

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

Autor:

..... /
kuupäev / allkiri

Juhendaja:

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele.

..... /
kuupäev / allkiri

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Töö on kaitsmisele lubatud.

..... /
kuupäev / allkiri

KOHANEV ARHITEKTUUR PÕHJA-EESTI PÄRANDIHOIDLA NÄITEL

ADAPTIVE ARCHITECTURE: CASE STUDY NORTH ESTONIA'S HERITAGE
REPOSITORY

Magistritöö

Üliõpilane / **Saamuel Rammo**
Juhendaja / **Veronika Valk-Siska**

Tallinna Tehnikaülikool
Inseneriteaduskond
Ehituse ja arhitektuuri instituut

Tallinn 2021

EESSÕNA

Käesolev magistritöö on koostatud Tallinna Tehnikaülikooli inseneriteaduskonna arhitektuuri eriala integreeritud õppe raames.

Sooviksin siinkohal tänada töö juhendajat Veronika Valk-Siskat, kelle suunamine ning julgustus aitasid oluliselt kaasa magistritöö valmimisele. Nõuannet ning tagasisidega olid abiks Martin Thalfeldt, Kärt Ojavee, Martin Allik, Jaan Kuusemets, Maarja Grossberg, Indrek Must, Friedrich Kaasik ja Paul Klõšeiko.

Täna lisaks ka oma perekonda ning sõpru, kelle toetus on olnud väga oluliseks magistritöö koostamise protsessi vältel.

Võtmesõnad: resilientsus, adaptiivsus, biomimikri, pärandihoid, hoidlad, arhitektuur, disainiuurimus

ANNOTATSIOON

Eesti kultuuriväärtuste säilimiseks tuleb parandada hoiustamistingimusi. 2018. aastal vastas vaid 43% hoidlapinnast kultuuriväärtuste pikaajaliseks säilimiseks vajalikele nõuetele. Museaale säilitatakse ning ladustatakse hetkel suuremas osas ruumides, mis on selleks hädapäraselt kohandatud või hoonetes, kus ei ole võimalik kliimat mõjutada ning ei ole tagatud ka tuleohutus. [1] See takistab lisaks muudele probleemidele pärandi kasutamist ja tutvustamist ühiskonnas laiemalt. Seetõttu on Kultuuriministeerium koostöös Muinsuskaitseametiga seadnud eesmärgiks rajada riiklikud pärandihoidlad, et tagada riiklike muuseumikogude pikaajaline säilimine ja parem kättesaadavus huvilistele. Üks pärandihoidlatest on kavandatud Põhja-Eestisse, lõputöö pakubki välja pärandihoidla arhitektuurse ideeprojekti koos ehitise kavandamise põhimõtetega.

Uurimistöös otsitakse vastust küsimusele, kuidas luua Põhja-Eesti pärandihoidlale tulevikukindel lahendus, mis vastab kvaliteetse ruumi aluspõhimõtetele ja tänapäevasele resilentsuse käsitlusele [2]. Teoreetiline osa tuginebki suures osas resilentsuse (ka säilenõtkus, tulevikukindlus) käsitlusele. Hoonete puhul tähendab resilentsus n-ö ennetavat lähenemist, mis püüab näha ette tulevikustsenaariume ning arvestada võimalike ohtudega. Magistritöö kujutab endast loomepõhist uurimistööd, mis kätkeb teineteisega olemuslikult seotud teoreetilist tekstiosa ja arhitektuurset ideelahendust. Uurimistöös põimitakse kvantitatiivseid

ja kvalitatiivseid meetodeid arhitektuurivaldkonnale omase disainiuurimuse ja juhtumiuuringu võtetega. Hoone kavandamisel tuginetakse ruumiprogrammi ja nõuete osas pärandihoidla arhitektuurivõistluse lähteülesandele [3] ja Eestis kehtivale regulatsioonile ning juhendmaterjalidele.

Lõputöö projektiosa pakub välja pärandihoidla arhitektuurse kontseptsiooni ja rajamise põhimõtted. Välja on toodud maa-aluse ehituse eelised ja käsitletud hoidlate sisekliima aluseid ja säilitamistingimusi, energiakasutuse, sh lokaalse taastuenergia küsimusi, ruumiprogrammi lahendust, etapiviisilise (juurde)ehituse võimalusi jne. Lähenetud on hoone elukaare põhiselt, s.t käsitletud hoone elukaart tervikuna. Tulevikukindluse huvides on olulist rõhku pööratud loodusest õppimisele ja biomimikrile hoone arhitektuuris. Hoone on kavandatud osana ümbritsevast maastikust, mistõttu on haljaskatuste kõrval tähelepanu pööratud maastikuarhitektuuri lahendusele ja elurikkusele ehk liigilise mitmekesisuse tõstmisele käsitletaval alal hoone lähivööndis.

Uurimistöö tulemusi saab rakendada teiste pärandihoidlate puhul, seda eriti teoreetilist tekstiosa arvesse võttes. Arhitektuurset projekti saab teiste pärandihoidlate puhul referentsina kasutada siis, kui hoone asukoha kontekst ja projekteerimise lähtetingimused on piisavalt sarnased.

ABSTRACT

In order to preserve Estonian cultural values, storage conditions must be improved. In 2018, only 43% of the storage space met the requirements for the long-term preservation of cultural values. Quite often, museum objects are stored not in storage facilities, but in temporary rooms or buildings where it is not possible to regulate the climate or where the fire safety does not meet the requirements. [1] This, among other problems, holds back the use and promotion of cultural heritage in society at large. Therefore, the Ministry of Culture, in co-operation with the National Heritage Board, has set the goal to develop state heritage repositories in order to ensure the long-term preservation of state museum collections and better accessibility for those interested. One of the heritage repositories has been designed for Northern Estonia, and the thesis at hand proposes an architectural concept project of the heritage repository together with the building design principles.

The research seeks an answer to the question of how to create a future-proof solution for the North-Estonian heritage repository that meets the underlying principles of high-quality architecture and built environment, as well as contemporary understanding of resilience of spatial solutions [2]. The theoretical part is thus largely based on the approach of resilience. In the context of buildings, resilience means a so-called preventive approach, which seeks to anticipate

future scenarios and take into account potential risks. The master's thesis is a creative research work that combines together the theoretical part of the text and an idea for architectural solution. The research uses quantitative and qualitative methods together with design research and case study techniques specific to the field of architecture. The design of the building is based on the room program and requirements of the initial task [3] of the architectural competition of the heritage repository and the regulations and instruction materials valid in Estonia.

The project part of the thesis proposes the architectural concept and principles of constructing the heritage repository. The advantages of underground construction are outlined, additionally the foundations and storage conditions of the indoor climate of storage facilities, issues of energy use, including local renewable energy, the solution of the room program, possibilities of phased construction and expansion, etc. are discussed. The approach is based on the life cycle of the building as a whole. With the goal of future-proofing, significant emphasis has been placed on learning from nature and biomimicry in the architecture of the building. The building has been designed as part of the surrounding landscape, which is why in addition to green roofs, attention has been paid to the solution of landscape architecture and biodiversity, also to the increase of species

diversity in the surrounding area of the building.

The results of the research can be applied to other heritage repositories, especially in terms of the theoretical part of the study. The architectural project can be used as a reference for other heritage repositories if the context of the location of the building and the initial design conditions are reasonably similar.

SISUKORD

	Annotatsioon	5
	Abstract	6
1.	SISSEJUHATUS	
1.2	Uurimistöö eesmärk	11
1.3	Uurimisprobleem	11
1.4	Uurimistöö olulisus	11
1.5	Metodoloogia. Teoreetiline käsitlus	11
1.6	Mõisted	11
2	RESILIENTSUS. KESTLIKKUSE PÕHIMÕTTED	
2.1	Resilientsus	14
2.2	Kliimamuutustest tingitud ohud ja riskide maandamine	16
2.3	Hoone elukaar, oleluring	16
2.4	Sisendenergia	17
2.5	Ehitusmaterjalid	17
2.6	Ringmajandus	18
2.7	Adaptiivne arhitektuur	18
2.8	Loodusest õppimine, biomimikri	19
2.9	Energiatõhusus	23
2.10	Energiavarustus	23
	2.10.1 Päikesepaneelid	23
2.11	Hoidlate sisekliima alused	24
	2.11.1 Temperatuuri hoidmine	24
	2.11.2 Niiskusrežiimi hoidmine	24
	2.11.3 Niiske õhu omadused	24
	2.11.4 Mollieri hx-diagramm	24
	2.11.5 Niiskuslik sidumine	25
2.12	Maa-aluste ruumide eelised ja puudused	26
2.13	Elurikkuse toetamine ruumiloomes	26
	2.13.1 Rohekatus	27

3	PÄRANDIHOIDLA PROJEKT	
3.1	Lähteülesanne	31
3.2	Tänapäevased hoidlad. Referentsobjektid	32
3.3	Olemasolev olukord ja asukoha analüüs	35
3.4	Arhitektuurne kontseptsioon	37
3.5	Asendiplaaniline lahendus	39
3.6	Funktsionaalne skeem	41
3.7	Ehitustehniline lahendus	48
3.8	Välisviimistlus	50
3.9	Maastikuarhitektuur	51
3.10	Soovitused edasiseks	53
	Kokkuvõte	55
	Summary	57
	Kasutatud kirjandus	58
	Teoreetilis-uurimusliku osa graafiline materjal	62

1 SISSEJUHATUS

1.1 UURIMISTÖÖ EESMÄRK

Lõputöö eesmärk on pakkuda välja Põhja-Eesti pärandihoidla arhitektuurne ideeprojekt koos ehitise kavandamise põhimõtete ja teoreetilise käsitlesega. Ühtlasi on töö eesmärk arhitektuurse projekti abil näitlikustada teoreetilises käsitles väljatoodud resilientuse põhimõtete ja biomimikri kasutamise võimalusi pärandihoidlate kavandamisel.

1.2 UURIMISPROBLEEM

Eesti kultuuriväärtuste säilimiseks tuleb parandada hoiustamistingimusi. 2018. aastal vastas vaid 43% hoidlapinnast kultuuriväärtuste pikaajaliseks säilimiseks vajalikele nõuetele. Museaale säilitatakse ning ladustatakse hetkel suuremas osas ruumides, mis on selleks hädapäraselt kohandatud või hoonetes, kus ei ole võimalik kliimat mõjutada ning ei ole tagatud ka tuleohutus. [1] See takistab lisaks muudele probleemidele pärandi kasutamist ja tutvustamist ühiskonnas laiemalt.

Lõputöös otsitakse vastust küsimusele, kuidas luua etteantud asukohas ehitise elukaarepõhise kuluarvestuse vaates energiasäästlik ja kestlik pärandihoidla, lähtudes kvaliteetse ruumi aluspõhimõtetest ja resilientuse eesmärgist.

1.3 UURIMISTÖÖ OLULISUS

Uurimistöö tulemusi saab rakendada ka teiste pärandihoidlate puhul, seda eriti teoreetilist tekstiosa arvesse võttes. Arhitektuurset projekti saab teiste pärandihoidlate puhul referentsina kasutada siis, kui hoone asukoha kontekst ja projekteerimise lähtetingimused on piisavalt sarnased.

Muuseumikogud sisaldavad endas väärtuslikku osa Eesti kultuuripärandist. Museaalide hoidmise, uurimise ja vahendamisega tagatakse nii Eesti kultuuri säilimine, järjepidevus kui ka areng. Riigile kuuluvates muuseumikogudes hoitakse ühtekokku 4 miljonit eset. Pärandihoidlate rajamise peaeesmärk on säilitada riiklikke muuseumikogusid ja tagada parem kättesaadavus huvilistele. [1]

1.4 METODOLOOGIA. TEOREETILINE KÄSITLUS

Magistritöö kujutab endast loomepõhist uurimistööd, mis kätkeb teineteisega olemuslikult seotud teoreetilist osa ja Põhja-Eesti pärandihoidla arhitektuurset ideelahendust. Uurimistöös põimitakse kvantitatiivseid ja kvalitatiivseid meetodeid arhitektuurivaldkonnale omase disainiuurimuse [4] ja juhtumiuuringu võtetega.

Lõputöö teoreetiline osa käsitleb kirjandust, mis on kujundanud tänapäevast arusaamist hoonete resilientsusest ja kestlikkusest. Sealhulgas on pööratud olulist rõhku hoonete elukaarepõhise energiakasutuse

vaatele, samuti biomimikri kasutamise võimalustele arhitektuuris ning elurikkuse hoidmise ja tõstmise põhimõtetele maastikuarhitektuuris.

Hoone kavandamisel on tuginetud ruumiprogrammi ja nõuete osas pärandihoidla arhitektuurivõistluse lähteülesandele ja Eestis kehtivale seadusandlusele ning juhendmaterjalidele. Magistritöös on kasutatud ka dokumendianalüüsi ja andmete kogumist internetist.

1.5 MÕISTED

Adaptatsioon ehk kohanemisvõime -

adaptiivse arhitektuuri puhul on hooned kavandatud selliselt, et nad kohanevad kergesti erinevate muutustega kasutusfunktsioonis või -mustris või muude keskkonnast tulenevate teguritega.

Biomimikri -

disainimise viis, mis kasutab ja imiteerib looduse toimimise põhimõtteid.

Resilientus ehk säilenõtkus (ka tulevikukindlus) -

võimekohanedamuutuvate tingimustega ning säilitada ja taastada esialgne funktsionaalsus ning elujõud mitmesuguste üleilmsete aga ka lokaalsete väljakutsete (säästva arengu eesmärgid, kliimaeesmärgid, kliimamuutused, rahvastikumuutused jpm), häireolukorra või kriisi tingimustes.

2 RESILIENTSUS. KESTLIKKUSE PÕHIMÕTTED

2.1 RESILIENTSUS

Resilientsus (ka säilenõtkus, tulevikukindlus, ingl. resilience) on mistahes keerulise süsteemi võime kohaneda ökoloogiliste, majanduslike, demograafiliste muutustega, ühiskonna muutuvate vajadustega, stressi, kriiside ning süsteemisiseste või väliste muutustega [5]. Resilientsuse kontseptsiooni eesmärk on muutuda vastavalt vajadusele ja leevendada või ennetada võimalikke muudatuste ning kriisisituatsioonide negatiivseid tagajärgi. Resilientsus on kompleksne kontseptsioon, mis käsitleb mitmeid erinevaid valdkondi ning millel on palju tasandeid: füüsilise ruumi planeerimine, ökoloogiline, majanduslik, poliitiline, sotsiaalne, ühiskondlik, kogukondlik ning individuaalne. Need kõik on omavahel seotud ja süsteem tervikuna toimib resilientselt, kui kõiki tasandeid seotakse ühte sotsio-ökoloogilisse süsteemi. [6]

Resilientsus kui mõiste sai alguse bioloogiast, ökosüsteemide uurimisest ning resilientsuse teooria rakendamine on praegugi kõige laiemalt seotud loodus-katastroofide ja ökoloogiliste muutuste tagajärgedega toimetuleku parandamisega. Resilientsuse kontseptsiooni on rakendatud väga erinevate ülesannete puhul, sh keskkonnauuringutes, katastroofide ennetamises, kliimamuutuse vähendamise strateegiates ja muudes loodusega seotud prognoosides. [5]

Arhitektuuris on resilientsuse mõiste kasutusel eelkõige erinevate ruumilise lahenduse paindlikkust

tõstvate strateegiate ja meetodite väljatöötamisel. „Energiatõhususe juhendmaterjal ja metoodika peaprojekterijatele ja arhitektidele” on liigitanud resilientse arhitektuuri põhimõtteid, meetodeid ja projekteerimise strateegiaid järgmiselt: [5, lk 49]

„Loogilis-analüütiline projekteerimismudel resilientsuse suurendamise meetodina. Arhitektuurne projekteerimine, mis põhineb teaduslikele ja teoreetilistele uuringutele on teaduslikult põhjendatud ning põhineb probleemide analüüsil ja lahenduste hindamisel on oluliselt suurema resilientsuse potentsiaaliga võrreldes meelelise-traditsioonilise ainult kogemustele tugineva ja subjektiivse arhitektuurse lahenduse valiku tegemisega. See ei puuduta ainult hoone välisilme kompositsioonilist esteetikat vaid eelkõige põhimõttelist hoone tüpoloogia kontseptsiooni ning põhiideed.”

„Parameetriline ja generatiivne projekteerimine on üheks resilientsuse meetodiks, kuna projekteerimisprotsess ei ole enam rangelt hoone lõpptulemusele orienteeritud vaid väljendab hoone või selle osakogu protsessi programmeerimist ja kirjeldamist läbi omavaheliste suhete. See võimaldab projekteerimisprotsessi lõpptulemusel – hoonel olla painduvam ja muutuda edukamalt vastavalt tuleviku ebamäärasusele kui staatilise projekteerimise puhul. Parameetriline projekteerimine võimaldab evolutsiooniliste algoritmide kasutamist projekteerimisprotsessides, mis võimaldab hoone või hooneosa optimeerimist

võimalikult efektiivse lõpptulemuse jaoks. Kuna parameetrilise projekteerimise puhul on võimalik algparameetreid ja seeläbi ka lõpptulemust valemis muuta, mistõttu on selline protsess ja lõpptulemus suurema kohanemisvõimega. Energiatõhususe kontekstis üheks parameetrilise projekteerimise praktilisimaks näiteks on hoone päikesevarjestuse hulga optimeerimine vastavalt akende hulgale, varjestuselementide suurusele ja akende paiknemise ilmakaarte osas.”

Resilientsus väljendub arhitektuuri puhul hoone kestlikkuses ja vastupidavuses ajale. Resilientset hoonet iseloomustavad vastupidavuse kõrval ka ehitusviisid, mis lubavad hoones kergesti parandustöid teha, samuti energiakasutuse mõttes passiivsed lahendused. See eelkõige tähendab, et hoonetes tuleb vähendada lühikese elueaga materjalide hulka ja kasutada kulukate tehnosüsteemide asemel võimalikult palju passiivseid lahendusi, mis on oma olemuselt palju töökindlamad ja ei vaja hooldust. [7]

Hoonete puhul tähendab resilientsus nn ennetavat lähenemisnurka, kus püütakse näha ette tulevikustenaariume ning arvestada võimalike ohtudega [8].

Tulevikukindluse saavutamiseks tuleks järgida järgnevaid põhimõtteid: [9, autori tõlgendus]

- Resilentsust peaks käsitlema erinevatel tasanditel, seda nii üksikute hoonete, kogukonna kui ka ökosüsteemi tasandil; samuti erinevas ajaskaalas: nii lühi- kui ka pikas vaates.
- Resilentsed lahendused peavad vastama inimese põhivajadustele.
- Mitmekesisus aitab kogukondadel, ökosüsteemidel, majandusel ja sotsiaalsetel süsteemidel muutustele paremini reageerida ja muudab need paindlikumaks.
- Looduse tundmine ja sellest õppimine aitab suurendada säilenõtkust. Looduslikud süsteemid on kujunenud pika aja jooksul ja on oma olemuselt resilentsed. Looduskeskkonda kaitsvad strateegiad suurendavad kõigi elussüsteemide vastupidavust.
- Resilentsus näeb ette ja arvestab dünaamiliste tulevikumuutuste ja väljakutsetega, olgu nendeks näiteks kõrge(m) temperatuur, intensiivsemad tormid, merepinna tõus, üleujutused, põud või kulutulekahjud.
- Looone disainimisel tuleks kasutada ja arvestada kliimaandmetega, mida on analüüsitud arvutuste ja mudelprognooside abil.
- Resilentsust aitab tõsta vastupidavus, mis puudutab lisaks ehituspraktikale ka arhitektuuri ehk ehitiste (ilusad hooned säilivad ja kestavad kauem), infrastruktuuri ja ökosüsteemide kavandamist.
- Lihtsad, paindlikud ja passiivsed süsteemid on vastupidavamad kui keerulised lahendused, kuna nad ei vaja pidevat hooldust ega parandamist. Paindlikud lahendused suudavad muutuvate tingimustega kohaneda nii lühemas kui ka pikemas perspektiivis.
- Kohalikud taastuvad või taaskasutatavad ressursid tagavad suurema vastupidavuse kui sõltuvus taastumatutest või kaugelt tulevatest ressurssidest.
- Sotsiaalne sidusus on oluline, kuna kultuuriliselt mitmekesised kogukonnad, kus inimesed tunnevad ja austavad üksteist ning hoolivad üksteisest, on kriisilukorras resilientsemad.
- Resilentsus ei ole absoluut, mida oleks võimalik saavutada ühekorraga, vaid see ehitatakse üles samm-sammult.

2.2 KLIIMAMUUTUSTEST TINGITUD OHUD JA RISKIDE MAANDAMINE

Kliimasoojenemine on tingitud sellest, et maapõuest kaevandavatest fossiilkütustest lisatakse planeedi aineringettesse aina juurde kasvuhoonegaase, mis takistavad päikesekiirgusest tuleneva soojuse peegeldumist Maalt tagasi maailmaruumi [10]. Kasvuhooneefekti tõttu kiirgub umbes pool Maalt soojuskiirgusena lahkuvast energiast tagasi maapinnale [11].

Globaalse soojenemise suurimaks põhjustajaks on inimtegevuse tagajärjel tekkinud CO₂. Aastaks 2020 oli selle kontsentratsioon atmosfääris 48% kõrgem, kui see oli enne 18. sajandi tööstusrevolutsiooni. Võrreldes tööstusrevolutsioonieelse tasemega on maailma keskmine temperatuur tõusnud tänaseks päevaks 1,1 °C võrra. Inimtekkelise kliimasoojenemise tõttu tõuseb ühe aastakümne kestel keskmine temperatuur 0,2 °C [12]. ÜRO 2018. a lõpus avaldatud kliimaraport hoiatab, et kui keskmine temperatuur tõuseb veel 1,5°C, võib see põhjustada selliseid tagajärgi, millega toimetulek kõikis inimestele üle jõu [13].

