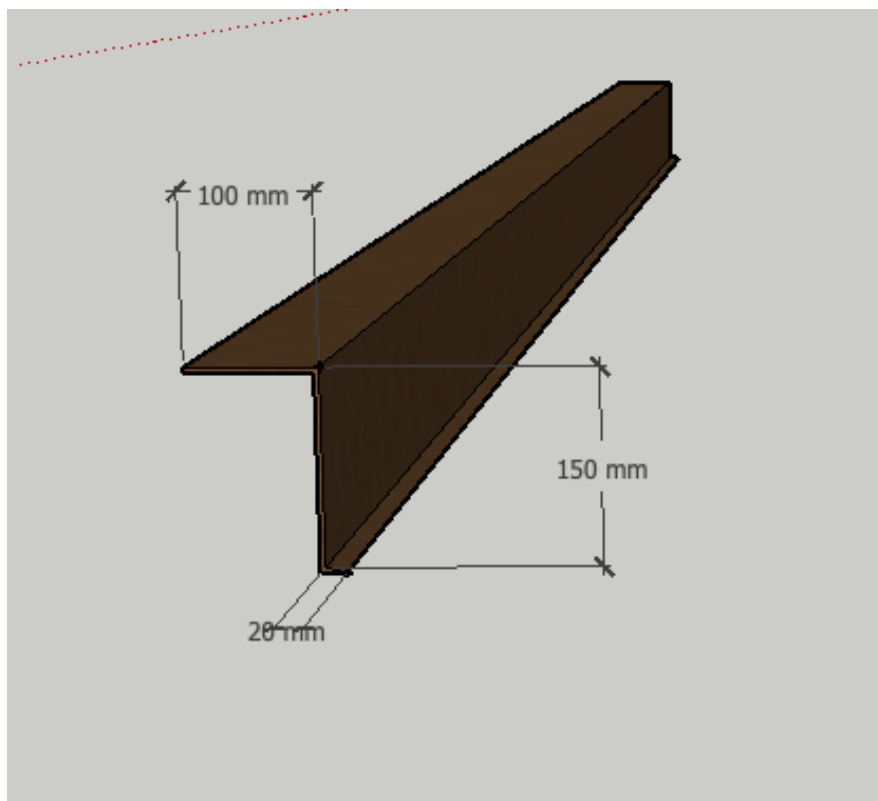
Elemendi välimiseks kihiks on hüdroisolatsioonikiht, milleks on valitud Kerabiti toodetud kahekihiline SBS-bituumenrullmaterjal. Esimeseks kihiks, mis paigaldatakse otse OSB plaadile on ilma puisteta rullmaterjalikiht ning selle peale sulatatakse suurema tugevusega ning puistega teine kiht.

Katuse perimeetrile paigaldatakse kahe bituumenrullmaterjali kihi vahele servaplekk. Kuna katusekalle on väike, on vajalik kolmest küljest takistada vihmavee alla voolamist mööda mikromaja külge ning selle jaoks on paigaldatud servaplekk, mis seda ülesannet täidab.



Joonis 9. Servaplekk veetõkkega

Tagumisele küljele, kuhu on paigaldatud ka vihmaveerenn ning kuhu suunas on katus kaldu on paigaldatud servaplekk ilma veetõkketa, mis on kujutatud järgneval joonisel (Joonis 10).



Joonis 10. Servaplekk

Hüdroisolatsioonikihi alla jääb 22mm paksune OSB 3 plaat. 22mm paksus on soovitatav OSB plaadi paksus 600mm roovisammu korral, et plaat ei vetruks ning katusel käies oleks jalgealune kõva. Tugev plaat, mis ei vetru annab ka tulevikus võimaluse paigaldada päikesepaneelid. OSB plaat on kinnitatud kaldu lõigatud tuulutusrõõvi peale.

Tuulutusrõõvi eesmärgiks on tekitada tuulutuskanalid soojustuse ja katusekattekihi vahel ning sellele on antud kalded selleks, et katusele tekkiv vesi saaks ära voolata. Tuulutuskanali korraliku toimivuse jaoks on oluline, et kanal liiguks katuse madalamast punktist kõrgemasse ning et ees ei oleks takistusi. See tähendab ka seda, et kanali algusele peab õhul olema korralik juurdepääs ning kanalilõpus peab õhul olema koht, kuhu edasi minna.

