

Tartu Ülikooli Viljandi Kultuuriakadeemia

Pärandtehnoloogia õppekava, Ehituse eriala

Laur Lõhmus

PUUMAJA KAVANDAMINE OTEPÄÄ LOODUSPARKI

Lõputöö

Juhendajad: Leele Välja MA, pärandehituse lektor
arhitekt Laur Pihel, pärandehituse lektor

Viljandi, 2025

Aitäh,

kallis isa, kes Sa mulle puude taga metsa ja metsa taga puid näitasid. Puhka rahus.

minu armas pere, et olete ja jaksasite need neli aastat kangelaslikult kaasa mängida.

häd juhendajad, õigel hetkel tehtud asjalike tähelepanekute eest.

Erik Konze, vestlustest Sinuga koorub alati midagi uut ja Su inspireeriv raamatukogu on olnud suureks abiks.

Espar Samblik, nakatava eeskuju ja innustuse eest.

Ivar ja Anneli, põneva ja vaimu teritava väljakutse eest.

Sisukord

Resümee	5
Abstract	6
Sissejuhatus	7
Uurimisprobleem ja -eesmärk	8
Uurimisküsimused.....	8
Metoodika.....	8
Peatükk 1. Puumaja erilisus ning selle disaini põhimõtted	11
1.1. Kokkuvõtte puumajade ajaloost ja kultuuritaustast.....	11
1.2. Arhitektuurilised, ehituslikud ja tunnetuslikud eripärad	17
1.3. Materjalikasutuse eripärad	20
1.4. Kasutusviisidest ja kasutajaskonnast lähtuvad eripärad.....	21
1.5. Üldine ohutus ja puumaja riskide maandamine	23
Peatükk 2. Puumaja ehituse tehnilised aspektid.....	26
2.1. Asukoha ja puu(de) valimine ja ettevalmistus puumaja jaoks	26
Puude valimine.....	26
Puude ettevalmistus.....	28
2.2. Puumajade erinevad kinnitusviisid.....	30
Ülevaade kirjanduses pakutavast	30
Levinumate meetodite analüüs.....	32
2.3. <i>Tree Attachment Bolt</i> ehk TAB.....	34
2.4. Projekteerimisprotsess ja tugevusarvutused.....	38
Peatükk 3. Puumajade ehitusprotsessi töökorraldus	40
3.1. Tööprotsessi ja -logistika kirjeldus	40
3.2. Ehituse modulaarsus ja tapid.....	43
Möödupuudest.....	45
Tapivalik.....	49

3.3. Kõrgtööd ja puude ehitusaegne kaitse.....	51
Peatükk 4. Puumaja projekteerimine.....	55
4.1. Asukohtade ja puude analüüs ja valik.....	55
4.2. Planeeritava puumaja kontseptsioon.....	58
4.3. Projekteeritud puumaja arvutused.....	61
Lumekoormus.....	61
Tuulekoormus.....	62
Kasuskoormused.....	62
Talade arvutused.....	62
Kokkuvõte.....	67
Tulevikusuunad ja uurimisvõimalused.....	68
Bibliograafia.....	71
Lisad.....	74
Lisa 1. Küsimustik puumaja ehituseks.....	74
Lisa 2. Puumaja kuluarvutuste tabel.....	77
Lisa 3. Projekteeritud puumaja vaated ja skeemid.....	79

Resüme

Lõputöö „Puumaja kavandamine Otepää loodusparki“ uurib puumajade kavandamist ja ehitamist nii ajaloolisest, teoreetilisest kui praktilisest vaatenurgast. Töö eesmärk oli kavandada konkreetne puumaja tellija soovide, puu seisundi ja asukoha põhjal Otepää loodusparki. Töö käigus kaardistati sobiva puu valiku kriteeriumid, uuriti erinevaid puukinnituse viise ning hinnati, millised konstruktsioonid võimaldavad puul kasvada ja liikuda ilma kahjustusteta. Kavand valmis arvestades modulaarset detailide ettevalmistust töökojas, rõhuasetusega läbimõeldud projekteerimis- ja paigaldusloogikal. Uurimisküsimustele vastamine näitas, et puumaja loomine nõuab väga mitmetahulist tasakaalu konstruktiivse tugevuse, esteetika, kasutusmugavuse ja puu elujõulisuse vahel.

Märksõnad: puumaja, kasutajakeskne disain, TAB-kinnitus, puukinnitus, looduslähedane ehitus

Abstract

The thesis „Designing a treehouse in Otepää Nature Park“ explores the design and construction of treehouses from historical, theoretical and practical perspectives. The goal was to design a specific treehouse based on the needs of the client, the condition of the selected tree(s), and the landscape - the environmental context of Otepää Nature Park. The study involved identifying criteria for selecting suitable trees, evaluating different attachment methods, and finding structural solutions that support tree growth and movement without causing damage. The resulting design bridges workshop-based prefabrication with on-site construction, focusing on efficiency and sensitivity towards nature. The findings show that building a treehouse requires balancing structural reliability, aesthetic harmony, user needs, and tree health.

Keywords: treehouse, user-centered design, tree attachment bolt, nature-integrated construction, tree-friendly architecture

Sissejuhatus

Inimese ja looduse vaheline suhe on olnud pidevas muutumises – kord praktiline, kord müütiline, kord lihtsalt esteetiline. Üheks selle suhestumise sümboliks on puumaja – konstruktsioon, mis asub elava puu otsas ja ühendab nii materiaalse ehituse kui puu elutsükli. Siin tuleb selget vahet teha mõistetel „puumaja“ ja „puitmaja“ – neist esimene, sõltumata selle ehitamisel kasutatud materjalidest, asub puu(de) otsas, teine on lihtsalt puidust. Ja loomulikult võivad need terminid tähisada sama ehitist, kui see asub puu otsas ja on puidust. Käesolev töö käsitleb neist eelkõige esimest, mis oma olemuselt eeldab puuga kompromisse, mitte lihtsalt puitmaterjali valikut – kuigi ka viimasest tuleb juttu.

Kui puumaja kui mänguline ruum või eskapistlik unistus on paljude jaoks tuttav, siis selle projekteerimine ja ehitamine kätkeb mitmekesisest tausta keerulisi valikuid, mis ulatuvad ehitusfüüsikast ökoloogilise eetika ja esteetikani. Filosoofiliselt on see sügav tähendusmeri väga pealispinna all. Ehituslikult on see kõrgemat sorti konstruktiivne väljakutse. looduskeskkonna mõttes potentsiaalne häiring ning juriidiliselt lihtsalt hall ala – kuivõrd ehitist defineeritakse maaga püsikindlalt ühendatud konstruktsioonina, siis järgneb filosoofiline arutelu, et kas ühendus puu kaudu on võrdväärne ja läheb arvesse või mitte. Ja sellest lähtuvalt et kui palju ehitusseadustik sellele kohaldub. Tõsiasi päriselust on, et kindlustuste ja pankade jaoks puumaju üldjuhul ei eksisteeri. Lähim regulatiivne vaste eesti õigusruumist on tõsiasi, et maapinnast rohkem kui meetri kõrguse terrassi ehitamiseks tuleb esitada ehitusteatis.

Käesolev töö võtab fookusesse puumaja projekteerimise ja ehitamise, sidudes kokku praktilise vajaduse, esteetilise tundlikkuse ja looduskeskkonna piirangud. Töö eesmärk on kavandada puumaja Otepää loodusparki – tellija soove, konkreetse puu võimalusi ja looduslikke tingimusi arvestades. Töö keskendub küsimusele, kuidas luua puumaja, mis oleks korraga esteetiline, kasutajakeskne ja turvaline, kuid samal ajal puule ja keskkonnale võimalikult vähekoormav. Töö kaudu uuritakse, millised puud sobivad selliseks ehituseks, kuidas kujundada koormust ja liikumist taluv konstruktsioon ning milliseid kinnitusi kasutada, et puu jääks elujõuliseks.

Uurimus kombineerib teoreetilise taustauuringu, kliendipõhise analüüsi ja praktilise projekteerimise. Tulemus ei ole pelgalt üks kavandatud puumaja, vaid ka mõttekäik, mis aitab selgemalt mõista puumajade loomise keerukust: puu kui ehituspartner, mitte alusmaterjal.

Uurimisprobleem ja -eesmärk

Mujal maailmas (ja ka Eestis) on puude otsa maju ehitatud aastasadu ja -tuhandeid. Kuivõrd on nende puhul varem tegemist olnud tihti pigem laste mängupaiga või kiiksuga hobinurgaga, siis tõsiseltvõetavate hoonetena neid kuhugi ürikutesse loetud või põhjalikumat uurimust väärivaks pole peetud. (Ellisa & Andriani, 2015) Seetõttu on nende taust väheuuritud, samuti nende ehitusmeetodid ja mõju puudele. Tänapäeva on jõudnud nende traditsioon ja ehitusmeetodid aga üpris puuvaenulikena, millel on otsene mõju ka puumajade lühidale kestvusele – kui puu külge ehitatud maja puu lõpuks lämmatab, siis lakkab varsti olemast ju ka maja ise. Seevastu on maailmas alles ka mitmesaja-aastasi puumaju, milliste olemisest ja metoodikast meil veel palju ei teata.

Sestap saabki käesoleva töö eesmärgiks teha selgemaks puumajade kultuuriline ja ehituslik taust, leida üks sobiv koht sobiva(te) puu(de)ga ning projekteerida sinna funktsionaalne, esteetiline ja puu- ning keskkonnasõbralik puumaja lähtudes tellija vajadustest ja olemasolevatest puudest.

Uurimisküsimused

1. Mida puumaja tähendab?
2. Milline puu on puumajale sobiv?
3. Kuidas valida konkreetse puu seisukohalt parim konstruktsioon ja kinnitusviis?
4. Millised on puumaja projekteerimisel ja ehitamisel peamised loovad ja praktilised kompromissid?
5. Milliseid ehitusetappe ja otsuseid hõlmab puumaja kavandamine, ettevalmistus töökojas ja paigaldamine looduskeskkonda? Kuidas seda võimalikult efektiivselt teha?
6. Kuidas puumaja füüsikaga kokku sobitada?

Metoodika

Käesoleva loov-praktilise lõputöö eesmärgi saavutamisel kasutatakse erinevates etappides erinevaid meetodeid.

1. Teoreetiline raamistik ja varasemate praktikate analüüs

Töö esimeses etapis viidi läbi kvalitatiivne kirjanduspõhine uuring, mille käigus kaardistati puumajade ajalooline ja kultuuriline tähendus, kaasaegsed kasutusviisid, ehituspõhimõtted ja puule kinnitamise meetodid. Allikateks olid erialaraamatud, artiklid ning praktikute kogemusel põhinevad käsiraamatud. Eraldi tähelepanu pöörati puumaja kinnitusmeetoditele ja puu tervise säilitamisega seotud meetmetele.

2. Tellija vajaduste kaardistamine

Kliendikeskse lahenduse loomiseks koostati esmaseks infokogumiseks küsitlusvorm, mille kaudu plaaniti koguda andmeid tellija ootuste, kasutusviiside, stiilieelistuste ja funktsionaalsete vajaduste kohta. Küsimused käsitlesid nii esteetilisi kui ka praktilisi aspekte: soovitud tegevused puuonnis, ligipääsu lahendused, kasutajate vanus, aastaajalisus ja privaatsuse tase. Küsitluse asemel toimus semistruktureeritud intervjuu, mille käigus said vastuse olulisemad küsimused ning kaardistati tellija meelelaad ja ootused.

3. Asukoha ja puude hindamine

Töö praktiline osa algas asukohapõhise vaatlusliku analüüsiga. Valitud puude seisundit hinnati visuaalselt ning mõõdeti tüvede läbimõõdud ning omavahelised paiknemised, harude jaotust, puuliiki ja ümbritsevat maastikku. Arvesse võeti ka puuliiki, tuulekoormust, juurdepääsetavust ja vaateid. Hindamise tulemusena otsustati kasutada puu külge paigaldatavaid konstruktsioone, mis ei kahjusta elusat puud ülemäära ning võimaldavad konstruktsiooni liikumist ja puu kasvu.

4. Disainiprotsess ja projekteerimine

Disainilahendus töötati välja iteratiivses protsessis, mis hõlmas esmaseid visandeid, nende põhjal tehtud eskiisjooniseid ning konstruktsiooniliste võimaluste ja piirangute hindamist. Kavandamisel lähtuti nii tellija vajadustest kui ka puu ehituslikest võimalustest. Disainilahenduses ühendati loovus ja praktilisus: ruumiline paigutus, vaated, materjalikasutus ja ligipääs arvestasid nii esteetilist muljet kui ka kasutatavust ja ohutust.

5. Edasise protsessi planeerimine

Töö raames mõeldi läbi puumaja kavandamise ja loomise loogiline tööprotsess ja logistikaküsimused, sellest lähtuv modulaarsus oli aluseelduseks ka disainiprotsessis.

Kokkuvõttes toetus lõputöö metoodika kasutajakeskse disaini, rakendusliku arendusprotsessi ja keskkonnateadliku ehitustava ühendamisele. Lähenemine võimaldas saavutada tervikliku ja praktilise lahenduse, mis on juurdunud nii loovuses kui ka tehnilises kompetentsis ning lähtub reaalsest vajadusest.

Peatükk 1. Puumaja erilisus ning selle disaini põhimõtted

1.1. Kokkuvõtte puumajade ajaloost ja kultuuritaustast

Käesoleva töö autor lahkas puumajade teemat ka oma seminaritöös, kolmest vaatenurgast kolmes eri peatükis – kõigepealt puumajade ajalugu ja kultuuritaust, siis puumajade kinnitusviisid puu külge ning lõpuks külastatud puumajade kohtvaatluse analüüs. Kuivõrd käsitletava kontseptsiooni ajaloo hoomamine on käsitluse terviklikkuse ja tasakaalustatuse ning rumalate vigade vältimise poolest võrdlemisi oluline, siis järgnevalt lühikokkuvõtte seminaritöö esimesest peatükist puumajade ajaloost.

Puumajade ajalugu ulatub kaugemale kirja-eelsesse aega, kui inimesed ning nende eellased puude otsas elasid ning seal enestele pesasid ehtasid. Puu otsas elamisele viitavad mitmed imikute ehmatus- ja haaramisrefleksid ja tõsiasi, et ka vastündinud on võimelised oma keha raskust kätega hoidma. Varasemaid inimtegevuse jälgi on siiski vähe säilinud, selle põhjusteks peetakse eelkõige puu otsa ehitatu piisavat looduseshävivust, et see hiljem märkimisväärseid jälgi jätmata eluringis osaleks. Tänapäevani säilinud puu otsas elamise eluviisi saab jälgida Korowai hõimude näitel, kelle eluasemed on puu otsas 8-50 meetri kõrgusel, erinevate verejanuliste vaenlaste (kiskjad, sääseparved,...) ulatusest väljas). (Perry, Birx, 2011, lk 361-369; Lõhmus, 2024)

Esimesed kirjalikud jäljed puumajadest pärinevad Plinius vanema „Historia Naturalisest“, kus ta kirjeldab keiser Caligula korraldatud banketti puumajas:

Another curious instance, again, was that afforded in the reign of the Emperor Caius. That prince was so struck with admiration on seeing a plane in the territory of Veliternum, which presented floor after floor, like those of the several stories of a house, by means of broad benches loosely laid from branch to branch, that he held a banquet in it – himself adding very materially to the shade it threw-the triclinium being formed

for the reception of fifteen guests and the necessary attendants: to this singular dining-room he gave the name of his "nest." (Bostock & Riley, 1855, lk 105)¹

Puud on läbi aegade olnud ka erinevate religioonide tähtsaks osaks nii Vana-Kreeka mütoloogias eri jumalustel spetsiifilistel põhjustel individualiseeritud erinevad puuliigid, Vana-Roomas püha viigipuu, Pärsias, Babüloonias, Mesopotaamias ning teistes vanades kultuurides omad puurituaalid. Selliseid rituaalse konnotatsiooniga puid hoiti, nende lõhkumise eest olid eri paigus eri karistused kuni surmanuhtluseni. (Charalampidis, 1995; Lõhmus, 2024)

Samuti on puudel olnud tähtis roll kristluses – Süüria ja Mesopotaamia suunalt on sinna kandunud dendriitlus ehk puumunklus – elati kas puuõõnsuses või puuokstel (vs koopas või sambail toimetavad askeedid) ning tegeleti kas ettemääratud või piiramata aja jooksul lihasuretamise ja palvetamisega. (Lehari, 1994) Kristlikest dendriitidest esimeseks teadaolevaks peetakse Thessaloniki Taavetit (elas aastail 450-540) ning hilisemaks Hesühhas Joosepit Athose mäelt Kreekas (Lõhmus, 2024; Sanidopoulos, 2009)

Varauusajast on juba rohkem allikaid ja märke puumajadest – Di Medicite aedadest on säilinud kirjeldusi, näiteks Michel de Montaigne'ilt tema 1580. ja 1581. aasta reisiselt:

Here is a little chamber made amongst the boughs of an evergreen tree of a much more luxuriant growth than any other they had yet seen. It is entirely clipped out of the green boughs of the tree aforesaid, so that there is no prospect to be got therefrom, save through certain apertures which it has been necessary to make here and there, by clearing away the branches. In the midst of the chamber, from pipes which are concealed, rises a fountain which is set in the middle of a marble table. By a certain



Joonis 1 Villa Pratolino puumaja, Stefano della Bella graviür, ca 1653, Metropolitan Museum

¹ „Veel üks pentsik näide tuleb imperaator Caiuse valitsemisajast. Prints imetles üliväga üht plaatani puud Veliternumis, mille võras oksad omalaadsete korrustena paiknesid ja justkui mitmekorruselise maja moodustasid läbi vabalt okstele istmeteks [ja teedeks] asetatud laiade plankude. Sellest inspireerituna korraldas keiser puu otsas pidusöögi ja lasi selleks varjualust veelgi täiendada ning sinna rajada *triclinumi* [rooma pidulaud, diivanitega kolmes küljes või ruum sellise laua sisseseadega; siin peetakse silmas viimast] viieteistkümnemele inimesele ja lauateenritele: selle ainulaadse einela nimetas ta oma „pesaks.“. (Autori tõlge)

device the water made music, but this they were not able to hear, for it would have been too late for people who had to return to the city.(Waters, 1903, lk 57)²

Sellest perioodist on säilinud üht-teist puumajade-alast pildimaterjali, aga ka vähemalt üks puumaja. Nimelt on Inglismaal Pitchford Estate's säilinud puumaja, mida on esimest korda



Foto 1 Pitchford Estate puumaja. Foto www.pitchfordestate.com

mainitud 1692, tõenäoliselt on hoone aga vanem. Varem oli see täieõiguslik puumaja, ent sajandid on siin teinud oma töö, täna on vaiadega toetatud nii maja ise kui ka suuremad pärnaoksad. Märkimist väärivad siin ka Pitchford Hall'i häärberi ja puumaja sarnane pillkupüüdev vahvärk-stiilis konstruktsioon ning sisustusest karniislaed ning tammeparkett. (Lõhmus, 2024; PitchfordEstate, n.d.)

Ühiskondlike puumajade näiteks võib tänaseni aktiivses kasutuses olevatest pidada tantsupärnasid Saksamaal ja puukabeleid Prantsusmaal. Tantsupärna traditsioon käib koos küla keskele istutatud pärnapuuga, millele aastakümnete ja vahel ka -sadade jooksul kujundatakse iseloomulik kolmekorruseline võra, kus alumine korrus on maapinna tasemel, okstevaba, ent okstest ja teise korruse platvormist moodustuva lae ning seda kandva postistikuga. Lagi oli 2-3 meetri kõrgusel ning ühtlasi oli see ka teise korruse tantsuplatvorm, kus kõikvõimalikke külaüritusi korraldati. Kolmanda korruse moodustas puuvõra tantsuplatvormi kohal. Teisele korrusele pääsuks oli ilmtingimata tarvilik ka trepp. Noorte puude ümber, mis polnud veel teise

² Siin, igihalja puu lopsaka lehestiku keskel, on meisterlikult vormitud väike kamber—loodud ennenägematult jõuliselt kasvavasse pusse. See peidupaik on täielikult voolitud puu rohelistest okstest, nii et sealt avaneb vaade üksnes läbi mõningate võrasse okste lõikusega loodud avade. Keset kambrist ilutseb purskkaevuga marmorlaud, seda veega varustav torustik on aga peidetud. Lisaks oli seal ka leidlik veemuusikamehhanism, mida külalised kuulata ei jõudnud, sest pidid linna tagasi pöörduma. (Autori tõlge)

korruse platvormiks tarvilikku võramahtu saavutanud, tehti tantsuplatvorm alguses maapinnale. Ja harvadel juhtudel oli tantsupõrand ka kahekorruseline. (*Deutsches Tanzlindenmuseum Limmersdorf, n.d.*)



Foto 3 Tanzlinde Peesten suvel, Foto: Benreis, Wikimedia Commons



Foto 2 Tanzlinde Peesten talvel, foto: Benreis, Wikimedia Commons

Prantsusmaa eripäraks võib lugeda käputäit säilinud kabelitammesid, millest vanim on Le chêne-chapelle d'Allouville-Bellefosse – legendi järgi aastal 911 Normandia sünni puhul istutatud tamm, (mida teadlased küll Charlemagne-aegseks, ehk ca sajand vanemaks peavad) on ühtlasi ka Prantsusmaa vanim puu. Sellesse tekkinud lõhesse (andmed alates 1696) rajas isa Jacques Delalande du Détroit kabeli, ning mõni aasta hiljem ehitas ta kõrgemal puus asuvasse õõnsusesse ka teise kabeli. Puukabel on sajandite jooksul korduvalt hävimisohus olnud – seda on tabanud mitmed pikselöögid (mis võivad ka õõnsuste tekke algpõhjuseks olla; iseäranis palju kahju tegi 1912. aasta pikselöök) ning tormid, revolutsiooni teise



Foto 4 Chêne-chapelle d'Allouville-Bellefosse

terrori ajal raiuti selle kõrval kasvanud uhke pöök ja laukapuu, ning tamm pääses hukust vaid

tänu isa Jean-Baptiste Bonheure kiirele ja nutikale tegutsemisele, mistõttu leidsid revolutsioonärid kabeli ükselt sildi, et tegemist on mõistuse templiga. (Desurmont, 2017)

Lisaks ajaloosügavusele on puumajadel ka märkimisväärne roll laste-, noorte- ja fantaasiakirjanduses ning popkultuuris, kus neis tegutseb lõppematu rida erinevaid tegelasi alates puuõõntes elutsevatest väikese aruga (ent hämmastavalt sügavamõttelisest) karust Puhhist, Notsust ja Öökullist kuni Tolkieni ellukirjutatud haldjate-käabuste-päkapikkude-inimeste-jt tegelasteni ta epohhiloovais teostes. Alates Peeter Paanist kinolinal kuni South Parki poisteni teleriekraanil, rääkimata Puuonniligude-lastesarjast ja meta-teemakäsitlusena ka Pete Nelsoni Treehouse Masters-sarjast.

Puuonnide üldine ühine nimetaja on nende erinevaist tähendusist tuubil-olemine ning oksüümoronlik roll ühelt poolt turvalise pelgupaiga ja omaette-olemise kohana ja teisalt kohtumise, koosolemise ja arutlemise kohana, kust maapealsele tavaelule selgemat pilku heita saab.(Lõhmus, 2024)

Puumajade kajastused ja käsitlused erinevates raamatutes ning audiovisuaalteostes ning ajalooürikutes on omaette ülimalt huvitav teemarägistik, millest saaks kirjutada mõnegi doktoritöö..

Tänapäevases tarbimismaailmas on puumajadel samuti oma olemus ning roll, selle kohta kirjutas autor oma seminaritöös:

„Puumaja olemuses on tema loomise protsessist tulenev unikaalsus – kuna iga puu ja selle asukoht on erinev, siis on puumaja alati kohaspetsiifiline ja unikaalne nähtus. Selle loomine erineb kardinaalselt tavalise maja vundamendile ehitamisest kuna iga etapp maja projekteerimisest, kinnitamisest ja ehitamisest vajab puuspetsiifilist lähenemist. Nii on puumaja tähtis olemuslik osa selle *käsitöisus*. Muud moodi lihtsalt ei ole võimalik. Ja käsitööesemete üks tähtsamaid eristavaid omadusi on, et valmimise käigus on nende looja neisse jäädvustanud ka tükikese endast – ja see on nende esemete kasutajatele tajutav ning väärtustloov. Sedalaadi mõistmine on iseäranis taastähtsaks suundumus masstootmise ajastul, kus valdav enamus kasutusel olevaid asju on anonüümsed, hingetud ja inimliku puuteta.(Harold, 2020)“(Lõhmus, 2024)

Kahtlemata on võimalik puude juurde ja ümber luua maju või majakesi ka masstootmisena, eriti kui seda teha piiratud kõrgusel ja -suuruses ning ettemääratud puu jämedusvahemikku silmas

pidades, ent sellise tootmise masstootmisturu tihkes konkurentsisis majanduslikku elujõulisust tagavad arvutused asendavad eos puumaja jätkusuutlikult puu külge ühendamiseks tarvilikud võrdlemisi kallid teraspoldid ning nendega seotud tugisüsteemid või veidi vähem kallid, ent regulaarset kontrolli ja vahetust vajavad riputussüsteemid lihtsamate ja odavamate lahendustega ehk maja toetatakse postidele. Sedalaadi postidel maja võib suurepäraselt toimida ja oma funktsiooni täita nii mängu- kui mõtisklemiskohana ja olla nii igati meelepärane koht olemiseks.

Sellise lahenduse olemuslik riiuliltvõetavus teeb selle ühelt poolt lihtsalt kättesaadavaks, ent ühtlasi lisab sellele ka Haroldi kirjeldatud masstootmisega kaasas käiva anonüümsuse ja hingetuse, kui – hüpoteetilise piltliku näitena – on X tänava kõikides hoovides sarnane puumaja ning see on muutunud nii tavaliseks, et kaotab oma loomuomase võlu. Seda saab vajadusel küll täiendada ja isikupärase värvi- või sisustus-



Foto 5 Palmako komplekt Toby, veebilehe hind 825€ sisaldab käibemaksu, aga ei katusekatet, liumäge ega kinnitusklambreid. Allikas <https://pood.palmako.ee/et/toby-komplekt>

lahenduse puutega elustada, kodus-tada ja ainulaadsemaks muuta, ent aluslahenduse standardlikkus seab ka sellele tegevussuunale omad piirid.

Kuivõrd käesoleva töö autori jaoks on puumajad üheks hingelähedaseks loominguks väljundiks, siis järgnevatel lehekülgedel tuleb teemakäsitlus eelkõige ainulaadsete *käsitöiste* puumajade kontekstis.

1.2. Arhitektuurilised, ehituslikud ja tunnetuslikud eripärad

Puumajaehitaja Django Kroner tõdeb oma raamatu sissejuhatuses:

I made a lot of mistakes. Not just on the first one either; as I built a second treehouse and a third, I would realize mistakes I made and learn from them. I am grateful for these mistakes. For me, a portfolio of mistakes and corrections is so much more valuable than a few builds where everything went smoothly. I now know (so much more than I did before) the importance of having a plan and following certain rules to protect the trees. What's the point of building a treehouse if you don't treat your foundation with utmost respect and care? I have infected a tree with a fungal disease. I have used poor rigging techniques that resulted in large beams falling out of the sky. I have even had to raise entire structures to swap out foundation beams to allow for more tree growth. Through these experiences I have learned so much, and I always keep to the beginner's mind.
(Kroner, 2016)³

Niisiis on puumajade projekteerimisel ja ehitamisel mõningad iseärasused, mida tasub silmas pidada ja on hulk potentsiaalseid vea- ja ohukohti, mida piisava eeltöö ja -teadmistega on võimalik ennetada. Samas on tähtis tehtud vigu objektiivselt analüüsida, neist järeldused teha ja õppida.