Praeguseks on kliimamuutuste mõjud hakanud avalduma kogu maailmas. Järgnevalt on välja toodud kliimamuutustest tingitud ohud:

- Globaalne soojenemine on peamiseks põhjuseks, miks sulavad liustikud ja polaarjää. Koos tingivad need muutused meretaseme tõusu, mis omakorda

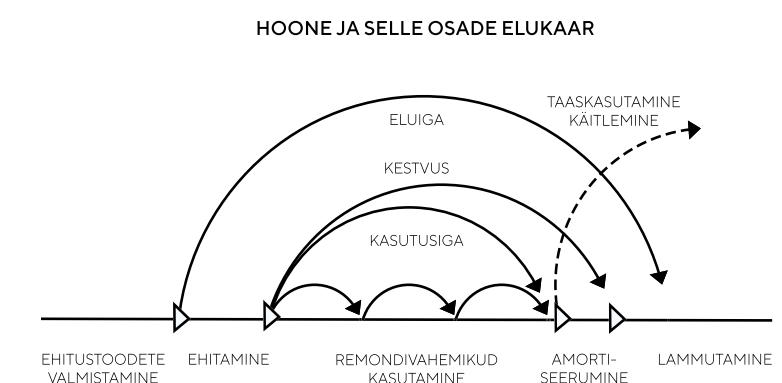
põhjustab rannikualade ning madalate piirkondade üleujutamist ja erosiooni [14]. Keskmiseks maailmamere taseme tõusuks prognoositakse aastaks 2100 kõige ekstreemsema stsenaarium korral 2,5 m [15].

- Sagedavad tugevad vihasajud ja muud äärmuslikud ilmastikunähtused, mis võivad kaasa tuua üleujutusi ja vee kvaliteedi halvenemist. Mõnes piirkonnas võib lisaks põhjustada ka veevarude vähenemist [13]. Samuti võivad ekstreemsete ilmaolude tõttu suurened hoonete puhul kinnisvarakahjustused [16].
- Kõrgemate temperatuuritõttu esineb ühasagedamini kuumalaineid, metsatulekahjusid ja põuaperioode [14]. Samuti muutuvad äärmuslikud temperatuurid veel kõrgemaks ja temperatuuri kõikumine päeva jooksul väheneb [16].
- Kiire kliimatingimuste muutumine seab palju taime- ja loomaliike suurenenud väljasuremisohu [14].

Magistritöö projektiosa koostamisel on kirjeldatud kliimamuutustest tingitud ohte silmas pidades loodud arhitektuurne lahendus, mis aitaks võimalikult suurel määral väljatoodud riske maandada. Näiteks, hoonele on rajatud rohekatus, mis aitab paduvihmade korral vähendada valgevee hulka. Samuti asub hoone suuremas osas maa all, mis võimaldab hoida sisetemperatuuri stabiilsena.

2.3 HOONE ELUKAAR, OLELUSRING

Hoone energiavajadus ei teki mitte tema käikuvõtmisel, vaid juba oluliselt varem. Maja CO₂ emissiooni peaks hakkama arvestama alates ehitusmaterjalide tootmisest ning lisama sinna hulka ka nende transportimisest ja maja ehitamisest tekkinud süsinikuheitme. Samuti ei lõpe emissiooni arvestamine mitte maja kasutuse lõppemisel (hülgamisel), vaid see jätkub maja lammutamisel ja jäätmete töötlemisel [17]. Seetõttu tuleb resilientse saavutamiseks hoonete puhul käsitleda hoone elukaart tervikuna. Hoone elukaareks loetakse hoone eluiga, mis hõlmab endas selle kavandamist, arendamist, projekteerimist, ehitamist, kasutamist, haldamist ja hilisemat lammutamist ning taaskasutamist [18] (vt joonis 1.). Hoone elukaare sisse loetakse ka hoone ehitamiseks vajalike materjalide tootmist ja kaevandamist.

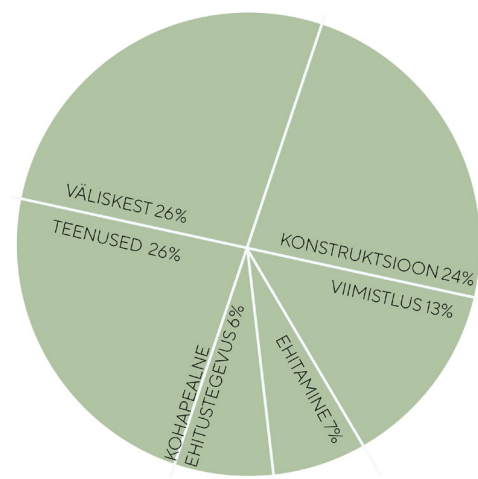


Joonis 1. Elukaare kavandamine. Allikas: R. Hakala, Enrocon Oy.

2.4 SISENDERGIA

Materjalide puhul on oluliseks omaduseks nende sisendenergia. See on materjali primaarenergia tarbimise hulk, mis on kulunud toorainete kaevandamiseks, transportimiseks, töötlemiseks ning materjalide paigaldamiseks, hooldamiseks ja hilisemaks utiliseerimiseks eluea lõpul [19]. Primaarenergia on aga ühe kilovatt-tunni tarnitud energia tootmiseks vajalike esmane energiahulk taastuvast ja mittetaastuvast energiaallikast [20].

Materjalide sisendenergia hindamiseks on kasutusel mitmeid erinevaid meetodeid, mis arvestavad kulutatavat energiat, tehes seda aga erinevates ajavahemikes – hällist väravani (cradle to gate), hällist platsile (cradle to site) või hällist hauani (cradle to grave) [19].



Joonis 2. Sisendenergia protsentuaalne osakaal koguehitusest. Allikas: R. J. Cole ja P. C. Kernan, 1996.

Kõige parema ülevaate annab hällist hauani meetod, kuna see hindab materjali sisendenergiat kogu elukaare ulatuses.

Hoone kogu sisendenergiast moodustavad kõige suurema osa hoone kandekonstruktsioonid, välisfassaad ning tehnosüsteemid [21]. Kõige väiksema sisendenergiaga on konstruktsioonimaterjalidest puit, mille sisendenergiakulu on kogu elukaart arvesse võttes 2,00 MJ/kg. Betooni puhul on see näitaja 12,5 MJ/kg, olles puidu omast 6 korda kõrgem. [22]

Kuigi betooni sisendenergia ületab puidu oma, siis teatud juhtudel on betooni eelistamine puidu ees siiski õigustatud, kuna see võib aidata vähendada operatiivset energiat hoone kasutusfaasis. Näiteks betooni suur soojusmahtuvus võib oluliselt aidata vähendada jahutus- ja küttevajadusi hästi projekteeritud ja soojustatud passiivsetes hoonetes, mis omakorda väljendub hoone eluea lõpuks süsinikuneutraalsuses. [23]

2.5 EHITUSMATERJALID

Resilientsuse suurendamiseks tuleks ehitusmaterjale võimaluse korral kaevandada ja toota piirkonnas, kus ehitusplats asub, et minimeerida nende transpordiga kaasnevat energiakulu. Võimaluse korral tuleks ehitise komponente valmistada väljaspool tootmiskohta ja tarnida objektile, et maksimeerida väljaspool tootmist kasutatavate toodete eeliseid, sealhulgas jäätmete minimeerimine, ringlussevõtu maksimeerimine (kuna

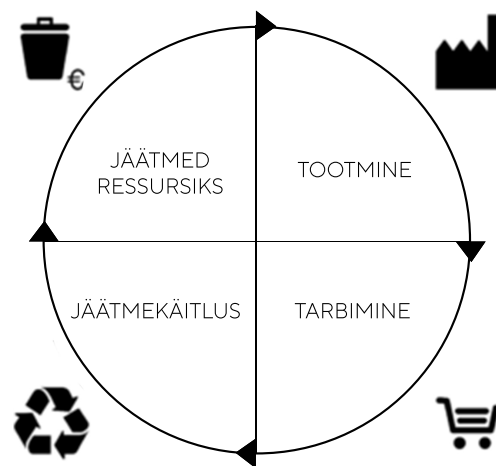
tootmine toimub ühes kohas), kvaliteetsed elemendid ja vähem müra ja tolm. [7]

Jätkusuutlike materjalide omadused: [7]

- **vastupidavus** – vajavad ainult vähest hooldust ja on traditsioonilised materjalid, millel on olnud pikk kasutamise ajalugu;
- **taaskasutatavus** – materjalid, mis on päästetud eelmisest projektist ja vajavad vähe muudatusi või ümbertegemist ning seetõttu vähe energiakulusid;
- **valmistamisel** kasutatakse taastuvaid ressursse;
- **moodustavad** kõrget siseõhu kvaliteeti, mistõttu ei sisalda formaldehüüdi ja teisi lenduvaid orgaanilisi ühendeid;
- **sisaldavad** ringlussevõetud sisu;
- **pärast** esmase kasutamise lõppu saab neid taaskasutada;
- neid toodetakse kohapeal.

2.6 RINGMAJANDUS

Ringmajandus on tootmis- ja tarbimismudel, mille puhul olemasolevaid tooteid ning materjale jagatakse, laenatakse, korduvkasutatakse, parandatakse, uuendatakse ja võetakse ringlusse võimalikult kaua. Selle abil pikendatakse toodete olelusringi. Praktikas tähendab see, et jäätmeid tuleb vähendada nii palju kui võimalik. Kui toote kasutusaeg lõpeb, jäetakse toote koostisosad võimaluse korral majandusse uuesti ringlema. Korduvkasutusega luuakse toodetele uut lisandväärtust. Ringmajandust eristabki nn traditsioonilisest lineaarsest majandusmudelist see, et viimase puhul valmistatakse toorainest toode ja tarbija viskab selle pärast kasutamist ära. See mudel põhineb suuresti odavatel ja kergesti kättesaadavatel materjalidel ja energial. [24]



Joonis 3. Ringmajandus. Allikas: Tartu ärinõudla, 2018.

2.7 ADAPTIIVNE ARHITEKTUUR

Üheks võimalikuks meetodiks suurendada arhitektuuris tulevikukindlust on kasutada lahendusi, mis on kohanemisvõimelised ja mis toimivad ka erinevate muutuvate keskkonnategurite või väljakutsete kiuste. Robert Kronenburg on kirjutanud oma raamatus "Flexible: Architecture that responds to Change" [25, lk 115]: "Arhitektuur, mis on planeeritud kohanemisvõimeliseks näitab, et tulevik ei ole kindlaks määratud ja muutused on vältimatud, mistõttu on oluline luua raamistik, mis võimaldab teha muudatusi."

Adaptiivne arhitektuur tähendab, et hooned on disainitud kergesti kohanema või reageerima erinevatele muutustele hoone funktsioonis, kasutusmustris, kasutaja vajadustes või muudele keskkonnast tulenevatele teguritele [26]. Kõige lihtsam on näha adaptiivsust äri-, kontori ja jaemüügipindade projektides. Need on kavandatud selliselt, et nad sobiksid võimalikult paljude siseplaneeringuliste lahendustega ning toimiksid vastavalt sisearhitektide, klientide ja töövõtjate soovidele. [5]

Arhitektuursed võtted, mis lubavad hoonetel kohaneda: [26]

- Standardiseeritus – hoone ehitamiseks kasutatakse tehases toodetud elemente, mida on võimalik vahetada või taaskasutada.

- Etapilisus – hoone planeerimisel võimaldab etapilisusega arvestamine hiljem hoonet palju lihtsamalt laiendada või teha vajalikke muudatusi.
- Paindlik ruumitüpoloogia – hoone kandesüsteem on planeeritud nii, et hoone eluea jooksul saab võimalikult paindlikult muuta ruumide funktsioone.
- Tööüprojektide kasutamine – lubab hoonetel sobituda erinevatesse keskkondadesse.
- Teisaldatavus – hooned, mida on võimalik transportida erinevasse asukohta vastavalt vajaduste muutumisele, näiteks treilereid, karavane, laevu ja kosmosejaamu.
- Automatiseeritus – võimaldab kasutajatel liigutada, pöörata või muuta hoone interjööri või eksterjööri paiknevaid osi nii käsitsi kui ka automaatselt. Võimalik on programmeerida automaatset süsteemi nii, et see muutuks vastavalt käitumismustritele, ajale või algsisenditele. Näiteks "targa maja" puhul on automatiseeritud hoone tehnosüsteemide toimimine.
- Dünaamilised fassaadilahendused – varjestuse süsteemid, mis muutuvad vastavalt ajale ja vajadustele [5].

2.8 LOODUSEST ÕPPIMINE, BIOMIMIKRI

Inimkond on sageli probleemide lahendamiseks otsinud inspiratsiooni loodusest, kuna loodus on kujundanud oma keerukaid süsteeme väga pika aja jooksul ja suutnud need viia täiuslikkuseni. Kui inimese loodud süsteemid on pigem ebastabiilsed, siis loodus on oma olemuselt jätkusuutlik, mistõttu on disainiprobleemide lahendamiseks ja resilientsema tuleviku loomiseks looduselt palju õppida.

Sellist disainimise viisi, mis kasutab ja imiteerib looduse toimimise mehhanisme, nimetatakse biomimikriks.

Arhitektuuris saab eristada kolme biomimikri taset: organism, käitumine ja ökosüsteem. Organismi tasandil vaatleb arhitektuur elusolendit ja rakendab selle vormi, kuju või struktuuri hoonele. Biomimikri käitumuslik aspekt jäljendab, kuidas organism suhtleb ümbritseva keskkonnaga ning sobitub sinna. Ökosüsteemi tasandil vaatleb biomimikri, kuidas on keskkonna erinevad komponendid omavahel üksteisega seotud. [27]

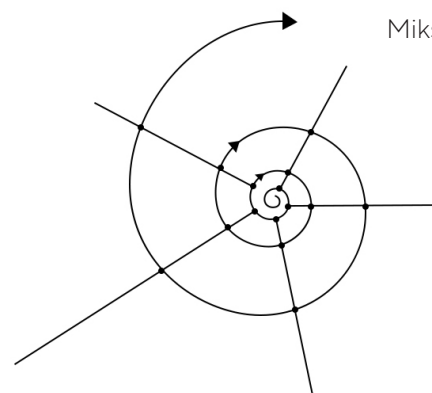
Biomimikri rakendamiseks kasutatakse disainispiraali meetodit [28]. See tööriist käsitleb disainiprotsessi spiraalina, alustades probleemi määratlemisest, seejärel otsides inspiratsiooni loodusmaailmast, millele järgneb hindamine, kas lõplik kujundus jäljendab loodust

kõikidel tasanditel: vorm, protsess ja ökosüsteem. Loodusele lähenemiseks on kaks võimalust: lähtumine disainist ja otsimine loodusest (probleemi määratlemine ning loodusest sarnase probleemi ja lahenduse otsimine) või "loodusest disainini" (looduse uurimine ja looduse toimimispõhimõtete rakendamine inimeste probleemidele lahendus(t)e disainimisel). Lühidalt, probleemi tuvastamise järel tuleb see kanda üle bioloogiasse ja seejärel leida loodusest analoogiaid, mida on mõistlik või asjakohane disainis rakendada. [29]

Hinnake oma disaini vastavalt looduse põhimõtetele:
Kas teie disain suudab kohaneda ja areneda?
Kas teie disain loob elule soodsad tingimused?
Kuidas saaksite oma disaini paremaks muuta?

Jäljendage looduse strateegiaid:

Mõelge välja mitu lahendust;
Vaadake tagasi avastamisfaasi;
Konsulteerige bioloogia ekspertidega;
Minge tagasi oma mudeli juurde ja leidke



Avastage looduslikke mudeleid:

Minge välja;
Mõelge nii sõnasõnalistele kui ka metafoorsetele mudelitele;
Uurige kirjandust;
Korraldage ajujaht bioloogidega.

Sõnastage disainiprobleem:

Mida soovite, et teie disain teeks?
Miks soovite, et teie disain teeks just seda?

Uuri probleemi läbi bioloogia:

Tehke kindlaks funktsioonid;
Küsi kuidas loodus seda funktsiooni täidab?
Sõnastage uuesti ümber küsimused;
Määratlege elupaigatingimused;
Defineeri ja kanna looduse põhimõtted üle disainiparameetriteks.

Joonis 4. Disainispiraal. Allikas: K. Ojavee, 2013.

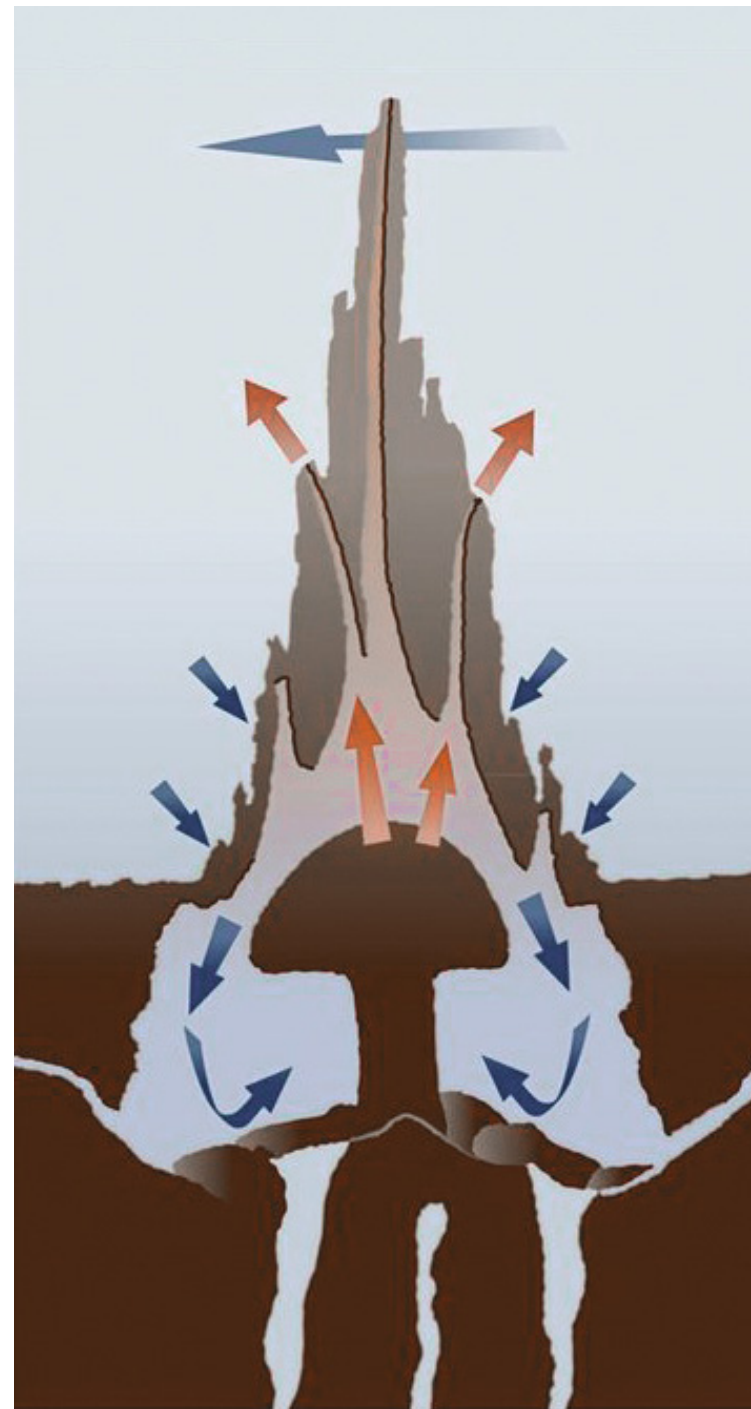
Siinkohal on toodud välja mõningad näited, mille puhul on oskuslikult kasutatud looduse disaini ja leitud konkreetsetele probleemidele lahendused, mis aitavad ka tõsta hoone kestlikkust ja tulevikukindlust:

Eastgate'i keskus

Harare, Zimbabwe; Mick Pearce

Eastgate'i keskuse puhul on sisekliima tagamine lahendatud oskuslikult loomuliku ventilatsiooni abil. Selleks on saadud inspiratsiooni termiidipesa struktuurist. Termiidipesa toimib selliselt, et jahe õhk tuleb pesa alumisest osast sisse, sealt juhitakse see edasi tunnelitesse, kus õhk soojeneb ning kerkib ülespoole ning liigub õhukanalite teel pesast välja. Seejärel siseneb kaotatud kuuma õhu asendamiseks pesa veel rohkem jahedat õhku, mis omakorda soojeneb ja liigub ülespoole. Nii tekibki pesas loomulik õhuringlus. [30]

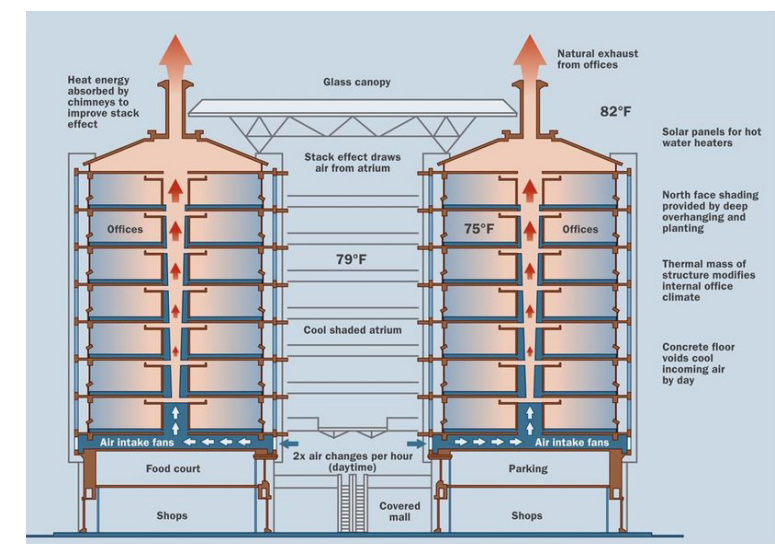
Eastgate'i keskuse õhuringlus toimib samamoodi, kuid lisaks on see varustatud väikese võimsusega varuventilaatoritega, mis aitavad tuua öösel külma õhku sisse, jaotada seda kogu hoones laiali ning niiviisi jahutada hoone maha. Kui õhk päeva jooksul aga soojemaks muutub, siis juhitakse see ventilatsioonišahtide kaudu läbi katuse hoonest välja. [30] Selline lahendus kasutab 35% vähem energiat, kui seda teeks sama suurusega täielikult sundventilatsiooniga lahendatud hoone [31].