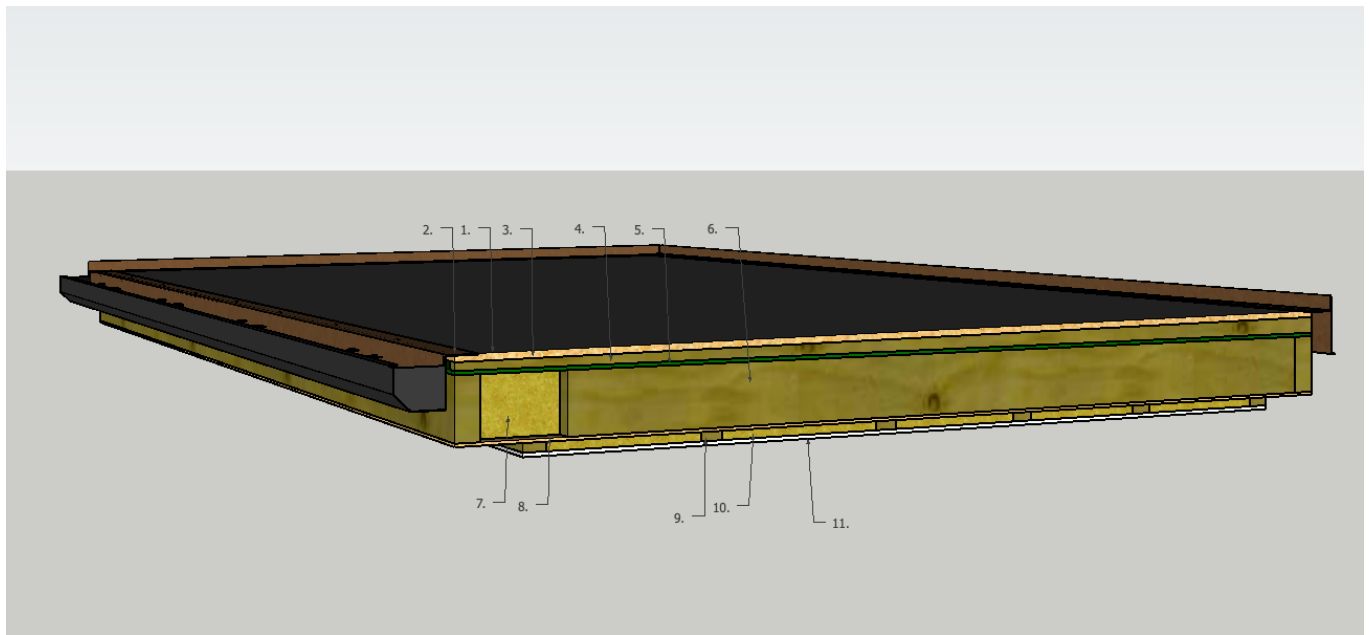
Tuulutuskanalite tekitamiseks võib ka kasutada näiteks tuulutussoontega vähemalt 50kPa pealisvilla, kuid arvestades katuse mõõtmeid on selline variant keerulisem, sest villa alla tuleb tekitada ühtlased kalded vee juhtimise jaoks. Tuulutusrõõvi korral saab valida vastavalt rõõvi sammule paraja paksusega OSB plaat.

Tuulutusroovi alla paigaldatakse 13mm tuuletõkkeplaat, otsustati just plaadi kasuks võrreldes tuuletõkkekangale kuna tuuletõkkeplaat toimib ka soojustusena ning kasutades tuuletõkkeplaati vähendatakse soojuskadu läbi katusekonstruktsiooni.

Katuseelemendi karkassiks on samamoodi nagu põrandaelemendil 45x195mm C24 hõõvelpruss 600mm sammuga, mille vahed on soojustusena 200mm paksused Rockwool Superrock pooljäigad kivivillaplaadid.

Elemendi kõige alumiseks kihiks on ühenduskohtadest liimitud ja teibitud 12mm paksune OSB 3 plaat, mis jäigastab paneeli ning oma kõrge veeauru takistuse tõttu on ka aurutõkkekihina.

Järgnevad kihid on siseviimistluse jaoks, mis paigaldatakse alles siis, kui elementidest on maja karp koos ning antud töös on nendeks 50x50mm roov, mis kinnitub OSB plaadi külge ning 13mm kips



Joonis 11. Katuslaeelement

Paneeli kihid ülevalt alla:

1. SBS-bituumenrullmaterjal;
2. servaplekk;
3. 22mm OSB 3 plaat;
4. kaldega roov;
5. 13mm paksune tuuletõkkeplaat;
6. 45x145mm C24 hõõvelpruss ja 50x600mm kivivill;
7. OSB 3 plaat;
10. 50x50mm roov;
11. 50mm vill;
12. 13mm kipsplaat.

3.9. Elementide paigaldamine

Paneeli külgedele paneelide tõstmiseks paigaldatakse linttropid. Paneelide paigaldamisprotsess algab kõige alumisest paneelist, milleks on põrandapaneel, mis peale valmimist tõstetakse paika, kus soovitakse mikromaja valmistamine lõpule viia – olgu selleks spetsiaalne asukoht tehases, kus pannakse kokku kogu maja, mis hiljem transporditakse kliendini või saadetakse maja paneelid objektile, kus need kokku pannakse.

Tootmishoones kasutatakse elementide paika tõstmiseks telfrit.