Puumaja ehitamise teemalised saadaolevad käsiraamatud on sisu poolest kõikuva kvaliteediga ning soovivad erinevaid kinnitus- ja ehituslahendusi. Raamatu valimisel tasub esmalt veenduda selle autori puumajaehituskogemuses – mõistlik on eelistada mõne professionaalse puumajaehitaja publitseeritud juhendmaterjale.

Tavalist hoonet maa peale on teoreetiliselt võimalik ehitada ka ilma kohal käimata, töötades läbi kaardiandmed, aerofotod ja muud kättesaadavad digimaterjalid. Samuti on võrdlemisi lihtsalt võimalik kord projekteeritud tüüp-projekte kasutada eri kohtades.

³ Tegin palju vigu – ja mitte ainult esimese juures. Ehitasin ka teise puumaja ja kolmandagi ning iga kord avastasin uusi eksimusi, millest õppida. Olen nende vigade eest tänulik. Minu jaoks on vigade ja paranduste portfoolio palju väärtuslikum kui mõned läbini sujuvalt õnnestunud ehitised. Mõistan nüüd (märksa paremini kui varem), kui oluline tööd ette plaanida ja järgida reegleid puude kaitsmiseks. Mis mõtet on ehitada puumaja, kui Sa ei kohtle selle vundamenti suurima lugupidamise ja hoolega? Olen kogemata viinud puule seenenakkuse. Olen kasutanud kehvi töstekoitesüsteeme, kust suured talad justkui taevast alla pudenesid. Olen isegi pidanud terveid hooneid alustalade vahetuseks üles tõstma, et lasta puul edasi kasvada. Nende kogemuste kaudu olen saanud hindamatuid õppetunde, jään nii alati truuks algaja meelelaadile. (Autori tõlge)

Puumaja disain tuleneb otseselt puust ja ümbrusest – vaadatakse muu hulgas puu suurust, võrakuju, võratühimikke, ümbritsevaid vaateid, vaatekoridore võras ning sealt sünteesitakse puumaja sobiv suurus ja kuju, mille ehitamist puu võimaldab. Tarvilikud ruumid mahutatakse sellesse, tihti minimalistlikult. Tüüp-projektide kasutamine on teoreetiliselt mingil määral võimalik, ent siiski on iga puu ja selle ümbrus unikaalne ning lähtuda tuleb sellest, et puumaja sobiks oma keskkonda ning muudaks seda väärtuslikumaks – pakkudes vaateid majast ning ka majale. See tähendab iga puu puhul siiski individuaalset lähenemist ning tüüp-projekti puhul ka oludesse kohandamist ja sobitamist, mis paljuski vähendab sellise lähenemise mõttekust. Nii on puumaja igal juhul ainulaadne objekt, mis koondab endas looduse ja inimloodu.

Peter Nelson võtab selle vaatenurga hästi kokku:

While treehouses surely must be considered architecture, I imagine them often as sculpture. The one word of advice that I can give, outside of being sure your structural beams and joists are properly sized, is to pay attention to proportions. Part of what makes design one of my favorite aspects of a project is the challenge of coming up with an effective floor plan that fits the tree or trees that the house will be in. More often than not that means crunching things down in scale to the most minimal tolerances. It is very easy to overwhelm a tree with a house that is out of scale.(Nelson & Hadden, 1997, lk 57)⁴

Nii on puumaja kindlasti arhitektuur, ent selles on ka oluline annus skulptuuri. Sellest lähtuvalt ja ka seoses tõigaga, et puumaja puhul on tähtsaim tema sobivus puusse, võib olla paras väljakutse maja seostamine ümbritseva arhitektuuriga. Näiteks vana rehielamuga taluhoovi puumaja ehitades võib olla esmane mõte püüda taluhoonete proportsioone ja elemente puumajale üle kanda. See ei ole ilmvõimatu, ent tasub olla ettevaatlik, sest rehielamu puu otsas ei pruugi olla just kõige nägusam, stiilsem ega funktsionaalsem tulemus ja kaugeltki mitte optimaalse puusse sobivusega. Siinkohal on ehk mõistlikum leppida tõdemusega, et traditsioonilise taluhoovi kontekstis on puumaja oma olemuselt igal juhul „siga ja kägu“ element ja sama kipub tihtipeale tõeks osutama ka teistes arhitektuurikontekstides. Nii ei ole mõtet olemasolevaise hoonestuse vormielementidesse liialt takerduda, oluliselt etema

⁴ Kuigi puumajad on kahtlemata osa arhitektuurist, tajun neid tihti pigem skulptuurina. Esmane nõuanne, mida võin anda – peale selle, et talastik oleks õigesti dimensioneeritud – on pöörata erilist tähelepanu proportsioonidele. Osa sellest, miks disain on minu jaoks projekti lemmikosa, peitub funktsionaalse ja efektiivse korruseplaani välja mõtlemise väljakutses – et see sobiks maja kandva(te) puu(de)ga. Enamasti tähendab see seda, et kõik maja elemendid ja sisu tuleb skaleerida võimalikult kompaktselt. Ebaproportsionaalse puumajaga on vägagi lihtne puu üle kuhjata. (Autori tõlge)

tulemuse võib saada kui neid tsiteerimise asemel hoopis viidata – kas siis vormis, mõttes või miks mitte ka kultuuritaustas.

Puumaja ehitamisel on mitmest küljest märkimisväärne sarnasus ka laevade- ja autoelamute ehitusega. Ühelt poolt on siingi tegemist potentsiaalselt liikuva konstruktsiooniga, mistõttu peavad ühendused olema vastupidavad ka dünaamilistele koormustele mida muutuv ilmastik erinevatest suundadest jagab. Teisalt on puumaja ruum suure tõenäosusega piiratud ning seetõttu on selle ruumilahenduses ning sisustamises nutikatel ja ruumisäästlikel lahendustel ülitähtis roll. Selleks tarvilikku ei pruugigi poeriulitelt leiduda vaid lahendused tuleb konkreetset asukohta silmas pidades luua.

Ülioluline puumaja aspekt lisaks olemiskohaks ja peavarjuks olemisele on ka tema puu otsas paiknemine ning majas käijatele teistmoodi puuelamuse pakkumine – harjumuspärase puudele alt üles vaatamise asemel on siin võimalik kogeda loodust ja puud ümberringi, linnu või orava vaatevinklist. Sarnane tavapärasest erinev maailmavaatenurk pakub mõnusat vaheldust tavaelule ja annab sellele lisamõõtme.

Roger Ulrichi *Stress Reduction Theory* (SRT) sedastab, et loodusega kontaktis olemine ning selle kogemine vähendab märkimisväärselt stressi, tõstab üldiselt meeleolu ning meeleolutõusuga kaasneb ka kõrgema mõttetegevuse elavustumine: mõtlemine läheb paindlikumaks, on lihtsam erinevaid seoseid luua ning loomingulise probleemilahenduse võime suureneb. (Ulrich, 2023) Käesoleva töö kontekstis võib sellest tuletatuna üldistatult ja lihtsustatult väita, et puu otsas olemine teeb õnnelikuks ning paneb fantaasia tööle.

Ulrichi SRT teoriast lähtudes ja seda arendades jõuab ameerika psühholoog Colin Ellard muuhulgas aga järeltulele:

Although I think that few of us, myself certainly included, would dream of replacing the comforts of our modern built settings with a brutally hard life carved from the wilderness, there is no doubt that we still crave the vistas and the natural geometries that would have enhanced our prospects for survival in settings that we walked away from thousands of years ago.(Ellard, 2015, lk 51)⁵

⁵ Kuigi mulle tundub, et vähesed meist – sealhulgas ka mina – unistaksid kaasaegse elu mugavustest loobumisest asendamaks need karmi metsikust loodusest välja raiutud eksistentsiga, on meis kahtlemata säilinud ihalemus avarate maastike ja looduslike vormide järele, mis lisasid me ellujäämisvõimalustesse neis oludes, kust tuhandete aastate eest lahkusime. (Autori tõlge)

Ellardi mõttelõngal jätkates võib tõdeda ka, et puumajas saavad kokku ja moodustavad oksüümoronliku segu avarus ja õdusus – on võimalik linnupesalik õdus ja turvaline olemise koht, mida ümbritseb kuuest küljest avarus. Ja ühtlasi sobib see suurepäraselt kokku Perry kirjeldatud me liigi säilimisele kaasa aidanud geneetilise turvapaigamäluga. (Perry, Birx, 2011, lk 361-369)

1.3. Materjalikasutuse eripärad

Puumaja materjalivalik lähtub tihti pragmaatilisest lähenemisest – materjalide puhul on tähtis nende kaal, paindlikkus, vastupidavus ajas ja ilmastikule ning visuaalne sobivus planeeritava majaga. Nii on põhilisteks materjalideks metall, puit ja klaas.

Metallist tehakse puukinnitused (TAB-id) ja neid ümbritsev süsteem, see peab tagama puumaja tugeva puuühenduse, mis siiski laseb puul oma elu võimalikult segamatult edasi elada ning tuules vastavalt vajadusele liikuda majast sõltumatult. Samuti võib metallist teha ka konstruktsiooniosi ja -ühendusi – iseäranis tõenäoline on see siis, kui ehitaja puusepaoskused ei ole tarvilikul tasemel, et puit-puit ühendusi tappidega lahendada.

Puit on puumaja ehituseks mitmeti suurepärase materjal. See sobib kokku puu enesega, samuti on puit tugev ent piisavalt elastne ja tapitud puitliited on dünaamilistele koormustele hästi vastupidavad. See tuleb kahest põhilisest faktorist – esiteks on puitkonstruktsioonides tugevusvaru, mis pärineb erinevate elementide kombineerimisest ja koostööst konstruktsioonis ja teiseks tappliides toimuv plastiline deformatsioon, mis energiat efektiivselt summutab ja konstruktsioonitervikut „pehmenab“. Lisaks neile võib kolmandana välja tuua ka võimaluse puitkonstruktsioonides purunenud või kahjustunud elemente välja vahetada. (Fang, 2020, lk 31) Siiski on oluline kandvates funktsioonides kasutada tugevussorteeritud puitu, mis vastaks inseneri ettenähtud koormusvajadustele.

Samas on puidu puhul tähtis ka selle taaskasutatavus üha uutes hoonetes ja kuna puumajas läheb suure tõenäosusega tarvis erilahendusi, siis see on suurepärase koht, kus võimalusel ka puitu taaskasutada – sellel on positiivne mõju nii keskkonnasäästu poolelt kui ka suur potentsiaal puumajale ja/või selle sisustusele isikupära lisamiseks. (Pritchard, 2023) Inglise keeles on viimasel ajal sellel teemal põnevat sõnaloomet tehtud, nii sobiks autori arvates sedalaadi taaskasutat puitu suurepäraselt tähistama uudissõna *preloved* – mis väljendab hästi

emotsionaalset sidet materjali ja selle jätkukasutamisega. Siiski on materjalide taaskasutuses tarvis silmas pidada, et need sobituks maja ilme ja olemusega.

Puumaja tähtis osa on sealt avanevad vaated ning sestap ka aknad, mis neid pakuvad. Ka siin on võimalik uuel ringil kasutusele võtta vanu aknaid, mis algses asukohas funktsioonita on jäänud. Siin tuleb aga jälgida ka puumaja kasutatavust eri aastaegadel ja eri ilmadega ning akende valik teha vastavalt. Talvel köetavale hoonele ei piisa vanadest ühekordsetest veranda-akendest. Kui puumaja skulptuurne välisilme aga just selliseid nõuab, siis võib neid kombineerida välimisteks raamideks kaheeramalistele lengidele ning suveks eemaldatavad sisemised raamid teha pakettklaasi kasutades, et saada mõistlikult soojapidav lahendus. Selline lähenemine on märkimisväärselt töömahukam, kui ehituspoe riulist võetud valmisakende paigaldus, ent kannab endas ka oluliselt mitmekihilisemat ajaloo- ja väärtustepagasit.

1.4. Kasutusviisidest ja kasutajaskonnast lähtuvad eripärad

Puumajade kasutusviisid võib üldistatult jagada kolme kategooriasse: puhkus ja töö, mäng ning ettevõtlus. Planeeritav kasutusviis ja tulevane kasutajaskond seab puumajale ja selle asukohale omad tingimused.

Kõige levinumad on puumajad laste mängupaikadena – sellised on tihti mõõtmelalt väiksemad ja need ehitatakse valdavalt ise, ent vahel kaasatakse ka puusepad. Konstruksioonilt on mängumajad tihti pigem lihtsad, kinnitused tehakse käepärased vastavalt ehitaja oskustele - pahatihti on selliste majade puhul näha vitstega ümber puu pingutatud kinnituslahendusi, ent esineb ka okstele toetatud lähenemist või kruvi või naelaga puusse kinnitatud lähenemist. Sellise maja planeerimisel soovitab autor vaadata kinnituslahendustes siiski puule paremini talutavate TAB'ide suunas.

Laste mängumaja asub pigem eluhoonetele lähemal ja mitte ülemäära kõrgel ning ehitamisel on mõistlik silmas pidada vajalikku ohutust (piirded ja konstruksioonid on tugevad ja usaldusväärsed, maja ei ole liiga kõrgel, potentsiaalses kukkumisalas pole lisavigastuste tekitajaid, iseäranis ohtlikus piirkonnas võib rakendada ka kukkumis- või lesimisvõrke) ja vastupidavust. Läbi tasub kaaluda ka maja eri osadele ligipääsu vajalik lihtsus või keerulisus ning mõnusa äraolemise võimalus ka lapsevanematele. Maja soojapidavus ning maksimaalne viimistluspeenus ja keerulised kommunikatsioonid ei pruugi esmaste prioriteetide hulka kuuluda, selle asemel tasub rõhku panna tervikliku mängukeskkonna loomisele, lisada võib

mängulisi elemente ja muid mänguväljakuosi nagu ronimisseinad, kiiged, liumäed, lesimisvõrgud, köiesillad, laskumiskööied, ahviraudteed jpm.

See on suurepärane võimalus vaba mängu (*free play*, loominguline mäng loomingulises keskkonnas, ilma konkreetsete reegliteta) võimaldamiseks – mis on lapse arengu seisukohalt ülitähtis, arendab motoorseid võimeid, ümbrusetaju, orienteerumist ja loovust. Vaba mängu (ja puumajade) puhul pole tähtis mitte ohtude (kukkumine, vigastamine,...) ennetamine vaid nende kontrollimine ning lastele nendega toimetuleku õpetamine. Ühtlasi näitavad uuringud, et (a) lastel on üldjuhul üpris hästi arenenud sisemine tunnetus oma piiride ja ohutaluvuse kohta; (b) on olemas ka seos lapsepõlves riskantse mängu vähesuse ja hilisemas elus füüsilise passiivsuse ning ülekaalulisuse vahel; (c) riskantse mängu kogemuse vähesus lapsepõlves vähendab hilisemas elus hirmutekitavate olukordadega toimetulekuvõimet ja soodustab ärevushäirete väljakujunemist. **Seega on lastele puumaja (ja ka mänguväljaku) loomisel mõistlik teha see nii ohutuks kui vaja, mitte nii ohutuks kui võimalik.** See tähendab eelkõige lastele arusaamatute või nähtamatute ohtude likvideerimist – rinnatised ja trepid peavad olema kasutajatele vastupidavad, kindlana paistev jalgealune seda ka olema jne. (Brussoni et al., 2012)

Lastele puumaja ehitamisel on tähtis ka laste enda osalus ehitusprotsessis- see annab neile võimaluse „oma koha“ loomisel osaleda ja seda paremini kodustada ning omaks võtta ja seda hiljem rohkem väärtustada, ning on ka suurepärane võimalus tööriistade kasutamise oskuse arendamiseks. (Pearn, 2013) Samuti on autori arvates tähtis ka täiskasvanute ja laste koos ehitamisel kogetav ühine kvaliteetaeg.

Puhkuseks ja/või tööks mõeldud puumajad on mõneti sarnased – nende põhifunktsioon on võimalus igapäevasaginast veidi eemale tõmbuda ja lõõgastuda või keskenduda. Sellise puumaja asukoht võib olla, vastavalt vajadusele, teiste hoonete lähedal või ka täiesti eraklikus kohas. Tähtis on siin mõnusa äraolemise võimaldamine ja seotus hobide ja huvide või tööga – nii on kodukontor või pillimängutuba või kirjutamisnurk või grillimaja puu otsas hea olemise koht, kui see vastab kasutaja vajadustele ning on vajalikuga sisustatud-varustatud. Selline puumaja võib asuda teiste hoonete lähedal, kus ta on lihtsasti ligipääsetav ja käepäraselt kasutatav. Samasugune puumaja eraklikus asukohas paksus metsas või mõnel soosaarel on jälle oivaline pelgupaik linnamüra ja -sekeldustest eemale pääsemiseks, puhkamiseks, töösse süvenemiseks või miks mitte ka lihtsalt romantiliseks nädalalõpuks kaaslasega.

Selliste majade puhul on olulisemal kohal disaini kvaliteet ja ruumi viimistletus ning tarvis on läbi mõelda edaspidi tarvilik – mööbel, seinte soojustatus ja küttevõimaluse vajadus, elektri- ja

internetiühenduse tarvilisus, ööbimisvõimalused, kontoritööks tarvilikud riiulid, kirjutuslaud, hea loomulik valgus, ventilatsioon, miniköök, veevärgi ja pesuvõimaluse vajadus, tualettruum (ja kas neid on vaja puu otsa või saab teha ka puu lähedale maapinnale) jne. Kindlasti on vaja tähelepanu pöörata ka juurde- ja ärapääsule pimedas – trepil või redelil ning maast kõrgemal asuvatel terrassidel ja käiguteedel tasub mõelda valgustatusele, et orienteerumist hõlbustada.

Eakate või liikumispuudega inimeste jaoks on eraldi vaja läbi mõelda juurdepääsu lihtsus – võib-olla on mõistlik siis vähendada puumaja kõrgust maapinnast, teha trepi või redeli asemel kaldtee või miks mitte ka loomuline liftilahendus.

Kui puumaja on ettevõtlusobjekt, mida välja rentida, siis tuleb asukoha valikul ning kujundusel ning sisustuslahenduste planeerimisel eelnevale lisaks arvesse võtta ka sellise puumaja pidevat hooldusvajadust. Juurdepääs koristamiseks või hooldustöödeks peab olema võimalikult lihtne (see võib olla ka eraldi kliendi juurdepääsust, kellele võib kujundada ka läbimõeldud lühema või pikema elamust pakkuva saabumisteeconna) ja kujustusel tasub valida vastupidavad ja madala hooldusvajadusega materjalid. Disainikeelel on siin samuti suur roll, et loodud koht oleks omanäoline ja eristuv ning kutsuks kliente tagasi uutele külastustele.

Näiteks Cesises majutust pakkuva Maja Kokas Ciekurs on perenaise Maija sõnul nimelt planeerinud oma klientideks 20ndates-30ndates kliendid, sest pesuvõimalused ja WC-d asuvad puudest veidi eemal maapealses majas ning nende kasutamine eeldab seetõttu läbi õue käimist, mis öösel ja/või külmemal aastaajal võib vanematele külastajatele olla võrdlemisi ebamugav.

1.5. Üldine ohutus ja puumaja riskide maandamine

Puumajaga käivad kaasas mõningad olemuslikud ja läbimõtlemist ning maandamist vajavad ohud.

Esmane tähtis ohukoht on puudest, nende liigist ja seisukorrast lähtuv. Siin on kriitilise tähtsusega puude valik – ehitada on mõistlik eelkõige CODIT printsiipi silmas pidades liikidele, mis on head kapseldajad ning teha konkreetsetele puudele põhjalik eelkontroll. Puude valikut ja kontrollimist käsitletakse täpsemalt peatükis 2.1.

Teine kriitilise tähtsusega osa puudest lähtuva riski maandamiseks on õigete puukinnituste valimine, et puu tüve ja võra loomulik liikumine ja puumaja omaksid minimaalset vastastikust mõju. Sellist tulemust on võimalik saada eelkõige rippüsteeme või puupolte (*Tree Attachment*

Bolt, TAB) kasutades. Wenning soovib eelistada piisavalt laiu riputatavaid kinnitusi, et need puusse ei sooniks ja tagaks ühtlase raskusejaotuse või vaigurikastel okaspuuliikidel ka minimaalses vajalikus määras puuritavaid TAB-e. (Wenning, 2012, lk 32). Autor jääb siin mõneti eriarvamusele – puuritavad poldid sobivad suurepäraselt kasutamiseks ka heade CODIT- kapseldusomadustega lehtpuuliikidel. Tõsi, neid on mõistlik kasutada kokkuhoidlikult ning hoiduda puu ülemäärasest perforeerimisest. Erinevatest puu ümber pingutatud kinnituslahendustest ning puu tüve/okste loomulikku liikumist piiravatest lahendustest on aga mõistlik pigem hoiduda, need halvendavad pikas perspektiivis puu seisukindlust märkimisväärselt. (Lõhmus, 2024) Sisuline käsitlus puukinnitustest on peatükis 2.2 ja veel põhjalikumalt käsitleb seda autori seminaritöö peatükk 2.3.

Puumaja ehituse ja igapäevase kasutuse juures on olulisemaks ohuteguriks erinevad kukkumisvõimalused ja seda nii inimeste kui esemete puhul. Kukkumisest tulenev oht on seda suurem, mida kõrgemal maja maapinnast asub. Ehituse käigus tuleb eraldi hoolikalt tähelepanu juhtida, et kõrgtöödel oleks nii inimesed, tööriistad kui ka võimaluselt ehitusmaterjalid ohutult kinnitatud. Hiljem, puumaja igapäevasel kasutamisel käivad selle ohu maandamisvõimalused põhiliselt läbi toekate piirete ja trepikäsipuude ning vajadusel ka ohtlikemais kohtades kukkumisvõrke kasutades – kusjuures kukkumisvõrke võib ju kasutada ka lihtsalt lesimiseks...

Ära tuleb märkida ka tuleoht, mis puumaja kuivas materjalis kiiresti palju kahju võib teha, samuti on puumajas maapealsetest piiratumad võimalused tule eest pagemiseks. Nii on tähtis puumaja planeerimise ja ehitamise erinevates etappides tuleohutust silmas pidada ning valikute tegemisel arvesse võtta. Tasub kasutada pigem siledamaid ja raskestisüttivamaid materjale ja läbi mõelda kiiremad evakuatsiooniteed ning neid ka maja kasutajatele tutvustada.. Tähtsa ennetusmeetmena tuleb kasutada ka suitsuandureid ning tulekustuti ja kustutustekk peaksid samuti käepärast olema.

Eraldi küsimus on puumajja küttekollete rajamine – seda kirjanduses eriti ei käsitleta, samas leidub neist küllaltki palju näiteid ja viiteid, muuhulgas ka Pete Nelsoni Treehouse Mastersi sarjast, kus puumajades on küdevad kaminad – ja need lisavad ruumile ütlemlata palju õdusust. (Nelson, 2018, 6:43, 15:48, 19:22) Siinpuhul on mõningad olulised tähelepanukohad. Kindlasti tuleb korstnal rakendada sädemepüüdjat, et lihtsat süttimist ennetada. Ja teine oluline osa on korstnast tuleva sooja õhu mõju puule selle puhkeperioodil. Nimelt on talvel külmaga puu mahlade liikumine peatunud, korstnast tulev soe õhk aga võib selle kohal oleva oksa üles soojendada piisavalt, et lokaalselt tekiks kevadine virgumiseffekt – pungad hakkavad paisuma

ja soojendatud kohal puidus olev mahl läheb kasutusse. Samal ajal on ülejäänud puu aga endiselt külmunud ning uut mahla juurde tulla ei saa. See viib soojendatud kohas füsioloogilise põua tekke ja oksa kuivamiseni. (samal põhjusel looritatakse ka kevadeti okaspuuhekke ning valgendatakse õunapuude tüvesid – et päike neid liiga vara üles ei soojendaks..) Seega tuleb küttekolde mõistlikkus ja ohutus hästi läbi mõelda ning valida sellele koht, kust korsten viiks oksavabasse alasse.

Peatükk 2. Puumaja ehituse tehnilised aspektid

2.1. Asukoha ja puu(de) valimine ja ettevalmistus puumaja jaoks

Puude valimine

Puumaja ehitamine on eelkõige puust lähtuv tegevus, selle kohta ütleb Pete Nelson:

Before you start building a treehouse you've got to ask yourself a whole bunch of questions: How high up do I want my treehouse to be? How will I get up there? How big do I want to build? What sort of view am I after? What direction do I want to face? But I advise not spending too much time firming up details before you've selected your tree(s). Those decisions are actually better left to the tree itself, for this reason: YOUR TREEHOUSE DESIGN DEPENDS ON THE TREE(S) YOU BUILD IN.(Nelson & Hadden, 1997, lk 9)⁶

Seetõttu on puumaja ehitamise esmane väljakutse parima(te) puu(de) leidmine sobivaimas asukohas, kusjuures asukohavaliku üks ülioluline kriteerium on juurdepääsetavus tehnikaga. See on tähtis, sest ehitamiseks tarvilik materjal ja tööriistad on vaja puude juurde tuua ja seda on oluliselt lihtsam teha, kui veoauto või järelkäruga on võimalik puule võrdlemisi lähedale sõita.

Asukoha valikul on tähtis silmas pidada ka tulevasest puumajast avanevaid vaateid ümbritsevale maastikule ning valikuvõimaluste olemasolul võiks vaadete meeldivus olla üheks võrdlemisi oluliseks otsustuskriteeriumiks.

Puu valikul tasub eelistada pikaalisemaid ja kahjustustekindlaid liike, Eestis levinumatest puuperekondadest ja -liikidest on puumajaks sobivuse järjekord parimaist kehvemate liikideni (Wahlländer, 2015, viidatud Richter & Rüggeberg, 2023, lk 29 kaudu):

- harilik pöök (*fagus sylvatica*)

⁶ Enne kui alustad puumaja ehitamist, tuleb endalt küsida terve rida küsimusi: Kui kõrgele tahan puumaja rajada? Kuidas sinna üles saan? Kui suurelt tahan ehitada? Millist vaadet otsin? Millistes suunas vaateid tahan? Siiski soovitan mitte kulutada liialt aega detailidele enne, kui oled valinud sobiva(d) puu(d). Need otsused on tegelikult parim jätta puule enesele, ja seda lihtsal põhjusel – **SINU PUUMAJA KUJUSTUS SÕLTUB PUU(DE)ST, MILLELE EHITAD.** (Autori tõlge)

- harilik valgepöök (*carpinus betulus*)
- harilik tamm (*quercus robur*)
- punane tamm (*quercus rubra*)
- perekond pärn (*tilia spp.*)
- perekond lehis (*larix spp.*)
- perekond vaher (*acer spp.*)
- perekond mänd (*pinus spp.*)
- harilik saar (*fraxinus excelsior*)
- harilik ebatsuuga (*pseudotsuga menziesii*)
- perekond pähklipuu (*juglans spp.*)
- perekond kask (*betula spp.*)
- harilik jalakas (*ulmus glabra*) ja künnapuu (*ulmus laevis*)
- sanglepp (*alnus glutinosa*)
- perekond seeder (*cedrus spp.*)
- harilik pirnipuu (*pyrus communis*)
- perekond kuusk (*picea spp.*)
- perekond haab (*populus spp.*)
- harilik hobukastan (*aesculus hippocastanum*)
- perekond paju (*salix spp.*)

See mittetäielik nimekiri on kohandatud meie oludesse sobivaks Vitus Wahlländeri 2015 kaitstud puumaju ja nende kinnitusi puu staatika ja bioloogia vaatenurgast käsitlevas bakalaureusetöös välja toodud järjestuse alusel jättes välja Eestis mitte kasvavad või siin oluliselt väiksemõõdulisemad liigid. Bakalaureusetööd ennast ei õnnestunud leida, ent õnneks on Richter ja Rüggeberg selle järjestuse välja toonud.