Joonis 6. Termiidide pesa. Allikas: Ask Nature, 1996.



Joonis 5. Eastgate'i keskus. Allikas: Livin Spaces, 2018.



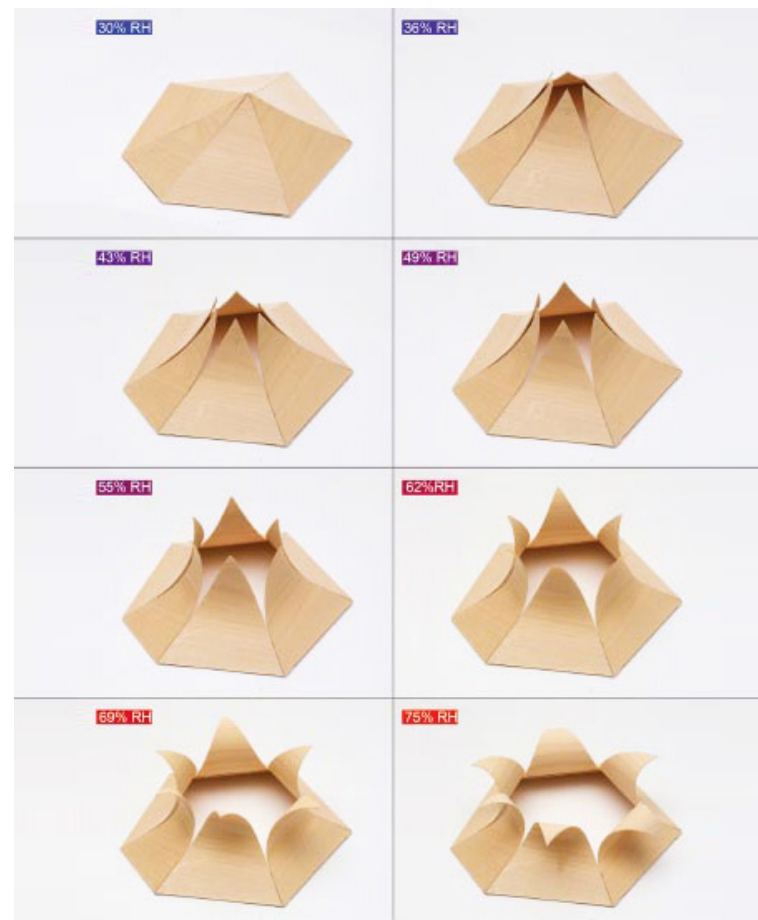
Joonis 7. Eastgate'i keskuse lõige. Allikas: Ask Nature, 1996.



Joonis 8–9. Faz'i paviljon. Allikas: A. Menges, 2010.



Joonis 10. Käbi avanemine. Allikas: Nature of cities



Joonis 11. Vineeri reageerimine niiskusele. Allikas: Nature of cities

FAZ-i paviljon

Frankfurt, Saksamaa; Achim Menges

FAZ-i paviljoni kujundus tugineb okaspuude käbide bioloogilistele põhimõtetele. Paviljon on tehtud õhukestest vineerpuidust elementidest, mis reageerivad õhuniiskusele, samamoodi nagu käbid, mis päikselise ilma korral avavad oma soomused ning vihma korral sulgevad need. Nii muutub ka paviljoni katus vastavalt ilmale, olles kas täielikult avatud või siis moodustanud vihmakindla pinna. Selline lahendus loob ainulaadse ruumikogemuse, kasutades selleks ainult materjali loomupäraseid omadusi. Paviljoni puhul on vineer justkui sensor, mis reageerib ja muutub, tehes seda ilma elektroonilisi või mehaanilisi vahendeid kasutamata. [32]

Montreali konverentsikeskus

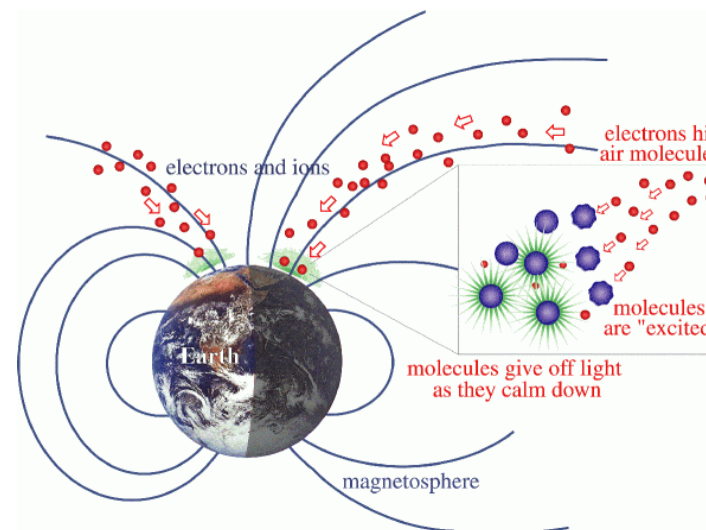
Montreal, Kanada; AEdifica

AuREUS päikesepaneelid – Carvey Ehren Maigue

Montreali konverentsikeskuse fassaad on moodustatud läbipaistvatest päikesepaneelidest, mis toodavad elektrit ultraviolettkiirgusest. Päikesepaneelide väljatootamisel on saadud inspiratsiooni virmalistest [33]. Looduses tekivad virmalised, kui atmosfääris olevad luminesentssete omadustega õhusakesed ergastatakse ultraviolet- või gammakiirte poolt. Kuna need õhusakesed hakkavad püüdlema tagasi oma algse neutraaloleku juurde, siis liigsest energiast vabanemiseks kiirgavad nad selle välja valgusena [34]. Sama põhimõtet järgivad ka AuREUS päikesepaneelid, mis on tehtud läbipaistvast vaigust ja kuhu on lisatud toidujäätmetest eraldatud luminesentsosakesi. Kui neid osakesi tabab UV-valgus, hakkavad nad neelama ja peegeldama valgust. Nähtava valguse peegeldused omakorda koondatakse paneelide servadesse, kus PV-elementid need kinni püüavad ja elektriks muundavad. [33]



Joonis 12. Päikesepaneel. Allikas: Dezeen, 2020.



Joonis 14. Virmaliste tekkeskeem. Allikas: Earth Sky, 2017.



Joonis 13. Montreali konverentsikeskus. Allikas: Dezeen, 2020.



Joonis 15. Virmalised. Allikas: Tor-Ivar Næss

2.9 ENERGIATÕHUSUS

Energiatõhususeks loetakse kasuliku ja kulutatud energia suhet [35]. Energiatõhus tähendab hoone puhul, et on kasutatud väga hea soojusisolatsiooniga välispiirdeid, soojapidavaid aknaid, efektiivset valgustust, soojustagastusega ventilatsiooni, soojusallikaid, ja lisaks on nii kütte- kui jahutusenergia vajaduse vähendamisel kasutatud passiivseid meetmeid [36].

Hoone energiatõhusust kirjeldatakse energiatõhususarvuga $ETA \text{ W/(m}^2\text{K)}$, mis on aastane arvutuslik summaarne tarnitud energiate kaalutud erikasutus hoone standardkasutusel. Energiatõhususarv võtab arvesse primaarenergia kasutuse ja selle keskkonnamõju ning käsitleb hoone energiatarbimist tervikuna. [37] Kui hoone vastab kehtestatud energiatõhususe nõuetele, loetakse selline hoone kuluoptimaalse energiatõhususega hooneks [38].

„Energiatõhususe juhendmaterjal ja metoodika peaprojekterijatele ja arhitektidele” [5] on toonud välja, et hoone energiatõhususe saavutamiseks tuleks järgida järgnevaid põhimõtteid:

- **T**ark asend – läbimõeldud hoone asendiplaaniline paiknemine tagab päikeseenergia efektiivse kasutamise;

- **A**rhitektuurne maht ja vorm – hoonel peab olema tagatud mõistlik kompaktsus ja väike vormifaktor;
- **F**assaadide soojapidavus – tõhusate soojustusmaterjalide kasutamine vähendab soojuskadusid;
- **A**kende osakaal, valguse läbilaskvus, varjestus – läbimõeldud akende suurus ja nende varjestus aitab oluliselt vähendada kütte- ja jahutuskulusid;
- **E**fektiivsed tehnosüsteemid – täpselt hoone vajadusi arvestavad süsteemid tagavad maksimaalse energiasäästu;
- **L**okaalne taastuvenergia – päikesest, tuulest või veest toodetud soojus- või elektrienergia kasutamine võimaldab saavutada nõutavat energiatõhususe taset.

2.10 ENERGIAVARUSTUS

Energiatõhususe saavutamiseks peaks hoone energiaravustus baseeruma taastumatel kohalikel energiaressurssidel, mida hallatakse nutikate lahenduste abil. Lokaalne taastuvenergia taandub büroo- ja mitteeluhoonete puhul suures osas soojuspumpadele ja päikesepaneelidele. Päikesekollektorite ja lokaalsete tuulikute kasutamine ei ole nende hoone tüüpide puhul kõige otstarbekam, kuna päikesekollektoritel ei ole märkimisväärset

kasutusotstarvet sooja tarbevee vähese kasutuse tõttu ning lokaalsed tuulikud ei paku hoonete kõrgusel nimetamisväärset tootlust. Samuti kuuluvad taastuvenergia alla kaugküttes kasutatavad taastuvkütused, mis võetakse arvesse kaugkütte energiakandja kaalumisteguris. [5]

2.10.1 PÄIKESEPANEELID

Päikesepaneelide süsteemi kavandamisel on oluline tagada, et moodulid ei oleks varjutatud, isegi mitte osaliselt, sest sellel võib olla väga negatiivne mõju lõppväljundile. Hoonele on võimalik lisaks katusele paigaldada päikesepaneelid ka fassaadidele, kuid seejuures tuleb arvestada, et nende kasutegur on väiksem kui optimaalselt orienteeritud katusepaneelidel. [4] Päikesepaneelide paigaldamisel Eestis on kõige optimaalsem suunata need otse lõunasse maapinna suhtes 40° nurga all. Kagu või edela suunal väheneb päikesepaneeli tootlikkus keskmiselt umbes 5% ja ida või lääne suunal kuni 20%. [39]

2.11 HOIDLATE SISEKLIIMA ALUSED

Hoidlate sisekliimale sätestab peamised suunised Riigi Kinnisvara AS juhendmaterjalina välja antud „Muuseumide sisekliimanõuded”. Juhend toonitab, et muuseumi sisekliima kavandamisel tuleb aluseks võtta muuseumiseadus, kuid museaalide säilimise eest vastutab muuseum ise. Hoidla ruumides on eelkõige oluline tagada stabiilne niiskusrežiim ja temperatuur. Hoidlad peavad olema ülejäänud ruumidest selgelt eraldatud ning neid peab teenindama sõltumatu ventilatsioonisüsteem. [3]

Hoidla projekteerimisel ja sisekliima kujundamisel tuleb lähtuda järgnevatest põhimõtetest: [40]

- Museaalidele mõjuvad laastavalt suhtelise õhuniiskuse suured kõikumised (hoidlate suhtelise õhuniiskuse kõikumine ei tohiks ületada 10% ööpäevas).
- Hetkelised kõikumised, mille kestus jääb alla 1 h, ei oma olulist mõju.
- On lubatud sujuva üleminekuga sesoonsed erinevused, mis võimaldavad materjalidel muutustega jõuda kohaneda.
- Tuleb eelistada võimalikult passiivseid meetmeid sisekliima hoidmiseks.

2.11.1 TEMPERATUURI HOIDMINE

Museaalidele turvaline pikaajaline keskmine ruumiõhutemperatuurpeaolemavahemikus 15–25 °C. Lubatud on seejuures siseõhutemperatuuri lühiajaline kõikumine ± 2 °C. Aktsepteeritakse ka sesoonset temperatuurikõikumist, kus ruumiõhutemperatuur võib olla suvel 5 °C kõrgem pikaajalisest keskmisest ja talvel 10 °C madalam. [40]

2.11.2 NIISKUSREŽIIMI HOIDMINE

Niiskusrežiimi tuleb hoida ruumides, kus hoitakse museaale, mille säilitamiseks on vajalik tagada kindel niiskusrežiim. Ülejäänud ruumides, kus museaale ei hoita või museaalid ei nõua täpset niiskusrežiimi, ei kasutata üldjuhul niisutust. Kõrvalruume niisutatakse vaid juhul, kui nad hakkavad mõjutama hoone üldist sisekliimat. Üldjuhul on turvaline pikaajaline keskmine suhteline õhuniiskuse 45% kusjuures lühiajaline kõikumine võib olla $\pm 5\%$. Sujuva üleminekuga sesoonne niiskuse kõikumine on lubatud, kuid seejuures võib suvine maksimaalne suhteline õhuniiskuse olla kuni 10% kõrgem ning talvine kuni 10% madalam pikaajalisest keskmisest suhtelisest õhuniiskusest. [40]

2.11.3 NIISKE ÕHU OMADUSED

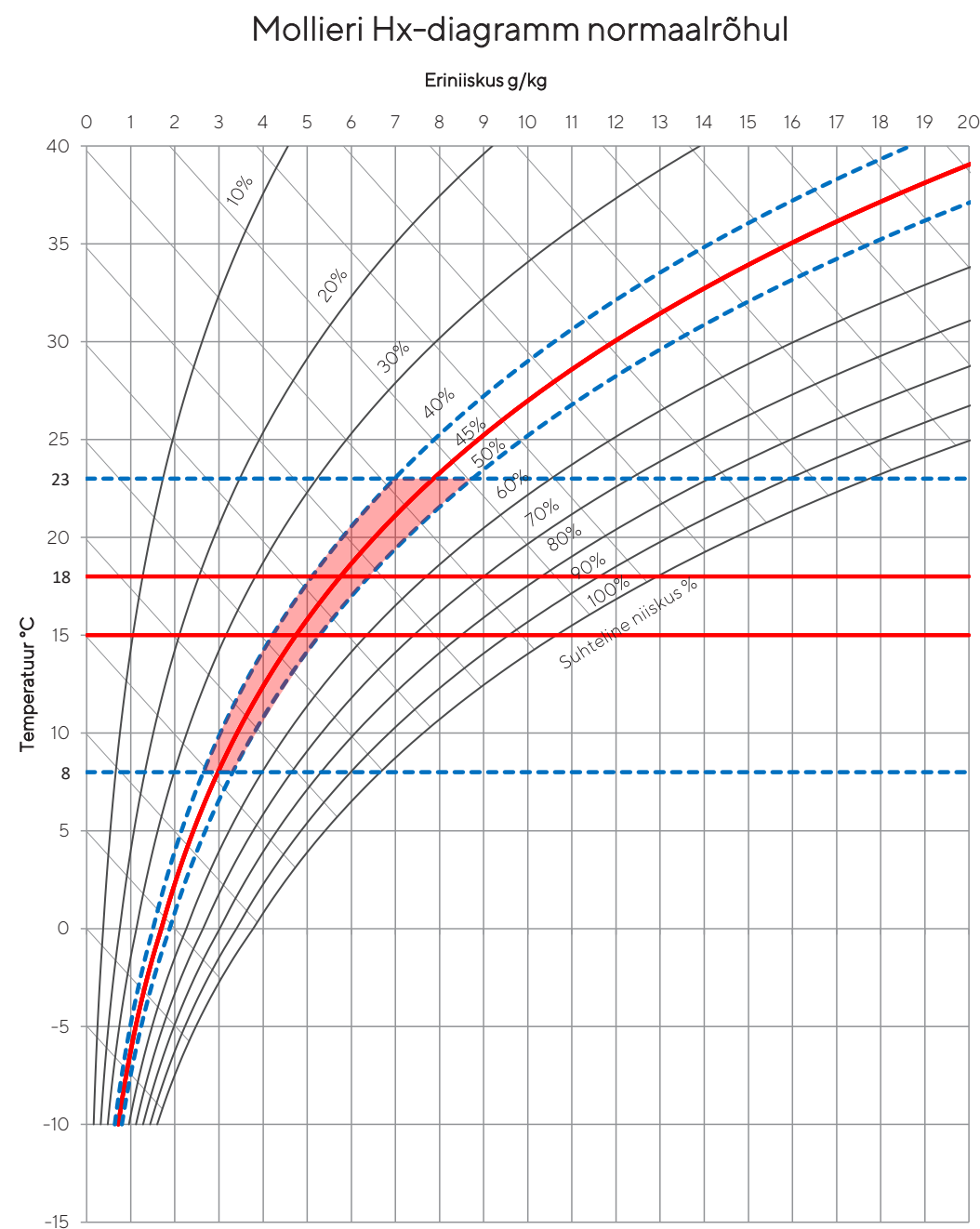
Õhuniiskuse on õhus olev veeauru sisaldus, mille hulk õhus oleneb mitmest tegurist, eeskätt temperatuurist [41]. Õhus sisalduvat niiskust on võimalik väljendada absoluutse hulga õhus (g/m^3 ; g/kg), veeauru

osarõhuna õhus (Pa) või suhtelise niiskuse RH (protsent maksimaalsest võimalikust õhuniiskusest vastaval temperatuuril). Maksimaalset veeauru kogust, mida õhk temperatuurist sõltuvalt mahutada suudab, nimetatakse küllastusniiskuseks. Selle korral vastab õhu RH väärtusele 100%. Temperatuuri tõustes tõuseb ka niiskuse maksimaalne võimalik sisaldus õhus. Samamoodi vastab kindlale suhtelisele õhuniiskuse tasemele kindel temperatuur, mil õhus olev vesi hakkab kondenseeruma. Sellises olukorras on tegu küllastustemperatuuriga, mis tähendab, et liigne vesi kondenseerub õhust veepiiskadena ja võib eralduda avatud pindadele, konstruktsioonidesse või ka õhku. [42]

2.11.4 MOLLIERI HX-DIAGRAMM

Mollieri hx-diagramm kirjeldab graafiliselt õhutemperatuuri, niiskusesisalduse ja entalpia omavahelist seost [43]. Hx-diagrammi vasak skaala kirjeldab õhutemperatuuri. Ülaosas olev skaala kirjeldab eriniiskust g/kg , mis näitab kui palju on ühes kilogrammis niiskes õhus veeauru kogus grammides. Kumerad jooned kirjeldavad suhtelist õhuniiskust protsentides. See skaala ulatub 0% suhtelisest õhuniiskusest kuni 100% suhtelise õhuniiskuse küllastusjooneni. Pärast seda joont ei suuda õhk enam niiskust hoida ja veeaur hakkab kondenseeruma. [44]

Mollieri hx-diagrammile (joonis 8.) on kantud hoidlate soovituslik temperatuurivahemik 15–18 °C (lubatud kõikumine +5 °C ja –10 °C) ning suhtelise niiskuse



Joonis 16. Mollieri hx-diagramm. Allikas: Engineering ToolBox, 2001.

väärtus 45% (lubatud kõikumine $\pm 5\%$). Joontega piiratud ala tähistab vahemikku, kus hoidla ruumiõhu punkt võib liikuda. Joonise abil on võimalik määrata, milline peaks olema hoidla sisetemperatuur, juhul kui välistemperatuur muutub, aga suhteline niiskus peab püsima stabiilsena.

Näiteks kui talvel, jaanuarikuus on keskmiseks õhutemperatuuriks 3°C ja suhteline õhuniiskus 88%, siis see tähendab, et õhus on absoluutset niiskust $4,12\text{ g/kg}$ [45]. Selleks, et hoidla suhteline niiskus oleks 45% ja samal ajal säiliks absoluutse niiskuse tase $4,12\text{ g/kg}$, siis tuleb langetada hoidlas temperatuur 13°C -le.

Suvisel perioodil on õhus rohkem absoluutset niiskust ning on oluline, et suhteline niiskus püsiks madal. Juuliku keskmiseks õhutemperatuuriks on $16,1^{\circ}\text{C}$ ning suhteliseks niiskuseks 89% [45]. Absoluutset niiskust on õhus $8,89\text{ g/kg}$. Suhtelise niiskuse ja temperatuuri hoidmiseks lubatud piirides tuleks suvisel perioodil õhku nii palju kuivatada, et absoluutset niiskust jääks $6,40\text{ g/kg}$.

Selliselt temperatuuri reguleerides on võimalik säilitada ühtlast suhtelise niiskuse

taset, ilma et peaks tehnosüsteemide abil hoidlat suurel määral eraldi kuivatama või niisutama. Siiski tuleb temperatuuri reguleerimisel silmas pidada, et see toimuks aeglaselt ning pika aja vältel.

2.11.5 NIISKUSLIK SIDUMINE

Hoidlate sisekliimat on võimalik stabiliseerida niiskust siduvate ja puhverdavate ehitusmaterjalide abil, millel on mõõduka suhtelise niiskuse juures märkimisväärne vee absorptsioonivõime. Sellised omadused on näiteks põletamata tellistel, puidul ja poorbetoonil. [46]

Niiskuspuhvri suurust väljendatakse veeauru mahuga, mis materjali poolt seotakse ja mida väljendatakse ekvivalentse ruumi ruumala suhtes. Kõige parem on see näitaja hästi ventileeritud, 5 cm paksusega perforeeritud tellisel. Selle puhvermaht on 27 m^3 ruutmeetri pinna kohta [46]. Hoidlate siseseinte katmisel põletamata tellistega, oleks suvisel perioodil tekkivat liigniiskust sellega võimalik siduda, ilma et peaks hoidlat hakkama tehnosüsteemide abil lisaks kuivatama.