Järgmisena tõstetakse paika seinapaneelid, mis kinnitatakse läbi karkassi üksteise külge ning viimasena tõstetakse paika laepaneel. Ühendatakse omavahel tuuletõkked, mille ülekatted tuleb teipida ning teibitakse kinni ka erinevate seinaelementide ja katuslaeelemendi OSB ühenduskohad, et saavutada ühtlane aurutõkkekiht ning seejärel alustatakse sise- ja välisviimistluskihtide paigaldamisega. Välisseintele paigaldatakse tsementkiudplaat ja laudis ning sisse lüüakse seinaroovitus ning kips.

4. VÄLISDISAIN

Hoone väline disainilahendus on lisaks konstruktsiooni ja hoone sisemuse kaitsmisele veel oluline hoone väärtuse loomisel. Hoone kujundus annab esmamulje majast ja ka omanikust ning läbi selle tõstab või langetab selle väärtust.

4.1. Fassaadi viimistlusmaterjalid

4.1.1. Tsementkiudplaat

Fassaadi peamiseks viimistlusmaterjaliks on valitud StoneREXi poolt valmistatud musta värvi tsementkiudplaat Palette Pigmenta.

Tsementkiudplaadid valmistatakse tsemendist, fiibrist ning lisaainetest mis vähendavad plaatide veeimavust.

Selle mitmeteks eelisteks on [12]:

- tulekindlus klass A2;
- UV kindel kate;
- mehaanilise tugevuse klass 5;
- niiskuskindel;
- kiire paigaldus;
- hästi pestav.

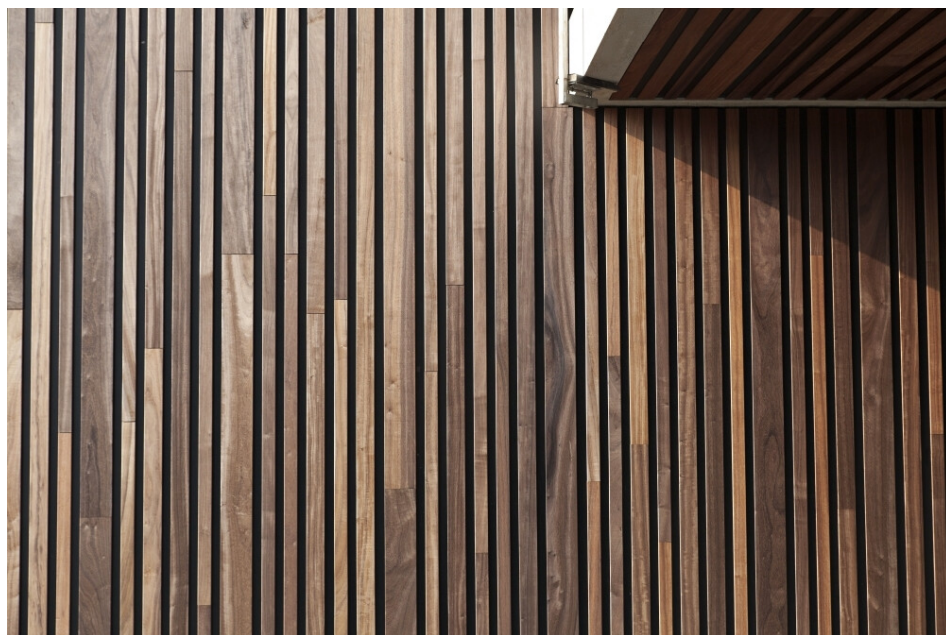
Kuna tsementkiudplaadid on tundlikud temperatuurimuutusele, ning selle tõttu paisuvad ja kahanevad vastavalt ilmaoludele, on vajalik plaadid paigaldada 8-10mm vahega.



Joonis 12. Tsementkiudplaat fassaadikattena [13]

4.1.2. Puitlaudis

Lisaks tsementkiudplaadile on autor valinud teiseks fassaadikatteks vertikaalse puitlaudise, mis on immutatud ning värvitud pruuniks. Lauad on mõõdus 100x30mm ning paigaldatakse üksteisest 10mm vahega.