Siiski siinnimetatutest tuleb mainida hariliku jalaka ja hariliku saare puhul, et kuigi puidu tugevuse ja mädanikukindluse poolest ning muudelt omadustelt on need suurepärased liigid puumaja ehituseks, siis jalakasurm ja saaresurm on üle Euroopa pandeemiliselt levivad konkreetseid liike kahjustavad seened. Seega tuleb nende liikide puhul lisaks puu seisukorra algsele hindamisele silmas pidada ka lähikonnas kasvavaid sama liiki puid – kas nakkus on juba kohal või veel ei ole ning võib-olla võimalusel valida mõni muud liiki puu. Samas on saaresurm ja jalakasurm puul hästi ära tuntavad ja nakatunud puu ei sure päevapealt, vaid võib aastaid vastu pidada, mis jätab piisavalt aega puu küljes oleva maja saatuse osas otsuse langetamiseks ja reageerimiseks kas lammutades või ka näiteks maatugesid paigaldades.

Vahtra perekonna liikide juures tuleb silmas pidada nende kalduvust nõrgestatud V-harunemistele, kus koor kasvab harude vahele ning harunemiskohtades esineb ootamatud murdumisi. Sellised kohad ei ole puumaja jaoks sobivad.

Puuperekonnad, mida autori arboristikogemuste põhjal puumaja ehitusel pigem vältida tasub, on muuhulgas:

- perekond paju (*salix* spp.): puit on äärmiselt pehme ja mädanikualtis, eluiga on piiratud.
- perekond kask (*betula* spp.) tihti võimsad ja dekoratiivsed puud ning puit on kõva. Siiski on tegu CODIT kapseldamises silmapaistvalt nõrga tulemusega perekonnaga – Luua Metsanduskoolis tehtud mitmeaastase katse käigus selgus, et tüvevigastusest levib mädanik puidus umbes pool meetrit aastas. (Mölder et al., 2017)
- perekond haab (*populus* spp.) puud kasvavad ka suurteks ja võimsateks, ent puit on pehme poolne. Samuti on nende puhul suur mure haavataeliku ja teiste kahjuritega, mistõttu on üle 40-aastast kahjustuseta puud Eestist keeruline leida.

Puude ettevalmistus

Kui on leidunud ilus asukoht ja seal kasvavad ka pealtnäha sobivad puud, siis järgmine samm on puude seisukorra põhjalik kontroll – eelkõige vajavad siin vastamist kaks põhiküsimust: **a)** kas puu on juurtega korralikult maa küljes (ehk kas juurestik on kahjustamata ja piisavalt hästi arenenud) ja **b)** kas see on murdumisohtlik. (Wenning, 2012, lk 30)

Vastus mõlemale küsimusele koosneb aga paljudest erinevatest teguritest. Mõned lihtsamad asjad, mida igäüks oma puude juures ise kontrollida saab on näiteks (Richter & Rüggeberg, 2023, lk 29):

- Kas puu on püsti, sirge ja näeb terve välja?
- Võra on loomuliku kuju ja suurusega ja lehtib ühtlaselt?
- Harunemiskohad on U-kujulised, V-kujulistel harunemistel on tuvastatav koorehari.
- Kas juurekael on maapinnal? Juurekael on tüve allosas olev laiend, kus tüvi läheb üle juurteks. See peab asuma maapinnal, ent tihti satub see istutamiste käigus sügavamale, mis aga toob suure tõenäosusega kaasa puu edase kidumise, kehvema kasvu ja vastuvõtlikkuse kahjuritele.
- Esmased ohumärgid puu kehvast seisundist on näiteks kehv lehtimine, rohkelt kuivi oksid võras ja märgatav hulk putukakolooniaid.

- Kas puu juurestik on märgatavalt paljastunud või kahjustunud (näiteks kaevetööde käigus)?
- Puu juurte ümber on muld kinni tambitud – see juhtub näiteks kui auto või rasketehnikaga puu lähedal korduvalt sõita.
- Kas okstes või tüvel on pragusid või õõnsusi?
- Kas puul on püsivalt märgi laikusid?
- Kas võra on kunagi tugevalt tagasi löigatud või tulbastatud?
- Kas puul leidub suuri või kinni kasvamata vigastusi?
- Kas puul on märgatavaid ebataasusid/ebaühtlusi tüvel või okstel?

Vilunud vaatleja suudab põhilise info välja lugeda ka puu väljanägemisest ja võra struktuurist. Suurema puu puhul ja iseäranis suurema puumaja plaanimisel on mõistlik lasta puu ka arboristil täpsemalt üle kontrollida, iseäranis tasub sealjuures tähelepanu pöörata erinevatele potentsiaalsetele vigastuskohtadele. Puid saab uurida resistograafia⁷ või mitteinvasiivselt tomograafuuringuga⁸. Arboristi kontrolli käigus on mõistlik tervikpuule teha ka tõmbetesti, mis simuleerib suuremate tormituulte puule rakendatavat koormust. Uuringute tulemuste järgi on võimalik üpris täpselt arvutada puu võime lisakoormust kanda. (Wenning, 2012, lk 30)

Puu kontrolli käigus on mõistlik teha ka vajalik hoolduslõik – tüvelt ja võrast eemaldada kuivanud oksad ning vältimatu vajaduse korral ka ehitusele ette jäävad oksad. Selline lõikust ei maksa teha uisapäisa – puu oksad on puu küljes põhjusega, puul läheb neid endalgi vaja. Samuti võib esmapilgul jalus olev oks osutada hiljem selle ümber ehitatud puumajas suurepäraseks kujunduselemendiks.

Lõikamise juures on tähtis olla teadlik CODIT-printsipiist. See on lühend ingliskeelsest terminist *Compartmentalization Of Decay In Trees*, mis märgib puude omadust vigastuste ümber kasvades need tugevama barjäärkoega ümbritseda ja ülejäänud puidust eraldada. Nii jääb vigastusest potentsiaalselt puitu pääsenud seen kasvama vigastuse piiresse, puu aga saab kapseldamise õnnestumisel (see sõltub ründava seeneliigi agressiivsusest ja puuliigi ja -isendi kapseldamisvõimest) oma elutegevust võrdlemisi segamatult jätkata. **Barjäärkude suudab puu kasvatada vaid maltspuidus.** (Gilman, 2012, ptk 5))

⁷ Mõõdetakse peenikese puuriga puurimisel puu avaldatavat vastupanu, tegemist on lokaalse uuringuga, mis ei pruugi anda tüvest tervikpilti, ent sobib hästi vigastuskahtluse lokaalseks kontrolliks. Autori märkus.

⁸ Tomograaf teeb ultraheliga puutüvest kolmemõõtmelise ülesvõtte, millest spetsialist oskab tüve seisundi ja kahjustused välja lugeda. Autori märkus.

Puude hoolduslõikuseks on suurepäraseid juhendmaterjale – eestikeelsetest võiks taskus olla Väino Eskla ja Sulev Järve „Puude ja põõsaste lõikamine“, ingliskeelsetest võib välja tuua selle ala mahuka tüviteksti, E.F.Gilmani „*An Illustrated Guide to Pruning*.“ Tähtis on oksa lõige teha kenasti oksakrae pealt, seda kahjustamata. Nii kasvab lõikehaav kõige paremini kinni ja kahjustus puule on vähim võimalik. Erinevad puuliigid taluvad lõikamist erinevalt, selle kohta tõdevad Eskla ja Järve, et „peenemaid, kuni 5cm läbimõõduga oksa tohib eemaldada hobukastanil, kasel, paplil, saarel, remmelgal, õunapuul, pirnipuul ja üksikuid jämedamaid, kuni 10-sentimeetriseid oksa võib lõigata tammel, pärnal, vahtral, jalakal, pähklipuul.“(Järve & Eskla, 2013, lk 60)

Igal juhul tasub võimalikult vältida üle 10cm läbimõõduga lõigete tegemist – nii kasvab järsult oht, et lõige ulatub lülipuitu ja seda ei suuda puu kapseldada.

2.2. Puumajade erinevad kinnitusviisid

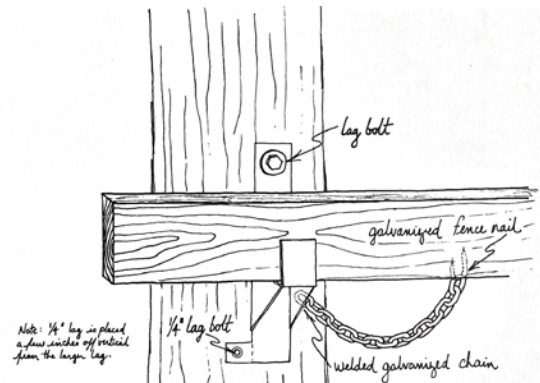
Ülevaade kirjanduses pakutavast

Puumaja kinnitus puu külge võib pealtnäha tunduda triviaalse küsimusena, ent tegelikult on see kogu puumajaehituse võtmeküsimus. Kinnitustest sõltub ühelt poolt puu tervis ja elujõud pikas perspektiivis ja teiselt poolt puu ja maja võimalused üksteisest sõltumatult liikuda. See on iseäranis tähtis, sest puu normaalse ja ühtlase kasvu tagab võimalus tuules vabalt liikuda. Liikumispiir mingis suunas põhjustab reaktsioonipuidu arengut ja ebahühtlast kasvu. Maja suhteline sõltumatus puude liikumisest tagab aga väiksemad pinged konstruktsioonis ning ennetab purunemisohtu.

Autor käsitles oma seminaritöö teises peatükis ka põhjalikult erinevaid puumajade kinnitusviise. Pikas perspektiivis võib kõige jätkusuutlikumaks kinnitusvahendiks pidada TAB'e (*Tree Attachment Bolt*), ent nende kõrval on levinud müriaad erinevaid kinnitusviise. Järgnevalt lühike kokkuvõtte mõningatest levinumatest, nende plussidest-miinustest ja kasutusvõimalustest.

Puumaja maast kõrgemale saamiseks on põhikategooriates kolm lähenemist: puu külge kinnitamine (TAB poldid), puu külge riputamine ja postiga maa peale toetamine – ja kuigi neist viimane ei ole otseselt puuühendusega seotud, siis kasutatakse seda vahel kombinatsioonis teiste ühendusviisidega. (Richter & Rüggeberg, 2023, lk 26).

Pete Nelson oma 1997. aasta raamatus pakub välja puukinnituse jämedate puidupoltidega või alustala libiseva toetamise puu külge kinnitatud prussikingale. (Nelson & Hadden, 1997, lk 50) Sarnaseid kinnituslahendusi soovitab oma lõputöö lisas 2 ka Heigo Ilves, lisaks Nelsoni kirjeldatud klambrile pakub ta välja ka prussi sisse tehtud piklikud augud, millega pruss poldi peal mingil määral liikuda saab. (Ilves, 2012) Kuigi on kiiduväärne, et Ilves käsitleb töös puu loomuliku liikumise tähtsust, siis selleks valitud meetodid ei ole töökindlad, sest need ei arvesta puu kasvamisega ning ehituse ajal teoreetiliselt võimalik olnud maja ja puu omavahelise liikumise võimaluse lakkamine on vaid aja küsimus. (Lõhmus, 2024)



Joonis 2 - Peter Nelsoni kinnituslahendus, mida tänapäeval soovitavaks pidada ei saa. (Nelson & Hadden, 1997, lk 51)

Black+Deckeri puumajade ehitamise käsiraamat jagab kinnitused neljaks põhikategooriaks – fikseeritud kinnitused, libisevad kinnitused, rippkinnitused ja TAB'id. (BLACK+DECKER, 2022, lk 55) Erinevalt teistest raamatutest eristatakse siin rohkem erinevaid invasiivseid kinnitusmeetodeid – selle põhjuseks võib pidada raamatu suunitletust kodusele ise-ehitajale, kelle ehituseelarve on piiratud ning ei pruugi mahutada väljaminekut mitmesaja-eurostele poltidele. Prussi saetud pilu ja metallkinga lahendused, nagu ka Ilvese töö juures mainitud, toimivad sõltuvalt puu kasvukiirusest mõne aasta jooksul, pärast seda surub puu kasvades ühendused tihedaks ja hakkab kinnituste ümber kasvama või purustab need. Ketiga riputatud lahendus on selle valiku omadest kõige pikaealisem.

Levinumate meetodite analüüs

1. Vitsad ümber puu

See on levinud meetod seiklusparkide puudele kinnitamiseks ja seda kohtab tihti ka isehitatud puumajade juures (näiteks Tallinnas, Nõmmel ringi sõites võib mitmeid selliseid näha). See tundub esmapilgul käepärane ja mitteinvasiivne meetod, mis võiks puule olla lihtsalt talutav. Pikas perspektiivis on see aga problemaatiline, kuna puu kasvades hakkab see lahendus puu ümber pooma, takistab laskuva mahlavoolu liikumist juurtesse ja tekitavad tüvele muljumisvigastuse – mille juurest puud murduma kipuvad. (Mölder et al., 2017).

Sellel alal ainuke natukenegi sisulist infot andev standard on seiklusparkide standard EVS-EN 15567. Otseseid puukinnituste suuniseid seal ei sisaldu, küll aga tähtsustatakse, et kinnitused oleks projekteeritud puusõbralikult. Samuti on selgelt eristatud kuni seitsmeks päevaks paigaldatud ajutised ja alalised (rohkem kui nädalaks oma kohale kinnitatud) seiklusrajad. Standard sedastab ka, et parkide ohutust tuleb kontrollida 15 kuu tagant või tihemini. Kontrollitava hulgas on ka puude seisukord ja nende külge kinnitatud konstruktsioonide puu arengut takistav mõju – asjakohane kontrollimisjuhend on osa standardist.(EVS-EN-15567-1:2015+A1:2020, 2020, lk 28)

Seiklusparkide paigaldajad teadvustavad sellise kontrolli tähtsust, ja pakuvad vastavasisulist hooldusteenust, ent selleks on tarvis eraldi hooldusleping sõlmida. (3park.ee, 2024) Siin ilmneb meetodi toimivuse tugev sõltuvus inimfaktorist ja -loomusest – puubioloogia detaile mitte teades ei pruugita sellise kontrolli ja hoolduse olulisust hoomata ning hoolduslepingu kulu võib üpris lihtsalt saada kokkuhoiukohaks, nagu kõrvalolevalt autori laste lasteaiast tehtud pildilt näha.



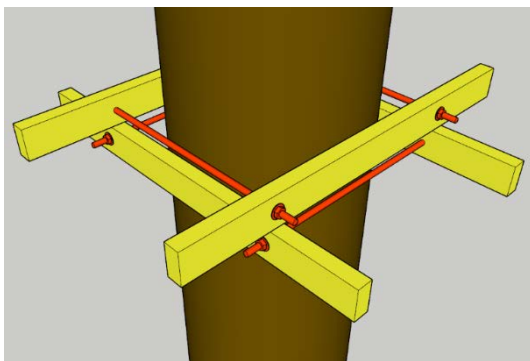
Foto 7 Pikka aega kontrollimata ja hooldamata vitskinnitus, mis juba puusse kasvab. Foto: autori erakogu

Foto tegemise hetkeks on seiklusrada oma kohal olnud üle 5 aasta, distantsklotsid on survega purunenud ning tross poob puud.

Lisaks arboristi vaatenurgale on see meetod problemaatiline ka puumajade ehitaja vaatevinklist, kuna kinnituste ajaline püsivus on väike ja neid tuleb iga aasta lahti võtta, tüvel nihutada ja uuesti kinnitada, et see puule ülemäära kahjulik ei oleks. See on aga puumaja juures põhjendamatu halduskoormus, leidub lihtsamaid lahendusi.

2. Konstruksioonipuidu puu ümber pingutamine

See meetod sarnaneb veidi vitste pingutamisega tüve ümber, ent selle tegemine käib odavamalt, kiiremini ja lihtsamalt kui vitste pingutamine. Sarnaselt pingutatud vitsaga hakkab ka see kinnitus kiiresti puu elutegevust häirima – autori erialaarvamuse järgi sobib ühel kohal hoidmiseks kuni ühe hooaja vältel ning seejärel tuleb eemaldada või ümber tõsta.



Joonis 3 keermelattidega saematerjali puu ümber kinnitamine. Autori joonis.



Foto 8 puu ümber tihkelt kinnitatud materjal hakkab puu elutegevust segama. Foto <https://treehouses.com/garnier-limb/>

Sarnaselt puu ümber kinnitatud vitstega on ka selle lahenduse põhiliseks miinuseks suur halduskoormus, kui tahta ühendust vähegi puusõbralikuna hoida. Seega ei ole see puumaja kinnitamiseks optimaalne.

3. Riputatud lahendused

Riputatud lahendused on õigesti lahendatuna jätkusuutlik ja puusõbralik meetod. See on ainuvõimalik lähenemisviis, kui tahta nn „no-trace“ põhimõtet järgida – et puumaja oleks võimalik puu külge kinnitada ning sealt hiljem eemaldada ilma puule mingeid jälgi jätmata – seda peab oma loomingu esmatähtsaks Bruno de Hemricourt de Grunne



Foto 9 puuoksa külge laia kambiumikaitsmega riputatud puumaja lahendus Dom'up'i näitel. Kaader tutvustavast videost: https://youtu.be/Ogj2l_6OOCU?si=gDgKZVUSeDNNMpZ9&t=32

ja kasutab Dom'up jt puumajade ehitamisel ja kinnitamisel üle sobivate okste kinnitatud laiu kambiumikaitsmeid, mille külge omakorda käib majariputustross.(treesandpeople.com, 2024)

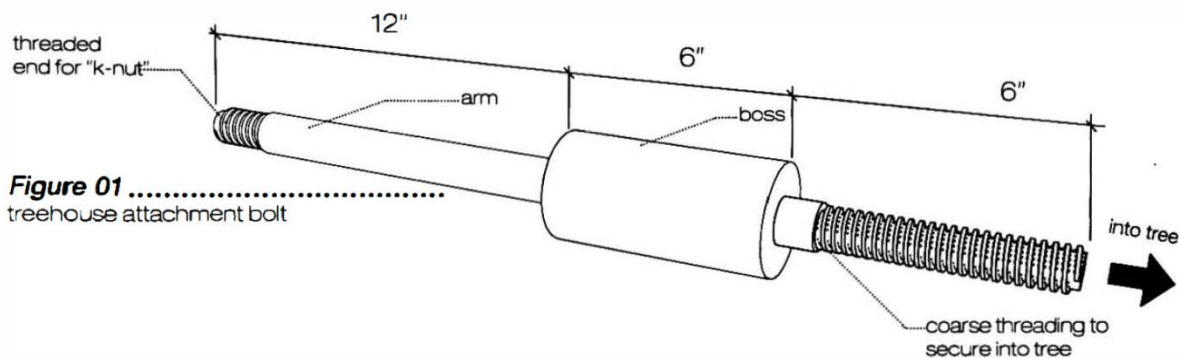
Riputuslahendus sobib mõningate puumajatüüpide jaoks suurepäraselt – arvestada tuleb asjaoluga, et maja stabiilseks kinnitamiseks on tarvis vähemalt kolme ankrupunkti ja ka sellise riputatud maja suurema kõikumisega tuules või inimeste liikumisel – see võib, sõltuvalt kasutajast, olla maja suureks plussiks või ka suureks miinuseks.

2.3. *Tree Attachment Bolt* ehk TAB

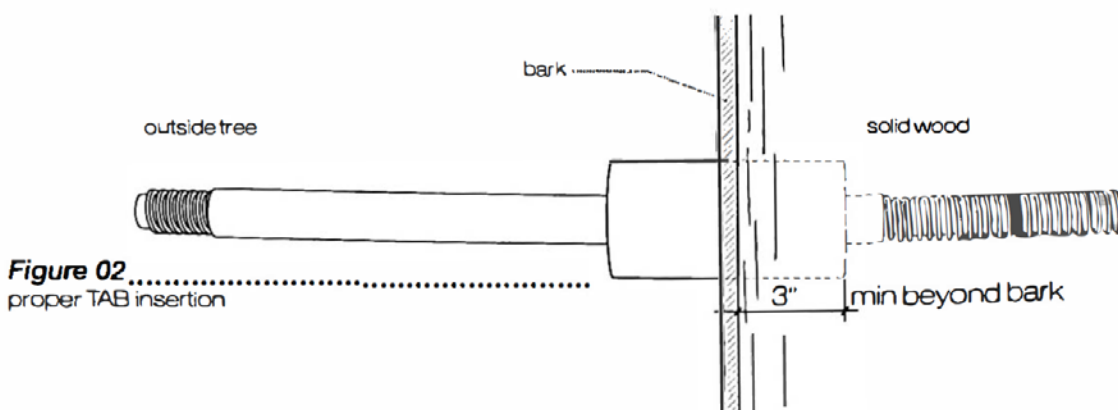
See on Michael Garnier' 1998. aastal leiutatud ja 1999. aastal *Garnier* Limb'iks ristitud lahendus, mida erinevad tootjad on aja jooksul edasi arendanud ja lihvinud. Leiutamisaasta selgitab ilmselgelt ka selle lahenduse puudumist Peter Nelsoni 1997. aastal välja antud *Home Tree Home* raamatust..

Olemuslikult ja eetiliselt võib see lahendus, mille kinnitamiseks puu sisse suur auk puurida tuleb, esmapilgul üsnagi puuvaenulik tunduda. Kindlasti ei saa siinpuhul eitada, et puurimine on puu suhtes invasiivne protseduur ja kahjustab puud avades tee seeneeostele puusse pääsuks või lõhkudes varasema vigastuse ümber loodud kaitsebarjääre. Sestap on

tähtis roll puude valikul – puukinnitustega puumaja saab planeerida eelkõige elujõulise sobivast liigist puu otsa.



Joonis 5: TAB ehitus. Jämedam osa poldist täidab tähtsat rolli, jagades ühenduskohta koguneva surve suurema puu ristlõikeosa peale. (Nelson, 2013)



Joonis 4: TABi jämedam osa puuritakse vähemalt 3\"/>

Puutüvesse puuritud polt toimib füüsika mõttes aga sarnaselt puu enda oksaga ja on puule lihtsam taluda ja loomulikum kohaneda kui kõikvõimalikud ümber puu seotud lahendused. Nimelt ulatub ka puuoks tüve või suurema oksa säsini ja selle kinnitus muutub aasta-aastalt järjest tugevamaks, kui puu järjest oksa ümber kasvab. (Taylor, 2013) Sama toimub ka TAB poldiga, mille ümber puu järjest jämedamaks kasvab.

Jämeduskasvu

arvestamiseks arvestatakse TABi pikkus piisava varuga ning suuremate raskuste puhul saab poldi otsamutrit pidi eraldi kõrgemale paigaldatud TABi külge

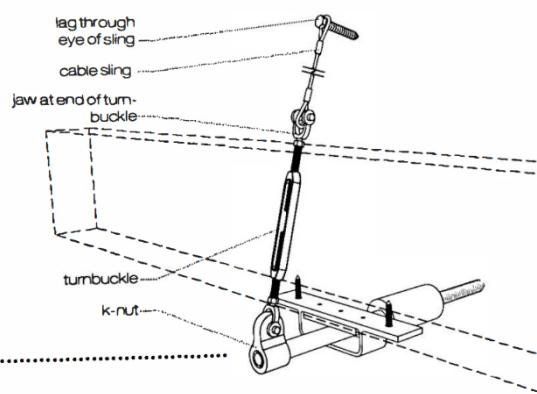


Figure 10.....dynamic triangle

Joonis 6: TABi otsa riputamise. (Nelson, 2013)

riputada – nii kasvab poldi kandevõime märkimisväärselt, sest konsoolina toimivusest saab kahest otsast toetatud talana toimivus.

TABi külge kinnitatakse talad staatilise või dünaamilise klambriaga – staatiline klamber fikseerib tala pikisuunas, ent laseb majal puu kasvamisega kaasa liikuda. Dünaamiline klamber laseb talal ka poldi peal pikisuunas liikuda ja võimaldab maja ja puu sõltumatu liikumise.

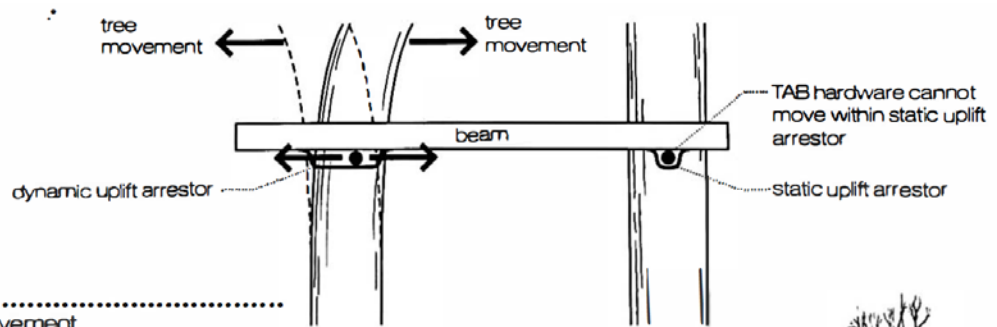


Figure 05.....
uplift arrestor movement



Joonis 7: erinevate klambrite toimimine puus (Nelson, 2013)

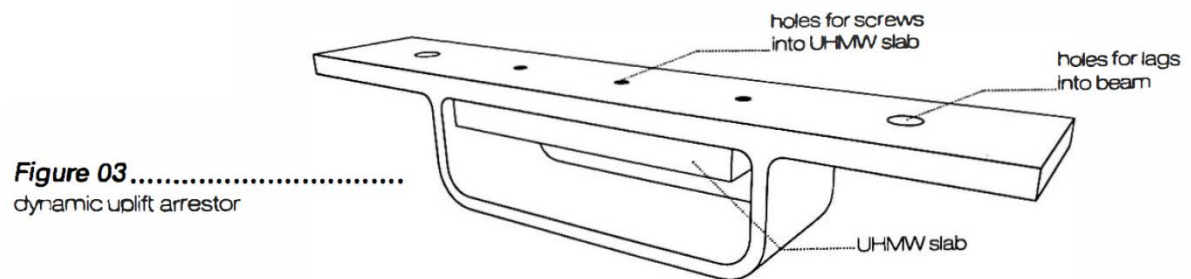


Figure 03.....
dynamic uplift arrestor

Joonis 8: Dünaamiline klamber, mille ülapinnal, poldiga kokku puutuval alal on libisemist lihtsustav PTFE klots. (Nelson, 2013)

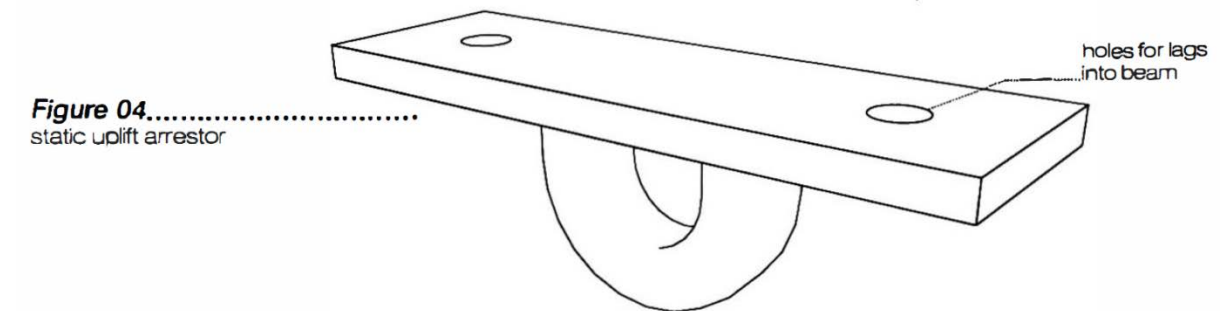


Figure 04.....
static uplift arrestor

Joonis 9: Staatiline klamber, ei võimalda tala pikiliikumist (Nelson 2013)

Kui puumaja on kinnitatud vaid ühe puu külge, siis piisab staatilisest klambrist – nii liigub maja puuga lihtsalt kaasa. Niipea aga, kui lisaks ühe puu kinnitusele tuleb kasutusele mõni rippkinnitus või maha ulatuv post või kinnitus ka teise puu külge, tuleb kasutada dünaamilisi klambreid, et tagada puude liikuvus ja minimaalsed pinged konstruktsioonis.

