



TALLINNA TEHNICAÜLIKOOL

INSENERITEADUSKOND

Ehituse ja arhitektuuri instituut

**TEADMISTE TÄIENDAMINE RUUMIS
TÕRAVERE OBSERVATOORIUMI KAASAJASTAMISE NÄITEL**

IMPROVING KNOWLEDGE THROUGH SPACE
BASED ON THE EXAMPLE OF THE MODERNIZATION OF THE
TÕRAVERE OBSERVATORY

MAGISTRITÖÖ

ÜLIÕPILANE: MERLI VIRKI

ÜLIÕPILASKOOD: 195136EAU

JUHENDAJA: IOANNIS LYKOURAS

KAASJUHENDAJA: EPI TOHVRI

Tallinn 2021

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.

„.....“ 2021

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

„.....“ 2021

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

„.....“ 2021

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina _____ (*autori nimi*) (sünnikuupäev:.....)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja on

(*juhendaja nimi*)

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

¹*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

_____ (*allkiri*)

_____ (*kuupäev*)

Ehituse ja arhitektuuri instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Merli Virki
Õppekava, peeriala: EAUI12/16 - Arhitektuur
Juhendaja: Ioannis Lykouras, arhitekt, lektor
Kaasjuhendaja: Epi Tohvri, arhitektuuriajaloo dotsent

Lõputöö teema:

Inimese teadmiste täiendamine ruumis Tõravere observatooriumi kaasajastamise näitel
Improving knowledge through space based on the example of the modernization of the
Tõravere Observatory

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Leida sobiv lahendus Tõravere observatooriumi kaasajastamisel.
2. Koostada uurimuslik osa valgusreostusest ja otsida võimalusi väliala valgustamiseks.
3. Planeerida funktsioonist tulenevaid tingimusi arvestades observatooriumi edasiarendus uurimusliku osa põhjal.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Üliõpilane esitab lõputöö lõpliku teema ja kirjelduse.	10.02.2021
2.	Üliõpilane esitab lõputöö uurimistöö teesid ja projekti ideelahenduse eskiisi tasemel.	11.03.2021
3.	Üliõpilane esitab planšetid ja portfoolio digitaalselt.	20.05.2021

Töö keel: eesti **Lõputöö esitamise tähtaeg:** „.....“.....2021 a

Üliõpilane: „.....“.....2021 a
/allkiri/

Juhendaja: „.....“.....2021 a
/allkiri/

Kaasjuhendaja: „.....“.....2021 a
/allkiri/

Programmijuht: „.....“.....2021 a
/allkiri/

EESSÕNA

Käesolev töö on koostatud Tallinna Tehnikaülikooli inseneriteaduskonna arhitektuuri eriala integreeritud õppe magistritööna. Töö juhendaja on Ioannis Lykouras ja kaasjuhendaja Epi Tohvri.

Magistritöö käsitleb Tõravere teaduslinnaku observatooriumi ruumilist planeeringut, mis otsib võimalusi observatooriumi väliala kaasajastamiseks. Tõravere observatoorium on Eestis ainulaadne teadusinfrastruktuur koos sealarendavate teleskoopidega. Magistritöös on uuritud ajaloolisi observatooriumeid ja kaasaegsemaid astronoomiakeskusi. Oluline teema on observatooriumite eraldatus teistest hoonetest, et vältida kokkupuudet valgusreostusega. Töös on uuritud välivalgustuste võimalusi observatooriumi aladel, mis ei looks valgusreostust.

Observatooriumi kaasajastamise teema on aktuaalne, kuna Tõravere teaduskeskuse teadustegevus on ajaga arenenud, samas hoonestuse arhitektuurne vorm on ehitusaegne ning ei vasta enam tänapäevasetele vajadustele. Välismaalt külastab teadlane Tõravere observatooriumit harva, sest observatooriumi ala ei ole hetkeseisuga piisavalt kaasaegne.

Magistritöö põhieesmärk on pakkuda kaasaegsemaid lahendusi sügavalt universumi vastu huvi tundvale astronoomiaentusiastidele, mitte rajada meelelahutuslik astronoomiapark. Töö tulemusel valminud planeering on töö teoreetilist osa arvestav Tõravere observatooriumi edasiarendus. Planeeringu käigus on projekteeritud uusarendused, mis lähenevad pieteeditundeliselt olemasolevale kompleksile.

Magistritöö valmimisele aitasid kaasa Tõravere observatooriumi teadurid. Autor tänab Tõravere observatooriumi arendusjuhti ja hariduskonsultant Tanel Liirat, kes on küsimuste korral kiirelt vastanud ja tänu kellele oli võimalus käia tutvumas Tõravere observatooriumi peahoonega. Lisaks tänab autor observatooriumi vanemteadurit Tõnu Viiki põhjaliku informatsiooni eest Tõravere observatooriumi ajaloo uurimise osas. Suured tänud Tõravere observatooriumi astrofüüsika teadur Tõnis Eenmäele informatsiooni eest observatooriumi valgustamise uurimise osas. Põhjalike konsultatsioonide, nõuannete ja suure abi eest tänab autor töö juhendajaid Ioannis Lykourast ja Epi Tohvrit.

ABSTRAKT

Käesoleva magistritöö põhieesmärk on Tõravere observatooriumi ruumilise planeeringu kaasajastamine ja uusarenduste kujundamine teaduslinnakus. Töö käigus on otsitud kesktee observatooriumi olemasolevate hoonete ja planeeritavate uusehitiste paremaks eksponeerimiseks, pakkudes välja modernsemaid lahendusi. Planeeringu käigus on arvestatud observatooriumi funktsioonist tulenevate tingimustega.

Astronoomilised vaatlused ja observatooriumite ehitus on olnud prestiižne alates muistsetest Sumeri ja Vana Egiptuse tsivilisatsioonidest alates. Ajalooliselt on observatooriume ehitatud kõige enam Euroopas. Tõravere observatooriumi eelkäijateks on Tartu Keiserliku Ülikooli taasavamise järel rajatud Tartu tähetorn ja Venemaa Teaduste Akadeemia observatoorium Pulkovos, Peterburi lähedal.

Tõravere observatoorium asub Tartumaal, looduslikus, vaiksuses ja vähese valgustusega maapiirkonnas. Tegemine on spetsiifilise teaduslinnakuga, mille observatoorium tegutseb tänapäevini. Küllastajatel on võimalus tutvuda observatooriumis Põhjamaade suurima teleskoobiga ja osaleda vaatlusöödel. Observatooriumis tegeletakse astrofotograafia, astronoomiliste vaatluste, kaugseire ja kosmosetehnoloogiaga, korraldatakse aktiivõppeprogramme koolilastele, loenguid ja seminare. Käesoleva töö autori arvates on vajalik observatooriumi väliala kaasajastada küllastajasõbralikumaks. Observatooriumis on rekonstrueeritud peahoone, kus töötavad teadlased ja juurdeehitusena on projekteeritud külustuskeskus, kuid rohkem arhitektuurilisi uusarendusi ei ole ellu viidud. Teadlasi segab liigne rahvastatus, müra ja valgus, mistõttu pole käesoleva töö eesmärk rajada meelelahutuskeskust, vaid väärikat kaasajastatud teaduskeskust. Töö sihtgrupiks on eelkõige astronoomiahuviline ja observatooriumi eksklusiivküllastaja.