2.12 MAA-ALUSTE RUUMIDE EELISED JA PUUDUSED

Maa alla ehitamisest võib leida palju eeliseid. Nendest suurimaks võib pidada seda, et maa-alune keskkond loob väga stabiilse keskkonna [47]. Maa-alused rajatised on vähem tundlikud äärmusliku välisõhu temperatuuri mõju suhtes ja nende disain pakub lisakaitset ekstreemsete ilmastikuolude, tugevate tuulte, rahetormide või teiste loodusõnnetuste eest. Maa-alused ehitised vajavad tunduvalt vähem ka välishooldust, kuna maa katab osaliselt või täielikult nende välisilme. Näiteks ei pea seetõttu ehitise välismaterjale värvima ja puhastama. Maasissekaevatud või maaga ümbritsetud hoone aitab suurendada ka hoone helikindlust. Enamik maa-aluseid hooneid sulanduvad ümbritsevasse keskkonda ja maastikku harmoonilisemalt kui tavalised hooned. [48]

Maa alla ehitamise puhul on peamiseks puuduseks maapinna kõrge loomulik niiskustase. Seda on aga võimalik vältida õigete ehitustehniliste võtetega ja lisades rajatisele vajalikud niiskustõkked. Varjuküljeks võib pidada ka ehituse algset kulu, mis võib olla kuni 20% kõrgem kui tavalisel ehitusel. Seda aga aitavad hiljem kompenseerida kütte- ja jahutuskulude pealt kokkuhoidmine. [48]

2.13 ELURIKKUSE TOETAMINE RUUMILOOMES

Elurikkus (ka bioloogiline ja looduslik mitmekesisus, biodiversiteet, loodusrikkus) tähendab eluvormide ohtrust. See sisaldab endas suurt hulka looma- ja taimeliike, nende elupaiku ning geene. Kõik see on ühenduses füüsilise keskkonnaga, moodustades ökosüsteeme, mis toetavad elusorganisme, kelle hulka kuulume ka meie ise [49]. Ökosüsteemid on isereguleeruvad ja arenevad tervikud. Kui need süsteemid on terved, on nende iseregulatsioon suunatud jätkusuutlikkusele ja tasakaalule, kui neid aga läbi mõtlemata mõjutada, on võimalik seda tasakaalu väga kergesti pöördumatult kahjustada [50].

Maailmas on looduslike liikide populatsioon vähenenud viimase 40 aastaga kuni 60% [51]. ÜRO 2019. aastal avaldatud raportis hoiatavad teadlased, et ligi 1 miljon hinnangulisest 8 miljonist liikide koguhulgast on liigitatud kui väljasuremise ohtlikeks ning paljud seda juba lähikümnenndite jooksul. Mõned teadlased kaaluvad isegi, et hetkel on käimas kuues massiline väljasuremise laine Maa ajaloos. Varasemalt tuntud massilised väljasuremised hävitasid hinnanguliselt 60–95% kogu liigirikkusest. Ökosüsteemil võib võtta sellisest sündmusest taastumine aega miljoneid aastaid. [52]

Terve ökosüsteem on meile eluks aga vajalik, kuna see filtreerib õhku ja vett, hoiab tasakaalus kliimat,

muudab jäätmeid tagasi ressursideks ning aitab kaasa põllukultuuride tolmeldamisele ja väetamisele. Lisaks varustab loodus meid toidu, ravimite ja materjalidega, pakub meile võimalusi veeta vaba aega ning on kasulik nii meie tervisele kui ka heaolule. [51] Taimed ning ookeanid on olulisel kohal süsiniku talletajatena. Samuti on suurel määral sõltuv elusorganismidest veeringlus [52].

Rohealade bioloogilise mitmekesisuse suurendamiseks tuleks lähtuda järgmistest põhimõtetest: [53]

Roheala planeerimisel tuleks need tsoneerida osadeks ning määrata tavapärase tiheda niitmistsükliga alad ning kohad, kus niitmine toimub harvem, vaid 1–2 korda aastas. Harvemalt niitmine aitab rohurinnet muuta mitmekesisemaks ning parandab putukate ja lindude toitumisvõimalusi.

- Rohealal tuleks paika panna ja määrata piirkonnad, mis on vähese külastatavusega ja kus niitmist ei toimugi. See annab võimaluse taimeseemnetele valmida ja pakkuda toitu lindudele.
- Määrata erinevate rinnete paiknemine ja osakaal.
- Alajastuses tuleks eelistada puu-, põõsa- ja rohttaimeliike, mis on pärismaiseid või neid võõrliike, mis on aastakümnete (aastasade) jooksul enda vastupidavust siinses keskkonnas tõestanud.

- Haljastuses tuleks vältida herbitsiidide, pestitsiidide ja turba kasutamist.
- Maha langenud ja surnud puit tuleks võimaluse korral jätta haljastusse alles, kuid seejuures tuleb arvestada, et see ei põhjusta otsest ohtu külastajatele.
- Haljastamisel tuleks kasutada erinevaid materjale. Näiteks kivid, kivi või erineva fraktsiooniga kruusase alaloomine on oluline putukatele ja kõigisoojastele.
- Rohealadele tuleks koostada kaitsekorraldus- või hoolduskavad ning viia seal kirjeldatud tegevused ka ellu.

Magistritöö projekti osa tugineb eelpool väljatoodule, mille kohaselt elujõuline ökosüsteem aitab meil võidelda kliimamuutustega ja sellega kohaneda, vähendades seejuures looduslike ohtude mõju. Kuna elusorganismid on osa ökosüsteemist, siis ühe liigi kadumine võib põhjustada väga suuri muutusi kogu toiduahelas. On võimatu täpselt teada, millised võivad olla massilise väljasuremise tegelikud tagajärjed, aga võib arvata, et just looduse mitmekesisus laseb meil praegusel hetkel edeneda. Seetõttu on projektiosa maastikuarhitektuurne lahendus suunatud just liigilise mitmekesisuse hoidmisele ja suurendamisele. [52]

2.13.1 ROHEKATUS

Rohekatused on hea viis, kuidas lihtsa võtte abil suurendada hoone resilentsust. Haljaskatus aitab tuua piiratud võimalustega linnakeskkonda rohkem rohelist ning selle läbi suurendada ka bioloogilist mitmekesisust.

Hästi kujundatud ja hooldatud rohekatuste võimalused: [54]

- Sadamevee reguleerimine – enamikus linna- ja äärelinna piirkondades on suurel hulgal sillutatud või täisehitatud pindu, mis takistavad sadamevee imendumist maapinda. Sellest tulenev liigne äravool võib kahjustada vee kvaliteeti, juhtides saasteaineid otse veekogudesse. Rohelised katused aitavad vähendada valgvee vooluhulka katusele kuni 65% ja lükata sellega vee imendumist maapinda kuni kolm tundi edasi.
- Energia – rohelised katused vähendavad hoone energiakasutust, jahutades katust ning tagades nii varjestust, suurt soojusmahtuvust kui ka isolatsiooni.
- Lurikkus ja elupaik – rohelised katused pakuvad taimedele ja loomadele (nt lindudele ja putukatele) uut elukeskkonda, suurendades seeläbi bioloogilist mitmekesisust.

- Linnad kui soojasaared – linnad on üldiselt soojemad kui muud piirkonnad, kuna betoon ja asfalt neelavad päikesekiirgust. Kuna linnade keskmine temperatuur on kõrge, siis suureneb seetõttu jahutusele kuluv energia, tekivad soojusega seotud haigused ja surmad ning suurem õhusaaste. Rohelised katused aitavad seda efekti vähendada.

- Katuse pikaajalisus – haljaskatused võivad kesta kuni kaks korda kauem kui tavalised katused.

- Esteetika – haljaskatused aitavad hoonel paremini sulanduda looduskeskkonnaga.

Eelpool mainitud arvesse võttes on käesoleva töö projekti osas kavandatud hoonele rajada haljastatud katuse, eesmärgiga aidata hoonel sulanduda paremini loodusega ning suurendada ala bioloogilist mitmekesisust.

3 PÄRANDIHOIDLA PROJEKT



3.1 LÄHTEÜLESANNE

Pärandihoid on muuseumi üks põhilistest ülesannetest, millest tulenevad ka muuseumide ülejäänud kultuurilise tasandi tegevussuunad, milleks on kultuuriväärtuste vahendamine ja tähendusloome, ning sealhulgas nende pakutavad majanduslikud ja ühiskondlikud hüved. Eesti muuseumikogudesse kuulub väärtuslik osa meie kultuuripärandist: praegu hoiustatakse riigile kuuluvates muuseumikogudes kokku 4,3 miljonit museaali. [55] Kui praeguseid hoiustamistingimusi ei parandata, satub Eesti hindamatute kultuuriväärtuste säilimine ohtu. Hetkel ladustatakse üsna sageli museaale isegi mitte hoidlates, vaid selleks hädapäraselt kohandatud ruumides või hoonetes, kus ei ole võimalik kliimat mõjutada ning ei ole tagatud tuleohutus. [55]

Käesoleva projekti eesmärk on kavandada Põhja-Eesti muuseumidele ühishoidla, mis aitab tagada Eesti rikkaliku kultuuripärandi pikaajalist säilimist ja uurimise võimalust kestlikul ja kohaneval moel. Hoidla on kavandatud kaasaegse kompetentsikeskusena, kuhu on lisaks koondunud ka hoiustamis-, konserveerimis-, koolitus ja digiteerimise võimekus.

Projektlahenduse lähteülesanne põhineb Muinsuskaitseameti, Eesti Arhitektide Liidu ja Riigi Kinnisvara ASi koostöös korraldatava Põhja-Eesti pärandihoidla arhitektuurivõistluse lähteandmetel [3]. Võistlusülesanne seab tingimusteks, et hoidla

oleks kaasaegne, võimaldaks hoidlateenuseid kasutavate muuseumide ja külastajate kiiret ja mugavat teenindamist ning oleks säästliku ülesehitusega, võimaldades säästvate tehnoloogiate kasutamist. Hoone peab olema lahendatud nullenergiahoonena, vastama muuseumide kogumise ning hoiustamise vajadusele lähima 30 aasta vältel. Samuti peab hoidla looma töötajatele suurepäraseks töötingimused, täitma pärandihoidla esindusfunktsiooni ning sobituma ümbritsevasse keskkonda.

Uuepärandihoidlagapeab tagamavajalikud tingimused museaalide säilitamiseks, konserveerimiseks, restaureerimiseks ja digiteerimiseks. Igapäevaselt on hoidlas ette nähtud klientide ja uurimissaali teenindamine ning museaalide väljaandmine muuseumide näitustele. Samuti peab pärandihoidlas lisaks saama läbi viia haridusprogramme, loenguid, praktikume ning koguhoidjate ja konservaatrite erialalisi täiendkoolitusi.

3.2 TÄNAPÄEVASED HOIDLAD. REFERENTSOBJEKTID

Lõputöö projektiosa koostamisel on analüüsitud referentsobjektidena hoidlaid, kus on kasutatud kestlikkuse põhimõtteid, mis on asjakohased käesoleva töö kontekstis. Siinkohal valik objektidest, mille puhul on oskuslikult lahendatud (pärandi)hoidlate spetsiifikasse puutuvaid tahke, mis aitavad tõsta hoone kestlikkust ja tulevikukindlust.

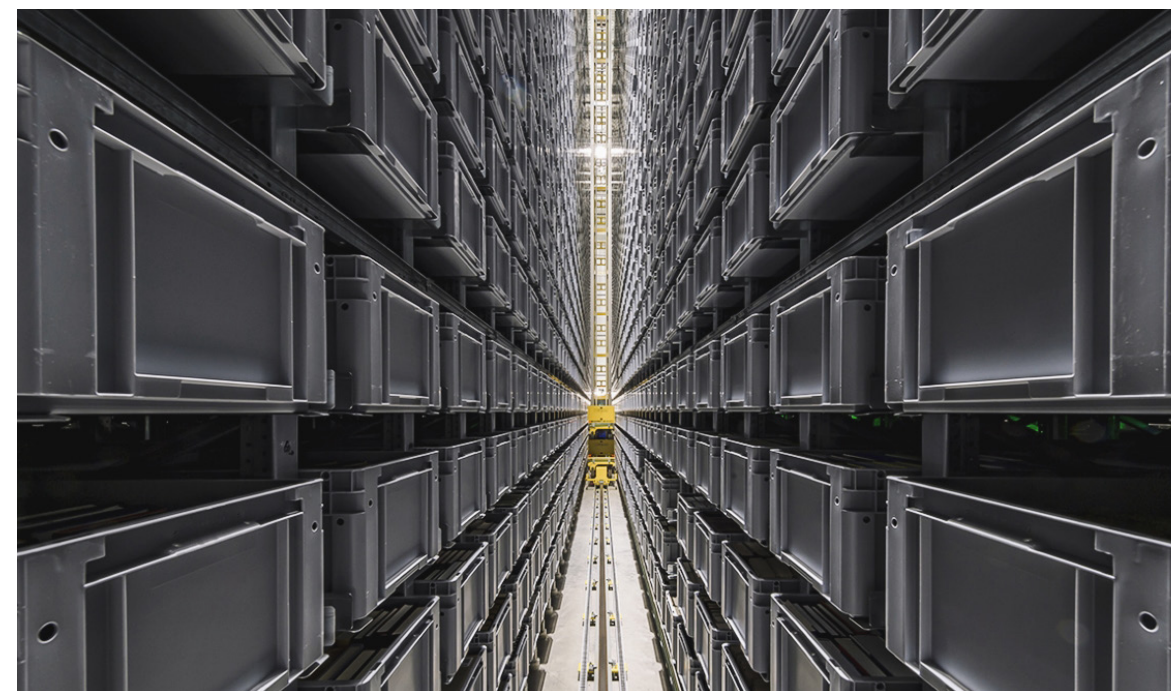
Šveitsi ühishoiuraamatukogu.
Büron, Šveits; gzp architekten

Tegemist on automaatse konteinerite süsteemiga hoiuraamatukoguga, kus hoone kõrge energiasäästlikkus on saavutatud, kasutades energiavaiu, päikesepaneele ning jääsoojuse taaskasutust. Samuti on hoidla ehitatud monteeritavatest betoonelementidest, mistõttu on võimalik hoonet hiljem vajaduse korral lihtsasti laiendada. Hoone kavandamisel on arvestatud ka piirkonnas esineva maavärinaohuga ning hoone on seetõttu rajatud maavärinakindlaks. Lisaks on

hoiuraamatukogu hoidla ehitatud inertse õhu ja vähendatud hapnikutasemega ruumina, mis tagab hoiustatavate esemete parema säilimise ning võtab ära tulekahju tekkimise võimaluse. Stabiilse sisekliima tagamiseks on piiratud ka inimeste otsene ligipääs hoidlasse ning raamatuid on võimalik kätte saada ainult automaatse robotisüsteemi abil. See võimaldab esemeid ka väga efektiivselt ladustada standardiseeritud konteineritesse ning paigutada tihedalt asetsevatesse riiulisüsteemidesse. [57]



Joonis 17. Šveitsi ühishoiuraamatukogu. Allikas: gzp architekten.



Joonis 18. Šveitsi ühishoiuraamatukogu automaatne hoidla. Allikas: gzp architekten.

Louvre'i kunstimuuseumi konserveerimiskeskus

Liévin, Põhja-Prantsusmaa; Rogers Stirk Harbour + Partners

Hoidla hoonemaht sulandub oskuslikult maastikku ja on kaetud rohekatusega, mis on mõeldud kaitsma piirkonnas järjest sagedamini esinevate paduvihmade ja nendest tekkivate üleujutuste eest. Samuti aitab katuse pinnase suur soojusmass tagada stabiilsemaid ja optimaalsemaid kliimatingimusi kunstikogude säilitamiseks. Louvre'i kunstimuuseumi hoidla on oma lahenduselt justkui varjend, mis kaitseb väärtuslikku kunstivara ja aitab sellel kohaneda kliimamuutustest tingitud ekstreemsete ilmastikuoludega. [56]



Joonis 19. Louvre'i kunstimuuseumi konserveerimiskeskus. Allikas: T. Page, Sight Magazine, 2021.

Hollandi kollektsioonikeskus

Amersfoort, Holland; Cepezed Architects

Hoidla rajamisel on silmas peetud kestlikkuse põhimõtteid ja on järgitud kõrgeid energiasäästlikkuse standardeid. Hoone on oma olemuselt jaotatud kolmeks osaks: peaks, mille moodustavad kontoriruumid; kaelaks, kus asuvad uuringute ja logistika ruumid ning kehaks, kus paiknevad hoidlapinnad. Selline ruumide funktsionaalne jaotamine võimaldab igale tsoonile eraldi rakendada sobivaid kliima- ja turvameetmeid. Hoidla stabiilse sisekliima tagamiseks on hoone seinad lahendatud paksu soojustuskihiga, kuid põrand

on seevastu jäetud soojustamata. Selline lahendus võimaldab hoidlal vähendada küttekulusid ning kasutada ära maapinna soojust. Kollektsoonikeskuse katusel toodetakse päikesepaneelide abil elektrit ning spetsiaalsete vihmaveesüsteemidega kogutakse vett, mida kasutatakse tualettides loputusveena. Lisaks on hoidlat ümbritseva maastiku kujundamisel pööratud veel tähelepanu kohalikele taime- ja loomakooslustele, eesmärgiga suurendada sealse looduskeskkonna jätkusuutlikkust. [58]



Joonis 20. Hollandi kollektsioonikeskus. Allikas: C. Langemeijer, Rijksmuseum, 2020.

Boijmans Van Beuningeni kunstimuuseumi hoidla
Rotterdam, Holland; MVRDV

Rotterdami muuseumipargis asuv hoone on oma asukohast tulenevalt rajatud avahoidlana, sarnanedes nii pigem rohkem muuseumile kui laohoone tüüpi hoidlale. Kuna hoidla on suunatud avalikkusele, püüab see oma asukohas luua atraktiivset linnaruumi. Hoone meenutab oma kujult kaussi ja on vormilt väga kompaktne ning väikese hoonealuse pinnaga. See võimaldab tihedas linnakeskkonnas jätta hoone ümber piisavalt vaba ruumi, et luua sinna kvaliteetset avalikku ruumi ning suurendada roheluse osakaalu.

Lisaks sellele on hoone katusele rajatud ka väliterrass, kuhu on istutatud kõrghaljastust. Hoone fassaad on kaetud peegeldavate paneelidega, mis aitavad hoonel ideaalselt sulanduda ümbritseva keskkonnaga. Hoidla keskele rajatud atrium võimaldab külastajal näha väljapanekut muuseumide kunstikogudest ning samal ajal saada aimu, kuidas toimub museaalide hoiustamine. Kunstiteosed on hoidlas paigutatud erinevate materjalide kaupa. Kokku on viis erinevat kliimavööndit: metall, plast, orgaanilised/anorgaanilised, mustvalged ja värvifotod. Selliselt hoiustamine võimaldab igale materjaligrupile tagada kõige sobilikumad säilitustingimused. [59]

Kirjeldatud referentsobjektide puhul on neist kõigi puhul arvestatud olemasoleva olukorraga ja leitud parimad võimalikud lahendused, mis järgivad kestlikkuse põhimõtteid. Järeldub, et hoidlate toimimiseks on kõige olulisem tagada stabiilne sisekliima, kasutades selleks võimalikult energiatõhusaid lahendusi. Samuti on oluline hoidlate suure mahu ja pindala tõttu leida võimalusi, kuidas hoonet looduskeskkonnaga paremini siduda.



Joonis 21. Boijmans Van Beuningeni kunstimuuseumi hoidla. Allikas: O. van Duivenbode, 2020.



Joonis 22. Boijmans Van Beuningeni kunstimuuseumi hoidla. Allikas: O. van Duivenbode, 2020.

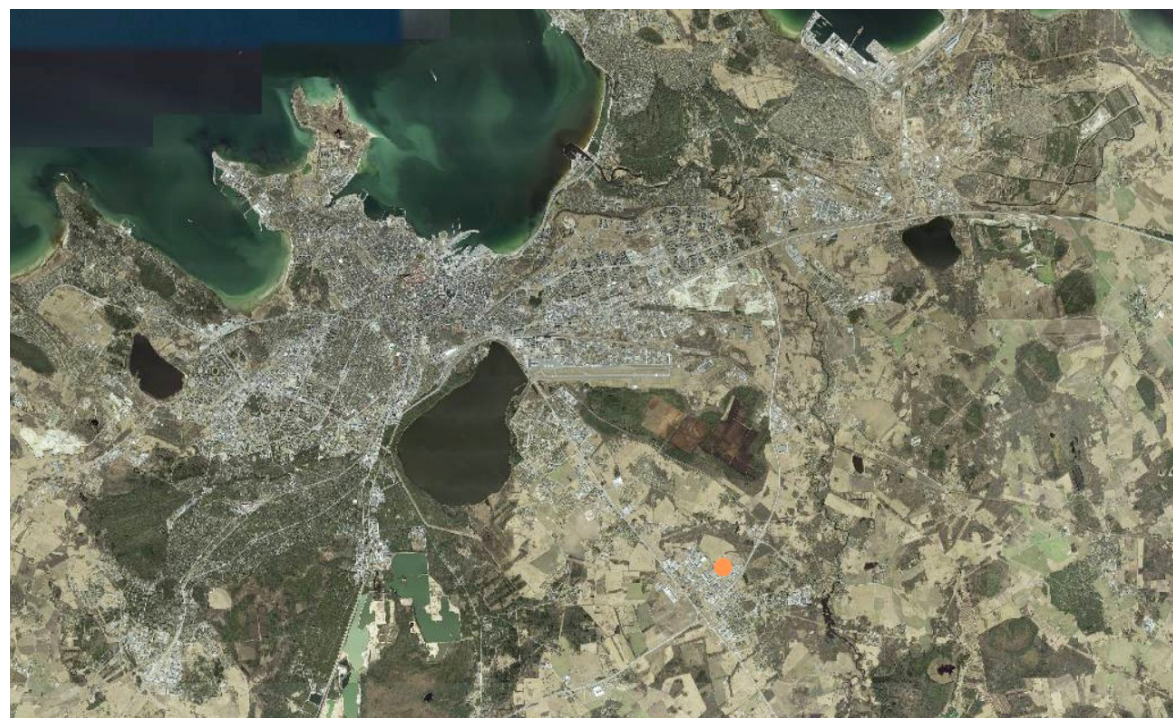
3.3 OLEMASOLEV OLUKORD JA ASUKOHA ANALÜÜS

Põhja-Eesti pärandihoidla hoonekompleks on kavandatud rajada Rae valda, Lehmja külla Harjumaale, Assaku ja Jüri vahele. Ala asub Jüri aleviku kõrval Tallinna ringtee põhjaküljel logistikakeskuste ja tööstus- ning laohoonete piirkonnas. Lähialad ei ole linnaehituslikult veel täielikult välja kujunenud, kuid ümbritsevad tööstus- ja logistika komplekside kogumid arenevad kiiresti. Keskkond on autokeskne ja orienteeritud kiiretele liikumistele, ühendustele ning logistikale. Ala selgrooks on hästiloetav teedevõrk, mis tagab

lihtsa orienteerumise ja liikluskorralduse. Edelaküljel olevat Põrguvälja teed võib käsitleda peateena. Sellelt lähtuvad kolm paralleelset teed, mis ala sügavuses on omavahel ühenduses, ning moodustavad ringtee. Hoonestusalale viib nendest teedest Kurekivi tee.