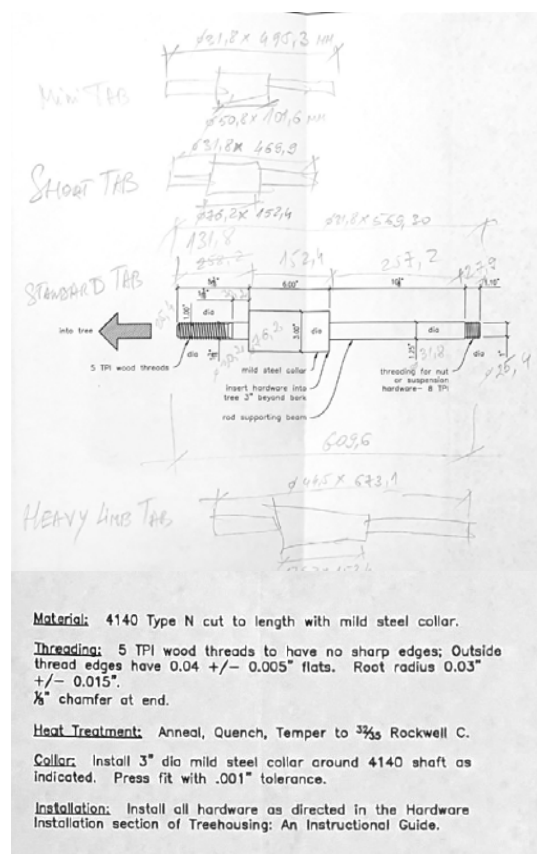
Sedalaadi TAB kannab ca 4-6 tonni raskust – sõltuvalt puuliigist. Pehmemates okaspuudes pigem 4 tonni, kõvemates lehtpuudes nagu tamm või saar aga võib 6 tonniga arvestada. (Nelson, 2013) Sisulisi testimisi tehti 2000ndate alguses, kui 1,25“ (ehk ca 32mm) läbimõõduga tavaline Garnier Limb pidas vastu 7000 naela (ehk peaaegu 3,2 tonni) survet, karastatud poldid aga lausa 10000 naela (ca 5 tonni) (Vara, 2004)



Foto 10: puusse keeratud Garnier Limb'i lõige (Vara, 2004)

TAB'ide valmistajaid on läänemaailmas neli, neist kolm asuvad USAs (Garnier Limb, Nelson Treehouse ja Treehouse Supplies) ja TheTreehouse.shop Saksamaal. Eesti kontekstis on mõistlik lähtuda saksa poest – seda nii tollimaksude puudumise tõttu kui ka lähtuvalt faktist, et erinevalt USA omadest on nende raudvara meetermõõdustikus, samuti saab neilt paigalduskomplekti postitsi ja tagatisraha vastu rentida – mis on ühe maja ehitamiseks vägagi mõistlik lahendus. Suuremate ehitusmahtude juures on mõtet paigalduskomplekt osta.

Oskuste, materjali ja jooniste olemasolul on võimalik TAB'e ka ise valmistada. Seda küll eelkõige isiklikuks tarbeks, müügiks tootmisega kaasneks hulk sertifitseerimist ja testimist, et milliseid numbreid poldi kohta lubada võib. Omaette ärisuunana võib sellel jumet olla, mõne maja teenusena ehituseks aga ei tasu ära.



Joonis 10: Wallawalla puumaja joonistepaki poldijoonised. Jooniste autor Nelson Treehouse Supply, märkmed Maja Kokas Ciekurs ehituselt.

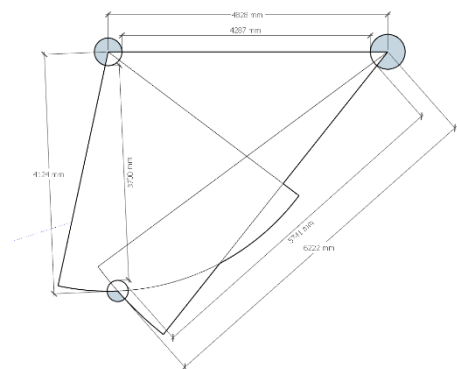
Autori paikvaatlusel Cesises Maja Kokas puumaju vaadates näitas perenaine Maija nende puumajade ehitamisel kasutatud kirjavara ja materjale, muuhulgas Nelson Treehouse „Wallawalla treehouse“ joonistepakki, millest inspireerituna maju ehitati. Üks osa joonistepakist olid ka puupoldi joonised, mille järgi sealsete majade poldid treida lasti..

2.4. Projekteerimisprotsess ja tugevusarvutused

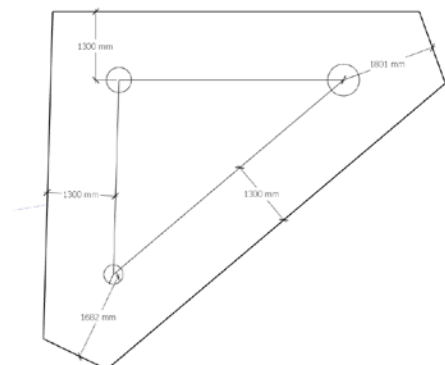
Puumaja kavandamise protsess Sketchupis algab looduses mõõdistatud puude paigutuse arvutisse joonistamisest. Seejärel leitakse enam-vähem puudevahel moodustuv kolmnurk. Kuivõrd see tundub majaehituseks võrdlemisi kitsuke ja kuna plaanitav hoone ei ole talviseks kasutuseks, siis on võimalik puutüvesid läbi maja juhtida.

Plaanis on puumaja puudevahelisest teljest mitte liiga palju välja ajada – nii võetakse alusmõõduks 1300mm puudevahelisest kolmnurgast väljapoole ja moodustuva kolmnurga liiga pikalt välja ulatuvad otsad lõigatakse võrdhaarselt maha. Täisnurkse kolmnurga sarnane kolmnurk on siiski veidi ebakorrapärane – nii projekteerimise kui ka tulevase puitdetailide valmistamise lihtsuse huvides tehakse sellest täisnurkne kolmnurk – puiduliitete tegemine täisnurga all läheb oluliselt kiiremini kui siis kui igat nurka on vaja eraldi

täpseks mõõta. Käidav terrass tuleb veel plaanitud majast ca meeter kaugemale. Nendest piiridest konstrueeritakse esmalt maja planeeritav ja puude ning ümbrusega sobiv maht, seejärel täidetakse see talastiku ja postidega, et saavutada soovitatavate mahtudega ilme. Seejärel saab leida erinevad hoonele ja selle osadele mõjuvad koormused: omakaal, lume- ja tuule- ning kaskukoormused. Neid taladele ja postidele jagades saab kontrollida materjalide dimensioneerimise õigsust – et kõik koormust kandvad konstruktsioonelemendid on materjali- ja mõõtude valiku poolest oma asukohta ja funktsiooni piisava tugevusega. Kui arvutustest selgub mõne elemendi ebapiisavus, tuleb konstruktsioonis teha vajalikud muudatused ning uuesti arvutada.. Viimase sammuna luuakse koormustele vastav alusraam ja projekteeritakse



Joonis 11 - Puude paiknemise joonestamine Sketchupis. Autori joonis



Joonis 12 - hoone kavandatud maksimumpiirid. Autori joonis.

tarvilikud puukinnitused nii, et koormused jaguneks TAB'ide vahel võimalikult võrdselt. Lõputöö kirjutamise protsessis minnakse selle protsessiga võimalikult kaugemale, ent arvestades iseäranis alusraami ja puukinnituste arvutuste kriitilisust ja mahtu ning käesoleva töö skoobi kõikidest õmblustest ragisemist, siis on äärmiselt tõenäoline, et nende tegemine jääb lõputöö kaitsmise järgsesse aega.

Peatükk 3. Puumajade ehitusprotsessi töökorraldus

Puumaja ehitamine on lihtsamal juhul võimalik teha nädalalõpuprojektina, kui selle käigus valmib oma hoovis väiksemat sorti mängumaja lastele. Kui projekt aga veidi mahukamaks läheb, siis läheb tööde planeerimise ja logistika ahel päris kiiresti oluliselt keerulisemaks. Järgnevalt kirjutab autor lahti töö valmimise hetkeks selginenud tootmisahela sammud ja protsessid, kommentaaridega. Nimekiri on koostatud isiklike töökojakogemuste, tehasekülastuste ja mõttetöö järgi, et mis etapid ja mis järjekorras ette võtta tuleb ning mis mõju neil üksteisele on ja mida nende puhul arvesse võtta tuleb.

3.1. Tööprotsessi ja -logistika kirjeldus

Autor osales 4.10.24 kursuse õppekäigul Welement puitmajatehasesse. Sealne tööprotsesside ülesehitus oli efektiivsusest muljetavaldav. Ehkki autori puumajaehitus esialgu nii suurel pinnal ja rohkearvulise meeskonnaga tegutsema ei hakka, on mõistlik ehitusprotsess siiski põhjalikult läbi mõelda – see lihtsustab tööd ka üksi tegutseval puusepal, ent muudab hõlpsamaks ka teiste töötajate lisandumise ja hilisema tootmise kasvu. Järgnevalt protsess etapiti:

Puumaja ehituse tööprotsess jaguneb põhietappides:

- Kontoritööd ja tarnijate külastus
 - o Projekteerimine
 - Projekteerimisel tuleb mooduli suuruse määramisel arvestada moodulite objektile transportimise meetodiga – et kõik moodulid oleks sarnase meetodiga hõlpsalt transporditavad.
 - o Eelarvestamine
 - o Materjalide hankimine
 - Eeluuring internetis, hinnapakumiste küsimine, võrdlemine
 - Kohalkäik ehituspoes, projektimüügiga suhtlemine (võimalik osaliselt meilitsi)
 - Kohalkäik puiduplatsidel

- Kaubandusvõrgus mitte saadaolevate eriosade tellimine tootjalt (nt erimõõdus raudvara tugede tegemiseks)
 - Tööjooniste ettevalmistamine ja printimine detailidele ja moodulitele
 - Töökoja- ja laotööd
 - Materjalide ladustamine silmas pidades nende vajadust eri tööetappidel
 - Järgmise tööetapi materjalide transport tööalasse
 - Tööjooniste järgi detailide ja moodulite tootmine
 - Materjali mõõtu lõikamine varuga
 - Detaili märkimine jooniste järgi šablooni abil
 - Detaili täpsem töötlemine, avade ja tappide lõikamine
 - Detaili lõpp-pikkusesse lõikamine.
 - Detailide kontrollkokkupanek mooduliteks.
 - Detailide ja/või moodulite pakkimine ja ladustamine transpordiootele.
 - Tuleb silmas pidada detailide ja moodulite kasutusse minemise järjekorrast sõltuvat transpordijärjekorda objektile ning valmis moodulid paigutada laos võimalikult arvestades nende transpordile laadimise järjekorda.
 - Transport töökojast ehitusplatsile
 - Elemendid tuuakse kohale ja ladustatakse ehitusplatsil arvestades nende vajalikkuse järjekorda
 - Kõrgtööd köielt
 - Puukinnituspoldi kohtade leidmine ja märkimine
 - Ülitähtis on õige kõrgus ning sobiv asukoht puul. Ühtlase kõrguse leidmiseks saab kasutada lasernivelliiri ja lihttehnoloogilistest vahenditest ka veega täidetud voolikut.
 - Aukude märkimisel puul tasub silmas pidada, et tulevikus erinevad poldid laseks platvormil vajalikes suundades liikuda ning ühtlasi kompenseeriks võimalusel omavahelist tala paiknemist poldil puu vastaskülgedel – kui ühel poldil nihkub tala otsa poole, siis teisel jälle puu poole.

- Aukude puurimine

- Ülitähtis on auk puurida horisontaalselt loodis, nii hakkab TAB optimaalselt tööle ja tala kinnitus ei kaldu ära vajuma ei liiga vastu puud ega ka poldilt maha.



Joonis 13 - augu puurimine (Richter & Rüggeberg, 2023)

- Samavõrra on tähtis, et auk oleks puidu suhtes radiaalne – kulgeks koorest otse säsi suunas. Nii toimib polt kõige paremini.
- Auk tuleb puurida tarvilikule projekteeritud sügavusele arvestades kasutatavat polti. Maksimaalne augu sügavus on säsini. Läbi tüve ulatuvat auku ei tasu puurida, see ei anna poltühendusele tugevuseelist ja avab puud liialt kahjustustele.
- Puurimisel tehtud viga on hiljem väga keeruline parandada ning loodist väljas poldiga ei toimi poldi külge kinnituvad detailid ning maja enam optimaalselt. (Nelson, 2013)

- Poltide kinnitamine

- Polt on jäme ja läheb puusse tihkelt, kinnitamiseks on vajalik pika varrega mutrivõti, narre või torutangid. Nelson Treehouse Supply müüb selleks näiteks meetrisi torutange..
- Polt keeratakse augu põhjani, nii kaugele, et see enam edasi ei lähe.

- Kinnitusklambrate ja/või kronsteinide kinnitamine poltidele

- Alustalade ja diagonaalide kinnitamine klambratele

- Platvormi tegemine

- Tõstetööd
- Talade monteerimine
- Platvormi põrandalaudise tegemine

- Juurdepääsutee(de) tegemine (trepp, kaldtee, ühendussild vms)

- Kõrgtööd puuplatvormil, köiega turvatult.

- Tõstetööd

- Sõrestikuelementide monteerimine
- Esmane rinnatiste paigaldus piirkonda, kust tõstetöid ei tehta.
- Katusetööd, et hoonet vihma eest kaitsta
- Seinamoodulite paigaldus
- Akende ja uste paigaldus
- Ülejäänud rinnatiste paigaldus
- Viimistlustööd
- Mööbli paigaldus

Nimekiri sellisel kujul ei ole lõplik ega pretendeeri absoluutsele tõele. Tõenäoliselt muutuvad etapid või nende järjekord ehitustöö käigus. Siiski on see nimekiri vajalik alus esmaseks planeerimiseks ja pärast ehitust protsessi analüüsimiseks ja järelduste tegemiseks.

3.2. Ehituse modulaarsus ja tapid

Puumaja on võimalik ehitada kohapeal, puu otsas või -kõrval, kättesattuvast materjalist. Sellisena on tulemus iseäranis ainukordne ja hingestatud ja mõneski mõttes võib see olla parim ja ehedaim ning oludest lähtuvaim lahendus.

Käesoleva töö fookuses on aga siiski autori plaan pärast siin projekteeritava puumaja ehitamist nende ehitamist ka tulevikus jätkata. Kuivõrd ehitusprotsess võib, sõltuvalt maja suuruselt, venida ka omajagu pikaks ja puu kõrval ehitades ollakse igal juhul mõningal määral ilmastiku vallas, siis ehitusprotsessi sujuvamaks muutmiseks ja sügise- ja talvekuude efektiivsemaks sisustamiseks on mõistlik võimalikult suur osa puumajast töökojas ette valmistada. Lisaks kaitsele ilmastiku eest võimaldab erinevate majamoodulite (mida Leo Jürgenson kilpideks nimetab) töökojas valmistamine kasutada oluliselt suuremat tehnikaparki ja võimalusel ka mõningate ehitusprotsesside automatiseerimist, mis võrreldes ehitusplatsil töötamisega teevad ehitusprotsessi ka oluliselt kiiremaks. (Jürgenson, 1949, lk 333) Nii võib puumaja ehitamist mõneski mõttes pidada sarnaseks tehasemaja loomisega. Juba projekteerimise algusest peale on tarvis silmas pidada puumaja transporditavaid ja puu otsa hiivatavaid moduleid – need peavad olema töökojas koostamiseks mugavates mõõtudes ning vastama valitud transpordilahendusele – olgu see siis näiteks standardne 1,5m x 3m sisemõõtudega kerghaagis või kraanaga veoauto, mis tükid otse puu otsa saab tõsta.

Samamoodi on mõistlik modulaarseks muuta majamoodulite alusmaterjali mõõdud ning tappide paiknemine. Tavapärase 45mm (kahetollisest) materjalist ehitus on samuti kohandunud modulaarsusele, kus seinte ehitusel on materjali samm 600mm – olgu siis tsentrist tsentrisse või materjalipindade vahel ning vastavalt on turul ka teised ehitusmaterjalid sellega sobitatud – näiteks saadaolevate soojustusvillaplaatide laiused on valdavalt kas 565mm (sest 600mm tsentri vahe puhul on materjalipindade vahe 555mm) või 610mm – 10mm standardvahedest suuremad, et paikapandud vill tihkelt paigal püsiks. Samuti sobituvad nende mõõtudega erinevad plaatmaterjalid – vineerid, tuuletõkked jne. Mingi osa puumaja-konstruktsioonist tuleb kahtlemata neid standardmõõtusid silmas pidades luua, iseäranis, kui eesmärk on saada soojustatud ja igal aastaajal kasutatav puumaja.

Autor osales 1-2.2.2025 Stolpverk Nordeni konverentsil Mariestadis, kus Ante Corthals Belgiast pidas loengu jaapani pruss-sõrestik-ehitusest ja selle eripäradest. (Stolpverk Norden et al., 2025) Sellest inspireerituna lisandus käesoleva töö skooopi ka järgnev lühiülevaade jaapani lähenemistest.

Jaapani näitel on sealse eramu ehituskombes samuti kaks mõõtmisviisilt erinevat modulaarset lähenemist – üks põhineb puhasmõõtudel, teine tsentritevahel. Funktsionaalselt sarnane maja on erinevate lähenemiste puhul erinevate mõõtudega ja tsentritevahet arvestav meetod laseb tervet majaehitust hõlpsamini modulaarseks planeerida – kuid mitte lõpuni. Näiteks traditsioonilised lükandseinad on valmistoodetena ainult üksikutes põhimõõtudes, ent enamjaolt tehakse need siiski kohapealsete mõõtude järgi individuaallahendustena. Nii on standardiseeritavus küll töö tähtis alus, ent mitte eesmärk iseeneses – käsitöenduslik majaehitus on mõningase, ent aktsepteeritava jõudluslangusega paindlik ja võimeline töö käigus erimõõtudega kohanema. (Engel, 2020, lk 48-49)

Küll on puumaja eripäraks tema puu otsas paiknemisest tulenev liikumine koos puude endiga. Seetõttu plaanib autor oma loodavates puumajades põhikonstruktsioonid lahendada pruss-sõrestiktehnikas, kokku tapitud ja tammepunnidega kinnitatud suuremõõdulisest materjalist. Selle loomiseks on erinevaid meetodeid, mis põhiosas jagunevad referentskülje-põhisteks ja nõorloodi-põhisteks, lisaks ka erinevaid kujutava geomeetria rakendamise võimalusi tappide märkimisel. Koolitee jooksul ning enne seda on autor harjutanud Tarmo Tammekivi juhendamisel referentskülje meetodit, mis on praktikas ka tema magistritöö raames võrdlevalt läbi katsetatud. Erinevad ettevõtet pakkusid konstruktsiooni valmislõikamise aegadeks 286, 270 ja 164h, läbimõeldud meetodilises töös valmisisid Tammekivi katsekonstruktsiooni postid ja

talad aga 145 tunniga (Tammekivi, 2015, lk 58). Niisiis võib seda meetodit pidada vilunud käes ajaefektiivseks tööprotsessiks. Vilunud käte olemasolule autor veel ei pretendeeri, ent – juba Sun Zi tõdes, et lahingu võidab kindral, kes selle eos paremini läbi mõtleb (Sun Zi, n.d., I-26), siis plaan on alustada praktikas tõestatud efektiivsema meetodiga. Nöörloodimeetodi plussiks on võimalus kasutada kõverat materjali, mis jälle puumaja looduslikku olekusse kohati paremini sobib, seega tuleb tulevikus mõelda ka selle tööprotsessi kaasamisele.

Koolis ja enne seda läbitud vahvärgikursustel käsitletud referentskülje-meetod põhines iga posti ja tala arvutis detailselt läbi projekteeritud ja mõõtudega tööjoonisteks vormistatud väljaprintidel. Tööprotsess ei ole iseenesest keeruline, ent jooniselt mõõdulindiga talale millimeetritäpsusega tappide märkimine on üksjagu ajakulukas. Selle koha peal on autori nägemuses märkimisväärne arenguruum.

Mõõdupuudest

Autori Oslos Norra Rahvusmuuseumis läbitud nädalase lihttehnoloogilises kuuri ehituse protsessis kasutati 6 tudengi ja juhendaja Jostein Utstumo meeskonna peale



Foto II Nurgaposti jaoks ette valmistatud tapp. Alen'i ehk mõõdupulgaga käib mõõtmine ja joonistamine millimeetrite pärast muretsemata, ent piisava täpsusega ja kiiresti.. Autori fot

täppismõõduvahenditest kahte tollipulka. Samas aga oli iga tudengi esimeseks ülesandeks omale märkida *alen* (hääldus *aln*), pikkusega 24 norra tolli ($\approx 26,2\text{mm}$). Juhendajal olid sobiva pikkuse ja ristlõikega (1" x 1,25") pulgad välja lõigatud, sinna märgiti peale 24 tolli mõõdud ja ühele või paarile tollivahеле ka veerand- ja pooltollid. Kogu raami ehitus toimus nende, autori jaoks esimest korda kasutatavate ehk põhimõtteliselt kokkuleppeliste mõõtühikute põhjal. Talad ja postid jagati järjest tudengitele valmis lõikamiseks ja -tappimiseks, ühtlasi olid teada tappide standardmõõdud hoone referentskülgedest (mis

otsustati, et on väljas) ning nende mõõtmine lafettmaterjalile käis mõõdupulgaga hämmastavalt käepäraselt ja kiiresti.

Loengutel Oslos ja Mariehamnis tõid kohalikud meistrid näiteid ka oma prussimärkimisšabloonidest, mis kujutasid ennast tala mõõtude murdosadeks jagatud

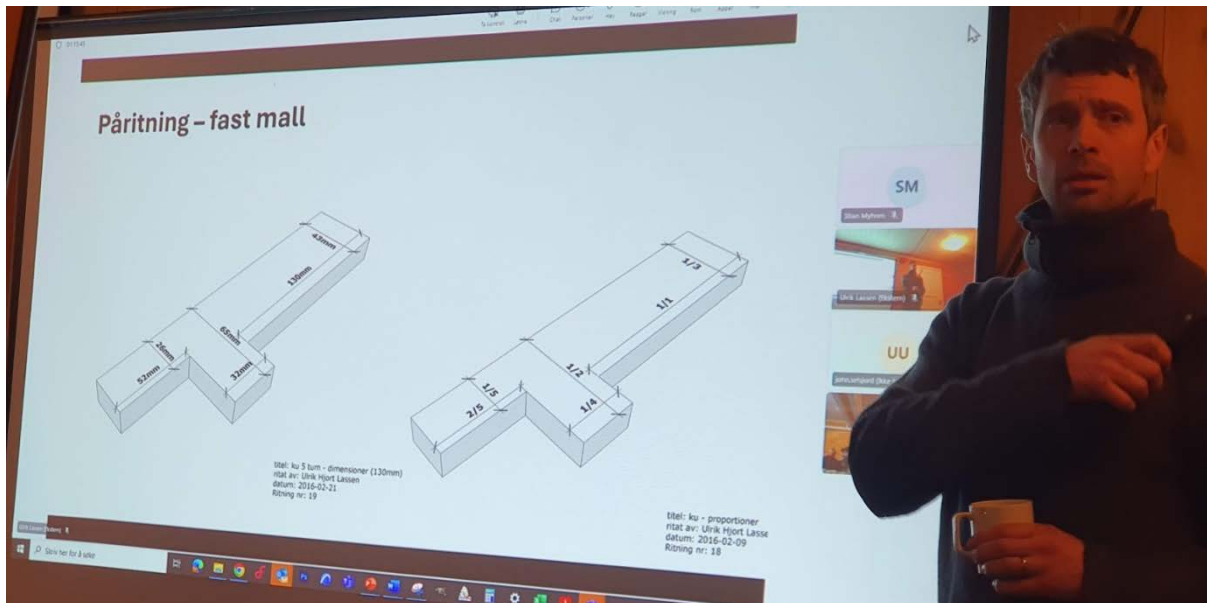
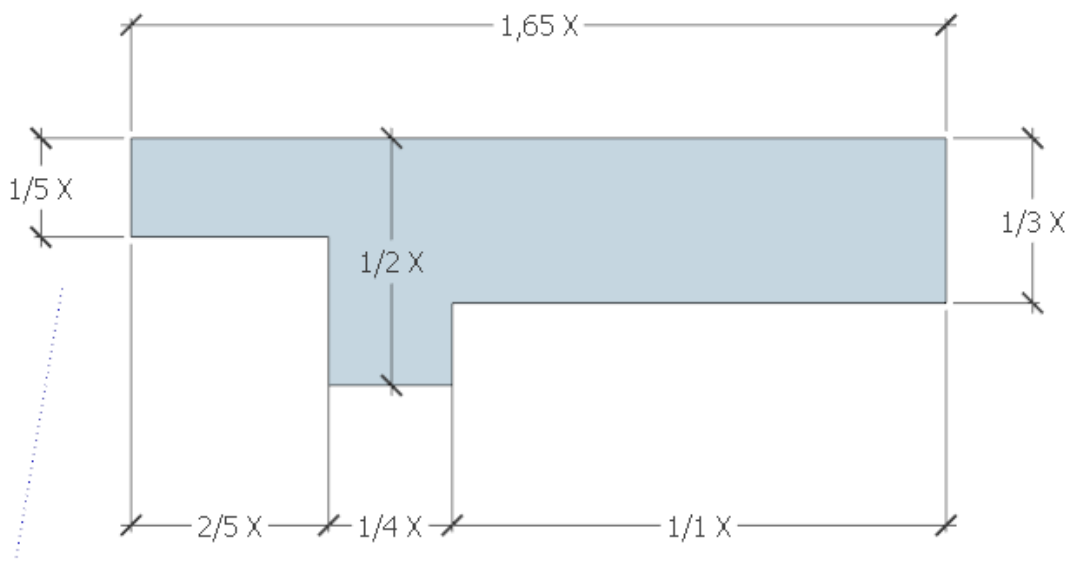


Foto 13 - Ulrik Hjort Lassen räägib prussimärkimisšablooni kasutamisest. 12.11.2024 Oslos, Norra Rahvusmuuseumis. Autori foto

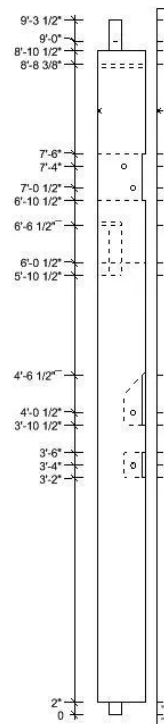
küjepikkustega vineerplaate, millega on võimalik reeglipäraseid tappe ja nende tavalisi mõõte talale märkida kiiresti, täpselt ning usaldusväärse korratavusega.