Planeeringus on pieteeditundlikult lähenetud olemasolevale kompleksile. Projekteeritud on observatooriumi stellaariumihoone juurdeehitus muuseumi, katusemaastiku ja vaatlusaladega, planetaarium, päikesekuppel, ööbimismajad ja vaatluskuplid. Planeeritavates hoonetes on kasutatud naturaalseid ehitusmaterjale ja hooned on integreeritud ümbritseva maastiku ning loodusega. Töö uurimuslikus osas on käsitletud valgusreostust, mis tekitab probleeme astronoomilistel vaatlustel. Planeeringus on valgustust kasutatud minimaalselt ja madala intensiivsusega.

Võtmesõnad: arhitektuur, observatoorium, planetaarium, valgusreostus, Tõravere, magistritöö

ABSTRACT

The main goal of master's thesis is to modernize the spatial plan of the Tõravere Observatory and to develop new developments in the research campus. In the course of the work, a middle way has been sought for better display of the existing buildings and planned new buildings of the Observatory, proposing more modern solutions. During the planning, the conditions arising from the observatory function have been taken into account.

Astronomical observations and building the observatories has been prestigious field since the civilizations of ancient Sumeria and Egypt times. Historically the most of the observatories have been built in Europe. The Tõravere observatory follows the example of the Observatory of the Imperial University of Tartu and the Pulkov Observatory of the Russian Academy of Sciences near St Petersburg.

The Tõravere Observatory is located in Tartu County, in natural, quiet and less illuminated area. It is very specific science centre that is working till this day. The visitors can see the biggest telescope in Nordics and participate in astronomical observations. The observatory is specified on astrophotography, astronomical observations, remote sensing and cosmos technology. There are held active learning programs for schools, lectures and seminars. In author's opinion there is need to renew the observatory complex to become more visitor friendly. The observatory has renewed main building where the scientists work, and there is planned a visitor centre. But there are no more architectural additions brought into life. The scientists can be bothered by the masses of people, noise and light. Therefore, the aim of the master thesis is not to create amusement park, but dignified and modern science centre. The target group of the work is first and foremost astronomy hobbyist and exclusive visitor of the observatory.

The planning part handles the existing buildings with care. There is planned an extension of stellarium building with museum with roof landscape and observation areas. Also is planned planetarium building, the dome of sun, accommodations and observation domes. The planned buildings are created using natural building materials and they are integrated into the surrounding landscape. The study part of the project deals with the topic of light pollution that causes problems for astronomical observations. In the planning there is used minimal amount of lighting.

Key words: architecture, observatory, planetarium, light pollution, Tõravere, master thesis

SISUKORD

SISSEJUHATUS	17	4. JUHTUMIURINGUD SESES TÕRAVERE TEADUSLINNAKUGA	33
Magistritöö teema tutvustus ja aktuaalsus	17	4.1. Teaduslinnaaku Novosibirski planetaarium	33
Probleemi püstitus	17	4.2. Kitt Peaki Rahvusvaheline observatoorium	34
Projektlahenduse eesmärgid	17	4.3. Solobservatorieti planetaarium	35
Töö struktuur ja metoodika	17	5. VALGUSREOSTUS JA SELLE SEOS OBSERVATOORIUMITE ASUKOHTADEGA	37
1. OBSERVATOORIUMITE ARENG	19	5.1. Valgusreostuse mõõtmismeetodid	37
1.1. Eelajaloolised ja muinasaegsed monumendid	19	5.2. Valgusreostuse mõjud ja tagajärjed	37
1.2. Astronoomilised uuringud antiikajast keskajani	20	5.3. Põhimõtted valgusreostuse vältimiseks	38
1.3. Astronoomia teadusharu väljakujunemine 16.–17. sajandil	20	5.4. Valguse kasutamine ja selle mõju observatooriumites	38
1.4. Observatooriumite laienemine Euroopas 18. sajandil	21	5.5. Meetodid observatooriumi ala valgustamisel	39
1.5. 19. sajandi esimese poole eeskuju observatooriumid: Tartu ja Pulkovo	22	6. TEOREETILISE OSA KOKKUVÕTE	41
1.5.1. Tartu tähetorn	22	7. PLANEERINGULINE ETTEPANEK	43
1.5.2. Pulkovo observatooriumi rajamine	22	7.1. Kontseptsioon	43
1.6. Konflikt observatooriumide ja linnade laienemise vahel 19. sajandi teisel poolel	23	7.2. Sihtgrupp	43
1.7. Astronoomilised uuringud 20. sajandil ja NASA asutamine	24	7.3. Asendiplaaniline lahendus ja muudatused	44
1.8. Observatooriumid mägedes	24	7.4. Päikesekuppel	46
2. TÕRAVERE OBSERVATOORIUM	25	7.5. Planetaarium	49
2.1. Ajalooline ülevaade	25	7.6. Stellaariumihoone	54
2.1.1. Teadus- ehk satelliitlinnade asutamisest Nõukogude Liidus	25	7.7. Ööbimismajad	61
2.1.2. Tõravere teaduslinnaaku asutamine	25	7.8. Vaatluskuplid	61
2.2. Observatooriumi hoonete seisukord tänapäeval	28	7.9. Konstruktsioonid ja materjalid	63
2.2.1. Peahoone	28	7.9.1. Planetaariumi konstruktsioonid	63
2.2.2. Teleskoobitornid	28	7.9.2. Stellaariumihoone konstruktsioonid	63
2.2.3. Stellaariumihoone	28	7.9.3. Olemasolevad teleskoobitornid	63
2.2.4. Õueala atraktsioonid	28	7.10. Valgustuse planeerimine	64
2.2.5. Meteoroloogiajaam	28	KASUTATUD ALLIKAD	67
3. INTERVJUUD TÕRAVERE OBSERVATOORIUMIS	31	GRAAFILISE OSA LOEND	70
3.1. Teadlased ja teadustöö	31		
3.2. Külastajad	31		
3.3. Tänavavalgus	31		
3.4. Probleemsed kohad	31		
3.5. Võimalikud uusarendused ja piirangud	31		

*„Teadust kannab tõe otsimine, mis on niisama siiras ja aus kui loodus ise.“ Taavet Rootsmäe
(1885-1959), eesti astronoom, Tartu tähetorni direktor (1919-1948)*

SISSEJUHATUS

Magistritöö teema tutvustus ja aktuaalsus

Magistritöö käsitleb Tõravere observatooriumi väliala ruumilist planeeringut, eesmärgiga leida võimalused teaduskeskuse kaasajastamiseks ja vastavalt analüüsile koostada mahuline projekt Tõravere observatooriumile. Eesmärk on luua observatooriumi alale kaasaegsemad ruumielamused ja funktsioonid, mis aitavad inimesel täiendada teadmisi astronoomia valdkonnas.