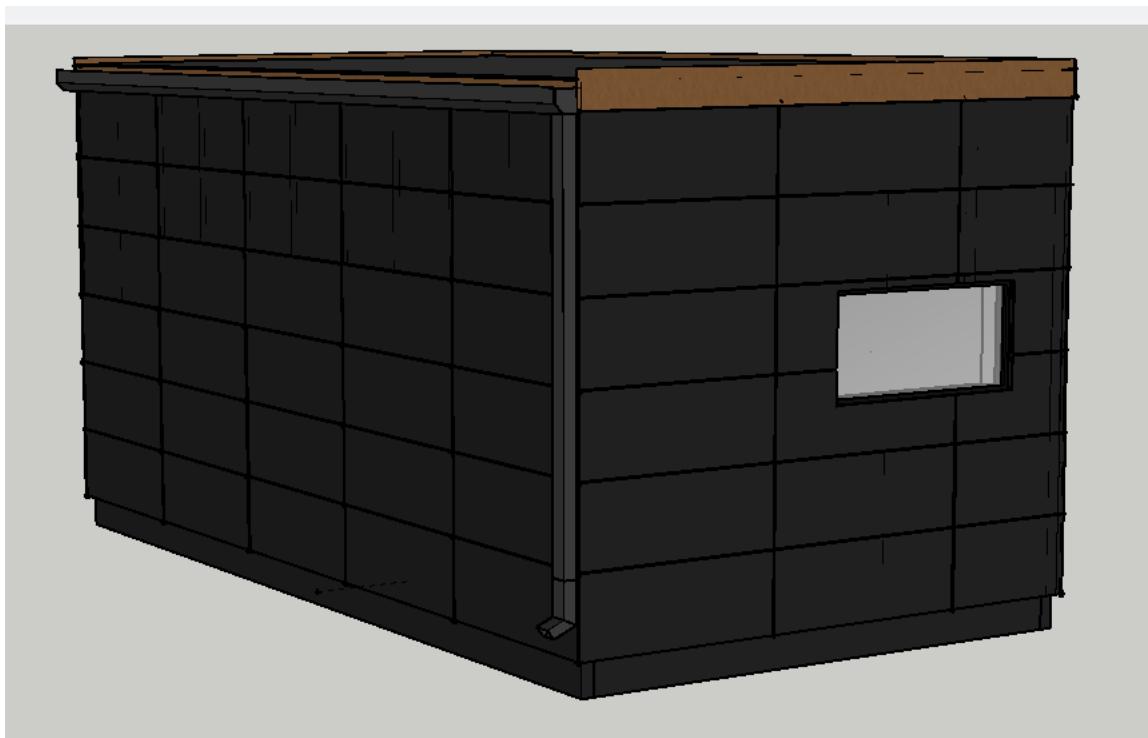
Joonis 13. Fassaadilaudis [14]



Joonis 14. Mikromaja külgvaade paremalt



Joonis 15. Mikromaja külgvaade vasakult



Joonis 16. Mikromaja külgvaade tagant

4.2. Aknad ja lükanduks

Autor otsustas mikromajale valgust ning avarust anda läbi suurte akende ning lükandukse. Hoone ühe nurga moodustavad 1400x2250mm aken ning 2800x2250mm lükanduks. Kööki valgustab 1200x600mm aken.

Aknad ja lükanduks on valitud Viking Windowsi Viking21 kolmekihilise klaasiga puitaluimiiniumakende seast. Puitaluimiiniumaken on väljast poolt pulbervärvitud alumiiniumprofiiliga ning seest poolt puidust, mis sobib kokku täispuitparkettiga. [15]

Köögiaknaks on planeeritud altavatava süsteemiga aken, mikromaja ette on planeeritud lukuga külgliug avatav aken, mis toimib ka välisuksena ning hoone paremal küljel on mitte-avatav aken.



Joonis 17. Viking21 aken [15]

Kolmekihilise akna eelised kahekihilisega võrreldes [16]:

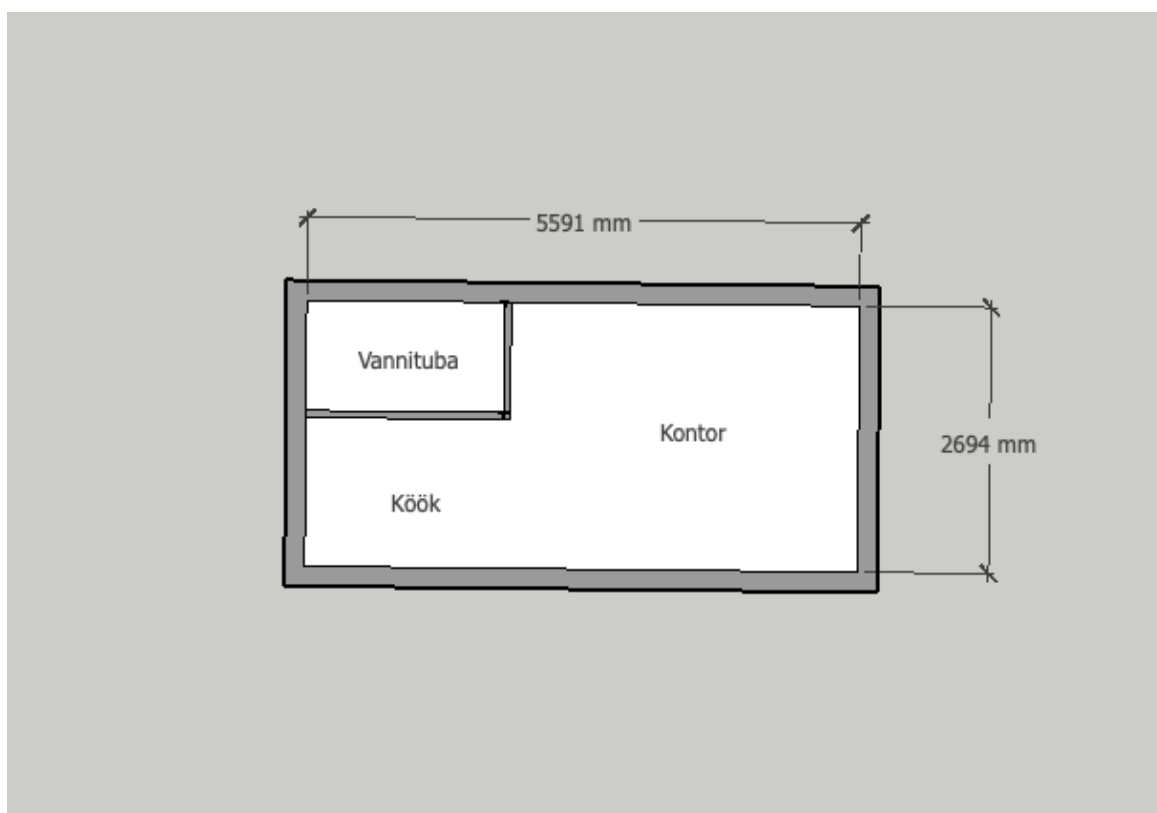
- Soojusisolatsioon. 3-kordne aken pakub tavaliselt paremat soojusisolatsiooni kui 2-kordne aken. Täiendav õhukiht, mis on kolme klaaskihi vahel aitab vähendada soojuskadu ja hoida soojust siseruumides. See tagab väiksemad energiakulud ja parema energiatõhususe.
- Helipidavus. 3-kordse akna teeb paremaks täiendav klaaskiht, mis 2-kordsel aknal puudub. Täiendav klaasikiht ja õhuvahed tagavad parema helipidavuse, mis vähendavad väljastpoolt helide sissetungi ning rahulikuma siseruumi.
- Turvalisus. 2-kordne aken ei paku nii suurt turvalisust võrreldes 3-kordse aknaga. Löökidetele ja purunemisele on 3-kordse klaaskihiga aken vastupidavam.
- Kondensatsiooni vähendamine. Aknaklaasidele võib tekkida kondensatsioon, kui siseõhu ja välisõhu temperatuurid on väga erinevad. 3-kordne aken vähendab selle tekke võimalust, sest klaaskihtide vahel olevad õhuvahed toimivad täiendava takistusena sooja ja külma õhu segunemisel.