Piirkonda on Rae valla arengukavades ette nähtud ka trammiliini pikendamine Tallinnast kuni Jüri alevikuni. Perspektiivne liin läbiks käsitletavat ala ja planeeritud oleks rajada Põrguvälja teele trammipeatus [60]. Selline lahendus aitaks muuta hoidlat paremini ligipääsetavaks ja seeläbi ka atraktiivsemaks ning suurendaks kindlasti ka külastatavust.

Looduslikult jääb pärandihoidla hoonestusala endiste põllu-karjamaade ja lagedate rohumaade alale. Kirdeküljel on avamaastikku piiritlev mets, kus asub väike elamugrupp. Teistel külgedel on planeeritud või planeerimist ootavad äri- ja tootmismaa krundid. Piirkonna edelaosas, Järveküla-Jüri maantee ja Tallinna ringtee ääres, on toimivad ettevõtted.



Joonis 23. Asukoht Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa maantee lähisel, Rae vallas. Allikas: väljavõte Maa-ameti kaardirakendusest.



Joonis 24. Hoonestatav maa-ala. Allikas: väljavõte Maa-ameti kaardirakendusest.



Joonis 25. Arusisalik. Allikas: J. J. Nurmi, 2017.

3.4 ARHITEKTUURNE KONTSEPTSIOON

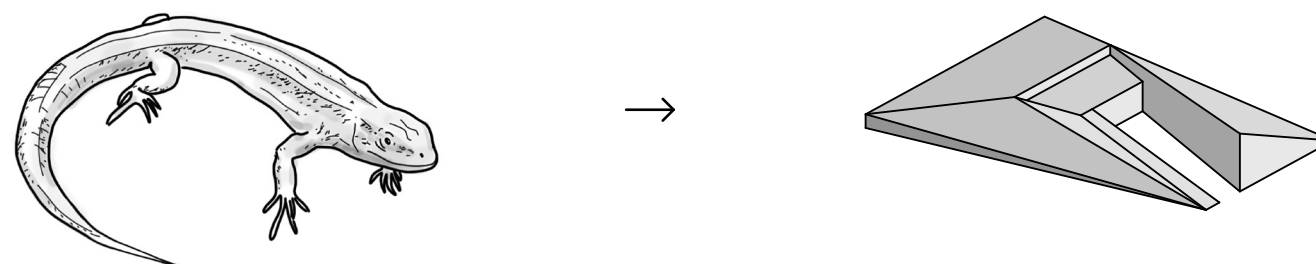
Meie koduplaneedi keskkond on pidevas muutumises ning ellujäämine nõuab eluslooduselt pidevat kohanemist ja muutumist. Kohanemisvõimelisus on taganud suure liigirikkuse nii maal, meres kui ka õhus. Selleks, et üha kiirenevate muutuste tempos ka inimesed ellu jääks, tuleb neilgi piisava kiirusega kohaneda ja leida lahendusi, mis aitaks praeguseid kliimasoojenemise trende aeglustada ja kliimamõjusid vähendada.

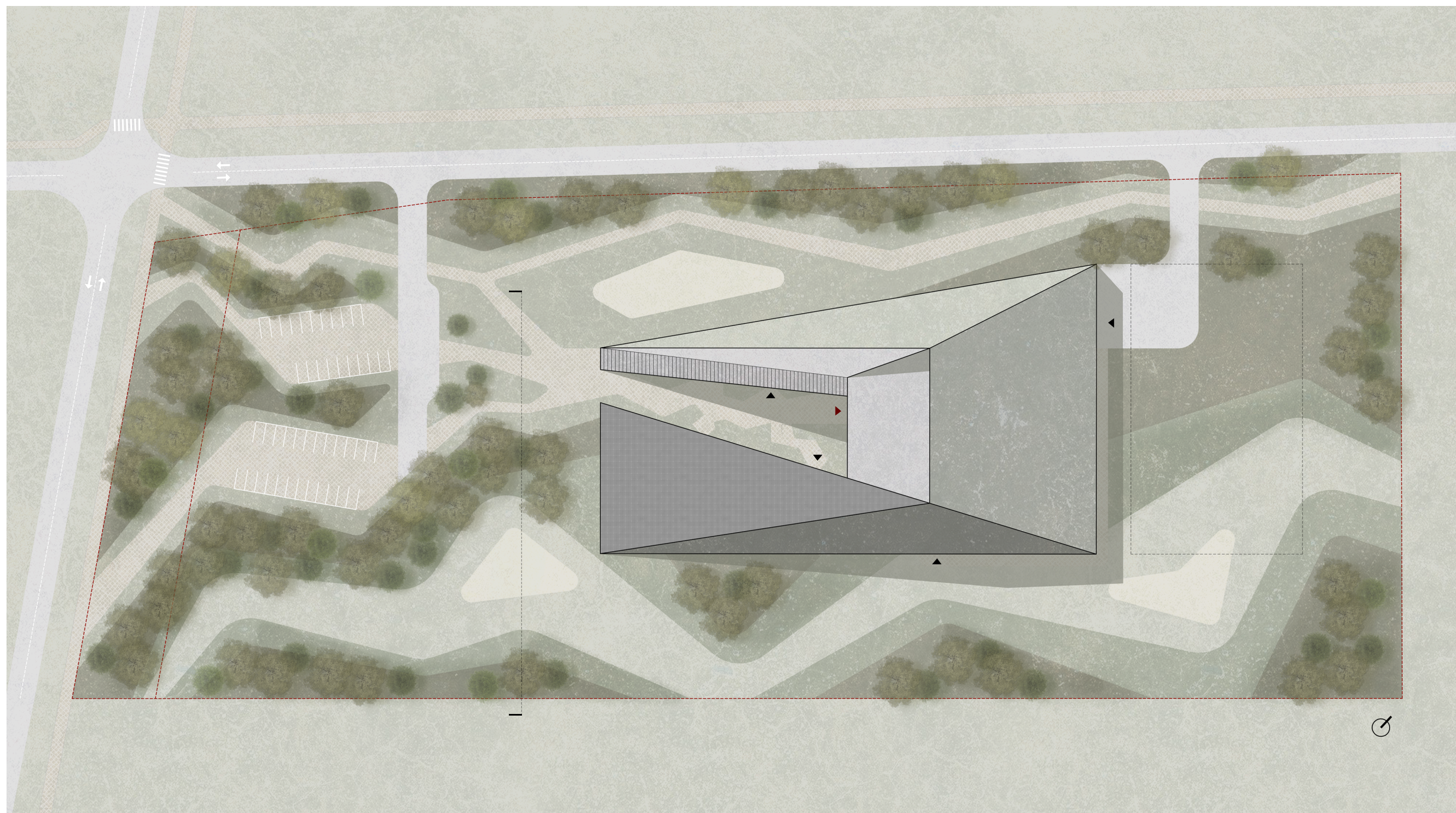
Selleks, et jõulisi muutusi vältida, tuleks hakata mõtlema eluringluse keskselt, ja seda planeedi mõõtkavas. Samuti peaks võtma kasutusele meetmed, mis aitavad tunduvalt vähendada kasvuhoonegaaside paiskamist atmosfääri. Planeedi süsiniku heitmes moodustavad ainuüksi hooned 39% CO₂ e-heitmest ning Eestis on see osakaal veel suurem. 50% Eesti CO₂ e-heitmest tarbivad hoonete materjalid, ehitamine, ülalpidamine ja lammutamine. Seega peitub hoonesektoris suur kokkuhoiu potentsiaal. [10]

Arhitektuuris oleks võimalik kokkuhoidu saavutada, rakendades resilientsuse ja kestlikkuse põhimõtteid. Resilientne hoone on oma olemuselt eelkõige vastupidav ja suudab üle elada ka äärmuslikke tingimusi ning kasutab energiakasutuse mõttes passiivseid lahendusi, mis on töökindlad ja ei vaja hooldust. Samuti aitab kliimamuutustega kohaneda ja paremini toime tulla looduse tundmine ja sellest õppimine. Looduslikud süsteemid on kujunenud pika aja jooksul ja on juba oma olemuselt resilientsed.

Käesolev töö on hoidla kavandamisel kasutanud biomimikrit kui loodusest õppimise meetodit ning leidnud, et hoidla võiks oma olemuselt toimida nagu kõigussoojane loom, kes reguleerib oma kehatemperatuuri vastavalt väliskeskkonna temperatuurile. Hoidla puhul aitaks sellise põhimõtte järgimine säilitada suhtelise niiskuse taset võimalikult stabiilse ja ühtlasena. See tähendab, et hoidlat ei peaks talvel niisutama ning suvel kuivatama. Sellise passiivse lahenduse kasutamine vähendaks tunduvalt ka hoone energiakasutust.

Oma vormilt on hoone samuti saanud inspiratsiooni kõigussoojasest loomast. Pärandihoidla meenutab justkui kerra tõmbunud arusisalikku, kes on ennast vaenlaste eest maa sisse peitnud. Sisalikud on väga osavad maskeerumismeistrid ning nende kehale iseloomulik tumepruun laiadest triipudest koosnev muster sulandub suurepäraselt maastikuga. Ohu korral põgenebki arusisalik enamasti kändude või puukoore alla, poeb sambla sisse või jookseb vette, kaevudes mutta või veekogu põhjas olevate lehtede alla. [61] Sarnaselt sisaliku maskeerimisvõtetele on pärandihoidla hoone suuremalt osalt maa all ning maapealne osa on kaetud rohekatusega. See aitab hoonel sulanduda ümbritsevasse maastikku, jäädes pealt vaadates märkamatuks. Hoidlat võib käsitleda sellisel juhul ka kui varjendit, mis kaitseb ja hoiab eesti kultuuripärandit võimalike vaenlaste eest. Pärandihoidla on oma keskkonnas justkui endassetõmbunud, püüdes end ümbritsevast pigem eraldada ning luua hoopis omaenese väikest ökosüsteemi.





Asendiplaan M 1:1000

3.5 ASENDIPLAANILINE LAHENDUS

Tänapäevane hoone on kavandatud selliselt, et ta tõstaks piirkonna ruumilist kvaliteeti. Hoidla arhitektuur on esinduslik ja hoone mõjub teatud laadi maamärgina, mis loob enda ümber omaenese ruumi ja identiteedi, sobitudes samal ajal ka ümbritseva keskkonnaga. Hoone on osa orgaanilise joonega kavandatud maastikust ja haljastusest, mis kandub üle ka hoone katusele, sulandades mõlemad ühtseks tervikuks ja luues nende omavahelise sümbioosi.

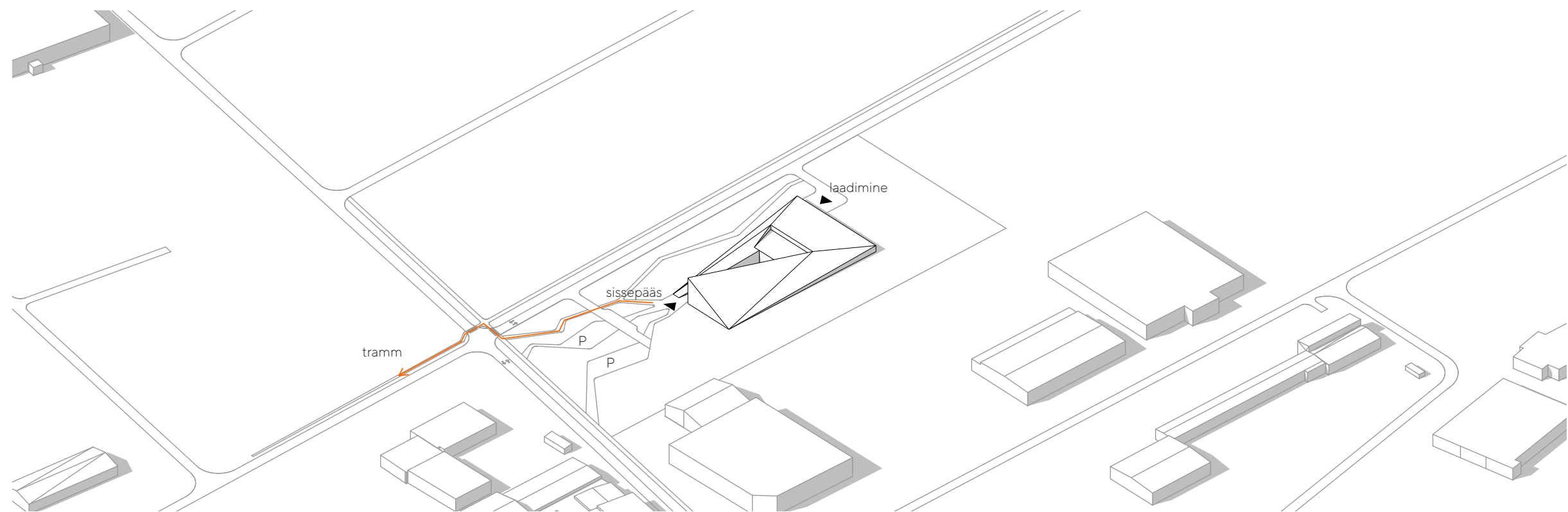
Pärandihoidla paigutuse ning maastikuarhitektuuri

puhul on seatud eesmärgiks, et hoone koos selle ümbrusega moodustaks kvaliteetse ja atraktiivse avaliku ruumiga külastuskeskuse. Piirkonna tööstusliku ilme tasakaalustamiseks ja rikastamiseks on kavandatud haljastus, mis on mõnusaks viibimiskohaks külalistele ja täisväärtuslik töökeskkond nii hoidla kui ka ümbruskonna töötajatele.

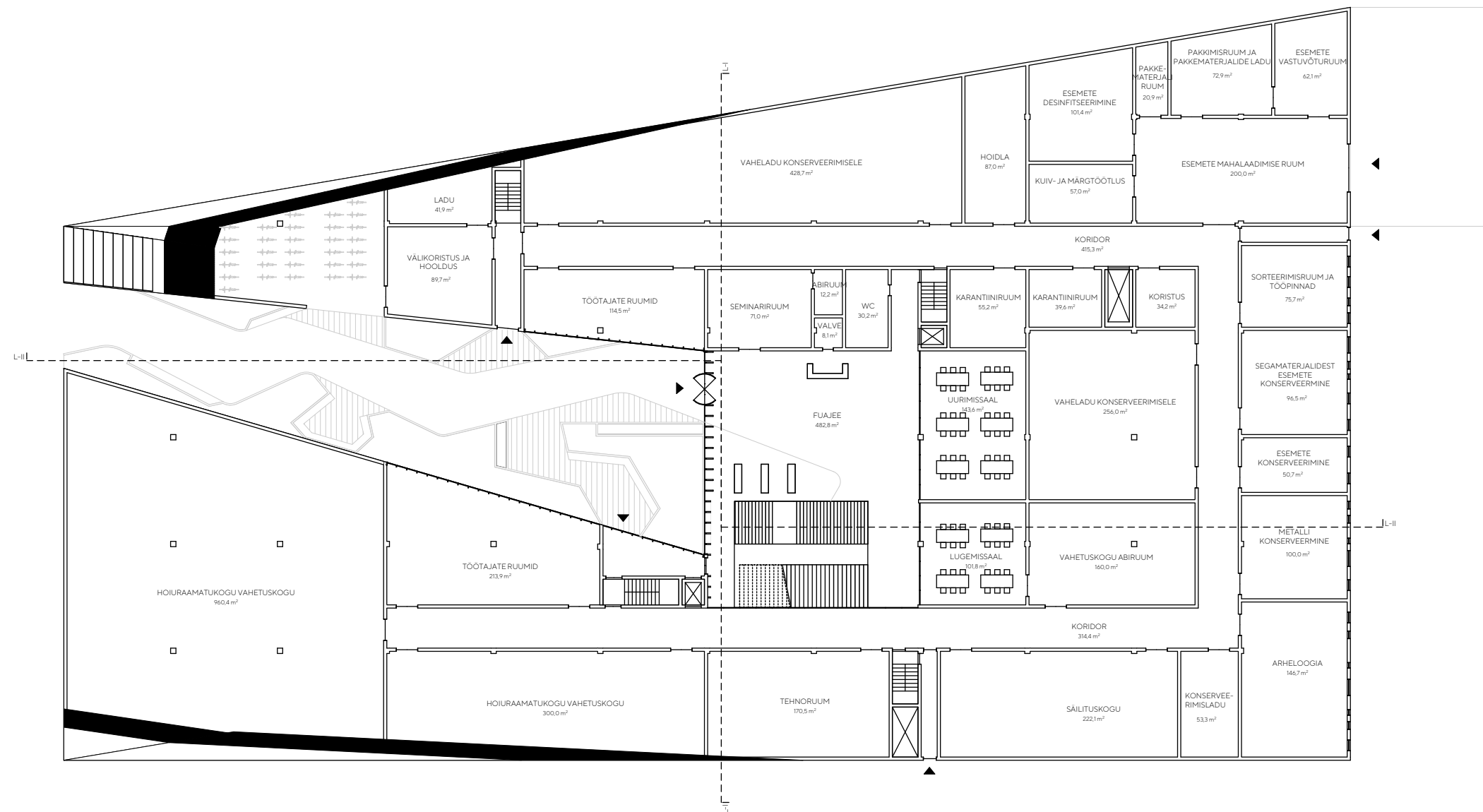
Töötajate ja külastajate parkimine on lahendatud hoone ette maastikusse integreeritud ja mõnevõrra hajutatud parklaga. Jalgratastele kavandatud varikatusega parkla asub sissepääsu läheduses ning on peidetud hoone mahtu, haljastatud katuse ääre alla.

Maastik ja hoone enda vorm suunavad jalakäija edelapoolse põhilise juurdepääsu poolt loomulikult ja sujuvalt hoone õdusasse ja samas esinduslikku siseõue ning sealt otse hoidla peasissepääsuni. Sisehoovi on loodud keskkond, mis on puhver ümbritseva keskkonna ja hoidla vahel.

Hoonele on kavandatud katuseterrass kui hubane roheala, kus töötajad saavad veeta puhkehetki. Terrass on mõeldud ka väliõppe jaoks ning kutsub ka hoone külastajaid seal aega veetma.



Asendiskeem



1. korruse plaan M 1:500

3.6 FUNKTSIONAALNE SKEEM

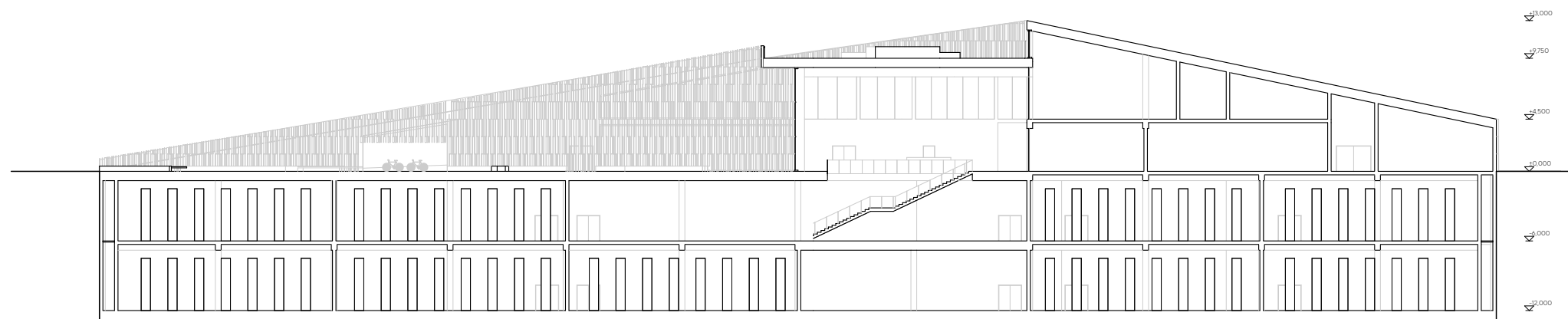
Pärandihoidla hoonekompleks on kavandatud nii, et seda oleks võimalik lihtsasti ehitada kahes etapis. Hoidla näeb arhitektuurselt terviklik välja nii esimese kui ka teise etapi valmimise järel. Hoidlate logistika ja üldise funktsionaalsuse puhul on rõhku pööratud sellele, et hoone toimiks väga hästi nii sel juhul, kui kasutusele võetakse esimene etapp, kui ka teise etapi valmides.