Astronoomia on vanim teadusala, milles astronoomilised uuringud on olnud olulised universumi avastamiseks, elu otsimiseks teistelt planeetidelt ja enda elukeskkonna kaitsmiseks. Käesolev teema on autori arvates aktuaalne. Välismaalt külastab teadlane Tõravere observatooriumit harva, sest observatooriumi ala ei ole hetkeseisuga piisavalt kaasaegne. Valitud teema on oluline hariduslikel põhjustel, teaduse propageerimiseks ja selle tutvustamiseks Tõravere teaduslinnakus.

Eesti observatooriumid, Tartu tähetorn ja Tallinna tähetorn, on rajatud linnadesse, kus esineb valgusreostust, müra, vibratsiooni ja temperatuuri muutusi. Tõravere observatoorium, mis arenes Tartu tähetorni eeskujul, on ehitatud Tartust eemale looduslikku piirkonda.

Probleemi püstitus

Tõravere observatoorium on Eestis ainulaadsemaid teaduskeskusi, mis rajatud väljaspool linna. Tõravere teaduskeskuse teadustegevus on ajaga arenenud, samas hoonete arhitektuurne vorm on ehitusaegne ning ei vasta enam tänapäevasetele vajadustele. Oluline on observatooriumi väliala kaasajastada külastajasõbralikumaks. Observatooriumi peahoone on funktsionaalselt mõeldud esmajoones teadus- ja arendustööks, mille juurde kuulub ka külastuskeskus kooliõpilaste ja täiskasvanute vastuvõtmiseks. Rekonstrueeritud peahoone kannab teadustöö eesmärke, kuid külastajatele mõeldud teleskoobitorn (stellaariumihoone), milles asub Põhjamaade suurim teleskoop ja näituseruum, vajab autori arvates samuti uut arhitektuurset lähenemist ning kaasajastamist.

Projektlahenduse eesmärgid

Magistritöös on uuritud ajaloolisi ja kaasaegseid observatooriume, millest tulenevalt on koostatud vastavalt uurimuslikule analüüsile mahuline projekt observatooriumi rekonstrueeritavale teleskoobitornile ja planeering välialale. Uurimusliku osa ülesandeks oli välja selgitada, kuidas kasutada observatooriumi välialal valgusallikaid vastavalt nõudele, et need ei häiriks vaatlustöid.

Tõravere observatooriumi väliala planeeringu kaasajastamisel on eesmärk luua mitmekesiste kaasaegsete funktsioonidega astronoomia teaduskeskus, mis pakub erinevaid ruumielamusi. Eesmärk on leida lahendus, mis on mõeldud eelkõige astronoomia valdkonnaga tegelevale teadlasele ja huvitundvale külastajale. Projekteeritavad uusarendused peaksid olema kutsuvad ja pakkuma vaheldusrikast kulgemist läbi planeeritava ala, kuid lähenema pieteeditundeliselt olemasolevale kompleksile. Magistritöö eesmärk on rekonstrueerida Tõravere observatooriumi stellaariumihoone, projekteerida välialale planetaarium, vaatlusalad ja ööbimismajad, luues terviklikuma ja erinevate elamustega astronoomia teaduskeskuse teaduslinnakus.

Töö struktuur ja metoodika

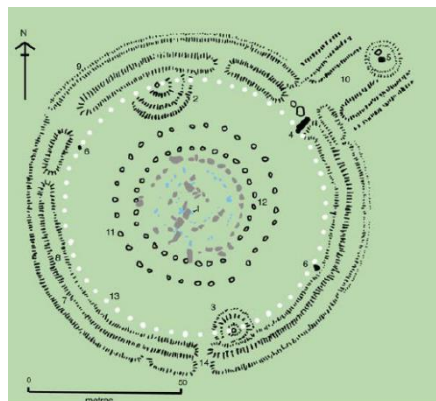
Käesoleva magistritöö esimeses peatükis on kirjeldatud ajaloolisi observatooriume, nende kasutust ja tähtsust, samuti observatooriumite viimist linnadest välja 19. sajandil, mil linnade kasvades oli tekkinud vaatlustööd segavad faktorid nagu valgusreostus, müra ja vibratsioon. Teises peatükis on kirjeldatud Tõravere teadusasutuse kujunemisest, mille eeskujuks oli Tartu tähetorn ja teaduslinnakute tekkimine Nõukogude Liidus. Töös vajaminev allikmaterjal on pärit Eesti Rahvusarhiivist, observatooriumeid käsitletavatest uurimustest. Järgnevalt analüüsitakse lähemalt Tõravere teadusasutuses asuvaid hooneid. Magistritöös on kasutatud sotsiaalteadusliku meetodina ekspertide intervjuu vormi Tõravere observatooriumi töötajatega, kelleks on arendusjuht ja hariduskonsultant Tanel Liira, vanemteadur Tõnu Viik ja astrofüüsika teadur Tõnis Eenmäe. Intervjuud on olnud aluseks magistritöö lähteülesande sõnastamisel. Planeeringu käigus on arvestatud funktsioonist tulenevate tingimustega, mille kohta on info saadud intervjuude käigus. Magistritöö käigus on tutvutud ehitusfüüsika valdkonnas lähemalt valgusreostusega, mis on observatooriumitele tekitanud aegade jooksul rohkem probleeme. Töös uuritakse, mil moel mõjutab valgusreostus observatooriume ja millistel meetoditel takistada valgusreostuse teket.

1. OBSERVATOORIUMITE ARENG

Käesolevas peatükis käsitletakse astronoomiliste observatooriumite arengut arhitektuurilisest vaatenurgast ja astronoomilisi vaatlusinstrumentide muinasajast tänapäevani. Astronoomiateadusega on tegeletud alates muinasajast, mil observatooriumid olid rajatud suurte monumentidena ning mida kasutati kui astronoomiliste instrumentidena. Peale esimeste teleskoopide valmimist tekkis nõue ehitada nende jaoks eraldi hooned. Observatooriumi hooned kerkisid Euroopas alates 16. sajandist. Hiljem tekkisid linnade kasvamisest konfliktid observatooriumite ja linnaplaneerijatega, mille tulemusel rajati observatooriumid looduslikke piirkondadesse valgusreostuse, õhusaaste ja müra tõttu.