5. SISEDISAIN

Mikromaja on jaotatud kolmeks osaks, milleks on kontor koos puhkealaga, köök ja vannituba.

Ruumi planeerimisel on jäetud võimalikult suur ning avar ala peamisele kontoripinnale ning avaruse jaoks on ka köök avatud planeeringuga, mis lisaks aitab ka kokku hoida vaheseina ning ukse arvelt.

Kogu mikromaja põrandapind on mõõtudes 5591x2694mm, mille kogu pindala on 15,06 m².



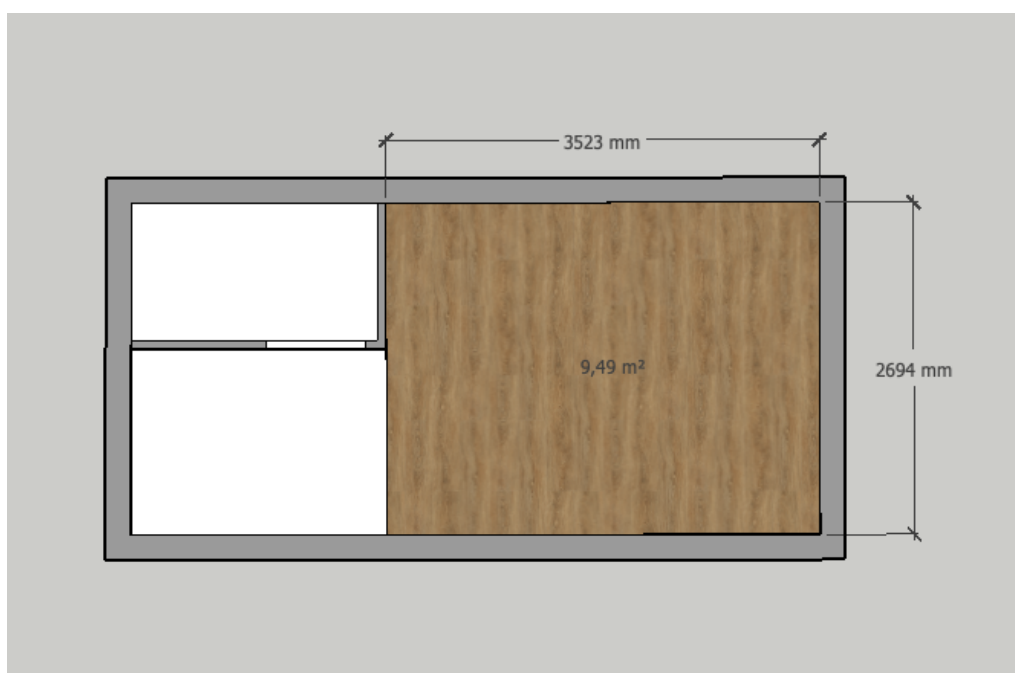
Joonis 18. Asendiplaan



Joonis 19. Mikromaja sisekujundus

5.1. Kontor koos puhkealaga

Kontoripinna koos puhkealaga moodustab $9,49 \text{ m}^2$ suurune ala, mis on sisustatud arvutilaua, kontoritooli, diivani ning diivanilauaga. Seda ala valgustavad suured aknad, mis loovad ruumile avarust ning seega pakuvad hubasemat töökeskkonda. Lisaks sellele annab ka võimaluse jälgida väljas toimuvat.