Joonis 14 – Prussimärkimisšablooni proportsioonid Ulrik Hjort Lasseni järgi, X on käsitletav tala mõõt. Autori joonis.

Ka Jaapanis käib post-tala süsteemis majaehitus mitte mõõdulindi vaid mõõdupuu (*story-pole*) järgi – David Yen kirjeldab seda:

„Traditionally, the layout of any joint starts with the layout of a story pole. A story pole is a long and narrow stick where all dimensions of a particular joint are measured out in sequence along the edge of the stick. The story pole acts much like a ruler. Its purpose is to facilitate and speed up the dimensional layout of multiple joints. Story poles help reduce the amount of times a person has to measure any dimension in a given project. The benefits of a story pole are most noticeable in the construction of large structures, such as a house, where a large number of structural elements are of the same size and dimensional cut.“ (Yen, 2012, lk 63)⁹ ja „Traditionally, one side of the story pole is marked with the vertical lengths, while the other side is marked with horizontal lengths. The dimensional width is usually not marked.“(Yen, 2012, lk 84)¹⁰



Mõõdupuu tegemisest on ülevaatluk postitus Timber Framers’s Guild’i foorumis, kus puusepp Jim Rodgers selgitab mõõdupuu tegemist ja kasutamist: Eelkõige on mõõdupuud mõistlik kasutada, kui

Joonis 15 - mõõdupuu tegemine posti järgi. (Rodgers, 2006)

konstruktsioonis on rohkelt identsete mõõtudega elemente. Selle tegemiseks on vaja märkimist vajavast elemendist pikemat head tollist lauda laiusega 2-3 tolli. Laud peab olema mõlemalt poolt hõõveldatud, et oleks hea peale kirjutada. Sellele kantakse loodava elemendi kõik olulised mõõdud ja märgitakse, mis kuhu küljele on vaja paigutada. Mõõdupuult märgitakse kõik mõõdud omakorda elemendile ning kantakse nurgikutega vastavale küljele üle. Sealjuures on sellisest mõõdupuust suur abi ka elemendi jaoks materjali valikul ja töössepaigutamisel, sest latile märgitud tappide asukohta järgi on hea kontrollida, valida ja sättida töödeldav puit nõnda, et oksakohad jääks tööalast välja ja elemendile ei tuleks ohtlikke mängimis- või purunemisaltis kohti. (Rodgers, 2006)

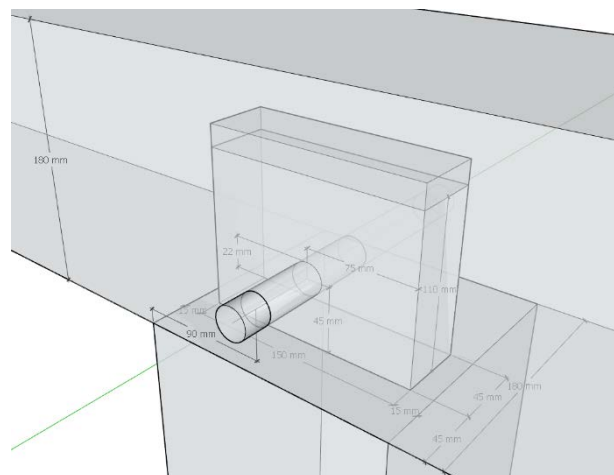
⁹ Traditsiooniliselt algab iga tapi paigutus **mõõdupuuga**. Mõõdupuu on pikk ja kitsas pulk, mille servale märgitakse järjest kõik konkreetse tapi mõõdud. See toimib sarnaselt joonlauaga, aidates kiirendada ja lihtsustada tappidei täpset ja identset märkimist. Mõõdupuud aitavad karpida käsilolevas projektis täppismõõtmiste hulka. Mõõdupuu kasu ilmneb iseäranis suuremate ehituste juures – nagu näiteks elamu – kus on rohkelt mõõtudelt ja tappidelt identseid elemente. (Autori tõlge)

¹⁰ Traditsiooniliselt märgitakse mõõdupuu ühele poolele vertikaal- ja teisele horisontaalmõõdud. Ristlõikemõõte tavaliselt mõõdupuule ei märgita. (Autori tõlge)

Näiteks Tarmo Tammekivi Puu ja Pliiats OÜ projekteeritavatel pruss-sõrestikkonstruktsioonidel võetakse materjali alusmõõduks 180x180mm (hõõveldamiseelne mõõt on 185x185, see tuleb poest saada oleva 200x200 materjali täpseks lõikamisel), mida saab laiuses ja/või kõrguses 15mm kaupa suurendada või vähendada. Võrreldes 150mm materjaliga on 180mm materjali alusmõõt parem, kuna nii saab tapikeeled teha pikemad ja punniaukude purunemisohutu paigutamine on lihtsam. (Autori vestlusest Tarmo Tammekiviga, 2025) Tööprotsessis kasutatakse mõõdupuu asemel aga pigem detailipõhiseid millimeetritäpsusega tööjooniseid. Selliste jooniste koostamine ja mõõtkettide tegemine nii, et joonis oleks võimalikult selge ja lihtsalt loetav, on omaette suur töö, samas läheb hea joonise korral märkimine üpris kiiresti – kui puit on korralikult ette valmistatud ja täisnurkne. See meetod sobib hästi erinevate elementide märkimiseks, kuna lähenemine on joonisepõhine ja individuaalne.

Niisiis on mõõdupuu kasutamine põhjendatud, kui märkimisele ja lõikamisele tuleb suurem hulk identsete mõõtudega ja sarnaste tapiasukohtadega tükke. Kuivõrd puumaja puhul ei pruugi hoone täisnurksus ja sümmeetrilisus ning mõõtude ühtlus olla esmatähtis, siis ei pruugi mõõdupuu kasutamine põhjendatud olla ning mõistlikum on võtta suund detailijooniste-põhisele lähenemisele. See ei välista samas mõõdupuu tegemist, kui korduvate elementide hulk selleks alust annab. Vaid joonisepõhist lähenemist aga aitab kiiremaks muuta, kui projekteerimisel panna paika erinevad materjalipõhised standardmõõdud, mille märkimine šablooniga abil oleks kiirem, kui mõõdulindilt või puusepanurgikult millimeetrite jälitamine.

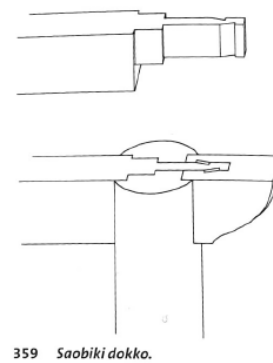
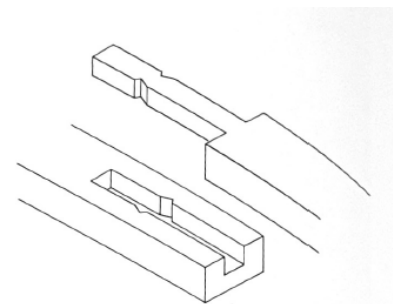
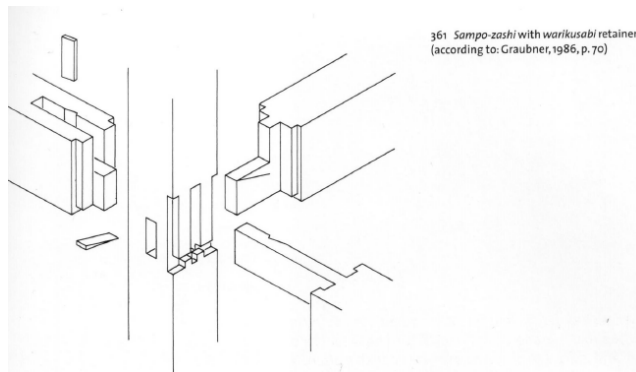
Mõistlik on ka tappide asukoha paigutamisel materjali otste suhtes pürgida standardiseeritud kaugustele, mida oleks võimalik šablooniga kiirelt märkida. Samuti võib osutuda mõistlikuks konkreetsete tapišabloonide tegemine korduvalt märgitavate tappide jaoks. Joonistes tuleb kindlasti eristada sellise standardasukohaga tappi individuaaljuhtumist, see hõlbustab jällegi märkimist.



Joonis 16 - tapp tala toetamiseks postile, märkimine on lihtne kasutades 15mm paksust vineerist lõigatud märkešablooniga. Autori joonis.

Tapivalik

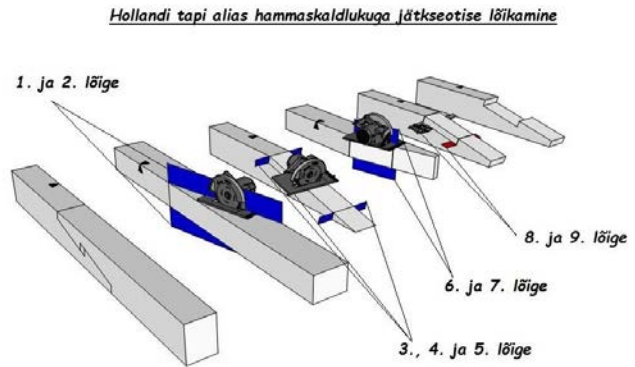
Projekteeritud puumajas tuleb postide ja talade kokku tappimist üpris erinevates situatsioonides – kuidas mitme tala ja posti omavahelisi ühendusi teha, selles osas tasub šnitti võtta mh ka jaapani tapitraditsioonist. Zwerger kirjeldab suurt hulka erinevaid tapilahendusi erinevatesse funktsioonidesse, mõningad neist on ka tõmbele töötavad posti läbiva tala lahendamise jaoks ning võimalik on ka kolme-nelja tala samas tasapinnas sama posti külge. Selliste lahenduste jaoks tuleb siiski arvestada piirangutega – talade dimensioneerimisel tuleb arvestada, et mõlema telje jaoks on postist saadaval vaid pool ristlõiget – iseäranis tähtis on see aga tapipesade posti lõikamisel – selleks, et sedalaadi tapid töötaks plaanipäraselt, peavad kõik pinnad ilma igasuguse mänguruumita kokku istuma. Nii on näiteks jaapani arhitektuuris hoone peaposti (*daikoku bashira*) ristlõige aukartust äratavate mõõtudega lisaks visuaalsele ja esteetilistele kaalutlustele ka puhtfüüsikalistel põhjustel, et mitmete talade kohtumisel nõrgestatud ristlõigetes siiski piisav kandevõime säiliks. (Zwerger, 2023, lk 165-166)



Joonis 17 - tõmbele töötavad keerulisemad talajätkutapid. (Zwerger, 2023, lk 166)

Lihtsamates ja tavapärasemates tapikohtades on mõistlik kasutada teada-tuntud ja kiiresti valmivaid lahendusi. Pikemad talad konstruktsioonis on kuni 9-meetrised, ristlõikega 180x210 ja kaaluvad üle 130kg. Sellises moods korraliku materjali leidmine on keeruline ja selle töötlemiseks käsitsi liigutamine enamgi veel. Sestap on mõistlik need

osadeks jagada, kasutades kiiluga hammaskaldlukku (tuntud ka kui hollandi tapp), mida on võimalik kiiresti ja täpselt välja lõigata – tarvis on seitset lõiget ketassaega ja kahte vukssaega. (Tammekivi, 2015, lk 31)

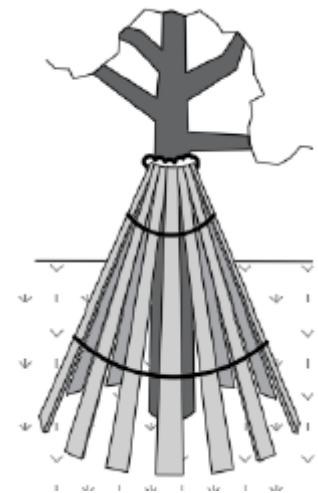


*Joonis 18 - kiiluga hammaskaldlukku lõikeskeem
(Tammekivi, 2015, lk 31)*

3.3. Kõrgtööd ja puude ehitusaegne kaitse

Puumaja puu otsa saamisega kaasnevad igal juhul kõrgtööd. Autoril on läbitud arboristi kutseõpe ja olemas sellekohane kutsetunnistus – muuhulgas on õppe ja kutseeksami tähtsaks osaks tööd tõstukilt ja köielt puu võras ning puude ümber ning autor on pädev puu otsast eemaldatud materjali ohutult maa peale toimetama. Vastupidine protsess, ehk materjali puu otsa saamine on sellele mõneti sarnane, ent omade eripärade ja õnnetusriskidega, mistõttu läbis autor 24-25.4.2025 Loodil tõstukijuhi ja troppija ja sildkraanajuhi koolituse.

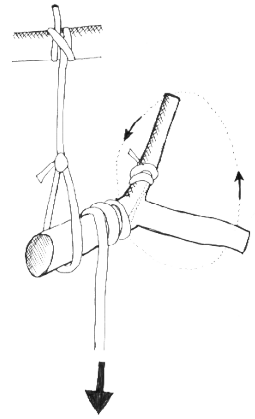
Puumaja ehitamisel on tähtis detailide puu otsa saamise metoodikat silmas pidada projekteerimisest alates. Kui kohapeal on võimalik kasutada tõstukit, on see tõenäoliselt kõige kiirem ja käepärasem vahend materjali puu otsa saamiseks. Samas võib tõstuki kohapeale toomine ja rent lisada projektile soovimatu kulurea, samuti on tõstuki puhul alati küsimus, et kas sellega liikumiseks on puude ümbruses piisavalt ruumi ja kas seda saab ohutult kasutada – ja ohutuse alla käib ka puude ohutus, mis puumajade puhul on üpris määrava tähtsusega. Tõstukite kaalu mõõdetakse tihti tonnides ja sellise raskusega masina rohke puu ümber toimetamine toob kaasa puu ümbruse pinnase liigse tihenemise ja sellel on puu juurtele hukutav mõju. Pinnase kokkusurumist saab kompenseerida paigaldades liiklusalasse geotekstiili ja sellele kergkruusa või killustikku vähemalt 20cm ning sellele ajutine teekate. (Eesti Standardikeskus, 2020, lk 24) – see jaotab masinate raskuse suuremale pinnasepinnale ja nii ei suruta juuri liiga kokku. Samuti on suuremate masinatega liigeldes tarvis liiklusalas olevad puud kaitsta „seelikuga,“ et vähendada neile otsa sõitmise ja vigastamise võimalust.



Joonis 19: Puude ehitusaegne kaitse (Eesti Standardikeskus, 2020, lk 19)

Kui tõstuki lisandumine ehitusplatsile ei sobi, siis on vaja detailid puu otsa saada muud moodi. Esmane vahend on puu otsa kinnitatud plokid, mida on võimalik üles seada mitut moodi.

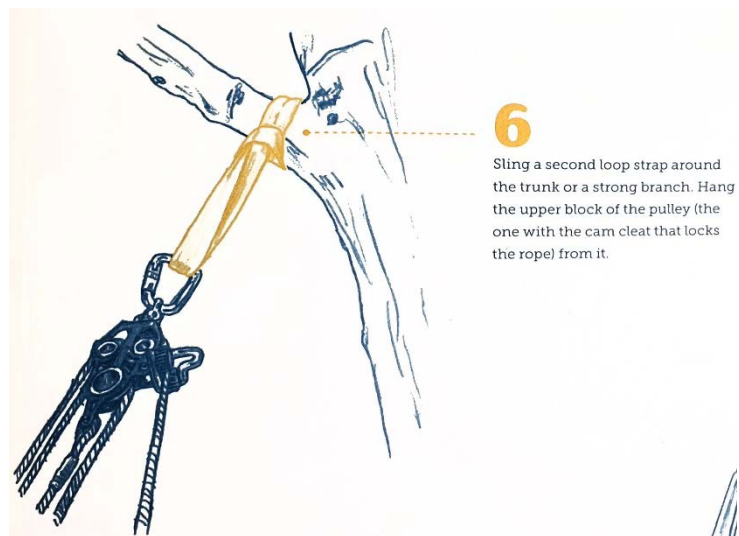
Mõne üksiku elemendi tõstmiseks ilma kallimate abivahenditeta saab kasutada süsteemi, mida inglise keeles eesliks (*donkey*) nimetatakse. Selleks tuleb valida mõnest tugevama puuliigist (vaher, tamm,..) harunev oks, mille harud on umbes 5cm jämedused. Suurema oksaga saab rohkem tõsta, ent see on ebamugavam. Oks pannakse läbi puule riputatud silmuse, tõsteköis keeratakse mõni tiir selle ümber ja edasi keeratakse köit oksa ümber. Üles tõstetud element on vaja kindlasti ka puu otsas eraldi kinnitada, sest oksa ümber pinge all olev köis keerdub sealt minema niipea kui oks lahti lasta. Siinpuhul tuleb kasutada vähemalt 8mm jämedust köit. (The Treehouse Guide, n.d.)



Joonis 20 "donkey" kasutamine. (The Treehouse Guide)

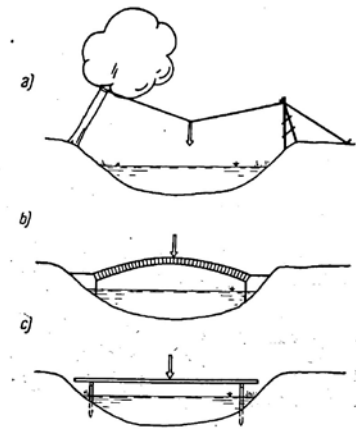
Kõige lihtsam lisavahenditega variant on puu otsa piisavale kõrgusele oksaharule või ka otse tüvele kambiumikaitsmega kinnitada plokk, üle mille käib tõsteköis. Selles lahenduses puudub mehaaniline edu – ehk füüsikaliselt üles on võimalik detaile mis kaaluvad maksimaalselt sama palju kui vinnaja, ent ohutusega arvestades tuleb hoiduda rohkem kui poole keharaskuse liigutamisest plokiaga.

Plokilahendust on võimalik mehhaniseerida, kui vinnamistööd teeb mehaaniline või elektriline vints või kasutatakse mehaanilise edu saavutamiseks talisüsteeme. Viimaste puhul tuleb ette planeerida vajalik tõstekõrgus ja võtta köiepikkus talile mõistliku varuga, et tali liikumispikkusest puudu ei tuleks.



Joonis 21 - Tali kinnitamine puule kambiumikaitsmega. (Richter & Rüggeberg, lk 49)

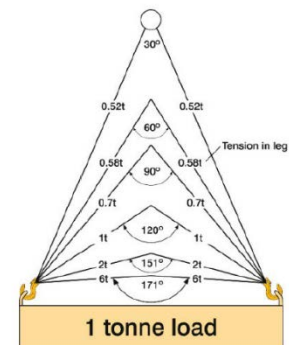
Kui ehitatakse mitme puu külge, siis tõenäoliselt on vaja köie otsas asju liigutada, mistõttu vaid ühe puu küljes olev tõsteseade võib osutada funktsionaalsuselt piiratuks. Tõsi, võimalik on iga puu otsa eraldi plokk panna ja nii näiteks suuremaid elemente ka mitme tõstjaga mitmest punktist kinnitatuna kergitada. Variant on ka puude vahele sillus luua ning plokk või plokkid sellele kinnitada. Jürgensoni nimetatud silluste kolmest põhiliigist on puu otsas võimalik kasutada talasillust või köissillust. Tala toetatakse või riputatakse puude okste külge (tähtis on, et paigutamisel ja kasutamisel puud ei vigastata) ning selle külge saab riputada ühe või mitu plokki. Köissillus on tehniliselt lihtsam lahendus, kus köis seotakse puude vahele ning sellele on ühendatud plokk. Siinpuhul on aga oluline teadvustada, et köiele riputatud raskus sikutab puid omavahel kokku nõnda, et suuremate raskuste tõstmisel on mõistlik köissilluse sidumiskohad puude kahjustamise vältimiseks omakorda köitega maa-ankrusse või mõne teise puu juurekaelale kinnitada. (Jürgenson, 1949, lk 13)



Joon 6. Silluste kolm pealliki. a – köissillus, b – võlv sillus, c – talasillus.

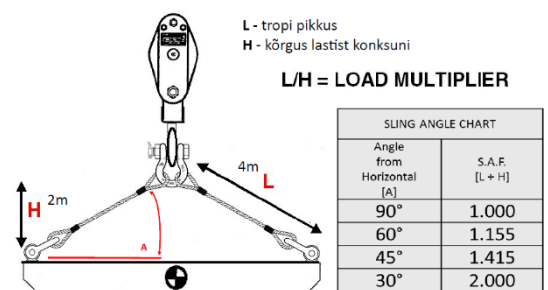
Joonis 22 - silluste kolm põhiliiki. (Jürgenson, 1949, lk 13)

Köissilluse kinnitamisel on võiks esmane mõte olla tõmmata köied võimalikult pingule, et plokk oleks võimalikult ühele kohale fikseeritud. Veidi füüsikasse süvenedes aga tuleb arvutada köie nurga järgi sinna mõjuvat jõukordajat, mis näiteks 30° köienurga juures on 0,52x riputatud koormus kummalegi poole köide. 120° juures on kordaja 1 (nn. tonniring, riputatud raskus mõjub igasse kinnitusköide) ja 171° köitenurga juures on kordaja juba 6. (Jaagura, 2025)



Joonis 23 - pinge köissilluses sõltub riputusnurgast. (Jaagura, 2025)

Kui tõsteseadme köiele või konksu otsa kinnitatakse element mitme troppiga, siis tuleb troppide valikul samuti arvestada kinnitusköite nurkasid ning nendest tulenevaid jõudusid ning koormuskordajat (ibid.)



Joonis 24 - koormuskordaja arvutamine (Jaagura, 2025)

Elemente saab köiele kinnitada erinevate sobivate sõlmedega (seasõrg, paalisõlm,..), ent võib kasutada ka mehaanilisi ühendusi – kas siis elementidesse tootmise ajal kinnitatud tõsteaasasid või ka spetsiaalseid talahaaratseid, mida näiteks youtubes demonstreerib Shoyan Japanese Carpenter maja kokkupanekul – seal on ülitähtis, et tõsteseade puitu ei kahjustaks, sest talade lõppviimistlus on töökojas tehtud ja ei tule kõne allagi, et see tõstmisel muljuda saaks või mõne kriipsu.(Shoyan Japanese Carpenter, 2025, 4:57).



Joonis 25 - tala mittekahjustavad haaratsid lihtsustavad kraanatööd ja troppimist (Shoyan Japanese Carpenter, 2025, 4:57)

Tõstetööde juures on ülitähtis kinni pidada tõstetööde ohutusreeglitest – neid peaks juhatama kogemustega isik. Samuti peavad tõstevahendid (trossid, köied, tropid, konksud jne) olema kontrollitud ja töötamiseks ohutud.

Peatükk 4. Puumaja projekteerimine

4.1. Asukohtade ja puude analüüs ja valik

Käesoleva töö eesmärgiks on ka puumaja kavandamine ja projekteerimine. Tööd planeerides oli autoril kolm lähenemisvarianti. Plaan C, kui ühtegi muud varianti ei leidu, siis autori maakodus leidub paras valim erinevaid põlistammesid ja ka hulk muid puid, mille otsa puumaja planeerida ja ehitada saaks. Plaan B oli leida mõni tuttav, kes oma puude otsa puumaja sooviks, kasvõi kujutleda või kunagi kauges tulevikus ehitada.. Potentsiaalseid asukohti tuli töö käigus mõni. Plaan A sedastas, et ideaaljuhul õnnestub leida huviline, kellel peale puumajamõttest särama hakanud silmade oleks ka reaalne huvi ja plaan oma puude otsas maja näha ning autor saaks lisaks puumaja kavandamisele selle ehitusprotsessi ka läbi teha.

2024 sügisel võeti arhitektuurse projekteerimise raames õueala planeerimise raames käsile taluhoov Otepää looduspargis, kus tuli olemasolev hoonestus üle vaadata ja läbi analüüsid ning pakkuda välja ja läbi projekteerida tulevikustsenaariume õueala ja selle ümbruse kujundamiseks. Autori ettepanek oli muljetavaldavalt reljeefsele alale kujundada seiklus- ja maastikumängurada koos mõnede puumajadega öömajadeks. Plaan tervikuna tunnistati liialt grandioosseks, ent mõte reaalsuseks saavast puumajast jäi siiski õhku ja arenes edasi.

Autor käis veebruaris 2025 koos talu peremehega läbi sumpamas erinevaid kohti, kuhu kinnistul puumajad sobida võiks. Vaadati läbi mitmeid kuusenoorendikke, üksikpuid ja puuderühmi, kuhu ehitada, lõpuks jäid kaalule kolm võimalikku asukohta. Ühtlasi selgitati

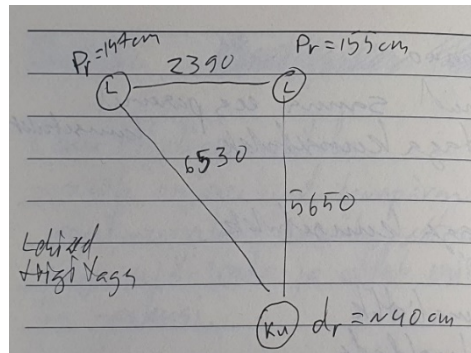


Foto 14: Maa-ameti aerofoto potentsiaalsetest puumaja asukohtadest. Allikas Maa-amet

semistruktureeritud intervjuu käigus välja esmased ootused puumajale. Autor mõtles läbi hulga

küsimusi, mida enne projekteerimist läbi arutada. *In situ* neid ükshaaval nimekirja alusel läbi ei käidud, ent vestluse käigus said enamus neist üldistatud vastuse.