Hoidla esimesel korrusel asuvad fuajee, raamatukogu, uurimissaal, töötoad ning samuti laadimise ala. Kogude vastuvõtu ruumidest on lihtne transportida esemeid hoidlatesse, hoidlatest vajadusel logistikakeskusesse

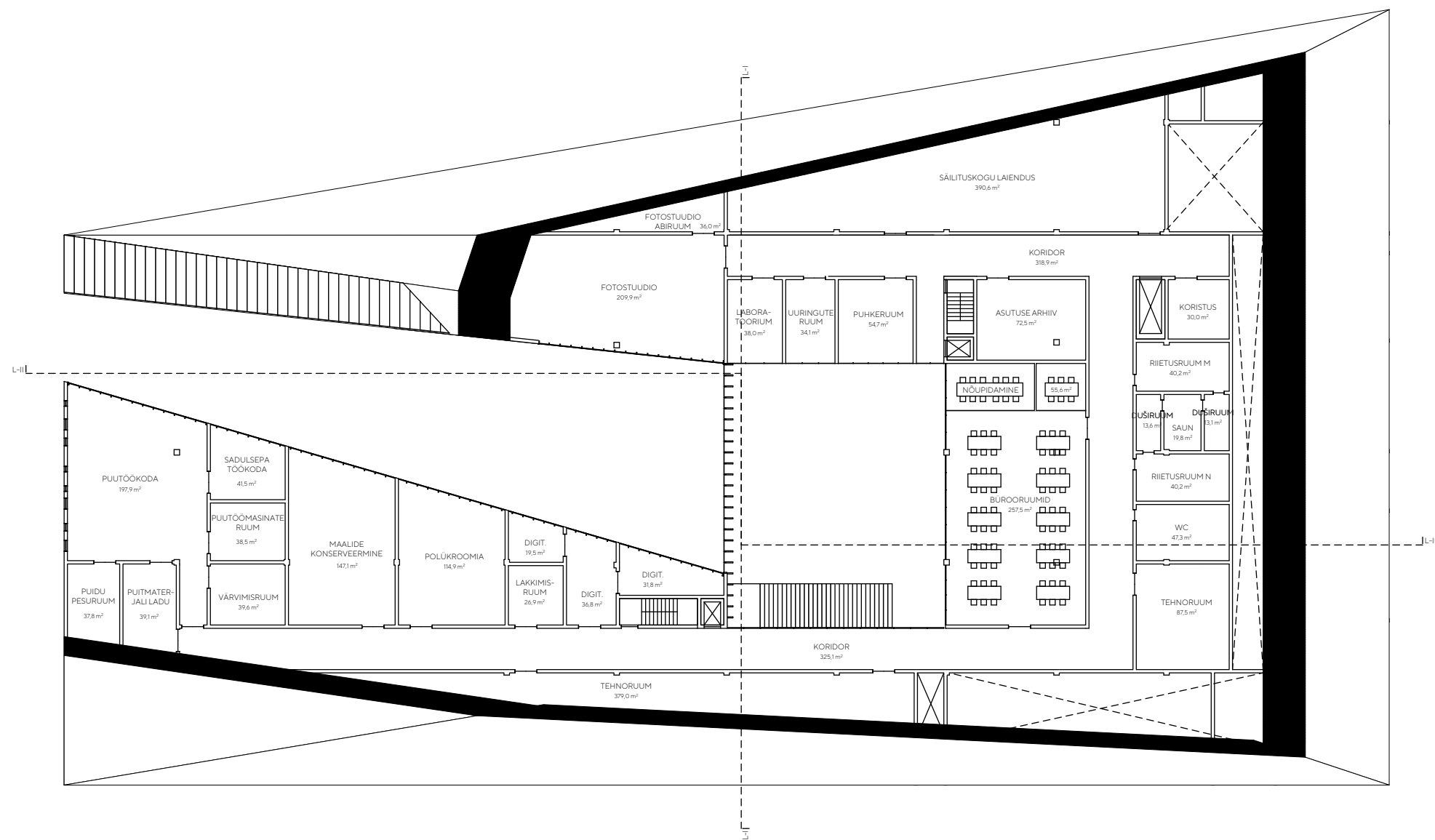
ning sealt edasi uurimissaali või säilituskeskuse tööruumidesse. Museaalide liikumine nende hooneosade vahel toimub samajuurdepääsutasemega alal. Esemete transportimiseks ühel tasapinnal kasutatakse peamiselt kärusid ning korruste vahel lisaks lifti.

Teisele ja kolmandale korrusele on kavandatud büroo- ning konserveerimisruumid, kust avanevad vaated nii hoidla sisehoovi kui ka ümbruskonna maastikule. Hoonele kavandatud katuseterrassile on külastajal võimalik pääseda kas fuajees asuva lifti abil või kasutades õues olevat treppi. Osaliselt avanevad terrassile ka pärandihoidla töötajate ruumid.

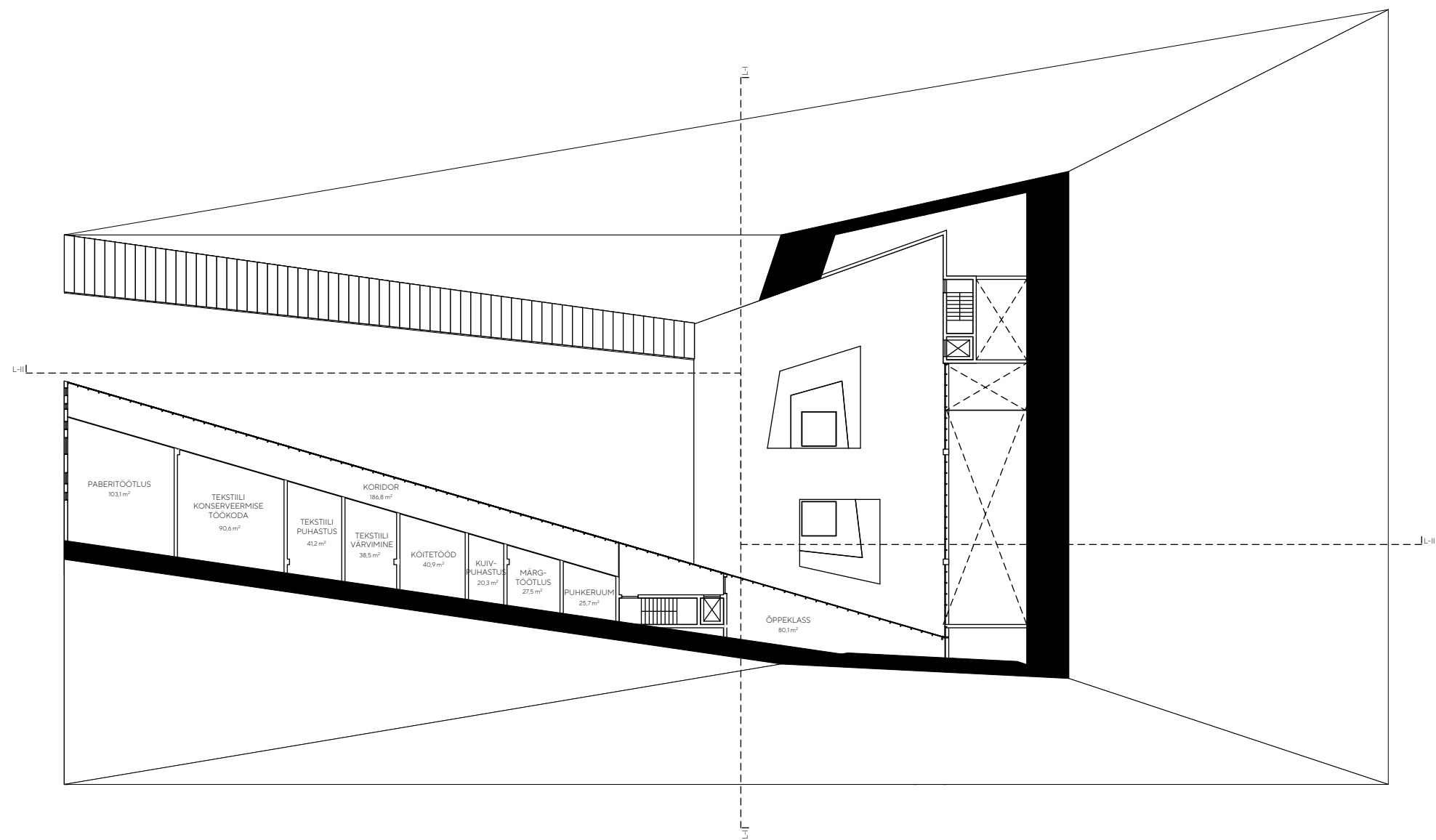
Kõik hoidlaruumid on paigutatud maa alla kahele korrusele. Seal asuvad ruumid nii tundlikele, suuremõõtmelistele kui ka väikestele objektidele. Hoidlaid ühendab omavahel keskne koridor, mille pindala on 560 m² ja mis ühendab umbes 7400 m² hoidla pinda. Ligikaudu 2000 m² on pärandihoidlast projekteeritud avahoidlana, eksponeerides museaale koos nende hoiustamise tingimuste näitamisega. Kavandatud on nii läbikäidavaid ruume, kus museaale eksponeeritakse vitriinides, kui ka tulekindlate siseakendega hoidlaid, millesse saab pilgu heita avatud tsoonist. Nii on tagatud külastajatel võimalus näha, kuidas eksponaate hoiustatakse ning mida hoiustamise protsess ning igapäevane hooldus tähendavad.



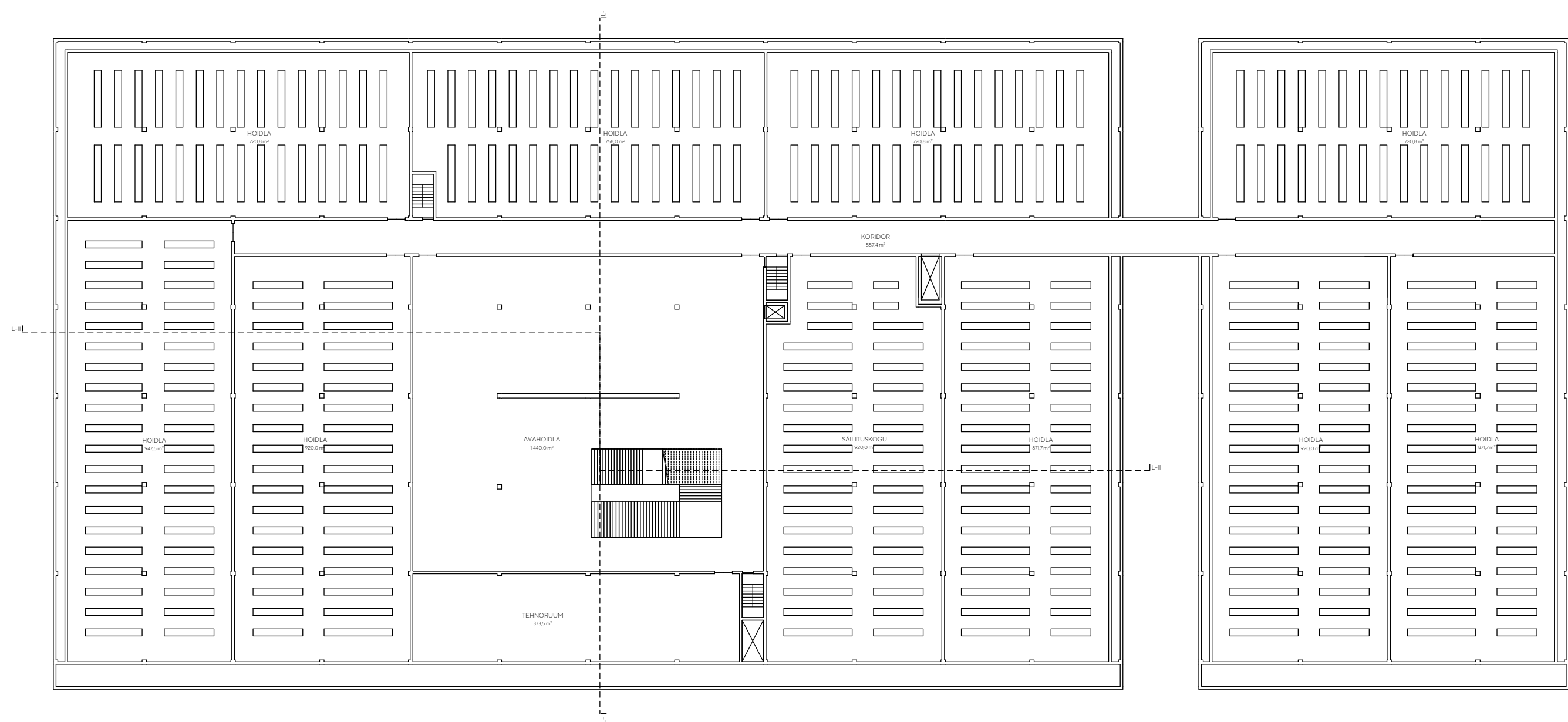
Lõige II-II M 1:500



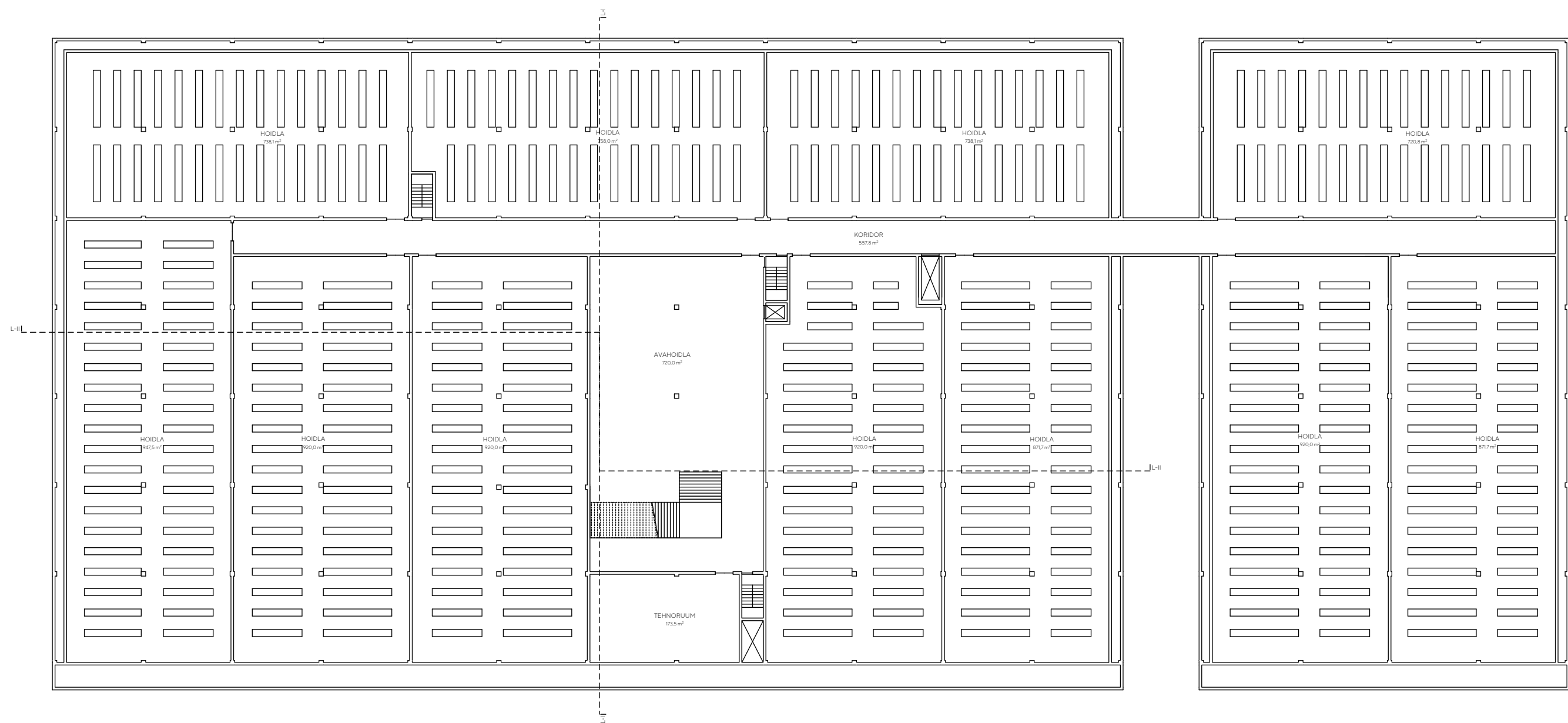
2. korruse plaan M 1:500



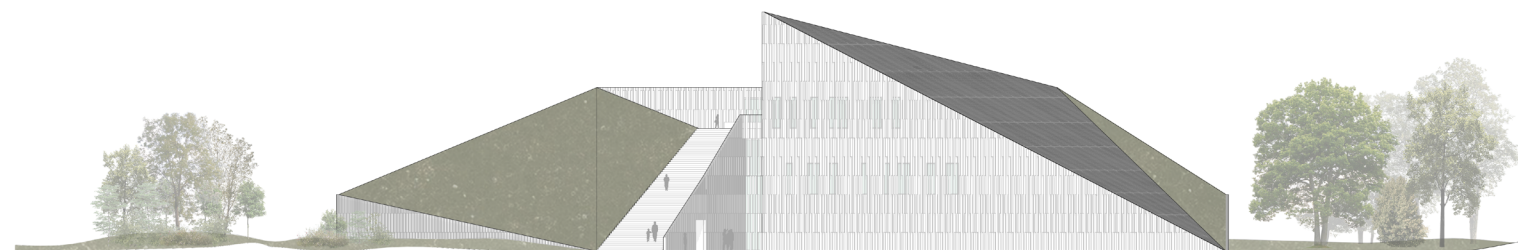
3. korruse plaan M 1:500



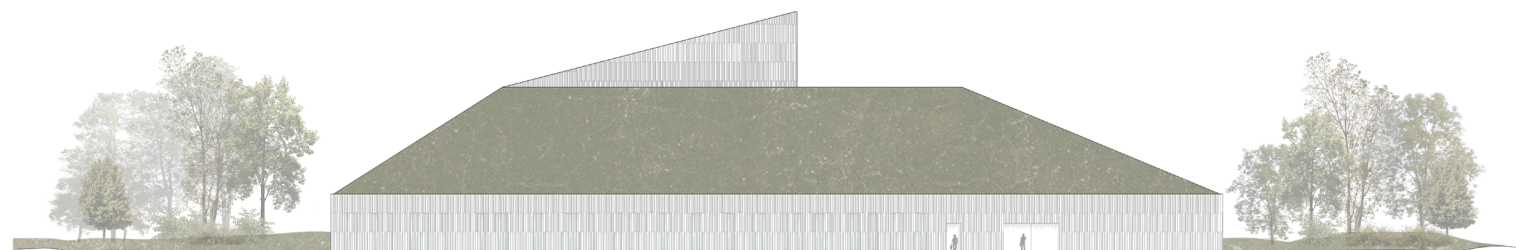
-1. korruse plaan M 1:500



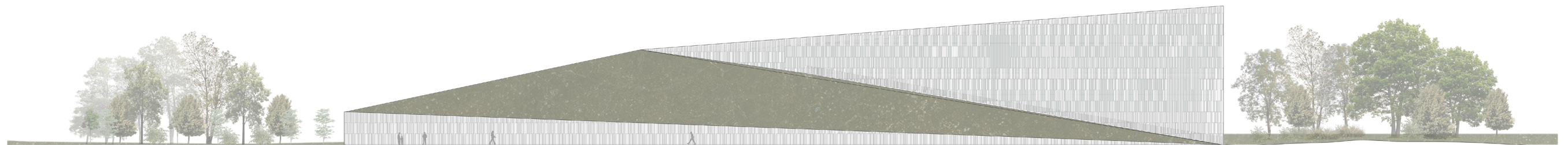
-2. korruse plaan M1:500



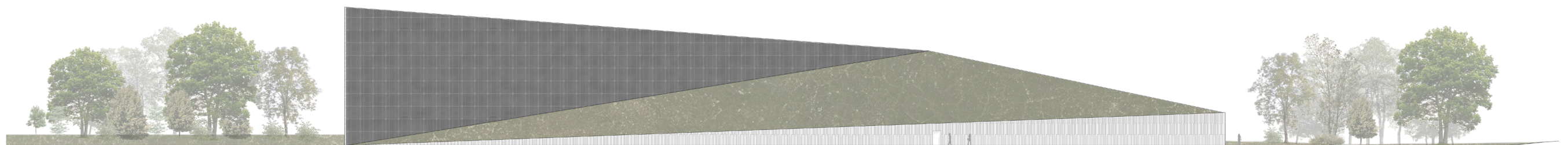
Vaade edelast M 1:600



Vaade kirdest M 1:600



Vaade loodest M 1:600



Vaade kagust M 1:600

3.7 EHITUSTEHNILINE LAHENDUS

Pärandihoidla on projekteeritud poolpassiivhoidlana, kus hoidlaruumid on suhtelise niiskuse ühtlase taseme hoidmiseks kavandatud nii, et nende sisetemperatuur käib kaasas välisõhu temperatuuriga. Selleks on maa-all asuvatele hoidlaruumidele jäetud osaliselt välisseina taha õhuruum, mis tagab selle, et talvel langeks temperatuur piisavalt madalale.

Hoidlatele, mis aga vajavad lisaks ühtlasele niiskustasemele ka stabiilset temperatuuri, on selle asemel ümber projekteeritud 1 m laiune vahe ruum, mis toimib puhvertsoonina ja aitab vältida ka maapinna liigniiskusest tulenevaid võimalikke lekkeid. Antud vahe ruumi saab kasutada ka hoidlatest täiendavate hädaväljapääsude tagamiseks ning vajadusel tehniliste kommunikatsioonide vedamiseks. Hoidlaid ümbritsevasse puhvertsooni saab paigaldada ka lekkeandurid, et kindlustada mitmekordselt hoidlate turvalisus.

Hoidlate sisekliima tagamisel peavad kõik muutused toimuma sujuva üleminekuga ning lubatud on ainult aeglase üleminekuga sesoonsed erinevused. See aitab tagada, et materjalid jõuaksid muutustega piisavalt kohaneda. Niiskuseliku stabiilsuse suurendamiseks on kavandatud teha hoidla siseseinad põletamata telliskividest. Sellel materjalil on väga suur vee absorptsiooni võime, mida saab kasutada niiskuse puhverdamiseks. Eriti suure niiskuseliku sidumisvõime saavutamiseks võib kaaluda 3D prinditava savi kasutamist. See võimaldaks teha seinastruktuuri näiteks korallimustri sarnaselt, mis tagaks väga suure eripinna ja see omakorda veel suurema niiskuspuhvri võime.