Joonis 20. Kontoripind koos puhkealaga

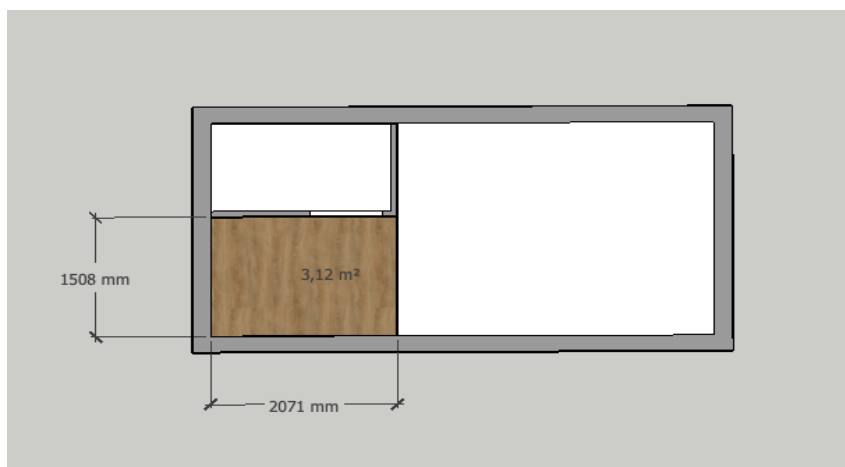
Mööblielementideks on valitud väiksemad tooted, et anda rohkem ruumi liikumiseks. Kuna kasutatav pind jääb peamiselt kasutusse ainult ühele inimesele siis ei ole ka vaja tekitada töökohti teistele inimestele. Mööbel tellitakse IKEAst



Joonis 21. Kontori kujundus

5.2. Köök

Köögiala, mille pinna moodustab 3,12 m^2 suurune nurk hoone pinnast, on ühenduses kontorialaga ning sellele nurgale naturaalseks valguse andmiseks on planeeritud seina 1200x600mm suurune aken.



Joonis 22. Köögiala

Köögialale on autor valinud kolmest sektsioonist koostatud köögimööbli. Lisaks kappidele ning kraanile ja kraanikausile on mööbli sisse planeeritud integreeritav köögimööbel. Köögimööbli töötasapinnal on pliit ning kappide vahel ahi koos mikrolaineahju funktsiooniga.

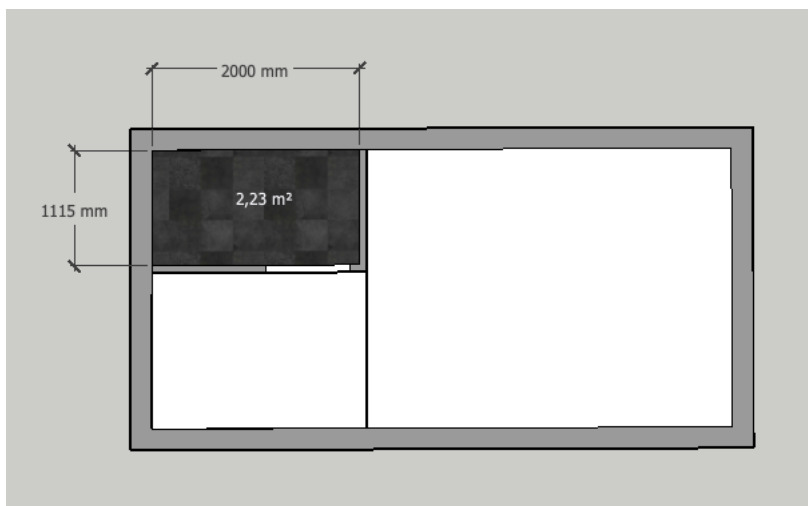
Köögimööbel koos tehnikaga tellitakse IKEAst.



Joonis 23. Köögitehnika

5.3. Vannituba

Vannituba pindalaga 2,23 m² on hoone kõige väiksem ala. Kogu sisustus on paigutatud külj külje vastu ning vannituba planeerides on pandud rõhk kompaktsusele rohkem, kui mugavusele. Kõik selle pärast, et anda ülejäänud hoonele rohkem ruumi.



Joonis 24. Vannituba

Vannitoa sisustuseks on kraanikauss koos kraaniga, wc-pott ning dušisegistiga. Põrand ning seinad on kaetud keraamilise plaadiga ning lage katab värvitud kipsplaat.