1.1. Eelajaloolised ja muinasaegsed monumendid

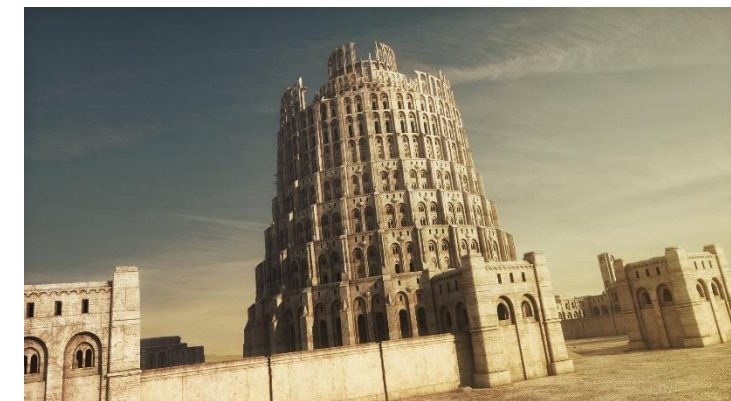
Astronoomilised vaatlused ja inimtegevused on kinnitatud vanima astronoomiliselt rajatud monumendi Stonehengega, mis on pärit 3200. aastast eKr. Inglismaal, Wiltshire's asuval monumendil on paigutatud massiivsed kivimid ringikujuliselt. Objektile korraldatud arheoloogiliste uuringute käigus on leitud luid, mistõttu on Stonehenge'i peetud ka matmispaigaks. On arvatud, et monumendi kasutati nii religioossetel kui astronoomilistel eesmärkidel, et määrata Päikese liikumise ja monumendi varjude abil aastaajad ja pööripäevad (Dumitrache & Dumitrache, 2009: 2–4). Monumendi kasutamise oskused viitasid sellele, et ka ilma täpse tehnikata olid inimestel teatud arusaamad astronoomilistest faktidest. Millal astronoomiliste vaatlustega täpselt tegelema hakati, ei ole kindlaks määratud, kuid vastavalt inimühiskonna tekkele ja vajadustele tekkis uudishimu taevakehade vastu. Taevakehade liikumise põhjal orienteeruti ja nende põhjal määrati ajaperioodid (Tirado & Castro-Tirado, 2019: 99–100).



Joonis 1. Stonehenge'i põhiplaan
Dumitrache & Dumitrache, 2009: 3



Joonis 2. Stonehenge tänapäeval
<https://edition.cnn.com/style/article/stonehenge-sarsen-stones-intl-hnk-scli-scn/index.html>



Joonis 3. Paabeli torni 3D visualiseering
<http://www.ericssmit.com/Babel.html>

Eelajaloolised monumendid on rajatud vastupidavate konstruktsioonidega, mistõttu on need säilinud tänapäevani (Tirado & Castro-Tirado, 2019: 99–100).

Eelajaloolised monumendid on rajatud vastavalt taevakehade ja tähtkujude paiknemisele. Näiteks Mehhikos Yucatano poolsaarel asuvas Chichen Itza monumendil „Tigu“ („El Caracol“) oli impeeriumi ajastul tähtis funktsioon. Monument on ümmarguse põhiplaaniga ning paikneb suurel ruudukujulisel platvormil. Selle välisseintes olevad avad on suunatud taevakehade poole (Dumitrache & Dumitrache, 2009: 7).

Babüloonias (tänapäeval Iraagi aladel) oli astronoomia uurimisel suur tähtsus 3000. aastatel eKr, mil põllumajanduse ja karjakasvatuse tarbeks vaadeldi Kuu ja Päikese liikumist ja keskenduti täpse aastakalendri koostamisele. Astronoomilised vaatluskeskused rajati tornide kujul, mida nimetati tsikuraatideks ehk astmikobjektideks, kus vaadeldi taevakehi kõige kõrgemal. Piibli järgi on legend taevani ulatuvast Paabeli tornist, mille ehitustööd ei valminud (Dumitrache & Dumitrache, 2009: 8). Taevast peeti siis jumalate koduks. Observatooriumites puudusid astronoomilised vaatlusinstrumentid, kuid tol ajal ei olnud valgusreostust, mis takistaks taevakehade vaatlemist palja silmaga (Hunger, 2009: 62).

Nii Babüloonias kui Egiptuses tegeleti tähevaatlustega. Egiptuses avastati esimest korda Maa pöörlemine ümber Päikese ja ennetati Niiluse jõe üleujutust, mis toimus suvisel pööripäeval kui Siriuuse täht Päikest varjas. Teadlaste arvates on Suure Sfinksi kuju pühendatud Lövi tähtkujule ja Giza kolmikpüramiidide paigutus vastab tähtkuju Orioni vööle (Dumitrache & Dumitrache, 2009: 7–8).

1.2. Astronoomilised uuringud antiikajast keskajani

Kreekas valmistati antiikajal, umbes kaks tuhat aastat tagasi astronoomiline masin, Antikythera mehhanism, mida kasutati päikesevarjutuste ja taevakehade liikumise uurimiseks. Mehhanismil olid hammasrattad, millega määrati kalendritsüklid ja Päikese ning Kuu varjutused. Masina tükid on leitud Antikythera saare lähedal asuvalt laevavrakilt ning peetakse vanimaks teadaolevaks astronoomiliseks mehhanismiks (Dumitrache & Dumitrache, 2009: 9).

Roomas asub uuritumaid ja antiikaja suurimaid kuppelehitisi, Hadrianuse Panteon, mis planeeriti umbes aastatel 110 –128. Hoone poolkerakujuline kuppel on 43 meetrise läbimõõduga, kuhu pääseb otsene päikesevalgus ainult katuse keskel asuvast 9 meetrise läbimõõduga ringikujulisest avast. Kaudne päevavalgus pääseb hoonesse põhjapoolsest avatud uksest (Hannah, 2009: 2–3). Panteon sümboliseerib jumalate koda, mis on seotud kevadise pööripäevaga. Interjöori sattunud otsene päikesevalgus paistab keskpäeval alati põhjapoolisel sektorjoonel. Kupli põhja poole on orienteeritud peauks, mida valgustab päike kevadisel pööripäeval. Igapäevaselt liigub päikesevalgus hoones läänest itta, valgustades sügisesel ja talvisel keskpäeval ülemist poolkera, kevadisel keskpäeval peasissepääsu ja suvel põrandapinda (Magli & Hannah, 2011: 492, 497).

Põhilisemaid keskaja vaatluskeskusi oli Ulugh Begi observatoorium, mis ehitati kõrgele künkale 1425. aastal Samarkandis. Hoone oli kolme silindrikujulise mahuga, mis olid ehitatud ümber astronoomiliste instrumentide. Peamine instrument oli pooleldi maa alla rajatud monumentaalne meridiaankaar, sekstant, millele langes katuse avadest otsene valgus. Observatooriumi instrumentide abil määrati taevakehade asukohad universumis ja loodi tähekataloog (Dumitrache & Dumitrache, 2009: 9).