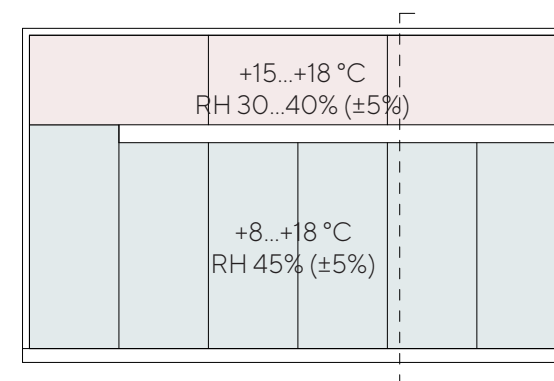
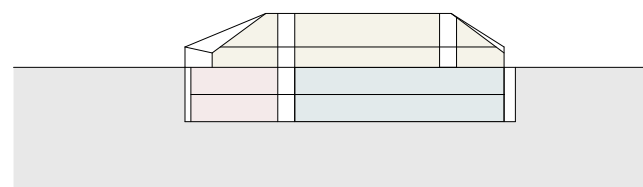
Esemete paigutamisel hoidlatesse on lähtutud materjalipõhisest jaotusest, luues nii museaalide hoiustamiseks võimalikult head tingimused. Samuti tulevad sellise jaotuse puhul hästi välja nii topelt kui ka puuduvad objektid erinevatest muuseumidest. Tingituna erinevate materjalide olemusest, on pärandi-

hoidlasse kavandatud kaks suuremat kliimatsooni:

- alla 18 °C ning suhteline õhuniiskus 45% (±5%)
- 15–18 °C ning suhteline õhuniiskus 30–40% (±5%)

Stabiilsete tingimuste saavutamiseks on enamus hoidla ruume kavandatud ka võimalikult suured (ca 920 m²). Selliselt tagatakse, et hoidla külastamisel uste avamisest paratamatult tekkiv temperatuuri ja õhuniiskuse taseme kõikumine oleks minimaalne. Üksikuid objekte, mis vajavad säilimiseks veel oluliselt paremaid tingimusi, hoitakse suurtes kliimakassetidega vitriinkappides, mis on paigutatud avahoidlasse.

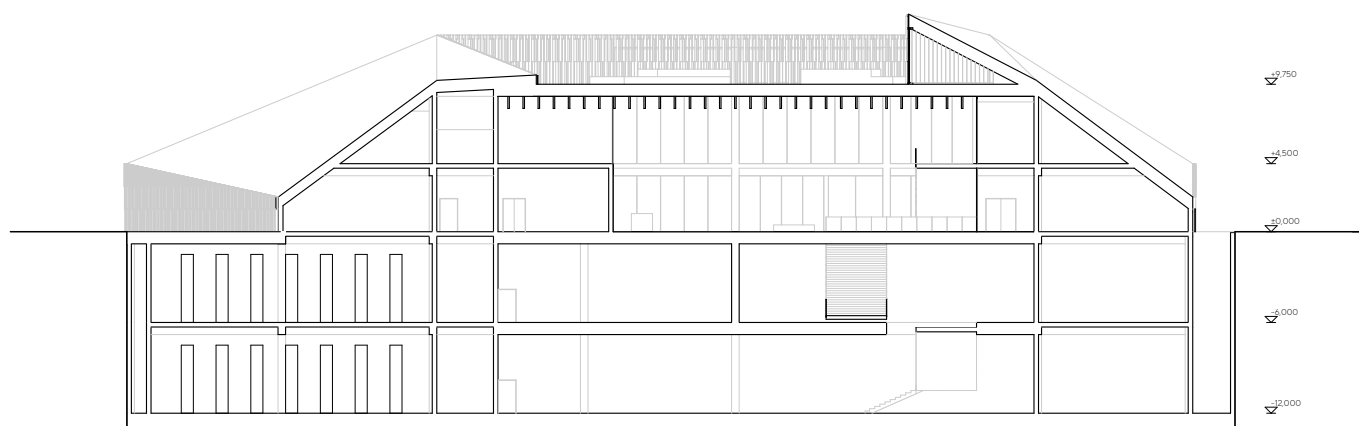
Hoidlaid on projekteeritud teenindama ülejäänud ruumidest sõltumatu ventilatsioonisüsteem. Seetõttu on tehnoruumi pind jaotatud osadeks ning igale korrusele on paigutatud vastavate ruumide ventilatsiooni nõuete ja vajadustega tehnoruum. Töörume teenindavad tehnoruumid on osaliselt kavandatud hoone kaldkatuse jääva ruumi alla.



Pärandihoidla hoone on kavandatud suures osas monteeritavast raudbetoonist ning osaliselt monoliitselt. Hoone kandekarkassiks on postide ja talade süsteem, mis võimaldab ruume vajaduse korral lihtsasti muuta ning tekitab seeläbi paindlikkuse tulevikuks. Hoidla välisseinad on tehtud monteeritavatest betoonelementidest, mis on paigaldatud nii, et neid oleks hoone eluea lõpul võimalikult lihtne lahti võtta ning taaskasutada uute hoonete ehitamiseks.

Hoone energiavarustus tagatakse katusele paigaldatavate päikesepaneelidega. Need on suunatud kagusse ning on maapinna suhtes 30-kraadise nurga alla. Päikesepaneelidega kaetud katuse osa pindalaks on 1600 m², mis

hinnanguliselt mahutab 750 päikesepaneeli. Sellise päikeseelektri süsteemi võimsuseks oleks 240 kW ja aastane päikeseelektri toodang 214 000 kWh. [62] Hoone enda võimsuseks päevasel ajal oleks hinnanguliselt 100 kW. See tähendab, et päikesepaneelidest toodetud energiat jääb pigem üle ning seetõttu oleks hoidla puhul tegemist juba plussenergia hoonega. Ülejäävat energiat oleks võimalik müüa kas võrku või kasutada lähedal asuvate teiste hoonete tarvis. Hoone küttesüsteem oleks lahendatud energiavaiadega, mis tekitaks energiat nii kütteks kui ka jahutuseks.



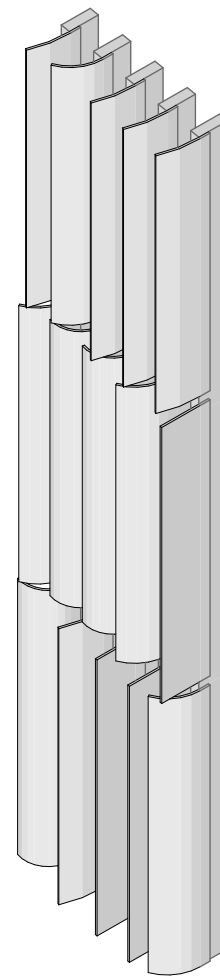
Lõige I-I M 1:500



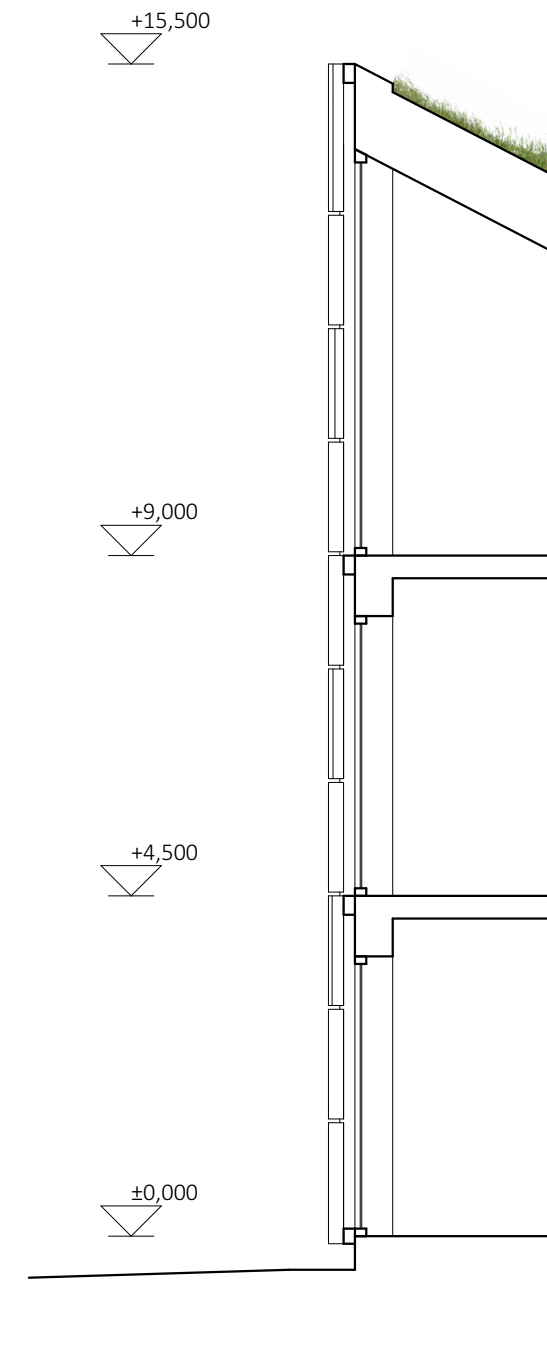
3.8 VÄLISVIIMISTLUS

Hoone välisviimistluseks on kavandatud topelfassaad, mis on kaetud termobimetallist plaatidega. Termobimetall on kahest erineva joonpaisumisteguriga metallikihist koosnev elastne element, mille kuju muutub sõltuvalt temperatuurist. Kokkuliidetud kihid pikenevad temperatuuri muutudes erinevalt, mistõttu näiteks temperatuuri tõustes paindub termobimetall väiksema joonpaisumisteguriga (passiivse) kihi poole. Harilikult on passiivne kiht tehtud invarist ning aktiivne (suurema joonpaisumisteguriga) kiht terasest. [63]

Selline temperatuurile reageerimine ja paindumine, muudab fassaadi adaptiivseks ning pidevalt muutuvaks, aidates hoone klaasfassaadist osa varjestada liigse päikese kiirguse eest. Lisaks tekitavad metallplaadid peegeldusi, mistõttu sulandub hoone ümbritseva keskkonnaga üheks. Samuti valguse ja varju koosmõjul tekkiv valgusmäng annab hoonele eksimatu identiteedi.



Fassaadi detail



Fassaadi lõige M 1:100

3.9 MAASTIKUARHITEKTUUR

Maastikuarhitektuuri lahenduse kavandamisel on lähtutud projekti teoreetilises osas käsitletud elurikkuse põhimõtetest. Soovitud on luua keskkond, mis aitaks liigilist mitmekesisust hoida või suurendada, parandades sellega ka praeguse ökosüsteemi toimimist. Terve ökosüsteem aitab tagada, et meil oleks jätkuvalt olemas värske õhk ning vesi, samuti tasakaalus kliima.

Pärandihoidla jääb endiste põllu-karjamaade ja lagedate rohumaade alale, mis on nüüdseks leidnud kasutust äri- ja tootmismaadena. See on viinud selleni, et antud alal on vähenenud liigiline mitmekesisus ning sellega ka ökosüsteemi võimekus. Selle parandamiseks luuakse maastikuarhitektuurilise projektiga hoidla ümbrus liigiliselt mitmekesise keskkonnana, kus on kasutatakse selliseid liike, mis on antud piirkonnale omased.

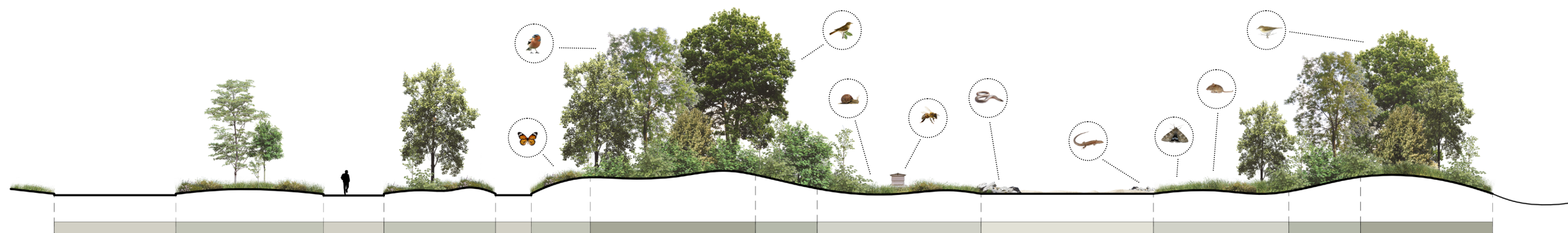
Liigistiku valikul on võetud aluseks Jüri alevikus asuva Lehmja tammistiku liigiline koosseis. Tammikus on kirjeldatud ühtekokku 18 puu- ja põõsaliiki, 110 rohttaimeliiki, 73 seeneliiki, 35 samblikuliiki ja 65 samblaliiki. Tammikus olevates puudest on levinumad tamm, pärn ja saar ning alusmetsas kasvavatest põõsastest sarapuu, pihlakas ja kuslapuu. Rohttaimedest on tavalisemad ja suurema arvukusega sinilill, võsa- ja kollane ülane, kevadine seahernes ning longus helmikas. Tammik on lisaks elupaigaks ka 36 linnu- ja 420 putukaliigile. Enamlevinumad on lindudest ööbik, laulurästas, musträstas ning salulehelind. Leitud 420 putukaliigist on enamik liblikalised. Märkimisväärne on ka viinamäeteo esinemine. [64]

Sarnase, liigiliselt rikka koosseisu saavutamiseks on kavandatud hoidla ümbrus tsoneerida erinevateks osadeks, kuhu on loodud erinevate rinnetega alad. Rohurinne on kavandatud niidutaimede kooslusena, kuhu on planeeritud külvata nii ühe- kui

ka mitmeaastasi õistaimi. Samuti on rohurinde puhul määratud alad, kus toimub niitmine harvem, vaid üks kuni kaks korda aastas. Harvemalt niitmine aitab muuta rohurinnet tunduvalt mitmekesisemaks ning parandab ka putukate ja lindude toitumise võimalusi. Hoone rohekatus on kavandatud haljastada samamoodi niidukoosluse taimestikuga.

Põõsa- ja puuliikidest on kasutatud tamme, pärna, saart ning sarapuud. Puud on paigutatud nii, et tekiks piisavalt suured puuderühmad, mis tagaks selle, et lindudel oleks võimalik seal pesitseda. Selle lihtsustamiseks tuleks planeerida sinna ka pesakaste. Lisaks võiks ette näha mesilastarude ja nahkhiirte pesade paigaldamist.

Maastiku kujundamisel on muudetud ka selle reljeefi ning on kasutatud künkaid ja kõrgendatud mahte, mis aitavad hoonet veelgi enam eraldada ümbritsevatest tootmismaadest ning pakuvad kaitset nii müra kui ka vibratsiooni eest.



Maastiku lõige M 1:400



3.10 SOOVITUSED EDASISEKS

Uurimistöö tulemusi saab rakendada teiste pärandihoidlate puhul, seda eriti teoreetilist tekstiosa arvesse võttes. Arhitektuurset projekti saab teiste pärandihoidlate puhul referentsina kasutada siis, kui hoone asukoha kontekst ja projekteerimise lähtetingimused on piisavalt sarnased.

Uurimistöö on välja toonud nii hoidlate rajamise kui ka muusemikogude säilitamise põhimõtted. Oluline on hoidlate kavandamisel järgida resilientse ning adaptiivse arhitektuuri põhimõtteid. Need aitavad tagada seda, et hoiustatavad kogud oleks väärikalt kaitstud ja säiliks pikaajaliselt. Töös on ühe resilientsuse suurendamise meetodina kasutatud ka loodusest õppimist ehk biomimikrit, s.o disainimise viisi, mis kasutab ja imiteerib looduse toimimise mehhanisme.

Peamiseks aspektiks, mida pärandihoidla kavandamisel peaks arvesse võtma, on väga kindlate hoiustamistingimuste tagamine. Selle saavutamiseks tuleks kasutada lahendusi, mis on energiasäästlikud ning oma olemuselt passiivsed. Selleks, et saavutada hoidlate puhul poolpassiivsus, tuleks hoidlate niiskustaset säilitada temperatuuri reguleerimisega. Seejuures tuleb jälgida, et kõik muutused toimuksid sujuvalt ning pika periood vältel. Hoidlaruumi sisekliima stabiilsust aitab tõsta ka see, kui ehitada hoidlad osaliselt maa alla või tekitada hoidlate ümber teiste ruumidega puhvertsoon.

Magistritöö pakub teatud piirides tuge ka maa-aluste hoonete kavandamisel ning lisaks ka nn maastik-majade projekteerimisel. Töös on pööratud olulist rõhku ka hoone sulandumisele maastikku ja maastikulise lahenduse toimivusele elurikkuse vaates.

KOKKUVÕTE

Käesolevas loomepõhises uurimistöös otsitakse vastust küsimusele, kuidas luua Põhja-Eesti pärandihoidlale tulevikukindel lahendus, mis vastab kvaliteetse ruumi aluspõhimõtetele [2].

Eesti kultuuriväärtuste säilimiseks tuleb parandada hoiustamistingimusi. 2018. aastal vastas vaid 43% hoidlapinnast kultuuriväärtuste pikaajaliseks säilimiseks vajalikele nõuetele. Museaale säilitatakse ning ladustatakse hetkel suuremas osas ruumides, mis on selleks hädapäraselt kohandatud või hoonetes, kus ei ole võimalik kliimat mõjutada ning ei ole tagatud ka tuleohutus. [1] See takistab lisaks muudele probleemidele pärandi kasutamist ja tutvustamist ühiskonnas laiemalt. Seetõttu on Kultuuriministeerium koostöös Muinsuskaitseametiga seadnud eesmärgiks rajada riiklikud pärandihoidlad, et tagada riiklike muuseumikogude pikaajaline säilimine ja parem kättesaadavus huvilistele. Üks pärandihoidlatest on kavandatud Põhja-Eestisse, lõputöö pakubki välja pärandihoidla arhitektuurse ideeprojekti koos ehitise kavandamise põhimõtetega.

Magistritöö kätkeb teineteisega olemuslikult seotud teoreetilist tekstiosa ja arhitektuurset ideelahendust. Uurimistöös põimitakse kvantitatiivseid ja kvalitatiivseid meetodeid arhitektuurivaldkonnale omase disainiuurimuse ja juhtumiuuringu võtetega. Hoone kavandamisel tuginetakse ruumiprogrammi

ja nõuete osas pärandihoidla arhitektuurivõistluse lähteülesandele [3] ja Eestis kehtivale regulatsioonile ning juhendmaterjalidele. Arhitektuurne projekt pakub ideelahenduse Põhja-Eesti muuseumide ühishoidlale, mis aitab tagada Eesti rikkaliku kultuuripärandi pikaajalist säilimist ja uurimise võimalust kestlikul ja kohaneval moel. Hoidla on kavandatud kaasaegse kompetentsikeskusena, kuhu on lisaks koondunud ka hoiustamis-, konserveerimis-, koolitus ja digiteerimise võimekus. Uurimistöö käigus on analüüsitud erinevaid referentsobjekte (hoidlaid), kus on kasutatud resilientsuse, kestlikkuse jt põhimõtteid, mis on asjakohased käesoleva töö kontekstis.

Teoreetiline osa tugineb suures osas resilientsuse käsitlusele – hoonete puhul tähendab resilientsus n-ö ennetavat lähenemist, mis püüab näha ette tulevikustsenaariume ning arvestada võimalike ohtudega. Resilientsus on arhitektuuri võime kohaneda muutuvate tingimustega ning säilitada ruumilahenduse otstarbekus ning toimivus häirivate tegurite kiuste. Resilientsuse peatükis vaadeldaksegi seega muu hulgas adaptiivse arhitektuuri küsimusi, kõrvuti hoone elukaare (sh sisendenergia), ringmajanduse, energiakasutuse ja energiatõhususe (sh energiavarustus, passiivsed lahendused), hoone sisekliima (pärandihoidlapuhulkasäilitamistingimused) jt küsimustega. Magistritöö puudutab ka biomimikri ehk loodusest õppivate lahenduste kasutamise võimalusi arhitektuuris ja elurikkuse hoidmise ja toetamise küsimusi maastikuarhitektuursete võtetega.

Lõputöö projektiosa pakub välja pärandihoidla arhitektuurse kontseptsiooni ja rajamise põhimõtted. Välja on toodud maa-aluse ehituse eelised ja käsitletud hoidlate sisekliima aluseid ja säilitamistingimusi, energiakasutuse sh lokaalse taastuvenergia küsimusi, ruumiprogrammi lahendust, etapiviisilise (juurde) ehituse võimalusi jne. Lähenetud on hoone elukaare põhiselt, s.t käsitletud hoone elukaart tervikuna. Resilientsuse ja adaptiivsuse vaates on olulist rõhku pööratud loodusest õppimisele ja biomimikrile hoone arhitektuuris. Hoone on kavandatud osana ümbritsevast maastikust, mistõttu on haljaskatuste kõrval tähelepanu pööratud maastikuarhitektuuri lahendusele ja elurikkusele ehk liigilise mitmekesisuse tõstmisele käsitletaval alal hoone lähivööndis.

Uurimistöö tulemusi saab rakendada teiste pärandihoidlate puhul, seda eriti teoreetilist tekstiosa arvesse võttes. Arhitektuurset projekti saab teiste pärandihoidlate puhul referentsina kasutada siis, kui hoone asukoha kontekst ja projekteerimise lähtetingimused on piisavalt sarnased. Samuti pakub magistritöö teatud piirides tuge maa-aluste hoonete kavandamisel ning nn maastik-majade projekteerimisel. Töös on pööratud olulist rõhku hoone sulandumisele maastikku ja maastikulise lahenduse toimivusele elurikkuse vaates.

SUMMARY

This creative research seeks to answer the question of how to create a future-proof solution for the North-Estonian heritage repository that meets the basic principles of high-quality space [2].

In order to preserve Estonian cultural values, storage conditions must be improved. In 2018, only 43% of the storage space met the requirements for the long-term preservation of cultural values. Quite often, museum objects are not stored in storage facilities, but in temporary rooms or buildings that are adapted for this purpose and where it is not possible to regulate the climate or where the fire safety is not guaranteed. [1] This, additionally to other problems, hinders the use and promotion of cultural heritage in society at large. Therefore, the Ministry of Culture in co-operation with the National Heritage Board has set the goal to develop state heritage repositories in order to ensure the long-term preservation of state museum collections and better accessibility for those interested. One of the heritage repositories has been designed for Northern Estonia, and the thesis at hand proposes an architectural concept project of the heritage repository together with the building design principles.