Asukoht number üks asub saunamaja tiigi otsast veidi edelas, kus kasvavad puuderühmas kaks lehisepuud ja mõned kuused, millest puumajaehituseks kõlbavad lehised ja üks suurem kuusk. Asukoha plussideks on lähedus nii saunamajale kui ka vanale talukompleksile, samuti



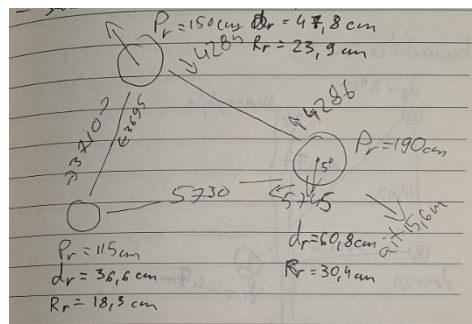
Joonis 26 Puude asetus ja mõõdud asukohas 1. Autori joonis



Foto 15: 2 lehise. Autori foto

võimaliku kahe lehise küljes asuva rõdu pealt avanev vaade alla orgu. Koha märkimisväärsed miinused on selle lähedus tiigile, mis laste mängu mõttes on ohtlik variant ja maja kandvatest puudest üks oleks kuusk (fotol jääb pildistaja selja taha), mille tulevikuväljavaated ei ole suurepärased – lähikonnas leidub liigikaaslastel kuuseüraski jälgi.

Asukoht number kaks on aidahoonest 18m lõuna poole, kus kasvab kolme lehise puuderühm. Ümberringi on teisigi puid, mh paar suurt üraskikahjustusega kuuske. Asukoha plussideks on lähedus vanale talukompleksile (vajadusel on lihtsam kommunikatsioone



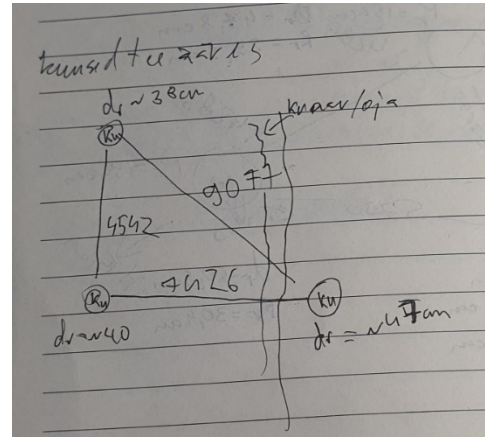
Joonis 27: Puude asetus ja mõõdud asukohas 2. Autori joonis



Foto 16: kolme lehise puuderühm asukohas nr2. Autori foto

puumajani vedada) ja ideaalilähedane lehisekolmik puumaja ehituseks. Puumajast on siin võimalik luua suurepärased vaated nii jaanituleplatsile kui ka vana talukompleksi hoovi, samuti tekib kuuskede eemaldamise järel vaatekoridor soo peale nägemiseks. Ümberringi teiste puude külge on soovi korral võimalik erinevaid mängumaa-atraktsioone ühendada. Asukoha miinuseks võib lugeda selle kauguse saunamajast, kus enne vana talukompleksi ümberehitust põhiline elu käib.

Asukoht number kolm asub hoonetest sootuks eemal, sissesõidutee ääres olevas kuusikus. Siia oleks võimalik ehitada suuremat sorti elektrifitseerimata pelgupaik-mängumaja. Asukoha suur pluss on selle varjatus igihaljas metsas ja põnev pinnavorm nõlval. Kahe puu vahele ehitades on võimalik teha paraja suurusega mängumaja. Kui proovida kasutada üle kraavi asuvat suurt kuuske, venivad puude vahemaa tõttu alustalad üüratult pikaks ja vaja võib minna liimpuit, ent tarvidusel saab neid ka maha toetada. Asukoha



Joonis 28: Puude asetus ja mõõdud asukohas 3. Autori joonis

väiksemaks miinuseks on selle kaugus eluhoonetest ja keeruline kommunikatsioonide toomine. Suuremaks miinuseks on aga kohapealne puudevalik – kuused läbimõõdudega 38, 40 ja 47cm on läbimõõdu poolest ehk piisavad, ent arvestades kuuskede kahjuririkkust on tegemis üpris kehva liigivalikuga.



Foto 17: metsavaade asukohas 3. Autori foto

Lisaks ürasekahjustusele altis olemisele on oluline vahe ka lehise ja kuuse juurdumistugevuses – lehis on tuuleheitele oluliselt vastupidavam. (Crook & Ennos, 1996) Puumajaga puu külge lisanduva raskuse ja purjepinna kontekstis on puude võimalikult tugev maa küljes kinni olek üks esmaseid prioriteete. Niisiis jääb nendest võimalustest lauale variant number kaks, kus on puumaja ehitamiseks suurepärased puud suurepärasel asukohas.

Puumaja tuleb kolme lehise otsa, rinnasdiameetritega 37, 48 ja 61cm. Puud on täies kasvujõus ja võib eeldada nende jätkuvat jämeduskasvu. Puude ümber on soovitatav laudisesse jätta 5cm kummipõllega kaetud vahe, ent puumaja talastik võiks puudest jääda vähemalt 10-15cm kaugusele, et maja oleks tulevikus puude kasvuga lihtsamini kohandatav. Puude vahemaad koorest kooreni on 3700, 4285 ja 5730, puud moodustavad peaaegu täisnurkse kolmnurga. Lehis on pikaealine ja mädanikukindel puu, kinnitused puusse tuleb lehise vaigususe tõttu aga teha happekindla materjaliga.

Lehiserühma juurest avaneb hunnitu vaade aasale ja jaanilõkkele. Samuti on kõrgemalt võrast võimalik saada vaated taluhoovi ja soo peale.

Puumaja ise on sellel kohal vaadeldav eelkõige jaanilõkke poolt, aga ka taluhoovist ja iseäranis aidamaja kõrvalt.

Asukohatüüp tuulekoormuste mõttes on III, lumekaardi järgi tuleb arvestada $1,5\text{kN/m}^2$ lumekoormusega, ent igaks juhuks arvutatakse Haanja andmetega $1,75\text{kN/m}^2$. Tuuled pääsevad puumaja poole kagust ja edelast, ülejäänud suundadest on puuderühm tuule eest varjatud.

4.2. Planeeritava puumaja kontseptsioon

Kolme puud kasutades on puumaja loomiseks suur hulk eri variante – mitut puud kasutada, millised jäävad maja sisse, millised terrassile. Ja mis kõrgustel puu otsas millised platvormid ja hooned asuvad.

Vestlusest pererahvaga selgusid tulevase puumaja loomise esmased lähtekohad:

- Puumaja esmane kasutajaskond on lapselapsed, aga mitte ainult.
- Magamiskohtade ja majutuse küsimus talukompleksis lahendatakse teiste hoonete ehitusega, seega ei ole puumaja esmatähtis ööbimiskoht.
- Puumaja peab olema lihtne hooldada.
- Välimuselt võiks sulanduda ümbrusesse ja olla minimalistlik.
- Eelkõige tuleb tegemist kolmel aastaajal kasutatava hoonega, seega on tähtis seinte tuulekindlus, ent mitte niivõrd nende soojapidavus.

Talukompleksis on vanast rehielamust kohandatud eluhoone, maakelder, ait ja maakivist soklikorrusega laut-küün. Vanast kompleksist veidi eraldatult on ehitatud pilkupüüdev kaasaegse arhitektuurikeelega saunaga elamu tuumikperele.

Kinnistu maastik on hästi liigendatud – kinnistul asub lähiümbruse kõrgem punkt Konnumägi ($180,9\text{m}$ merepinnast), puumajade asukoht on 160m samakõrgusjoone kõrval, ent lähistel on ka punktid $151,9$ ja $154,6$.

Lahendus võiks olla midagi visuaalselt ümbrusesse ja mõtteliselt vanasse külakonteksti sobivat, seega on ssiin suurepärase võimalus ammutada inspiratsiooni ajaloolisest külamaastiku

hoonestusest. Kuna puud seda soosivad, siis võiks puumaja olla kahel tasapinnal või torniga, kust avanevad veel paremad vaated ning mis avardaks laste mänguvõimalusi.

Külamaastikul on selliseks kõrgemaks hooneks pritsikuur – selle torn peab olema piisavalt kõrgel, et ümbruskonna majapidamised oleks tulevalvuri silma all. Ühtlasi olid pritsikuurid enne seltsimajade ehitamist ka tuletõrjeseltside kokku tuleku- ja peokohaks, kus kõikvõimalikke üritusi korraldati. Sarnaseid rolle võiks ka tulevane puumaja kanda ning olla pere lastelastele ja nende vanematele-vanavanematele õdusaks ja lõbusaks koos olemise ja -mängimise kohaks. Pritsikuuri hoone mõtteliseks teemaks võtmist toetab ka asjaolu, et tuletõrje ja tuletõrjujad on laste mängude seas läbi aegade populaarne teema ning puumaja mänguliseks sisustamiseks saab samuti sellelt alalt suurepäraseid temaatilisi, põnevaid ja õpetlikke mängu, mänguasju ja masinaid üle kanda.

Kujundusideid läbi mõeldes jõudis töö autor ka käesolevas töös varem esile tulnud tõdemusele, et traditsioonilises kujustuses rehemaja – või siis pritsikuuri – puu otsa tõstmine näeb välja täpselt nagu oleks puu otsa tõstetud rehemaja – või siis pritsikuur. Pigem tuleb siin seega pritsikuuri väljanägemist ja kultuuritaustalist olemust tsiteerida, arhitektuurikeelelt aga on puumaja lihtsam panna kokku kõlama uue saunahoonega.

Kavandatav puumaja hakkab asuma ümber kõigi kolme puu, nõnda, et alumine suurem hooneosa ümbritseb kahte puud ja kolmanda puu ümber on alumisel tasapinnal katusealune terrass ning teisel korrusel vaatlustorn, kuhu viib majasisene trepp. Hoone mahuline vorm on õhuline ja valgusrohke, pimedate nurkade teket on minimeeritud – aknaid on paigutatud eri nurkadesse. Samas on välditud hoone kasvuhooneks muutumist ning mitmes suunas on ka kinnised seinad. Maja lõunapoolne sein on kinniseks tehtud taotluslikult, et vähendada keskpäevase päikese ülemäära kütvat efekti.. Mängulise mahukäsitluse poolelt on hoonel aimatav väikest kasvu koera kuju, iseäranis ida poolt vaadates.



Joonis 29 - mänguline vaade puu..kutsule. Autori joonis.

Puudest hoone perimeetrini on meeter-poolteist. Terrass asub hoone perimeetrist veel ca meeter kaugemal.kaugemal. Majast ja terrassilt avanevad hunnituid vaated jaanitulelõkkeaasale ning metsale, teisest küljest näeb soo pool toimuvat ning tornist paistab ka taluhoovis toimuv.

Hoone põhikonstruktsioon lahendatakse tapitud ja punnitud 180x180mm ja suurema ristlõikega pruss-sõrestiku alusel. Suured aknad annavad rohkelt valgust, ent kõige kuumemat keskpäevast päikest majja liiga palju ei lase. Aknata seintes on 45x145 prussidest kilbid, millele väljast naelutatud diagonaallaudis annab hoonele jäikust. Samad kilbid saab seestpoolt kohandada riiuliteks – või, tulevikus soovi korral ka soojustusega täita, et maja talvekindlamaks muuta.

Välimine kiht seinakatet on puitlaast või -kimm, soovitatavalt lehisest või mõnest muust mädanikukindlast liigist. Katusematerjal põhineb kas ruberoidil, kahekomponentsel epoksiidvaigul, katuseplekil või mätaskatusel – valikut aitab siin teha tugevusarvutuste tulemus, sest ruberoidi puhul arvestatavast 5kg/m² katusekaalust 330kg saab mätaskatuse puhul 50-120kg/m² juures kuni 8 tonni, mis seab tarindile omad eeldused. Samas aga kui arvesse võtta katustele potentsiaalselt lisanduv 16 tonni lund ning tuulekoormused ja põrandate-vahelagede-terrasside kasuskoormused, siis ei tundu mätaskatuse mass enam nii märkimisväärne.



Joonis 30 - Puumaja vaade lõkkeplatsi poolt. Autori joonis.

4.3. Projekteeritud puumaja arvutused

Selles peatükis arvutatakse läbi kavandatava puumaja olulised koormused.

Arvutused on näitlikud ja tehtud konkreetsele puumajale konkreetses asukohas. Töö autoril, kes neid arvutusi tegi, puudub inseneridiplom või muu sedalaadi arvutusoskust tõendav asjakohane tunnistus. Nii ei ole käesolev peatükk juhendmaterjal, mida puumajade või muude ehitiste projekteerimiseks aluseks võtta vaid lihtsalt näide mõningatest puumaja loomiseks tarvilikest arvutustest. Iga puumaja on erinev ja vajab seetõttu individuaalset lähenemist pädeva inseneri poolt. Autor ei võta vastutust neilt lehekülgedelt leitud teabe väärkasutuse tagajärgede eest.

Kuna valitud lehisepuud on piisavalt jämedad (rinnasdiameetrid 37cm, 48cm ja 60cm) ja puumaja kõrgus maapinnast on ca 2,6m, ehk võrdlemisi madalal, kus puutüvede liikumine ilmastikus on mõõdetav üksikute sentimeetritega ning kuna puukinnitused tehakse puude erinevast liikumisest tulevate konstruktsiooni sisepingete minimeerimiseks kõik alusraami juurde, samale kõrgusele siis selle puumaja puhul ei ole dünaamiliste koormuste arvutamine vajalik ning saab kasutada staatikaga määratud süsteemide arvutusi. Samuti, arvestades tuulejõudu, millega puud iga päev hakkama saavad (ca 20-meetrisele puule võratäiusega 20-40% võib tuule mõju olla 100-190kN. (Coder, 2000)), ei oma puumaja lisatav mass puudele liialt suurt mõju.

Lumekoormus

Puumaja asukoht on Otepää kõrgustikus, kus kaardi järgi tuleks arvutustes lumekoormuseks võtta $1,5\text{kN/m}^2$. Ümbrust ja kohalikku mikrokliimat arvestades võtab autor arvutuse aluseks aga Pandivere ja Haanja kõrgustike $1,75\text{kN/m}^2$. Katuste horisontaalprojektsioonide pindalad on tornil $16,94\text{m}^2$ ja alumisel hoonel $47,32\text{m}^2$. Kuigi maja on puu otsas ja märkimisväärset lume kogunemise ohtu ei ole, on siiski tõenäoline, et puuokstelt kukub katusele lumelahmakaid, mistõttu kasutatakse tabelist 7-kraadisele katusele arvutatud kujutegurit $\mu_2=0,986$. Muutuvkoormuse osavarutegurit arvesse võttes saab **katusele lumekoormuseks arvestada $2,589\text{kN/m}^2$** , mis kõige ebasoodsamas kohas katusel annab **sarikale jaotatud koormuse $2,536\text{kN/m}$** . Katuse kasuskoormus 1kN/m^2 loetakse lumekoormusega juba hõlmatuks, kui võrd lumisel ajal katusel ei käida.

Terrassidele mõjuv lumekoormus loetakse kaetuks kasuskoormusega $q_k=3,75\text{kN/m}^2$

Tuulekoormus

Asukoht on **maastikutüübis III**, katuseharja kõrgem punkt on 8,3m maapinnast, seega $C_e(Z)=1,67$. Katusekalle on 7° , ühekaldeliste katuste tabelis on aga tabeliread 5° ja 15° katustele, kasutatakse 5° katuste c_{pe} väärtusi, mis on kõik negatiivse väärtusega, neist suurim tsoonis F_{up} 90° tuulesuunaga $c_{pe,1} = -2,6$.

Katustel on seega negatiivne tuulekoormus $\omega = q_p \times c_{pe} = -1198,4\text{N/m}^2 \sim -1,2\text{kN/m}^2$, mis sarikatele kantult annab $-1114,5\text{ N/m} \sim -1,11\text{kN/m}$.

Tuulekoormus vertikaalsetele seintele arvutatakse hoonekuju riskülilikuks lihtsustades, $h/d \sim 1$ ja kuna muist maja pindu on 10m^2 lähistel või suuremad, siis vaadatakse $c_{pe,10}$ välisrõhutegurid, neist minimaalne on $-1,2$ ja maksimaalne $+0,8$, nii võib arvutuslikuks tuulekoormustevahemikuks seintele pidada $\omega_{ks1} = q_b \times C_e(z) \times c_{pe1} = -0,553\text{kN/m}^2$ kuni $\omega_{ks2} = q_b \times C_e(z) \times c_{pe2} = 0,369\text{kN/m}^2$

Kasuskoormused

Puumajas ja tornis kasutatakse eluruumide kasuskoormust $q_k = 2\text{kN/m}^2$ ja $q_d = 3\text{kN/m}^2$.

Terrassidel kasutatakse rõdudele kohaldatavat kasuskoormust $q_k = 2,5\text{kN/m}^2$ ja $q_d = 3,75\text{kN/m}^2$

Katustel peaks teoreetiliselt kasutama harva käidavate katuste kasuskoormusi $q_k = 1\text{kN/m}^2$ ja $q_d = 1,5\text{kN/m}^2$, ent kuna arvutuslik lumekoormus on küllalt suur ja lumisel ajal katusel käimine ei ole eriti tõenäoline, siis loetakse katuste kasuskoormus lumekoormusega kaetuks.

Talade arvutused

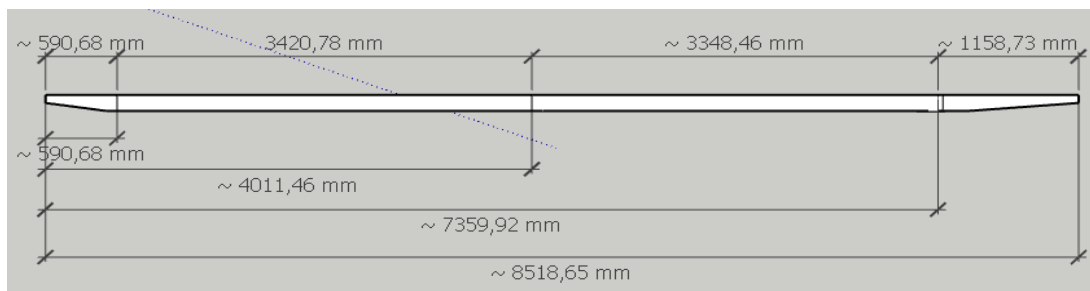
Kontrollitakse puumajale projekteeritud sarika ristlõiget $90 \times 145\text{mm}$ stsenaariumites, kui katusekate on SBS, plekk või mätaskatus.

Torni katusel on sarikasamm 880mm , maja katusel 930mm , ent tornist eemal asuva külgliseina kohal ulatub räästas sarikast üle 450mm , mis on rohkem, kui $(930-90)/2=420$, seega kasutatakse

arvutustes sarikasammu kordajana $0,42+0,45+0,09=0,98$, mis kajastab selles kõige ebasoodsamas kohas katusele sarikale langevat jõudu.

Sarikale langevad jõud on omakaalukoormused (sarikas 54,81N/m: 22mm OSB 127,2N/m, SBS 49N/m eterniit 156,8N/m, mätaskatus 1176N/m), lumekoormus 2,536kN/m ja tuulekoormus võib sarikale rakendada tõstejõudu kuni 1,11kN/m.

Katusekate	SBS	Eterniit	Mätaskatus
Omakaalukoormused	231,01 N/m	338,81 N/m	1358 N/m
Lumekoormus	2536 N/m	2536 N/m	2536 N/m
Surve sarikale	2767 N/m	2875 N/m	3894 N/m
Tuulekoormus	-1114,5 N/m	-1114,5 N/m	-1114,5 N/m
Omakaal – tuuletõste	-883,49 N/m	-775,69 N/m	243,5 N/m

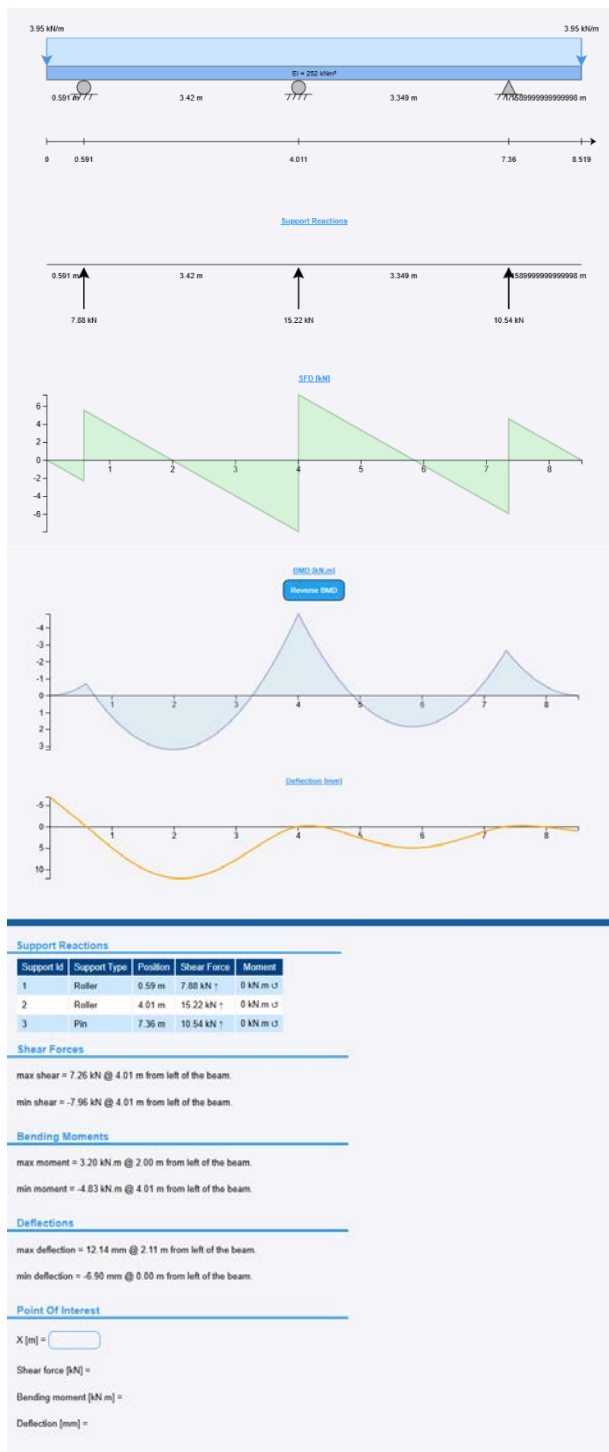


Joonis 31 - kõige pikema sarika toetuspunktid. Autori joonis.

Esmasest arvutusest tundub, et vaid märja mätaskatusega on katuse omakaal teoreetiliselt piisav tuuletõstele vastu pidamiseks, seega on hoone juures tähtis katus ja sarikad ka ülejäänud konstruktsiooni külge tuuletõstekindlalt kinnitada.

Järgmisena arvutatakse läbi katusel kõige ebasoodsamas olukorras olev sarikas, milliseks on hüpoteesi järgi põhihooneosas pikim sarikas – see on pikim ja suurima sildega fassaadi pool. Konsoolseid õhenevaid talaosi vaadeldakse arvutustes ilma õhenduseta, sest moment tekib toepunktis ja õhendus sellel kohal kandevõimet ei mõjuta. Lisaks tabelis arvutatud koormustele võetakse arvesse ka sarika omakaal, mis 90x145mm ristlõike puhul on 54,81N/m.

Joonis 32 - Beamcalc andmete sisestamine, mätaskatuse näitel pikimale sarikale.



Joonis 33 Beamcalc väljund arvutatud tala kohta.

Ühtlasi $\tau_d = \frac{VS}{b_e f \times I} \rightarrow \tau_d = \frac{7960N \times 236531mm^3}{60,3mm \times 22864688mm^4} = 1,366N/mm^2$, mis on väiksem, kui 2,46, seega nihkepinge poolest on sarika ristlõige piisav. (Just et al., 2018, lk 97)

Tala vastupidavust paindemomendile kontrollitakse valemist $\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W}$ tuletatud valemiga $\frac{M_d}{\sigma_{m,d}} \leq W$, sealjuures ristkülikukujulise ristlõikega tala vastupanumoment vertikaalselt

Talade arvutamiseks kasutatakse veebirakendust Beamcalc, sest väheste tasuta kasutatavate tala-arvutusrakenduste seas on see kõige käepärasem, paistes silma lihtsa kasutusliidese ja piiranguteta kasutusvõimalustega, s.t. lisada saab piiramatul hulgal jõudusid ja tugesid. Samuti on võimalik arvutuse järel kontrollida jõudusid soovitud tala punktis alumise „point of interest“ menüü abil. Info sisestamine tekstilahtrite abil on ühelt poolt veidi piirav (talade kaldeid arvutustes kasutada ei saa ja piki tala jõu komponent puudub, aga katuse väikese kalde tõttu ei mängi see sarikate painde ja nihke arvutuses määravat rolli), ent graafilise liidese puudumine teeb tala andmete sisestamise teisalt oluliselt kiiremaks. (*StructureCalcs*, n.d.)

Andmete sisestamine on suhteliselt lihtne, tuleb täita tala pikkuse ja toepunktide info, elastsusmooduli ja inertsimomendi lahtrid ning kirjeldada talale mõjuvad jõud.

Saadud tulemustega saab teha kontrollarvutusi sarikapruksi teadaolevate füüsikaliste omaduste suhtes.

Maksimaalset nihkepinget saab kontrollida valemiga $\tau_d \leq f_{v,d} \rightarrow \tau_d \leq 2,46 N/mm^2$.

mõjuvale jõule tuleb valemist $W = \frac{bh^2}{6} = \frac{90 \times 145^2}{6} = 315375 \text{mm}^3$, Kontrollitav suurim moment $M_d = 4,83 \text{kNm}$ ehk $M_d = 4,83 \times 10^6 \text{Nmm}$. Ja $\sigma_{m,d} = f_{m,d} = 14,77 \text{N/mm}^2$ tuleb tabelist. Kontrollarvutus $\frac{4,83 \times 10^6}{14,77} = 327014 \rightarrow 327014 > 315375$ näitab, et valitud sarikas on mätaskatuse kandmiseks ristlõikelt liiga väike ja selle katusevariandi puhul tuleb kasutada suurema ristlõikega sarikaid, standardmõõtudest sobib hästi näiteks 100x200mm. Eterniitkatusega tehtud Beamcalc arvutus andis maksimaalse momendi $M_d = -3,58 \text{kNm}$, seda kontrollitakse $\frac{|-3,58| \times 10^6}{14,77} = 242383 \rightarrow 242383 < 315375$. (Just et al., 2018, lk 91)

Järelikult eterniit- või kergema katuse jaoks on sarikate ristlõige piisav, samuti on sel puhul maksimaalne läbipaine pikemas, 3420mm sildelõigus arvutuslikult 9,01mm, mis on annab läbipaindeks ca 1/380 ja jääb seega lubatavasse piiri. Tagaseina konsoolses osas on sarikal ülespidi paine 5,12mm, mis konsooles osa pikkusest 591mm moodustab ca 1/115. See jääb lubatud normidest väljapoole, seega on mõistlik tala ristlõiget tõsta ning võtta kasutusele standardmõõt 100x200mm. Kui tarvilikus pikkuses materjali saada pole, siis talade jätkutappide keskkoha kõige mõistlikum paik on paindemomendi epüüri nullpunktides, seega sarika alumisest otsast 3270 või 4880mm.