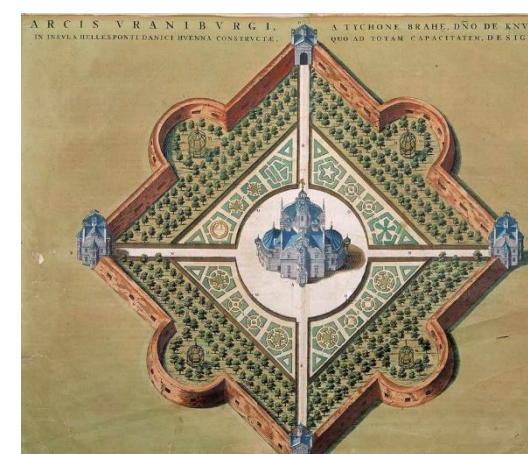
Joonis 4. Rooma Panteon

<https://teamwhitearkitekter.files.wordpress.com/2013/11/14pantheon2large.jpg>



Joonis 5. Ulugh Beg'i observatoorium

<http://uzbek-travel.com/about-uzbekistan/monuments/ulugh-beg-observatory/>



Joonis 6. Uraniborgi observatoorium

<http://wikimapia.org/5099901/Uraniborg>



Joonis 7. Uraniborgi observatoorium

<http://wikimapia.org/5099901/Uraniborg>

1.3. Astronoomia teadusharu väljakujunemine 16.–17. sajandil

Kvaliteetsematele astronoomilistele instrumentidele lõi uusajal aluse teadlane Galileo Galilei (1564–1642), kes uuris astronoomia, füüsika ja loodusfilosoofia valdkondi. Galilei poolt valmistatud teleskoobiga (1609) avastati Jupiter ja planeeti ümbritsevad neli väiksemat kuud, lisaks uuriti Maa kaaslaste Kuu materiaalsust ja sealseid mägesid (Machamer, 2005).

Galileo Galilei uurimustest sai alguse kaasaegsemate astronoomiliste instrumentide ajastu, mil tekkis suurem nõudlus observatooriumite järele. Tornidesse või kindlustesse rajatud vaatluskeskused ei vastanud vaatlusinstrumentide nõuetele, mille tõttu ehitati spetsiaalselt astronoomiliste instrumentide tarbeks uued hooned, mis pidid kaitsma instrumente tuule ja külma eest, lisaks oli oluline instrumendi asend ja sobivus ruumis (Tohvri, 2019: 1002).

16. sajandi teise poole Euroopa tähelepanuväärsemaid astronoomiakeskuse projekte oli Taani Uraniborgi observatooriumi kompleksi planeerimine Hveni saarele aastatel 1576–1580, mille Taani kuningas Frederick II rahastas astronoom Tycho Brahe'i töö tarbeks (Astronomy from the Renaissance to the mid-twentieth century). Tegemist oli esimese fenomeniga, mida võib nimetada teaduslinnakuks, mille põhimõte oli teadlaste töökeskkond rahulikus ja looduslikus piirkonnas. Lisaks kasvas välja idee, mil valitsejad hakkasid pöörama tähelepanu observatooriumite rajamisele, mis nende võimu ja kuulsust kasvatas. Observatooriumite rajamine kujunes valitsejate patronaaži all.

Uusaja astronoomiakeskusi on Pariisis tänapäevani tegutsev observatoorium, mis ehitati 1667. aastal ja oli algselt rajatud Prantsuse kuningas Louis XIV nimel ning kuulus Kuninglikule Teaduste Akadeemiale (Tirado & Castro-Tirado, 2019: 101).

Pariisi observatooriumi rajamisele aitas kaasa arhitekt Claude Perrault. Hoonestust on sajandite jooksul uute instrumentide ja laborite majutamiseks järjepidevalt laiendatud. Näiteks 1847. aastal ehitatud kupli eesmärk oli pikkuskraadide määramine, taevakehadest tuleneva valguse kiiruse leidmine ja tähtede koostisosade uuringud. Linnas tekkinud valgusreostuse tõttu liideti 1926. aastal observatoorium äärelinnas asuva Meudoni astrofüüsika keskuse ja Nancy raadioastronoomia keskusega 1953. aastal (Lequeux, 2017).

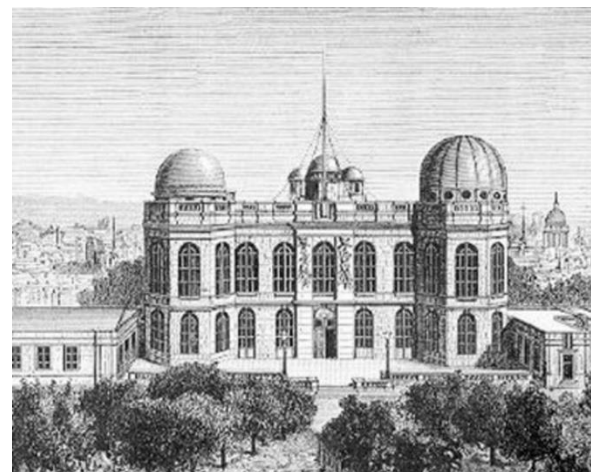
17. sajandil oli olulise tähtsusega veel Greenwichi observatoorium Londoni lähistel, mille asutas 1675. aastal kuningas Charles II. Observatooriumis kuulutati välja 1767. aastal merenduse almanahh (The Nautical Almanac), mis tegeles tähtede uurimise, navigeerimise ja meridiaanide vaatlustega (Category of Astronomical Heritage: tangible immovable Royal Observatory, Greenwich, United Kingdom).

Nii Pariisi kui Greenwichi observatoorium olid eeskujuks järgneva sajandi observatooriumitele.



Joonis 8. Greenwichi observatoorium

<http://www.royalobservatorygreenwich.org/articles.php?article=920>



Joonis 9. Pariisi observatoorium

https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2004/06/1_Obseratoire_de_Paris_Paris_Observatory

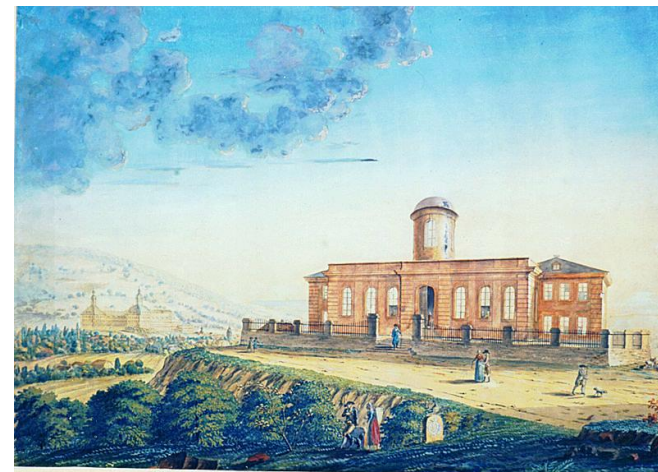
1.4. Observatooriumite laienemine Euroopas 18. sajandil

18. sajandil kerkisid observatooriumid enim just Euroopasse ning sajandi lõpuks oli projekteeritud Euroopasse rohkem kui kolmkümmend observatooriumit, millest enamus olid seotud ülikoolidega (Tohvri, 2019: 1002). Observatooriumid projekteeriti vastavalt astronoomilistele instrumentidele mitme mahuna ja hoone keskele ehitati torn astronoomilise instrumendi tarbeks.