Joonis 25. Vannitoa sisustus

5.4. Elektri- ja valgustuslahendused

Töö autor on valinud valgustuse lahenduseks laelambi ja suured aknad. Laelambi ja suurte akende abil saab luua hea valgustusega töökeskkonna. Võtmeelement kontori efektiivsuseks on avar ja valgusküllane keskkond. Laelamp tagab terves ruumis ühtlase valguse ning suured aknad tagavad naturaalse valgustuse.

Elekter tuuakse hoonesse läbi kolmefaasilise pistiku, mis paigaldatakse mikromaja tagumisele seinale kust jaotatakse läbi elektrikilbi vool erinevatesse maja pistikutesse ning valgustusse. Kogu vajalik kaabeldus lampide ning pistikupesade jaoks on veetud kipsi tagant.

6. TEISALDAMINE

Mikromaja teisaldamiseks on vajalik kraana ning veoauto. Kraanaga tõstmise jaoks on vajalik viia tropid hoone põhja alt läbi ning tõsta mikromaja veoauto peale ning see on kujutatud Joonis 26. Moodulmaja tõstmine. Veoautoga vedamise jaoks on vajalik lähtuda Suuremõõtmelise ja/või raskekaalulise autoveo eeskirjast, mis on sätestatud Eesti Vabariigi poolt.



Joonis 26. Moodulmaja tõstmine [20]

7. MAKSUMUS

Maksumuses on arvestatud hind koos käibemaksuga.

Tabel 6. Karkassi maksumus

Materjal	Kogus, jm	Hind, €
Puit 45x195mm (põrandakarkass)	45,11	248,1
Puit 45x145mm (seintekarkass)	105,71	433,41
Puit 45x195mm (katusekarkass)	45,11	248,1
Toestustala 145x145mm	2,25	51,19
Kokku		980,8

Tabel 7. Mikromaja maksumus

Detail	Hind, €
Põrand (parkett, OSB, karkass,..., närilistetõke)	1341,88
Seinad (kips, roov, karkass,..., fassaadikate)	5616,50
Katuslagi (kips, roov, karkass,..., SBS-bituumen)	1331,32
Köögimööbel (täislahendus)	784,20
Kontorimööbel (kirjutuslaud, kontoritool,..., diivan)	656,67
Vannituba (kraanikauss, kraan, wc-pott,..., dušisegisti)	857,86
Aknad ja lükanduks	3500,00
Kokku	14088,43

Võttes arvesse tänapäevaseid ehitusmaterjalide hindu on mikromaja hinnanguliseks maksumuseks on 14088,43 €.

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärk oli piirdetarindi elementidest koostatud mikromaja arendus, mis andis võimaluse tellijal otsustada, mis staadiumis maja ta endale soovib.

Antud lõputöös käsitleti sügavamalt ehitusega kaasnevat tootearendust ja alternatiive traditsioonilistele ehitismeetodile. Kooskõlas tellijaga analüüsiti erinevaid võimalusi kuidas lahendada see projekt võimalikult keskkonnasõbralikult ning uuriti erinevaid allikaid, et omandada täielikud teadmised mikromajade ehitamiseks.

Käesoleva lõputöö autor määras kindlaks mikromaja funktsiooni - kontor ehitusplatsil. Tagati mugav ja funktsionaalne töökeskkond, mis võimaldab teha tööd, pidada väiksemaid koosolekuid ja hallata dokumente. Määrati kindlaks kontori vajadused, nagu suurus tööruumile, köögile, hügieenivõimalustele ja elektrisüsteemisele.

Töötati välja piirdetarindi elemendid, mida saab tulevikus kasutada ka teiste mikromajade arendamisel.

Lähtudes püstitatud eesmärgist, saadi valmis elementidest koostatud mikromaja planeering, mis on keskkonnasõbralik ning kvaliteetne. Tellijale pakuti võimalikult taskukohane lahendus luua kontoriruum mikromajja.

SUMMARY

The purpose of this thesis was the development of a micro-house made of frame elements, which gave the customer the opportunity to decide at what stage he wants the house.

In this thesis, product development accompanying construction and alternatives to traditional construction methods were discussed more deeply. In accordance with the client, various options were analyzed to solve this project as environmentally friendly as possible, and various sources were studied in order to acquire complete knowledge for the construction of micro-houses.

The author of this thesis determined the function of a micro-house - an office on a construction site. A comfortable and functional working environment was provided, which allows you to do work, hold smaller meetings and manage documents. The needs of the office were determined, such as the size of the workspace, kitchen, hygiene facilities and electrical system.

Fence design elements were developed, which can also be used in the development of other micro-houses in the future.