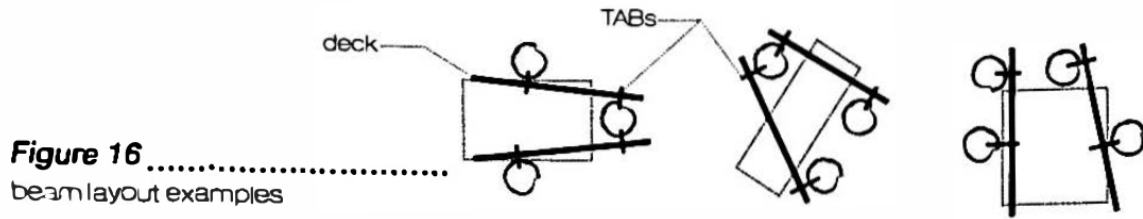
Ülejäänud sarikate

Teine kriitiline komponent on pikkade sarikate tugitala hoone keskel. Esiälgu kavandatud 180x180mm ristlõikega selgus arvutustest, et SBS katuse raskuse all tuleb läbipaine 144mm. Ristlõike kasvatamisega fassaadi ülemisele talale sarnaseks 180x210 ja ülemine pind 7° kaldega vähenes läbipaine 95mm-ni, ent paindemoment ületas lubatud endiselt 1,6 korda. Diagonaali lisamine otsaseina poole tõi läbipainde 12mm juurde (1/302 sildest) ja paindemoment jääb samuti lubatu piiridesse. Varuvariantina oli siin veel posti lisamine tala keskele, ent SBS katuse puhul pole seda tarvis. Kui katusevariantideks tuleb mõni raskem variant, siis tuleb posti lisamine uuesti läbi mõelda ja arvutada.

Järgnevalt kontrollitakse üle ka kõikide ülejäänud sarikad, talad ja postid ning lõpuks arvutatakse Exceli tabeli abil kokku maja põhipostide toereaktsioonid alustaladele ning siis saab dimensioneerida alustalastiku ning puukinnitused.

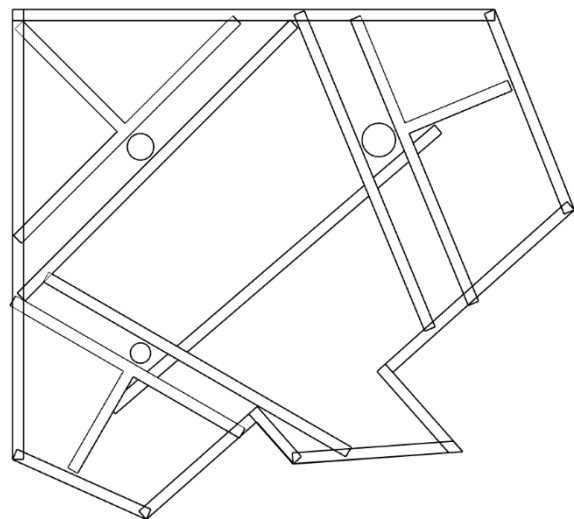
Maja enese kaal ilma tugiraamistikuta on ca 8300kg ehk 83kN, kasuskoormust lisandub terrassiala 43,99 m² kohta 164,9kN ja siseruumidest 30,98m² + 6,06m² kohta 111,12 kN, lumekoormus 16,94m² + 47,32m² peale 166,37kN. See tähendab, et surve, mida tugiraamistik peab puudele kokku edasi kandma on 525,39 kN. Arvestades ca 40kN kandvust poldi kohta ja

kandvusvaru ka alusraami massi jaoks tähendab see minimaalselt 14 polti puudes. Sellest teadmisesest lähtuvalt kujundatakse kaitsmisjärgsel ajal puukinnitused, alusraamistik ja põrandatalad.

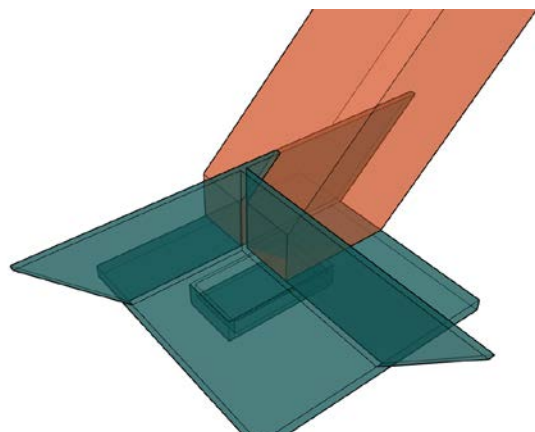


Joonis 34 - variante mitme puu otsa ehitatud majade alustalastiku loomiseks. (Nelson&Hadden, 2013)

Esmane lahendus puukinnituste tegemiseks lähtub kahele poole puid kinnitatud pikitaladest, mis on otsetest ühendatud perimeetriraamiga. Nende talade otstest või mõistlikult kauguselt otsa konsoolseks jättes lähevad puu tüvel otse talade kinnituspoltidest 1-2m madalamal olevate poltide juurde diagonaalid. Peataladega risti paiknevad talad on samuti diagonaalidega toetatud, allumise poldi juurde luuakse selleks tarbeks TABi peale sobituv klamber, kuhu saab ühendada kõik kolm diagonaali. Lisaks on üks peatala ülejäänud talade all ja pakub tuge fassaadiseinale ning hoone ees olevatele terrassitaladele. See lahendus on esialgne ja ootab alles arvutustega läbikatsumist, seega on tõenäoline, et see veel muutub.



Joonis 35 - puumaja puukinnituste talastiku esialgne plaan. Autori joonis.



Joonis 36 - kolme diagonaali ühendusklamber. Autori visand.

Kokkuvõte

Lõputöö "Puumaja kavandamine Otepää loodusparki" eesmärk oli uurida puumaju ja nende projekteerimist ja ehitamist nii ajaloolisest, teoreetilisest kui praktilisest vaatenurgast ning kavandada üks konkreetne puumaja, mis vastaks tellija soovidele, puu võimalustele ja keskkonnatingimustele. Töö keskendus küsimusele, kuidas kavandada puumaja, mis on korruga kasutajakeskne, esteetiline, turvaline ja puule võimalikult vähekoormav.

Töö jaoks sõnastatud uurimisküsimused on:

1. Mida puumaja tähendab?
2. Milline puu on puumajale sobiv?
3. Kuidas valida konkreetse puu seisukohalt parim konstruktsioon ja kinnitusviis?
4. Millised on puumaja projekteerimisel ja ehitamisel peamised loovad ja praktilised kompromissid?
5. Milliseid ehitusetappe ja otsuseid hõlmab puumaja kavandamine, ettevalmistus töökojas ja paigaldamine looduskeskkonda? Kuidas seda võimalikult efektiivselt teha?
6. Kuidas puumaja füüsikaga kokku sobitada?

Teoreetiline osa aitas mõista, millised on puumajade ajaloolised tähendused ja kuidas on need aja jooksul arenenud. Vaadeldi erinevaid kinnitusvõimalusi ja konstruktsioonipõhimõtteid, pöörates tähelepanu sellele, kuidas ehitada nii, et puu jääks terveks ja elujõuliseks. Selgus, et õigesti tehtud puukinnitused on igasuguse puumaja pikaajalisema püsimise põhialuseks. Tähtis on nende projekteerimisel arvestada puude kasvamise ja liikumisega ning planeerida konstruktsioon tulevikus lihtsalt hooldatavaks ja remonditavaks. Soovitav puukinnitusmeetod on TAB (*tree attachment bolt*) puukinnituspolt, mis pakub puule kasvamis- ja liikumisruumi ning vähendab kahjustusi.

Töö praktiline osa tugines tellija ootuste kaardistamisele, asukohavalikule, puude olukorra, paiknemise ja ümbruse hindamisele ning neile vastava disaini väljatöötamisele. Kavand valmis etapiiviisiliselt, liikudes visanditest sõrestikuplaani, sisustuslahenduste ja arvutusteni. Projekteerimisel oli lähenemine võimalikult modulaarne ja säästev – arvestati ehitusprotsessi jagunemisega töökojatöödeks ja välitöödeks paigaldamisel.

Uurimisküsimustest lähtuvalt selgus veel puu valiku osas sobivamate liikide järjestus ning esmased juhendid terve puu valimiseks. Selgus, et puumaja loomisel tuleb arvestada paljude teguritega: puu seisukord ja kasvukoht, konstruktsiooni kaal ja vorm, kasutaja vanus ja

eesmärk, soovitud elamus ning juurdepääsetavus. Töö tõestas, et on võimalik saavutada tasakaal nende vahel – kasutada kaasaegseid ehitusvõtteid ja läbimõeldud tootmislogistikat, arvestada loodusega ja samal ajal täita kliendi unistus.

Töö arvutuste osa käigus selgus planeeritud lahenduste ebapiisavus ning tehti korrektuurid prusside dimensioneerimises. Konstruktsiooni läbiarvutamine on võtmetähtsusega ja ühtlasi ülimalt oluline töö osa. Autori jaoks oli üllatav omakaalu kõrval lume-, tuule- ja kaskkoormuste puukinnitustele esitatavaid nõudeid kuuekordistav mõju, mistõttu tuleb edasised puukinnituslahendused ülihoolikalt planeerida.

Töö eesmärk sai täidetud: kavand valmis ja sai läbi arvatud kuni alusraami- ja põrandatalastiku kujundamiseni – ning see töö jätkub pärast lõputöö kaitsmist. Protsess oli läbimõeldud ja koosõlas parimate praktikutelt õpitud põhimõtetega. See projekt andis väärtusliku kogemuse nii puuga töötamise kui ka tellija ootuste tõlkimise kohta ruumiliseks lahenduseks.

Tulevikusuunad ja uurimisvõimalused

Kuigi töö lõppes kavandamisjärgus, andis see hea aluse nii praktilisteks järgnevateks sammudeks kui ka akadeemiliseks edasiarenduseks:

- Pikaajalise uurimusena saab vaadelda puumajade edasise hoolduse mahtu vastavalt valitud konstruktsioonilahendustele ning võrrelda hoolduse toimumise või puudumise mõjusid.
- Jälgida kuidas konstruktsioon vananeb koos puuga. Samuti võiks põhjalikumalt uurida erinevate kinnituste mõju erinevatele puuliikidele.
- Analüüsida valminud puumajade kasutajakogemust – et paremini mõista, kuidas disain päriselt elama hakkab.
- Puumajade puu külge kinnitamine sõltub suuresti puu liigist, suurusest ja seisukorrast. Projekteerimise jaoks oleks aga suurepärane, kui see teave oleks kvantifitseeritav ja esitatav arvudena. Sestap on alust edaspidi süveneda ka puude biomehaanikasse ning süveneda arvutustesse, kuidas ja kui palju erinevat liiki puud eri vanuses/jämedustes erinevatel kõrgustel tuules liiguvad, millised on võnkeamplituudid. Alustada võiks näiteks Johne Moore'i, Barry Gardiner'i ja Damine Sellier'i kirjutatud peatükist „Tree Mechanics and Wind Loading“ raamatus

„Plant Biomechanics“ (https://doi.org/10.1007/978-3-319-79099-2_4). Sellest suunast olu ka käesoleva töö juures kasu, ent seda raamatut paberkuul Eestis ei leidu ja Tartu Ülikooli raamatukogu andmebaasiühendus selle digivarianti kättesaadavaks ei teinud.

- Autor käsitles puumajade ajalugu käesolevas töös ja oma seminaritöös, ent seda põhiliselt lääne kultuuriruumi alustel ja nii sügavuti kui võrdlemisi kiire töö formaat seda võimaldas. Teema osutus aga seminaritöö eel arvatud võrdlemisi lihtsa asemel vaat et hoomamatult sügavaks ja mahukaks. Seega on siin ammendamatud uurimisvõimalused nii Lääne kultuuriruumis, aga ka igal pool mujal maailmas.
- Samuti vääril filosoofilist süvenemist puumaja tähendusruum, sest tänaseks pahatihti lastemängumajaks taandunud kontseptsioon on läbi aegade olnud elu ja surma küsimus väga erinevatel viisidel.
- Arvestades tugevusarvutuste tähtsust ja puidule spetsialiseerunud pädevate ehitusinseneride põuda Eestis, tasub autoril mõelda jätkuõpingutele inseneeriavaldkonnas.

Kinnitan, et olen koostanud ise käesoleva lõputöö ning toonud korrektselt välja teiste autorite ja toetajate panuse. Töö on koostatud lähtudes Tartu Ülikooli Viljandi kultuuriakadeemia lõputöö nõuetest ning on kooskõlas heade akadeemiliste tavadega

Laur Lõhmus /allkirjastatud digitaalselt/

Kaitsmisele esitatud 13.05.2025.

Bibliograafia

- 3park.ee. (2024). *Teenused - 3park seiklusrajad*. <https://3park.ee/teenused/>
- Birx, H. J. (2011). *21st Century Anthropology, A Reference Handbook*. Sage Publications.
- BLACK+DECKER. (2022). *The Complete Guide to Treehouses* (Cool Springs Press (Ed.); 3rd ed.). Quarto Publishing.
- Bostock, J., & Riley, H. T. (1855). *The Natural History of Pliny, vol III*. HENRY G. BOHN, YORK STREET, COVENT GARDEN.
- Brussoni, M., Olsen, L. L., Pike, I., & Sleet, D. A. (2012). Risky play and children's safety: Balancing priorities for optimal child development. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(9), 3134–3148. <https://doi.org/10.3390/ijerph9093134>
- Charalampidis, C. P. (1995). *The Dendrites in Pre-Christian and Christian Historical-Literary Tradition and Iconography*. "L'ERMA" di BRETSCHNEIDER.
- Coder, K. D. (2000). Estimating Wind Forces On Tree Crowns. *UNIVERSITY OF GEORGIA WARNELL SCHOOL OF FOREST RESOURCES EXTENSION PUBLICATION FOR00-16*, 1–4.
- Crook, M. J., & Ennos, A. R. (1996). The anchorage mechanics of deep rooted larch, *Larix europea* × *L. japonica*. *Journal of Experimental Botany*, 47(10), 1509–1517. <https://doi.org/10.1093/JXB/47.10.1509>
- Desurmont, S. (2017). *A Allouville, le vieux chêne est éternel*. Geo. <https://www.geo.fr/voyage/normandie-a-allouville-le-vieux-chene-est-eternel-175703>
- Deutsches Tanzlindenmuseum Limmersdorf*. (n.d.). Retrieved April 16, 2024, from <https://tanzlindenmuseum.de/tanzlinde/>
- Eesti Standardikeskus. (2020). *EVS 939-3:2020 PUITTAIMED HALJASTUSES Osa 3: Ehitusaegne puude kaitse*.
- Ellard, C. (2015). Places of the Heart: The Psychogeography of Everyday Life. In *Identity Landscapes: Contemplating Place and the Construction of Self*. Bellevue Literary Press. <https://archive.org/details/placesofheartpsy0000ella>
- Ellisa, E., & Andriani, G. (2015). *The Route and Journey of Tree Houses* (Triatno Yudo Harjoko, Y. A. Yatmo, & P. Atmodiwirjo (Eds.); Issue August, pp. 125–141). Department of Architecture, Faculty of Engineering, Universitas Indonesia.
- Engel, H. (2020). *Measure and Construction of the Japanese House*. Tuttle Publishing. <https://archive.org/details/measure-and-construction-of-the-japanese-house-1022202320220>
- EVS-EN-15567-1:2015+A1:2020. (2020). *EVS-EN 15567-1:2015+A1:2020 Sports and recreational facilities - Ropes courses - Part 1: Construction and safety requirements*.

- Fang, D. L. (2020). *Timber joinery in modern construction: Mechanical behavior of wood-wood connections*.
- Gilman, E. F. (2012). *An Illustrated Guide to Pruning: third edition*. Delmar.
- Harold, C. (2020). *Things Worth Keeping - The Value of Attachment in a Disposable World*.
- Ilves, H. (2012). *Tõru onn - puuonni projekteerimine männiku metsatallu*.
- Jaagura, R. (2025). *Levinumate tõsteabivahendite kontrollimis- ja prakeerimisjuhend Üldine*. Oskuskoolitus OÜ.
- Järve, S., & Eskla, V. (2013). *Puude ja põõsaste lõikamine* (Neljas trü). Varrak.
- Jürgenson, L. (1949). *Elamuehitus I*. RK "Teaduslik kirjandus." <https://www.digar.ee/arhiiv/et/raamatud/229434>
- Just, E.-J., Õiger, K., & Just, A. (2018). *Puit ja puidupõhised konstruktsioonid*. TTÜ Kirjastus.
- Kroner, D. (2016). *THE PERFECT TREEHOUSE from site selection to design & construction* (S. Francis (Ed.)). Popular Woodworking Books.
- Lehari, K. (1994). Purification of Landscapes. *Kohtpaik*, 5, 109–118.
- Lõhmus, L. (2024). *Puumajad*. Tartu Ülikooli Viljandi Kultuuriakadeemia.
- Mölder, A., Must, E., & Tüür, E. (2017). *Arboristiõppe loengud Luua Metsanduskoolis*.
- Nelson, P. (2013). *Treehousing - the instructional guide*. Nelson Treehouse & Supply.
- Nelson, P. (2018). *Most UNIQUE, Creative and Fun Treehouses of Season 6! | Treehouse Masters | Animal Planet*. Animal Planet. <https://www.youtube.com/watch?v=i2dO914tg2o>
- Nelson, P., & Hadden, G. (1997). *Home Tree Home - Principles of Treehouse Construction and Other Tall Tales*. Penguin books. https://www.goodreads.com/book/show/181989.Home_Tree_Home
- Pearn, J. (2013). A tree house. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 49(9), E361–E364. <https://doi.org/10.1111/JPC.12228>
- PitchfordEstate. (n.d.). *World's Oldest Treehouse*. Retrieved March 3, 2024, from <https://www.pitchfordestate.com/treehouse-page>
- Pritchard, J. (2023). *The Pros and Cons of Reclaimed Wood (Should You Use?) - Building Renewable*. Building Renewable. <https://buildingrenewable.com/pros-and-cons-of-reclaimed-wood-should-use/>
- Richter, C., & Rüggeberg, M. (2023). *How to Build a Treehouse*. Laurence King.
- Rodgers, J. (2006). How to construct and use a "Story Pole." *Timber Framers Guild Forum*, 1–6. <http://forums.tfguild.net/ubbthreads.php?ubb=showflat&Number=3450#Post3450>
- Sanidopoulos, J. (2009). *Saint David the Dendrite of Thessaloniki*.

- <https://www.johnsanidopoulos.com/2009/06/righteous-david-dendrite-of.html>
- Shoyan Japanese Carpenter. (2025). *[Full Video] 5-Month Build of an American House by Japanese Carpenters | Season 5*. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=vRn8Ck2xiqo>
- Stolpverk Norden, Lassen, U. H., Kabell, J., Sjölander, O., Larsson, H., Halldin, L., Skyttner, M., Thorn, S., Björk, A., & Frimer-Larsen, M. (2025). *Stolpverkskonferensen*. 4–9.
- StructureCalcs. (n.d.). Retrieved May 9, 2025, from <https://structurecalcs.com/beamcalculator/>
- Sun Zi. (n.d.). *The Internet Classics Archive | The Art of War by Sun Tzu* (L. Giles (Ed.)). Retrieved April 19, 2025, from <https://classics.mit.edu/Tzu/artwar.html>
- Tammekivi, T. (2015). *TOOTLIKKUSE KASVULE SUUNATUD TÖÖSKEEMI LOOMINE WEEL OÜle TRADITSIOONIPÕHISTE VAHVÄRKKONSTRUKTSIOONIDE VALMISTAMISEKS*. Tartu Ülikooli Viljandi Kultuuriakadeemia.
- Taylor, D. (2013). Structural materials: What can we learn from nature? *MATEC Web of Conferences*, 7, 2–5. <https://doi.org/10.1051/matecconf/20130700001>
- The Treehouse Guide. (n.d.). *The Treehouse Guide - Mechanical advantage to lift supports*. Retrieved May 12, 2025, from <https://thetreehouseguide.com/donkey.htm>
- treesandpeople.com. (2024). *DomUp - Trees & People*. <https://www.treesandpeople.com/domup/>
- Ulrich, R. S. (2023). Ulrich, R.S. (2023) Stress reduction theory. In D. Marchand, K. Weiss, & E. Pol (Eds.), *100 Key Concepts in Environmental Psychology* (pp. 143–146). Routledge. <https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9781003382904>
- Vara, J. (2004, June). *Ramping Up | JLC Online*. https://www.jlconline.com/how-to/roofing/ramping-up_o
- Waters, W. G. (1903). *The Journal of Montaigne's Travels in Italy by Way of Switzerland and Germany in 1580 and 1581*. Murray. <https://archive.org/details/journalofmontaig02montuoft>
- Wenning, A. (2012). *Treehouses - small spaces in nature*. DOM Publishers.
- Yen, D. Y. (2012). *Japanese Timber Frame Methodology : Alternative Solutions to Hawaii 's Built Environment Japanese Timber Frame Methodology : (Issue May)*.
- Zwenger, K. (2023). *Wood and wood joints - Building Traditions in Europe, Japan and China* (4th ed.). Birkhäuser.

Lisad

Lisa 1. Küsimustik puumaja ehituseks

Kliendi-intervjuu eel koostas autor nimekirja puumaja loomiseks olulistest küsimustest ning lasi ChatGPT'1 neid süstematiseerida ja täiendusi pakkuda. Orienteeruvalt 20% küsimuste mahust on juturoboti pakutud.

1. Üldine visioon

- 1.1. Kas puu otsas on platvorm/terrass või katusealune seintega hoone? Või mõni kombinatsioon? Kui suur terrass, kui suur maja?
- 1.2. Milleks puumaja vaja on? (nt pelgupaik looduses, majutus, mängumaja, isiklikuks tarbeks või rentimiseks)
- 1.3. Milliseid emotsioone või kogemusi peaks puumaja tekitama? (seiklus? Rahu? Loodusrüpsus? Midagi veel?)
- 1.4. Kuidas te kujutate ette puuonni kasutamist igapäevaselt, iganädalaselt või hooajaliselt?
- 1.5. Kust tuleb puumaja soov?
- 1.6. Kas teil on stiililisi eelistusi puumaja kujundusel? Kas see peab ümbritseva hoonestusega sulanduma või hoopis kontrasti looma? Midagi veel?
- 1.7. Millisteks hetkedeks puumaja on?
- 1.8. Kas maja peaks olema pigem avar ja avatud või piiratud ja pesalaadne?

2. Kasutajad ja nende vajadused

- 2.1. Kes on puuonni kasutajad? Täiskasvanud? Lapsed? Mõlemad?
- 2.2. Kui tihti puuonni kasutatakse?
- 2.3. Kui palju rahvast puumajas korraga on?
- 2.4. Kas puuonnis hakkab käima lemmikloomi? Milliste erivajadustega selleks arvestada tuleb?

3. Asukoht ja ümbrus

- 3.1. Kas teil on puumaja tarbeks puu või puud välja valitud või on selleks abi vaja?
 - 3.1.1. Kui jah, siis kas puude tervises seisund on kontrollitud või on selleks abi vaja?
 - 3.1.2. Kas puu või puud on looduskaitse all?
 - 3.1.3. Kas valiku hulgas on kõrge emotsionaalse väärtusega puid? Millised on nende otsa ehitamise erisuunised kinnituste, vaadete ja käidavuse osas?

- 3.2. Kas on mõni suund, kuhu kindlasti vaadet vaja on või mida tasub rõhutada?
- 3.3. Kas puumaja ümbruses on keskkonnapiiranguid? (kaitstud mullad jms)
- 3.4. Kas maja peab olema pigem silmatorkav või varjuma?
- 3.5. Mis moel peaks puumaja ümbritseva hoonestusega kokku sobima? (edasi vt küsimus 5.2)
4. Tehnilised küsimused
 - 4.1. Millised juurdepääsuviisid on võimalikud või vajalikud? Trepp? Redel? Kaldtee? Lift? Liumägi? Laskumispost?
 - 4.2. Mitmel aastaajal puumaja kasutatakse? Kas see peab olema soojustatud?
 - 4.3. Kommunikatsioonid. Kas on vaja elektriühendust? Veeühendust? Kas majas on WC või nt kompostiv käimla? Pesuvõimalused? Kas veeühendus on aastaringne või talveks tühjendatav? Netiühendus, muud kommunikatsioonid? Saun?
5. Kujundus ja ruumiplaneering
 - 5.1. Kui suur üldpind puumajal on? Kui suur terrass?
 - 5.2. Millist arhitektuuri stiili tuleks silmas pidada?
 - 5.3. Mitu tuba on vaja? Mitu korrust? Kas puumaja peaks olema ühes mahus või võib seda jagada mitmeks mahuks?
 - 5.4. Mis ruumid ja funktsioonid peaksid puumajas olema?
 - 5.5. Kui mitu magamiskohta on vaja? Kuidas need tubade vahel jaotuvad?
 - 5.6. Kas köök on vajalik? Sanruumid?
 - 5.7. Kui palju, milliseid panipaiku peaks olema ja mille jaoks?
 - 5.8. Mis laadi võiks olla sisekujundus?
 - 5.9. Kuidas suhtute välialaelementidesse nagu rõdud, terrassid, ripp sillad jms.
 - 5.10. Kas on kindlaid elemente, mida kindlasti sooviksite majja? (nt köisraudtee, liumägi, loft, võrkiik,...)
 - 5.11. Kas mööbel peaks olema majja sisse ehitatud/disainitud? Või sisustatakse maja pärast valmimist?
 - 5.12. Kas ja milliseid isiklike tähendusi ja detailie soovite majas näha? Nimed? Teemad? Kunst?
 - 5.13. Kas ja milliseid puuonnet olete näinud, mis iseäranis meeldivad?
 - 5.14. Kas on midagi, mida te kindlasti ei soovi puuonni kujunduses näha?
6. Materjalid ja keskkond
 - 6.1. Milliseid materjale majas kasutatakse? Puidu taaskasutus? Sepisdetailid?
 - 6.2. Kui tähtis on materjalide loodussõbralikkus?