Rootsis vanimaid ülikooliga seotud astronoomiakeskusi oli Uppsala observatoorium (1741), mille katusekorrusele oli rajatud Celsiuse nimeline torn vaatlusinstrumentidele (History of astronomy in Uppsala). Inglismaal oli Oxfordi ülikooliga seotud Radcliffe'i observatoorium, mis asutati 1773. aastal, tegutses astronoomiakeskusena 1934. aastani ja on tänapäeval osa Green Templetoni kolledžist (Radcliffe Observatory). Radcliffe observatooriumi hoone on rajatud kolmekorruselisena ja iga ülemine pind on väiksema mahuga.

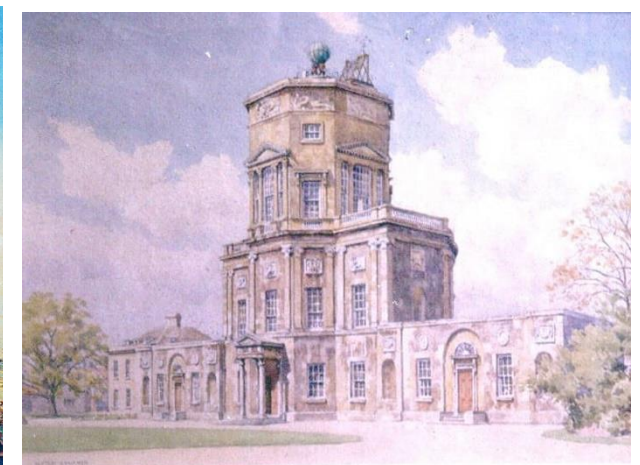
Saksamaale, 18. sajandi lõpu poole rajati Seebergi mäel Gotha observatoorium. Vaatluskeskuse kujundus sarnanes Radcliffe'i observatooriumile. Hoone ehitati massiivse konstruktsiooniga ja viies mahus, mille keskne osa oli pööratava kupliga torn. Hoone tiivad olid planeeritud observatooriumi töötajate eluruumideks. Observatooriumis kasutati instrumentidena 4-tollist refraktorit, pendlikella, seniidisektorit ja transiidiiinstrumenti. Observatooriumis viidi läbi koolitusi noortele astronoomidele (Armitage, 1949: 330).

Gotha ja Uppsala observatooriumid olid aluseks 19. sajandi Tartu Keiserliku Ülikooli tähetorni rajamisele, mille ehitamisel järgiti varasemate observatooriumite ruumiprogramme.



Joonis 10. Gotha observatoorium

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SternwarteGothaSeeberg.jpg>



Joonis 11. Radcliffe'i observatoorium

<https://www.gtc.ox.ac.uk/about/history/radcliffe-observatory/current-use-radcliffe-observatory/>

1.5. 19. sajandi esimese poole eeskuju observatooriumid: Tartu ja Pulkovo

1.5.1. Tartu tähetorn

1802. aastal taasavatud Tartu Keiserliku Ülikooli plaan oli rajada Tartu Ülikooli tähetorn, mille eelprojekt koostati Georges Frédéric Parrot' juhtimisel, kes oli taasavatud Tartu Ülikooli esimene rektor, arhitekt ja insener (Tohvri, 2019: 1002).

Tartu tähetorn rajati endise piiskopikindluse kohale Toomemäel. Projekteerimisel leiti inspiratsiooni Gotha, Uppsala ja 19. sajandi Göttingeni observatooriumi visanditest, lisaks Augustin Darquier de Pellepox', Toulouse'i observatooriumi juhi poolt 1786. aastal ilmunud raamatust „Praktilisest astronoomiast“, milles olid nõuded kaasaegsele observatooriumile, sealsete ruumide suurusdest, paiknemistest ja teekulgemistest. Observatooriumid tuli rajada iseseisvate hoonetena. Tähetornide keskele paigutati üldjuhul astronoomilised instrumendid, hoides neid stabiilsena ja kaitstes tuule ja külma eest (Tohvri, 2019: 1003–1004).

Tartu tähetorni planeeriti meridiaanringi saal, saal passaažiriistale, väike torn liikuva katusega ekvatoriaalinstrumentidele ning hoone keskossa, lõunapoolsele küljele planeeriti vaatlustorn, mida kaitseb hoone põhimaht. Tähetorni hoone ehitus kestis aastatel 1809–1810 (Tohvri, 2019: 1004). Saksa päritoluga astronoom Friedrich Georg Wilhelm Struve, kes oli lõpetanud Tartu Ülikooli nii kirjanduse kui astronoomia alal ja juhtis taasavatud ülikooli, tellis observatooriumisse 9-tollise ja tol ajal maailma suurima akromaatilise Fraunhoferi teleskoobi, mis määras tähtede kaugusi Maast. Akromaatilise teleskoobi puhul on tegu kumera ja nõgusa läätsesega, mille ühendamisel tekivad ühte punkti kokku punased ja sinised kiired, mille tulemusena omakorda muutub vaadeldava objekti teravus paremaks (Intervjuu T. Viigiga, 2021).



Joonis 12. Tartu tähetorn, 1821. a
<https://www.tahetorn.ut.ee/et/node/87>



Joonis 13. Tartu tähetorn tänapäeval.
<https://www.ohtuleht.ee/570491/korda-tehtud-tartu-tahetorn-avab-uksed-muuseumina>



Joonis 14. Pulkovo observatoorium 1839. a.
<https://promenade.imcce.fr/en/pages2/248.html>

Eesti suurimaks inseneriteaduse saavutuseks 19. sajandi jooksul oli pöördemehhanismiga torn Tartu tähetornil, mille Parrot projekteeris Normandias ja Saksamaal konstrueeritud tuule- ja vesiveskite jooniste põhjal. Pöördetorn pidi rullikul mööda poleeritud malmvaltsi vabalt liikuma ja konstruktsioon olema piisavalt tugev, olles kaitstud tuule eest, kuid mida on kerge ja mugav pöörata (Tohvri, 2019: 1007–1008).

1.5.2. Pulkovo observatooriumi rajamine

Tartu tähetornile järgnes ajaliselt Vene Keisririigi Polkovo observatoorium Peterburi lähedal, mille projekteerimise ettepaneku koostas taasavatud Tartu Ülikooli rektor Georges Frédéric Parrot 1827. aastal (Tohvri, 2019: 1011).