The master's thesis includes a theoretical part with an architectural solution. The research combines quantitative and qualitative methods with design research and case study techniques specific to the field of architecture. The design of the building is based on the room program and requirements of the initial task [3] of the architectural competition of the heritage repository

and the regulations and instruction materials valid in Estonia. The architectural project offers a solution for the joint repository of museums in Northern Estonia, which will help to ensure the long-term preservation of Estonia's rich cultural heritage and the possibility of research in a sustainable and adaptable way. The repository is designed as a modern competence center, which also includes storage, conservation, training and digitization capabilities. In the course of the research, various reference objects (repositories) have been analyzed, where the principles of resilience, sustainability, etc., which are relevant in the context of the present work, have been used.

The theoretical part is largely based on the approach of resilience – in the case of buildings, resilience means a so-called preventive approach, which seeks to anticipate future scenarios and take into account potential risks. Resilience is the ability of an architecture to adapt to changing conditions and to maintain the suitability and performance of a spatial solution in the face of disruptive factors. The resilience chapter therefore looks at issues such as adaptive architecture, alongside the building life cycle (incl. input energy), the circular economy, energy use and energy efficiency (incl. energy supply, passive solutions), the building's indoor climate (and preservation conditions in the case of heritage storage) and others. The master's thesis also explores the possibilities of using biomimicry, i.e. solutions that learn from nature in architecture, and the issues of preserving and supporting biodiversity with landscape architectural techniques.

The project part of the thesis proposes the architectural concept and principles of constructing the heritage repository. The advantages of underground construction are outlined, additionally the foundations and storage conditions of the indoor climate of storage facilities, issues of energy use, including local renewable energy, the solution of the room program, possibilities of phased construction and expansion, etc. are discussed. The approach is based on the life cycle of the building as a whole. In terms of resilience and adaptability, significant emphasis has been placed on learning from nature and biomimicry in the architecture of the building. The building has been designed as part of the surrounding landscape, which is why, in addition to green roofs, attention has been paid to the solution of landscape architecture and biodiversity, to the increase of species diversity in the surrounding area of the building.

The results of the research can be applied to other heritage repositories, especially in terms of the theoretical part of the study. The architectural project can be used as a reference for other heritage repositories if the context of the location of the building and the initial design conditions are reasonably similar. The master's thesis also offers support within certain limits in the design of underground buildings and in the design of so-called landscape houses. Significant emphasis has been placed on the integration of the building into the landscape and the effectiveness of the landscape solution in terms of biodiversity.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] Muinsusamet, Pärandihoidlad, 04.11.2018. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.muinsuskaitseamet.ee/et/muuseumide-uhishoidlad> Kasutatud: 10.05.21.
- [2] Kultuuriministeerium, Kvaliteetse ruumi aluspõhimõtted, 2019. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://kul.ee/media/60/download> Kasutatud: 10.05.21.
- [3] Muinsusamet, Põhja-Eesti pärandihoidla arhitektuurivõistlus, 08.02.2021. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.muinsuskaitseamet.ee/et/uudised/pohja-eesti-parandihoidla-arhitektuurivoistlus> Kasutatud: 10.05.21.
- [4] R. Glanville, Teadmine, disain ja loomepõhine uurimistöö, Sirp, 12.12.2014. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.sirp.ee/s1-artiklid/arhitektuur/teadmine-disain-ja-loomepohine-uurimistoo> Kasutatud: 10.05.21.
- [5] R. Murula, A. Tihhonov, J. Kurnitski, M. Thalfeldt, Energiatõhususe juhendmaterjal ja metoodika peaprojekterijatele ja arhitektidele, TTÜ, 2017. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.rkas.ee/sites/default/files/public-uploaded-files/juhendid/Juhendmaterjal%202017%2010.pdf> Kasutatud: 10.05.21.
- [6] A. Tihhonov, Mahajäetud tööstusalaade resilientsus: Kopli Kaubajaama juhtumiuuring, TTÜ magistr töö, 2014.
- [7] K.R. Merlino, Building reuse: Sustainability, preservation, and the value of design, University of Washington Press, 2018. lk 60.
- [8] E. Hollnagel, D.D. Woods, N. Leveson, Resilience Engineering: Concepts and Precepts. Aldershot, UK: Ashgate Publishing Limited, 2006. lk 36.
- [9] Resilient design institute, The Resilient Design Principles, 2021. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.resilientdesign.org/the-resilient-design-principles/> Kasutatud: 10.05.21.
- [10] Eesti Arhitektide Liit, Näitus, 2019. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://liginull.info/avaleht/naitus/> Kasutatud: 10.05.21.
- [11] Keskkonnaministeerium, Kasvuhooneefekt ja kasvuhoonegaasid, 22.03.2018. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.envir.ee/et/kasvuhooneefekt> Kasutatud:
- [12] Euroopa komisjon, Kliimamuutuste põhjused, 2021. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://ec.europa.eu/clima/change/causes_et Kasutatud: 10.05.21.
- [13] IPCC, Summary for Policymakers of IPCC Special Report on Global Warming of 1.5°C approved by governments, 08.10.2018. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.ipcc.ch/2018/10/08/summary-for-policymakers-of-ipcc-special-report-on-global-warming-of-1-5c-approved-by-governments/> Kasutatud: 10.05.21.
- [14] Euroopa komisjon, Kliimamuutuste tagajärjed, 2021. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_et Kasutatud: 10.05.21.
- [15] Climate.gov, Climate Change: Global Sea Level, 25.01.2021. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-sea-level> Kasutatud: 10.05.21.
- [16] Euroopa komisjon, Kliimamuutused ja prognoosid, 22.03.2018. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.envir.ee/et/muutused-prognoosid> Kasutatud: 10.05.21.
- [17] err.ee, Arhitektuurist ja energiast, 21.01.2019. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://kultuur.err.ee/902441/arhitektuurikommentaar-arhitektuurist-ja-energiast> Kasutatud: 10.05.21.

[18] Riigi kinnisvara, Kvaliteedi- ja keskkonnajuhtimine, 2018. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.rkas.ee/et/ettevottest/kvaliteedi-ja-keskkonnajuhtimine> Kasutatud: 10.05.21.

[19] M. Teor, Ehitusmaterjalide ja tarindite sisendenergia, Eesti Maaülikool, 2016. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: https://dspace.emu.ee/bitstream/handle/10492/2874/Mihkel_Teor_MA2016_EH_t%C3%A4istekst.pdf?sequence=1 pp.15-16. Kasutatud: 10.05.21.

[20] Riigi Teataja, Hoone energiatõhususe miinimumnõuded, RT I 13.12.2018. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/113122018014?leiaKehtiv> Kasutatud: 25.04.2021.

[21] R.J. Cole, P.C. Kernan, Life-Cycle Energy Use in Office Buildings, Building and Environment 31, 1996. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <http://amet-me.mnsu.edu/userfileshared/solarwall/Benchmarking/Misc/Life-Cycle%20Energy%20Use%20in%20Office%20Buildings.pdf> pp. 307-317. Kasutatud: 10.05.21.

[22] Evan, What building material (wood, steel, concrete) has the smallest overall environment impact?, Debating science, 21.04.2016. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <https://blogs.umass.edu/natsci397a-eross/what-building-material-wood-steel-concrete-has-the-smallest-overall-environment-impact/> Kasutatud: 10.05.21.

[23] Strine, Concrete and Embodied Energy – Can using concrete be carbon neutral, 22.02.2013. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.strineenvironments.com.au/factsheet-concrete-for-carbon-neutral-housing/> Kasutatud: 10.05.21.

[24] Euroopa Parlament, Ringmajanduse tähendus, vajalikkus ja kasulikkus, Ajakohastatud: 06-01-2021. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.europarl.europa.eu/news/et/headlines/economy/20151201STO05603/ringmajanduse-tahendus-vajalikkus-ja-kasulikkus> Kasutatud: 10.05.21.

[25] R. Kronenburg, D. Kronenburg, Flexible: Architecture that responds to Change, Laurence King Publishing, 2007.

[26] H. Schnädelbach, Adaptive Architecture – A Conceptual Framework, 2015. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.semanticscholar.org/paper/Adaptive-Architecture-%E2%80%93-A-Conceptual-Framework-Schn%C3%A4delbach-DipArch/95fb08175fa3ddef35e9541909af943f6ec6ea96lk525-551> Kasutatud: 10.05.21.

[27] W.T. Sheikh, Q. Asghar, Adaptive biomimetic facades: Enhancing energy efficiency of highly glazed buildings, 2019. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: https://www.researchgate.net/publication/334277025_Adaptive_biomimetic_facades_Enhancing_energy_efficiency_of_highly_glazed_buildings Kasutatud:

[28] Biomimicry toolbox, The Biomimicry Design Process, 2021. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <https://toolbox.biomimicry.org/methods/process/> Kasutatud: 10.05.21.

[29] K. Ojavee, Active smart interior textiles, 2013. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <https://eka.entu.ee/public-thesis/entity-423834/ojavee-kart-active-smart-interior-textiles> Kasutatud: 10.05.21.

[30] M. Pearce, Inspired by Termite Mound, 1996. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <https://asknature.org/innovation/passively-cooled-building-inspired-by-termite-mounds/> Kasutatud: 10.05.21.

[31] M. Pearce, Eastgate, 2016. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.mickpearce.com/Eastgate.html> Kasutatud: 10.05.21.

[32] A. Menges, FAZ Pavilion Frankfurt, 2010. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.achimmenges.net/?p=4967> Kasutatud: 10.05.21.

[33] The James Dyson award, Aureus: Aurora renewable energy & UV Sequestration, 2020. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.jamesdysonaward.org/2020/project/aureus-aurora-renewable-energy-uv-sequestration/> Kasutatud: 10.05.21.

[34] E. Imster, What causes the aurora borealis?, 15.02.2017. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://earthsky.org/earth/what-causes-the-aurora-borealis-or-northern-lights> Kasutatud: 10.05.21.

[35] Säästva Eesti instituut, Säästva arengu sõnaseletusi, 2021. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: http://www.seit.ee/sass/?ID=1&L_ID=625 Kasutatud: 10.05.21.

[36] R. Mäng, Spetsialist teeb puust ja punaseks: energiatõhusus ei tähenda ainult väikest küttearvet, 25.11.2019. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://rohe.geenius.ee/rubriik/pikk-lugu/spetsialist-teeb-puust-ja-punaseks-energiatohusus-ei-tahenda-ainult-vaikest-kuttearvet/> Kasutatud: 10.05.21.

[37] T. Kalamees, Madalenergia- ja liginullenergiahoonete kavandamine, Eesti-Sveitsikoostööprogramm, 2012. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://kredex.ee/sites/default/files/2019-03/Madalenergia-%20ja%20liginullenergiahoone%20kavandamine.%20Juhend%20b%C3%BCroo%20ja%20avalike%20hoonete%20tellijale.pdf> Kasutatud: 10.05.21.

[38] Riigi Teataja, Hoone energiatõhususe miinimumnõuded, 2019. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/113122018014> Kasutatud: 10.05.21.

[39] Oma maja, Äripäev, Päikesepaneeli paigaldus tuleb hoolega läbi mõelda, 2020. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.digar.ee/arhiiv/et/download/239880> Kasutatud: 10.05.21.

[40] Riigi kinnisvara, Muuseumide sisekliimanõuded, , Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.rkas.ee/sites/default/files/public-uploaded-files/juhendid/Muuseumide%20sisekliima%20n%C3%B5uded.pdf> Kasutatud: 10.05.21.

[41] Riigi ilmateenistus, Mõõtmised maapinnal, 2021. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.ilmateenistus.ee/ilmatarkus/mootetehnika/mootmised-maapinnal/ohuniiskus/> Kasutatud: 10.05.21.

[42] M. Teearu, Paberkrohvi niiskustehniliste omaduste määramine: sorptsioon, veeauru läbilaskvus ning niiskuspuhverdus-võime, TTÜ, 2018. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://digikogu.taltech.ee/et/Download/abc159b7-4c41-4ace-883e-35d293bc88cb> Kasutatud: 10.05.21.

[43] The Engineering toolbox, Mollier Diagram, 2003. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://www.engineeringtoolbox.com/psychrometric-chart-mollier-d_27.html Kasutatud: 10.05.21.

[44] Condair, What is an h-x diagram?, 2016. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.condairgroup.com/know-how/hx-diagram> Kasutatud: 10.05.21.

[45] R. Tamre, Mis on keskkonnaregister, 2021. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/main#HTTPh8IXIFWvMVDWvyGliaFUzVMYpinAku> Kasutatud: 10.05.21.

[46] T. Padifield, L. A. Jensen, Humidity buffering of building interiors by absorbent materials, 2011. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://www.researchgate.net/publication/265262245_Humidity_buffering_of_building_interiors_by_absorbent_materials Kasutatud: 10.05.21.

[47] R. Teygeler, Preservation of Archives in Tropical Climates. An annotated bibliography, Pariis: Comma, 2001. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://www.researchgate.net/publication/270273714_Preservation_of_Archives_in_Tropical_Climates_An_annotated_bibliography Kasutatud: 14.04.2021.

[48] A. Ainjärv, Isemajandava energiatõhusa väikelinna loomine, Eesti Kunstiakadeemia, 2020. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://tase20.artun.ee/wp-content/uploads/2020/06/MAGISTRI-T%C3%96%C3%96-KIRJALIK-OSA_ainj%C3%A4rv_print.pdf Kasutatud: 10.05.21.

[49] Keskkonnaagentuur, Looduslik mitmekesisus, 2013. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://www.keskkonnaagentuur.ee/failid/ky_2013_pt7.pdf Kasutatud:

[50] Euroopa Komisjon, Mis on bioloogiline mitmekesisus ehk elurikkus?, 2015. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://ec.europa.eu/environment/basics/natural-capital/biodiversity/index_et.htm Kasutatud: 10.05.21.

[51] Euroopa Komisjon, ELi elurikkuse strateegia aastani 2030, 2020. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/actions-being-taken-eu/eu-biodiversity-strategy-2030_et Kasutatud: 10.05.21.

[52] Euroopa parlament, Bioloogilise mitmekesisuse vähenemine: selle ohtlikus ja põhjused?, 2020. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.europarl.europa.eu/news/et/headlines/society/20200109STO69929/bioloogilise-mitmekesisuse-vahenemine-selle-ohlikus-ja-pohjused> Kasutatud: 10.05.21.

[53] SA Säästva Eesti Instituut/ Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna keskus, Bioloogilise mitmekesisuse säilitamine kohalikul tasandil, 2010. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.digar.ee/arhiiv/et/download/237718> Kasutatud: 10.05.21.

[54] GSA, Benefits, 2020. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.gsa.gov/cdnstatic/Benefits.pdf> Kasutatud: 10.05.21.

[55] Muinsuskaitseamet Muuseumiõukogu Eesti Muuseumiühing ICOM (Rahvusvahelise Muuseumiõukogu) Eesti Rahvuskomitee Eesti Hoiuraamatukogu, 21. sajandi kultuuriobjekt – Eesti pärandihoidlad, 2017. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.riigikogu.ee/wpcms/wp-content/uploads/2020/08/Eesti-muuseumide-p%C3%A4randihoidlad.pdf> Kasutatud: 10.05.21.

[56] N. Sayej, Fearing Climate Change, the Louvre's New Conservation Center Will Hold One-Third of the Museum's Entire Art Collection, 2021. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.architecturaldigest.com/story/fearing-climate-change-louvre-new-conservation-center> Kasutatud: 10.05.21.

[57] Speicherbibliothek, Building, 2021. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.speicherbibliothek.ch/en/storage-and-archiving/building/> Kasutatud: 10.05.21.

[58] Rijksmuseum, The physical memory of the Netherlands, 2020. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.rijksmuseum.nl/en/about-us/what-we-do/ccnl> Kasutatud: 10.05.21.

[59] MVRDV, Depot Boijmans Van Beuningen, 2021. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.mvrdv.nl/projects/10/depot-boijmans-van-beuningen> Kasutatud:

[60] Rae vald, Rae valla põhjapiirkonna üldplaneering 2030+, 2019. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.rae.ee/documents/823250/24717466/Seletuskiri.pdf/5f85beb8-84cb-4ee9-9a6f-5d7da4943c52> Kasutatud: 10.05.21.

[61] P.F. Taxonomy, Zootoca vivipara, 2021. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://elurikkus.ee/bie-hub/species/110557#overview> Kasutatud: 10.05.21.

[62] Eesti Energia, Päikesepaneelid, 2021. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.energia.ee/era/taastuvenergia/paikesepaneelid#solar-panel-calculator> Kasutatud: 10.05.21.

[63] T. Pung, Definitsioonid, 1999. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.muuseum.ut.ee/vvilm/definitsioonid2.htm#Termobimetall> Kasutatud: 10.05.21.

[64] J. Remmel, Lehmja tammik, meie pärandvara, 2004. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.eestiloodus.ee/index.php?artikkel=707> Kasutatud: 10.05.21.

TEOREETILIS-UURIMUSLIKU OSA GRAAFILINE MATERJAL

Joonis 1. Elukaare kavandamine. Allikas: R. Hakala, Enrocon Oy, Elinkaarisuunnittelu kiinteistönpidon välineenä [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <https://docplayer.fi/8483031-Elinkaarisuunnittelu-kiinteistonpidon-valineena-risto-hakala-enrocon-oy.html>

Joonis 2. Sisendenergia protsentuaalne osakaal koguehitusest. Allikas: R. J., Cole ja P. C. Kernan. Life-Cycle Energy Use in Office Buildings, 1996. lk 307-317. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <http://amet-me.mnsu.edu/userfileshared/solarwall/Benchmarking/Misc/Life-Cycle%20Energy%20Use%20in%20Office%20Buildings.pdf>.

Joonis 3. Ringmajandus. Allikas: Tartu ärinõudla, 2018. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <https://arinouandla.ee/voog/2-000-000-eurot-oma-tootmise-uuendamiseks-parendamiseks/ringmajandus/>

Joonis 4. Disainispiraal. Allikas: K. Ojavee, Active smart interior textiles, 2013. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <https://eka.entu.ee/public-thesis/entity-423834/ojavee-kart-active-smart-interior-textiles>

Joonis 5. Eastgate'i keskus. Allikas: Livin Spaces, Watch how the Eastgate Center in Zimbabwe Cools Itself Without Air Conditioning, 2018. [Vörgumaterjal].

Kättesaadav: <https://www.livinspace.net/ls-tv/watch-how-the-eastgate-center-in-zimbabwe-cools-itself-without-air-conditioning/>

Joonis 6. Termiitide pesa. Ask nature, Passively Cooled Building Inspired by Termite Mounds, 1996. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <https://asknature.org/innovation/passively-cooled-building-inspired-by-termite-mounds/>

Joonis 7. Eastgate'i keskuse lõige. Ask nature, Passively Cooled Building Inspired by Termite Mounds, 1996. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <https://asknature.org/innovation/passively-cooled-building-inspired-by-termite-mounds/>

Joonis 8-9. Faz'i paviljon. Allikas: Achim Menges, FAZ Pavilion Frankfurt, 2010. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.achimmenges.net/?p=4967>

Joonis 10. Käbi avanemine. Allikas: Nature of cities, From Biomimicry to Ecomimicry: Reconnecting Cities—and Ourselves—to Earth's Balances, 2016. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.thenatureofcities.com/2016/11/30/from-biomimicry-to-ecomimicry-reconnecting-cities-and-ourselves-to-earths-balances/>

Joonis 11. Vineeri reageerimine puidule. Allikas: Nature of cities, From Biomimicry to Ecomimicry: Reconnecting Cities—and Ourselves—to Earth's Balances, 2016. [Vörgumaterjal].

Kättesaadav: <https://www.thenatureofcities.com/2016/11/30/from-biomimicry-to-ecomimicry-reconnecting-cities-and-ourselves-to-earths-balances/>

Joonis 12. Päikesepaneel. Allikas: Dezeen, Solar panels made from food waste win inaugural James Dyson Sustainability Award, 2020. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.dezeen.com/2020/11/27/aureus-carvey-ehren-maigue-james-dyson-awards-sustainability/>

Joonis 13. Montreaali konverentsikeskus. Allikas: Dezeen, Solar panels made from food waste win inaugural James Dyson Sustainability Award, 2020. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.dezeen.com/2020/11/27/aureus-carvey-ehren-maigue-james-dyson-awards-sustainability/>

Joonis 14. Virmaliste tekkeskeem. Allikas: Earth Sky, What Causes The Aurora Borealis?, 2017. [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <https://earthsky.org/earth/what-causes-the-aurora-borealis-or-northern-lights/>

Joonis 15. Virmalised. Allikas: Tor-Ivar Næss [Vörgumaterjal]. Kättesaadav: <https://earthsky.org/earth/what-causes-the-aurora-borealis-or-northern-lights/>

Joonis 16. Mollieri Hx-diagramm. Allikas: Engineering ToolBox, Mollier diagram, 2001. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.engineeringtoolbox.com>

Joonis 17. Šveitsi ühishoiuraamatukogu. Allikas: gzp architekten. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://gzp.ch/de/raum/referenzen/026-Referenz-gzp.php>

Joonis 18. Šveitsi ühishoiuraamatukogu automaatne hoidla. Allikas: gzp architekten. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://gzp.ch/de/raum/referenzen/026-Referenz-gzp.php>

Joonis 19. Louvre'i kunstimuseumi konserveerimiskeskus. Allikas: T. Page, Sight Magazine, The Louvre moves its treasures as climate change brings more floods to Paris, 2021. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.sightmagazine.com.au/news/19201-the-louvre-moves-its-treasures-as-climate-change-brings-more-floods-to-paris>

Joonis 20. Hollandi kollektsioonikeskus. Allikas: C. Langemeijer, Rijksmuseum, Collectiecentrum Nederland, 2020. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.rijksmuseum.nl/en/about-us/what-we-do/ccnl>

Joonis 21-22. Boijmans Van Beuningeni kunstimuseumi hoidla. Allikas: O. van Duivenbode, MVRDV, 2020. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.mvrdv.nl/projects/10/depot-boijmans-van-beuningen>

Joonis 23. Asukoht Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa maantee lähistel, Rae vallas. Allikas: väljavõte Maa-ameti kaardirakendusest.

Joonis 24. Hoonestatav maa-ala. Allikas: väljavõte Maa-ameti kaardirakendusest.

Joonis 25. Arusisalik. Allikas: J. J. Nurmi, 2017. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://jijn.1g.fi/kuvat/>