6.3. Kui tähtis on puumaja minimaalne mõju ümbritsevale keskkonnale ja puudele?

7. Aeg ja eelarve.

7.1. Mis on orienteeruv eelarve?

7.2. Mis valdkondi tuleks eelarve planeerimisel eelistada, millele rõhku panna

7.2.1. Soojustus, sisekujundus, välisalakujundus?

7.3. Kas on kindel aeg, mis ajaks puumaja peab valmis olema?

7.4. Kas edaspidise jooksva hooldusega saate ise hakkama või vajate abi?

Lisa 2. Puumaja kuluarvutuste tabel

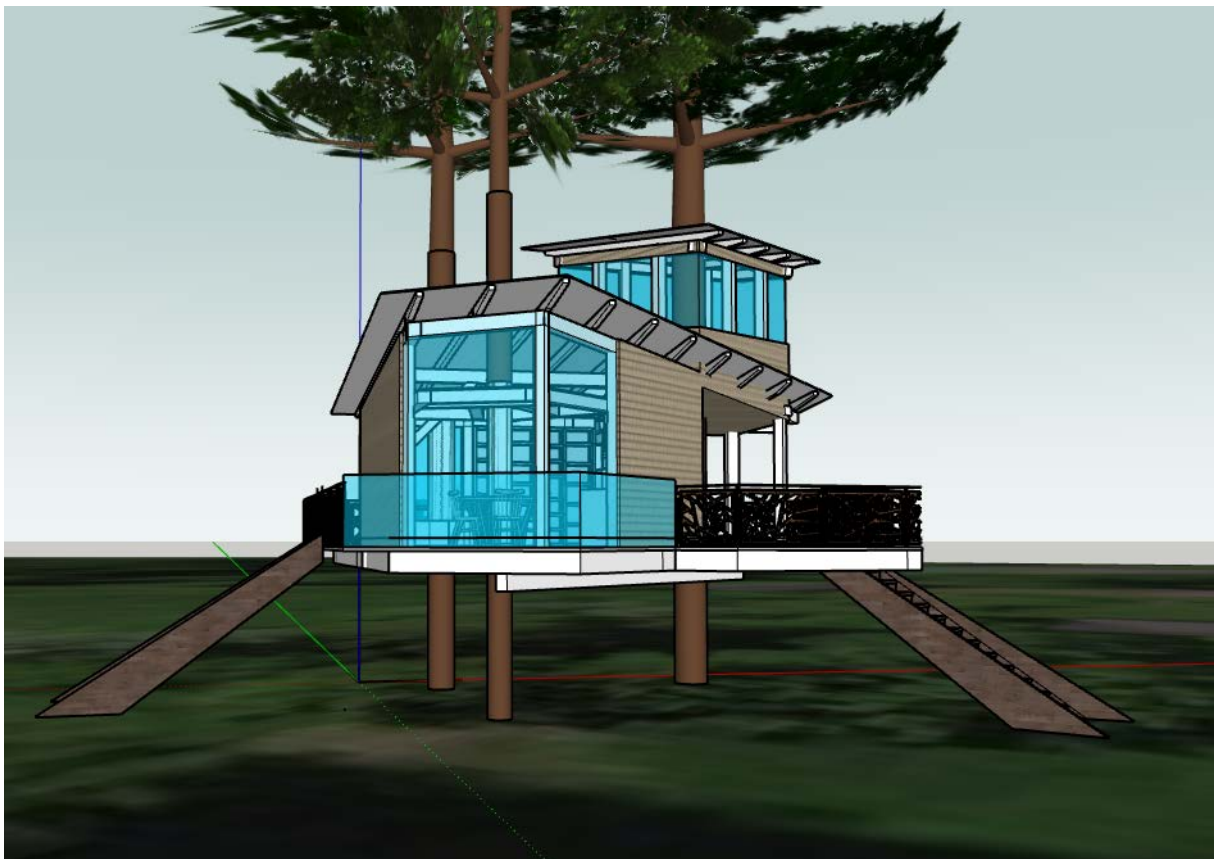
Puumaja ehitus on kuluarvutuselt suuresti sarnane tavalise ehitusega, ent lisanduvad mõningad otseselt puudega seotud kulud ning ilmastikukoefitsent paigaldusarvutustes on suurem. Näitlik tabel sobiva arvutuse kohta võiks olla järgmine:

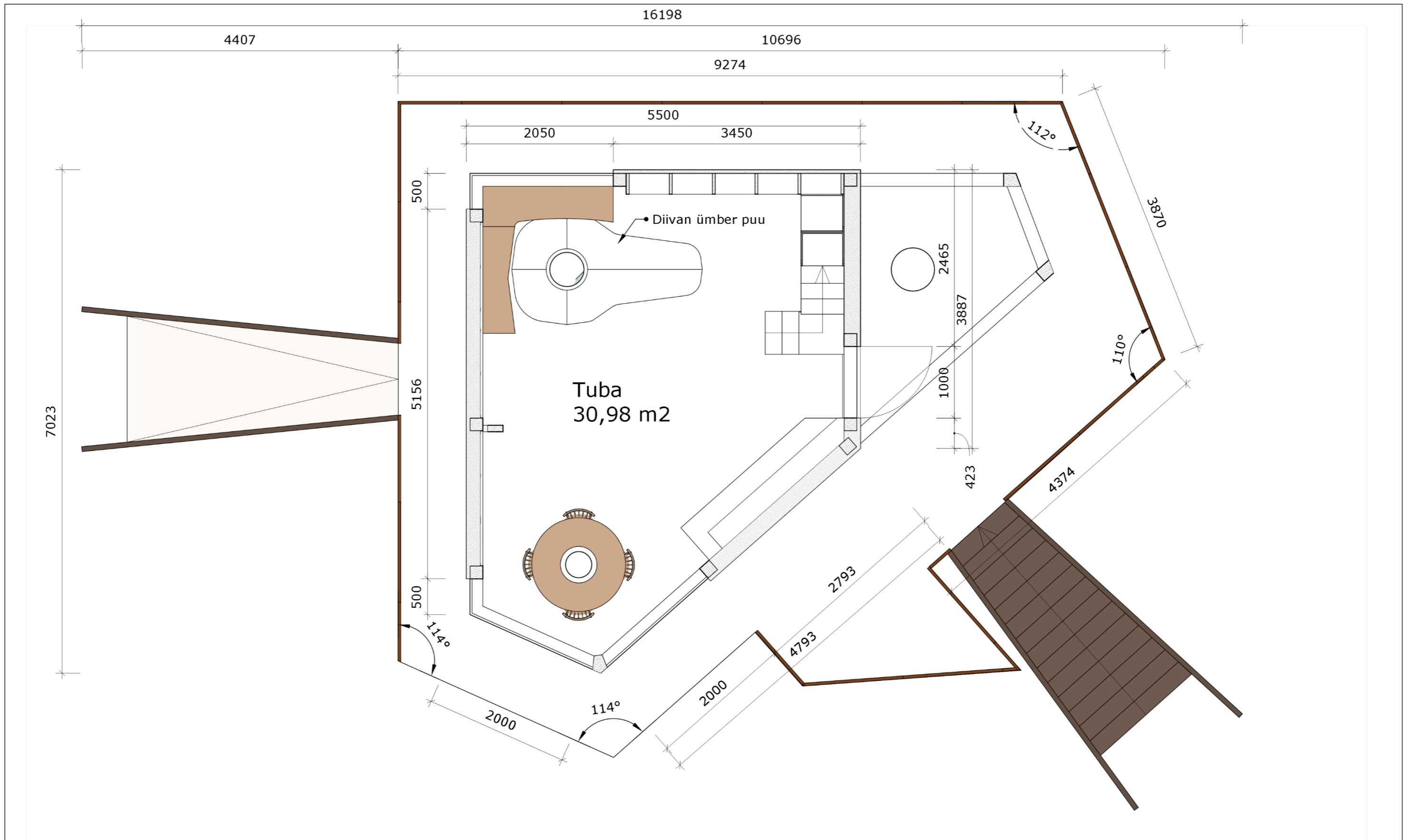
Etapp	Alamkategooria / Tegevus	Ühik	Hind (€)	Kogus	Σ (€)	Märkused
Projekt, eeltööd	Esmane kliendikonsultatsioon	tund				Tavaliselt tasuta / hinnas
	Disain ja joonised	tund				Hind sõltub keerukusest ja iteratsioonide hulgast
	Konstruksiooni arvutused	tund				Vajalik puidu ja puudega kursis olev insener
	Puude hindamine, uuringud	tk				Nt puu tervis
	Arboristitööd, puuhooldus	tk				Soovituslik suuremate projektide puhul
Materjali kulu	Talad-postid sisetingimustesse	jm ² / jm				
	Terrassimaterjal ja välitingimustesse mõeldud puit	m ²				Immutatud puit
	Katusematerjalid	m ²				Vastavalt valitud katuselahendusele
	Kinnitusvahendid, TABid jms	tk				Sh tammepunnid, metallkinnitused puudele,...
	Soojustusmaterjal (vajadusel)	m ³				
	Avatäited	tk				Projekti järgi
Töökojas tööd	Materjali eeltöötlus	tund				Saagimine, täisnurkseks hõõveldamine, referentskülgede valik
	Tappide märkimine ja lõikamine	Tund /tk				Sõltub tapist, lihtsamad on tükihinnaga kvantifitseeritavad, keerulisemal tunnihind.
	Muude puitdetailide valmistamine	Tund/tk				Vahesõrestikud jms lisadetailid.
	Osade eelmonteerimine	tund				Proovikokkupanek, sektsioonidena transpordil nende kooste

Transpordi kulu	Transport objektile (veoauto, väikeveok, haagis,..)	km / kord	Arvesta laadimise ja kinnitusega, planeeri varakult!
	Tõstetöö (kraana vms)	tund / kord	Raske või kõrgele paigaldatav
Paigaldamine kohapeal	Vundament või toetuslahendus	tk / tund	Postid, TABid, kivid
	Struktuuri kokkupanek	päev	2–3 päeva sõltuvalt suurusest
	Elektri- ja valguspaigaldus	tk	Vajadusel elektrik
Viimistlus ja erilahendused	Välisviimistlus	m ²	UV- ja ilmastikukindel
	Siseviimistlus	m ²	Vastavalt valikule materjalid, laudis,...
	Mänguelemendid (redelid, liurennid jne)	tk	
	Mööbel (ehitatud või ostetud)	tk	
Varu ja ootamatud kulud	Ootamatu lisatöö / materjal	%	Soovituslik 10%
	Garantii- või hooldusteenus	kord/a asta	Valikuline

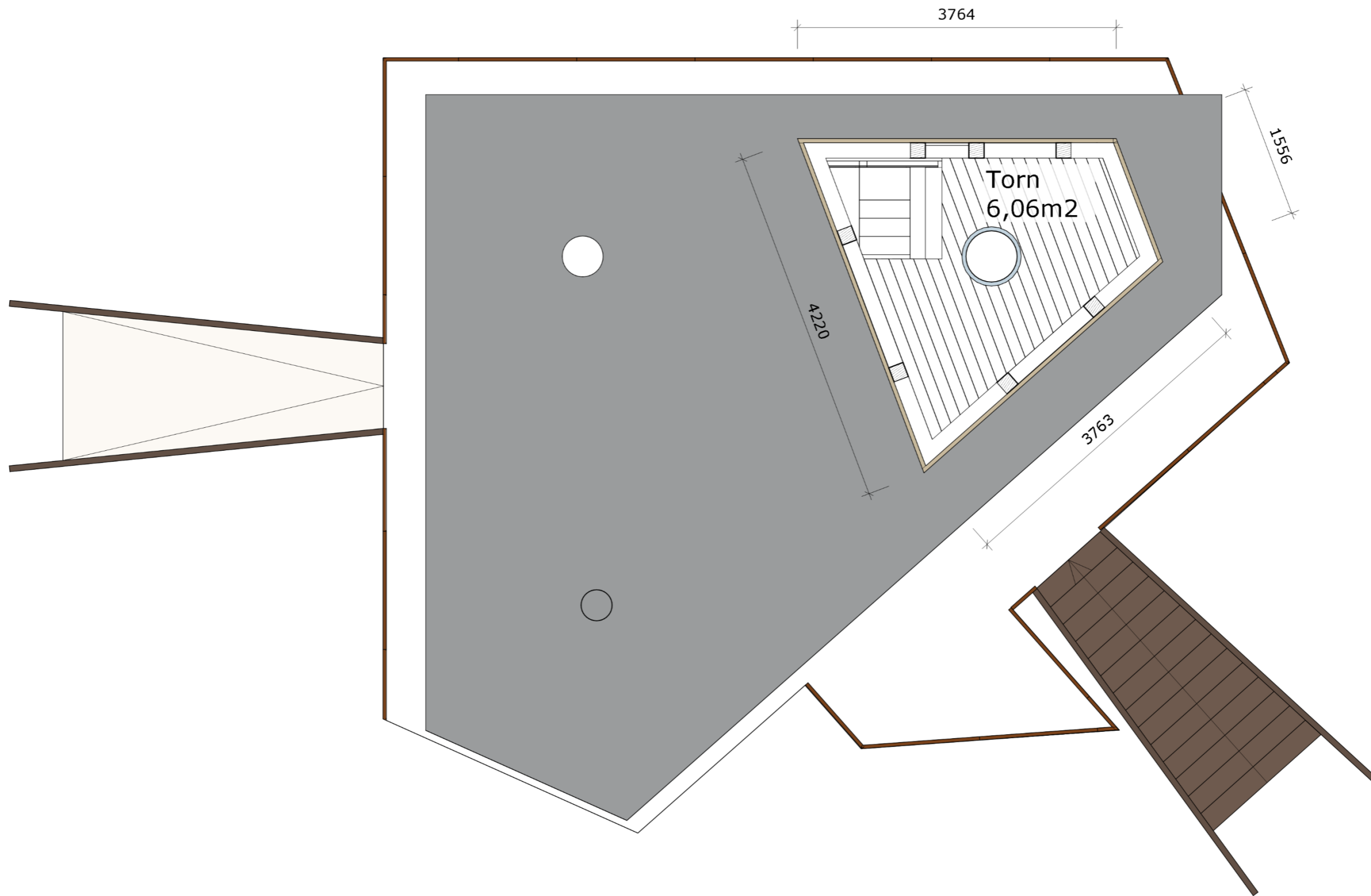
Lisa 3. Projekteeritud puumaja vaated ja skeemid.

Siia on lisatud töö käigus projekteeritud puumaja joonised ja pildid





TÜ VKA Posti 1 71004 Viljandi	Lõputöö Õppeaine	15.5.2025 Kuupäev
	Puumaja 1. korrus	
PTE4	Joonis Tudeng Laur Lõhmus	1 Joonise nr
	Juhendaja Laur Pihel	M 1:50 Mõõtkava



TÜ VKA Posti 1 71004 Viljandi	Lõputöö <small>Õppeaine</small>	15.5.2025 <small>Kuupäev</small>
	Puumaja torn	2 <small>Joonise nr</small>
RESÕ2	<small>Joonis</small> Tudeng Laur Lõhmus Juhendaja Laur Pihel	M 1:50 <small>Mõõtkava</small>



TÜ VKA Posti 1 71004 Viljandi	Lõputöö Õppeaine	15.5.2025 Kuupäev
	Puumaja lõige 1	3 Joonise nr
RESÕ2	Juhendaja Laur Pihel Tudeng Laur Lõhmus	M 1:50 Mõõtkava



TÜ VKA Posti 1 71004 Viljandi	Lõputöö <small>Õppeaine</small>	15.5.2025 <small>Kuupäev</small>
	Puumaja fassaadivaade <small>Joonis</small>	4 <small>Joonise nr</small>
RESÕ2	Tudeng Laur Lõhmus Juhendaja Laur Pihel	M 1:50 <small>Mõõtkava</small>



TÜ VKA

Posti 1
71004
Viljandi

RESÕ2

Õppeaine Lõputöö

Page tagantvaade

Joonis

Tudeng Laur Lõhmus

Juhendaja Laur Pihel

15.5.2025
Kuupäev

5

Joonise nr

M 1:50
Mõõtkava



TÜ VKA

Posti 1
71004
Viljandi

RESÕ2

Õppeaine Lõputöö

Puumaja torni poolt

Joonis

Tudeng Laur Lõhmus

Juhendaja Laur Pihel

15.5.2025
Kuupäev

6
Joonise nr

M 1:50
Mõõtkava



TÜ VKA
 Posti 1
 71004
 Viljandi

RESÕ2

Õppeaine **Lõputöö**

Puumaja liumäe poolt

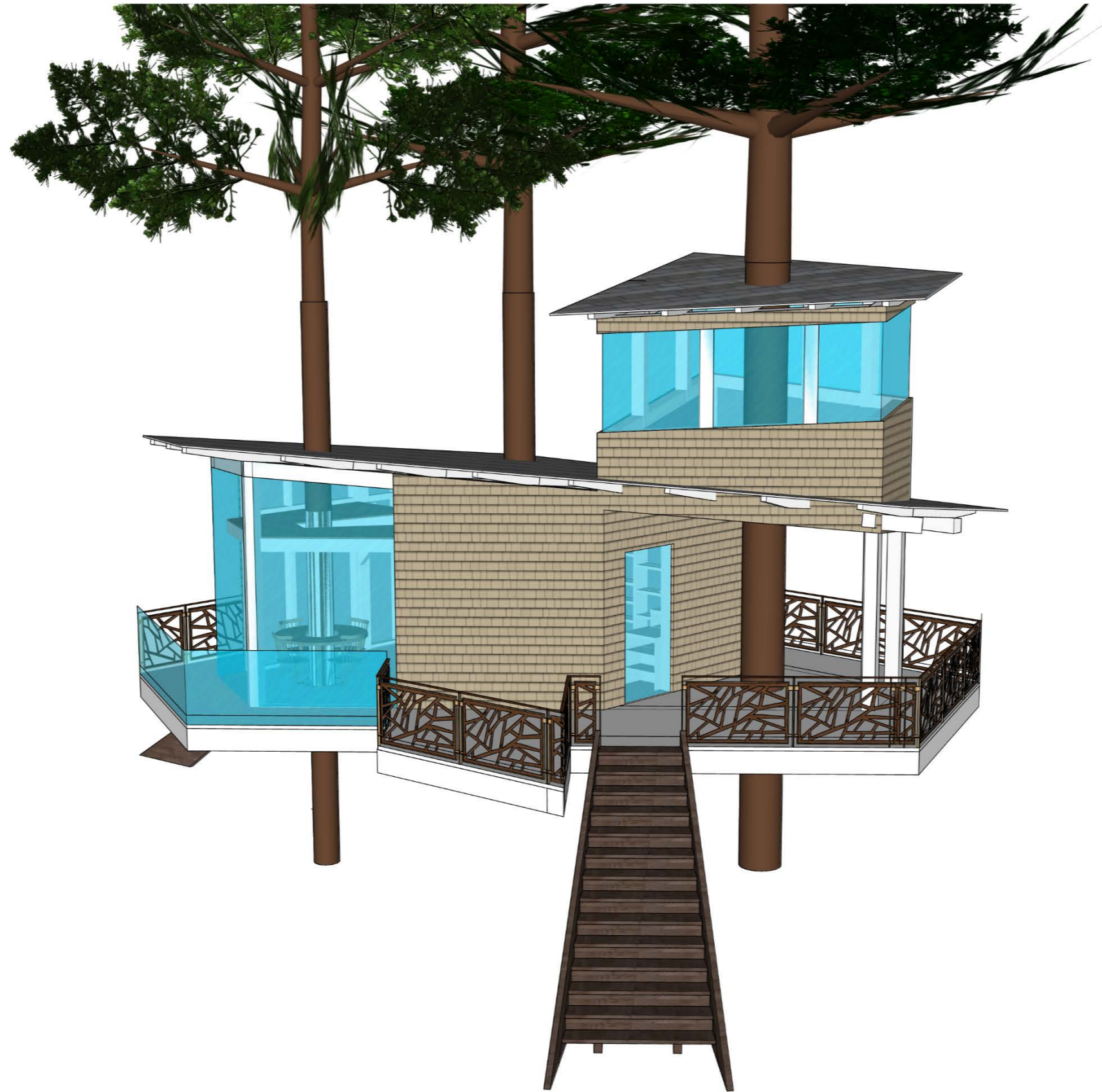
Joonis
 Tudeng **Laur Lõhmus**
 Juhendaja **Laur Pihel**

15.5.2025
 Kuupäev

7

Joonise nr

M 1:50
 Mõõtkava



TÜ VKA
 Posti 1
 71004
 Viljandi

PTE4

Lõputöö
 Õppeaine

Puumaja perspektiiv 1

Joonis
 Tudeng Laur Lõhmus
 Juhendaja Laur Pihel

15.5.2025
 Kuupäev

8
 Joonise nr

M 1:50
 Mõõtkava



TÜ VKA Posti 1 71004 Viljandi	Lõputöö <small>Õppeaine</small>	15.5.2025 <small>Kuupäev</small>
	Puumaja perspektiiv 2	9 <small>Joonise nr</small>
PTE4	<small>Tudeng</small> Laur Lõhmus <small>Juhendaja</small> Laur Pihel	M 1:50 <small>Mõõtkava</small>



TÜ VKA
 Posti 1
 71004
 Viljandi

PTE4

Õppeaine **Lõputöö**

Joonis
 Tudeng **Laur Lõhmus**
 Juhendaja **Laur Pihel**

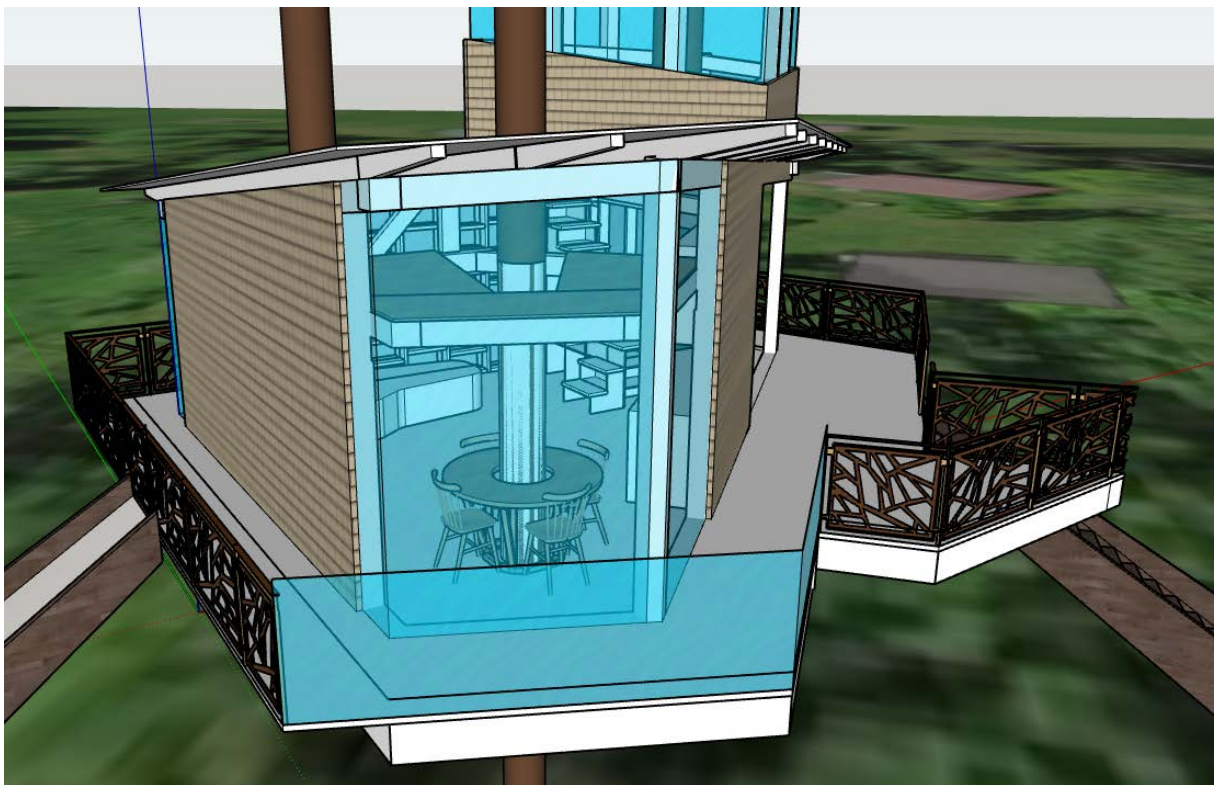
Puumaja perspektiiv 3

M 1:50

15.5.2025
 Kuupäev

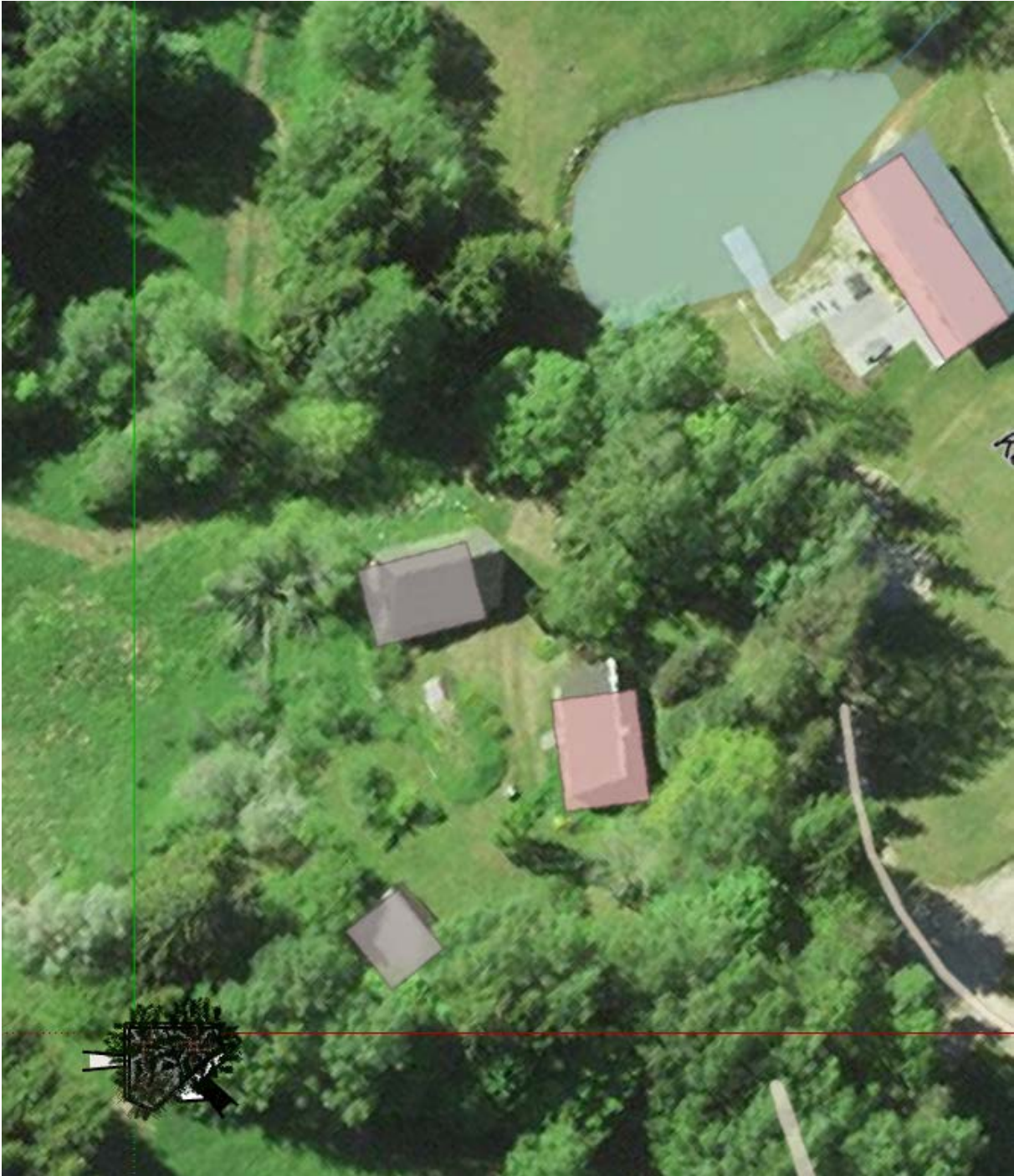
10
 Joonise nr

M 1:50
 Mõõtkava









Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Laur Lõhmus

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu lõputöö „Puumaja kavandamine Otepää loodusparki“, mille juhendajad on Leele Välja MA ja Laur Pihel, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonnas, sealhulgas digitaalarhiivi Dspace kaudu Creative Commons litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Laur Lõhmus

13.05.2025