Pulkovo observatooriumi projektis oli olulisel kohal looduslik keskkond, mille tõttu planeeriti observatooriumi ümber park (Tohvri, 2019: 1015).

Projektis on hoone keskmine pöördetorn toetunud hoone põhiplaanile ja külgmised vaatlustornid asuvad esifassaadil, tekitades U-kujulise plaani. Observatoorium valmis 1839. aastal. Tartu ja Polkovo observatooriumid võeti eeskujuks 19. sajandi teisel poolel Ameerika Ühendriikide observatooriumite rajamisel (Tohvri, 2019: 1022, 1032).

1.6. Konflikt observatooriumide ja linnade laienemise vahel 19. sajandi teisel poolel

Linnade areng ja liiklusvahendite kasutuselevõtt põhjustas linnades valgusreostuse, õhusaaste, vibratsiooni ja müra, mis võisid olla ohuks astronoomilistele instrumentidele observatooriumites (Tohvri, 2019: 1007). Pulkovo observatooriumi konstruktsioonid olid projekteeritud vastavalt nõuetele, et kaitsta instrumente müra, vibratsiooni ja kuumuse eest (Aubin, 2003: 87).

Pariisi observatooriumi ümber oli tekkinud 1860. aastate paiku linna laiendus, mille põhjal arutati observatooriumi viimist linnast eemale. Observatooriumile otsiti uus asukoht Le Grand Regardi valduses Saint-Jacquesi kõrgendikul, mis oli hõredalt asustatud ja mille ümber ehitati valgusreostuse, müra ja muude probleeme tekitavate aspektide eest seinamüür (Aubin, 2003: 79, 82).

Asudes kesklinnast kaugel, ehitati 1811. aastal 1400 meetri pikkune allee Luksemburgi aedadest observatooriumini. Müra ja vibratsiooni vähendamiseks pöörati tähelepanu observatooriumi aedadele, mis omakorda mõjutas linnaplaneerimist (Aubin, 2003: 83, 88).

Prantsuse ametniku Georges Eugene Haussmann'i soovitusel tekitati 1860. aastatel laiemad sissepääsud Pariisi kesklinna: laiendada Sebastopoli (tänapäeval Saint-Micheli) puiesteed kuni observatooriumini; laiendati Denfert-Rochereau' väljakut, mille tulemusel tekib sõidutee d'Enferi ja Orleansi linna suunas; arendada Pariisi värava ja rongijaama ümbrus tähekujuliseks planeeringuks, kujundades Arago puiestee, mis ühendab d'Enferi ja Orleansi (tänapäeval Austerlitz) raudteejaama. Puiesteed planeeriti rajada observatooriumi lähestikku, mille tulemusel tekivad teadustöös raskused ennekõike valgusreostuse ja müra tõttu. Observatoorium takistas linnaehitust ja tekkisid konfliktid teadlaste ja linnaplaneerijate vahel, mille tulemusel otsustati 1970. aastate keskel Pariisi observatoorium rajada Meudoni teaduslinna (Aubin, 2003: 89, 100).



Joonis 15. Meudoni observatoorium

https://chalonge-devega.fr/Cias_Meudon2012.html

1.7. Astronoomilised uuringud 20. sajandil ja NASA asutamine

19. sajandi lõpuks olid astronoomidel teadmised universumist, taevakehade liikumistest ja galaktikatest. Tegeleti taevakehade kaardistamise ja astrofotograafiaga. Astronoomiliste uuringute lihtsustamiseks olid asutatud rahvusvahelised astronoomide kogukonnad teaduslinnakutesse, näiteks spektroskoopia keskused Greenwichis ja Meudonis. 20. sajandil ehitati kvaliteetsemaid ja massiivsemaid astronoomilisi instrumente. Akromaatilise (kumera ja nõgusa) läätsede kättesaadavus võimaldas ehitada suuremaid teleskoope, muutes vaadeldava objekti teravust paremaks (Astronomy from the Renaissance to the mid-twentieth century).

Vaatlused olid linnades raskendatud füüsikaliste aspektide, valgusreostuse, müra ja vibratsiooni tõttu. Kunstlik valgustus linnades kasvas, tekitades heledat taevakuma, mis häiris astronoomilisi vaatlustöid observatooriumites. Valgusreostuse vältimiseks ja astronoomiliste uuringute läbiviimiseks leiti lahendus rajada observatooriumid linnadest eemale, eraldatuna püsivate atmosfääritingimustega mägipiirkondadesse, kus linnade taevakuma jääb tunduvalt allapoole. 20. sajandi esimesel poolel ehitati Ameerika Ühendriikides Californias Mount Wilsoni observatoorium (1904) 1740 meetri kõrgusele (Astronomy from the Renaissance to the mid-twentieth century).

Pärast Teist maailmasõda osalesid Nõukogude Liit ja Ameerika Ühendriigid külmas sõjas, mille tulemusel tegeleti kosmoseuuringutega põhjusel, et kardeti vastase sõjalist rünnakut ja üritati hoida vastast pidevas hirmus. 20. sajandi esimesel poolel oli nii Ameerika kui Nõukogude Liidu eesmärgiks tagada juhtpositsioon kosmosetehnoloogias. Teaduslike andmete kogumiseks loodi Ameerikas satelliite, kuid esimese satelliidi, Sputnik 1 saatis kosmosesse 1957. aastal Nõukogude Liit. Ameerika Ühendriigid saatsid kosmosesse Explorer 1 satelliidi 1958. aastal, mis näitas Maad ümbritsevat päikesekiirgustsoone. Satelliitide kriisi tulemusena asutati Ameerika Ühendriikides 1958. aastal Riiklik Aeronautika- ja Kosmosevalitsus (NASA), mis korraldas esimesi kosmoselende ja oli ühtlasi sõjaväelise otstarbega (Garber ja Launius, 2005).

1.8. Observatooriumid mägedes

Ameerika Ühendriikide observatooriumid, mis asuvad mägedes, kaugel linnadest ja ookeanidest, et vältida valgusreostust ja tugevaid õhuvoole, on saavutanud aegade jooksul parimad tulemused astronoomilistes vaatlusuuringutes. Esimene observatoorium, mis rajatud mägedesse, oli 1888. aastal valminud Licki vaatluskeskus ligikaudu 1,3 kilomeetri kõrgusel Mt. Hamiltonil, California osariigi San Jose linna lähedal koos 36-tollise reflektoriga. Veelgi kõrgemalt tunnustatud observatoorium on rajatud 4,2 kilomeetri kõrgusele Hawaii saarele Mauna Keas. 1964. aastal laiendati observatooriumit, mistõttu kuulub astronoomiakeskusele mitmeid erinevate suuruselga teleskoope, näiteks Hawaii ülikooli 2,2 meetrine teleskoop, NASA 3-meetrine infrapunateleskoop, Kecki 10-meetrised ja Jaapani 8,3 meetrine optiline infrapunateleskoop Subaru (Krisciunas, 1999: 10). Kõrgelt arenenud teleskoobid asuvad veel Tšiilis Atacama kõrbe vaatluskeskuses, 5 kilomeetri kõrgusel merepinnast, kus puudub veeauru sisaldus, mis neelaks tähtedelt tekkivat infrapunakiirgust. Seetõttu on kõrbes selgeid öid keskmiselt 320, Eestis 60–80 korda aastas (Intervjuu T. Viigiga, 2021). Teleskoopide ehitamine ja pidev arendamine on vajalik astronoomiliste uuringute ja avastuste jaoks. Tänapäevaste teleskoopide ehitamine nõuab arvutiga juhitavaid akromaatilisi peegleid ja ventileeritavaid kupleid observatooriumites, et vältida sooja õhu liikumist, mis vaatlustöid takistab (Krisciunas, 1999: 11).