Based on the set goal, a plan of a micro-house made of ready-made elements was obtained, which is environmentally friendly and of high quality. The customer was offered the most affordable solution to create an office space in a micro house.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] „AS Toode,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.toode.ee/wp-content/uploads/2016/04/eriplekid.jpg>. [Kasutatud 02. mai, 2023,].
- [2] „Hange.ee,“ 26. jaanuar, 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.hange.ee/blogi/moodulmaja-ja-elementmaja-erinevus/>. [Kasutatud 05. mai, 2023].
- [3] „Propertyclub,“ 14. aprill, 2023. [Võrgumaterjal]. Available: <https://propertyclub.nyc/article/pros-and-cons-of-modular-homes>. [Kasutatud 02. mai, 2023].
- [4] „Scandinavian Home,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.scandinavianhome.ee/maakodu/876-millised-on-elementmajade-eelised>. [Kasutatud 08. mai, 2023].
- [5] „Build With Rise,“ 08. juuni, 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.buildwithrise.com/stories/pros-cons-prefab-homes>. [Kasutatud 08. mai, 2023].
- [6] K. Õ. A. J. Elmar-Jaan Just, Puit- ja puidupõhised konstruktsioonid, Tallinn : TTÜ kirjastus, 2015.
- [7] [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.liimpuit.ee/tugevussorteeritud-puit/?lang=en>.
- [8] T. Masso, Väikemajad, Tallinn: Valgus, 1990.
- [9] Rockwool, „Rockwool,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.rockwool.com/ee/tooted-ja-lahendused/tooted/superrock-1/#Spetsifikatsioonidjasuurused>. [Kasutatud 08. mai, 2023].
- [10] „Puumarket,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://puumarket.ee/buum/files/Violent%20Investment%20OÜ/Kataloog/OSB%20teh-katalog%20EST.pdf>. [Kasutatud 08. mai, 2023].

- [11] „Ehituskaup24,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ehituskaup24.ee/ee/tuuletokkeplaat-vkl-13-13x1200x2700mm-3-24m-tk-isover.html>. [Kasutatud 08. mai, 2023].
- [12] „Tervemaja,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://pood.tervemaja.ee/toode/tuuletokkekangas-laudise-vahe-max-35mm-pro-clima-solitex-fronta-quattro/>. [Kasutatud 08. mai, 2023].
- [13] „Puumarket,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://puumarket.ee/wp-content/uploads/Gyproc_paigaldusjuhised_2011_preview.pdf. [Kasutatud 08. mai, 2023].
- [14] A. Piirfeld, „Tarmatrade,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.tarmatrade.ee/wp-content/uploads/2017/04/FASSAADIDE-HINGAMISE-ARVUTUS.pdf>. [Kasutatud 08. mai, 2023].
- [15] „Stonerex,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://stonerex.ee/fassaadiplaadid/stonerex-palette-pigmenta/>. [Kasutatud 08. mai, 2023].
- [16] „Stonerex,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://stonerex.ee/wp-content/uploads/StoneREX-Palette2.jpg>. [Kasutatud 08. mai, 2023].
- [17] „Archello,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://archello.com/product/woodfacer-personalise-your-facade>. [Kasutatud 08. mai, 2023].
- [18] Viking Window, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.viking.ee/aknad/viking21-puitaluminiiumaknad-2-ja-3-kordse-klaasiga>. [Kasutatud 08. mai, 2023].
- [19] „Viking Window,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.viking.ee/images/sisupildid/Tootekataloogid/kuidas-valida-soojapidavad-aknad-2011.pdf>. [Kasutatud 08 mai 2023].
- [20] Timbeco, „Timbeco,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://timbeco.ee/ehitus/moodulhoonete-ehitus/>. [Kasutatud 11. mai, 2023].

Lisa 1. Mikromaja maksumus

Detail	Kogus	Maksumus, €
Põrandakarkassi materjal, jm	45,11	248,10
Seintekarkassi materjal, jm	105,71	433,10
Katusekarkassi materjal, jm	45,11	248,10
Soojustus 50mm, m2	48,60	290,69
Soojustus 150mm, m2	39,45	393,20
Soojustus 200mm, m2	37,20	465,50
Tuuletõkkeplaat, m2	37,20	150,92
Tuuletõkkekangas, m2	39,45	24,80
OSB 3 12mm, m2	58,05	390,20
OSB 3 22mm, m2	37,20	284,64
Närlistetõke, m2	18,6	32,75
Roovitus, jm	301,64	331,40
Kips, m2	54,7	151,50
Lükanduks, tk	1	2300,00
Aken, tk	1	299,20
Suur aken, tk	1	970,00
Laudis, jm	77,5	202,00
Tsementkiudplaat, kt	62	3410,00
Parkett, m2	18,6	610,50
Keraamilised plaadid, m2	2,23	241,80
SBS-bituumen, m2	37,2	202,30
Servaplekk, m2	4,25	22,40
Köök, tk	1,00	784,20
Lambid, tk	2,00	85,30
WC-pott, tk	1,00	230,67

Detail	Kogus	Maksumus, €
Kraanikauss, tk	1,00	84,29
Dušisegisti, tk	1,00	301,10
Diivan, tk	1,00	346,20
Diivanilaud, tk	1,00	46,99
Kirjutuslaud, tk	1,00	163,49
Kontoritool, tk	1,00	99,99
Kokku		14088,43