Joonis 16. Mauna Kea observatoorium.

<https://bigislandguide.com/stargazing-at-mauna-kea>

2. TÕRAVERE OBSERVATOORIUM

2.1. Ajalooline ülevaade

Eestis on põhjalikumalt uuritud astronoomiat alates 19. sajandist, kui ehitati Tartu Keiserliku Ülikooli tähetorn (Viik, 2014: 11). Tartu tähetorni teadustöödega tegelesid tunnustatud astronoomid Ernst Julius Öpik, Aksel Kipper, Grigori Kusmin ja Taavet Rootsmäe (Viik, 1997: 3).

Tartu tähetorn oli teistele observatooriumitele eeskujuks pöördemehhanismiga torni ja akromaatilise teleskoobi tõttu (Tohvri, 2019: 1009). Tartu tähetorni eeskujul arenes välja Tõravere observatooriumi kompleks, mis asub Tõravere alevikus, Nõo vallas, Tartu maakonnas, Tartu-Valga maanteel, 20 kilomeetri kaugusel Tartu linnast, rajatuna looduslikule kõrgendikule. Uue teadusasutuse planeerimisel arvestati Nõukogude Liidu linnaplaneerimise, kõrghariduse ja teaduse strateegiat, kui 1950. –1960. aastatel asutati teaduslinnakud ehk satelliitlinnad koos teadusettevõtetega. Tõravere on rajatud Tartu teaduslinnakuna.

2.1.1. Teadus- ehk satelliitlinnade asutamine Nõukogude Liidus

Nõukogude Liidus võeti 1956. aastal NLKP keskkomitee sekretäri Nikita Hruštšovi ettepanekul vastu otsus aeglustada suurlinnades rahvaarvu kasv, hajutades Leningradi ja Moskva rahvastik väiksemate linnade vahel. Äärelinnade ehk satelliitlinnade eesmärk oli peatada rahvaarvu kasv suurtes linnades, leevendada liigset survet suurlinnade infrastruktuurile ja aeglustada linna arengut, samuti tihedalt asustatud linnadest viima satelliitlinnadesse suurlinna teadusasutusi ja ettevõtteid ning luua tervislikumad elutingimused. Igas Venemaa satelliitlinnas võis elada kuni 80 000 inimest (Горлов, 2017: 93, 95).

Igale satelliitlinnale olid planeeritud koolid, kaubandus-, meelelahutus-, kultuuri- ja teised vajalikud asutused. Eluhooned ehitati standardprojektide ja avalikud hooned individuaalsete kavandite põhjal. Satelliitlinnade rajamisel säilitati olemasolev loodus, tekitades linnakutele omapära. Planeeriti ühistranspordi liinid. Eripäraks oli ka ühendus suurlinnaga (Горлов, 2017: 97).

Moskva lähedale ehitati alates 1959. aastast Krjukovo jaama piirkonda isetoimiv satelliitlinn, mis 1963. aastal nimetati ümber Zelenogradiks, kus katsetatakse tänapäevani keskkonnauuendustega. Loodud on head tingimused nii elu-, tööstus- kui ka teadustsoonides ja arhitektuurselt on rajatud meeldivaid ja valgusküllaseid avalikke ruume (Горлов, 2017: 96–98).

Satelliitlinnade kontseptsioon tekkis esmakordselt 20. sajandil Inglismaal. Nõukogude Liidus kuulutas Nikita Hruštšov satelliitlinnade planeerimise peamiseks riigi ülesandeks. Enne Teist maailmasõda ei kasutatud mõistet „tehnopolis“ ja „teaduslinn“, kuid sellest olenemata loodi satelliitlinnakud varemgi tulemusrikkalt. Satelliitlinnasid nimetatakse teisisõnu teaduslinnakuteks. Asudes suurlinna läheduses, kuid eraldi isetoimiva linnana, on satelliitlinnad tänu oma keskkonnale sobivad paigad teadusega tegelemiseks. Zelenogradis, Novosibirskis, Skolkovos, ja Obninskis on tegutsenud tunnustatud kõrgkoolid (Ланно, 2010).

2.1.2. Tõravere teaduslinnaku asutamine

Tõravere observatoorium arenes välja Tartu tähetornist. Valgusreostuse, müra, vibratsiooni ja saastunud õhu tõttu tehti Tartus ajavahemikul 1918–1940 vähemalt kaks korda plaane rajada observatoorium Tartust eemale (Intervjuu T. Viigiga, 2021). Sõjajärgsete teadusreformide põhjal rajati 1947. aastal Tartu Füüsika, Matemaatika ja Mehaanika Instituut, mis 1952. aastal nimetati ümber Füüsika ja Astronoomia Instituudiks. 1973. aastal loodi eraldi instituudid, Füüsika Instituut tegutses Tartus edasi, kuid Astrofüüsika ja Atmosfäärifüüsika Instituut rajati Tõraverele ja nimetati ümber Tartu Observatooriumiks (Viik, 1997: 3).

Astronoomilisteks vaatlusteks oli tarvis uuemat tehnikat, mis võttis ka rohkem ruumi kui Tartu observatoorium oleks suutnud mahutada. Seetõttu jõuti otsusele leida Tartu observatooriumile uus asukoht. Pikkade otsimiste tulemusel leiti, et sobivaks on Tõravere kõrgendik. 1954. aastal koostati rekonstrueerimisprojekt ja 1958. aastal alustati Tõravere ehitustöödega. Tegemist oli lageda põllumaaga. Üksikud majad asusid põllu lähedal. Observatooriumi kohalikul osutus määravaks ka lähedalasuv raudtee ja raudteepeatas (Viik, 2014: 17).

Tõravere observatooriumi planeeringu ja haljastuse kavandi koostas 1959. aastal maastikuarhitekt ja aiandusteadlane Aleksander Niine (1910–1975), kelle olulisemad tööd olid veel Tallinna botaanikaai ja rosaariumi planeering (mis pole täielikult ellu viidud), Rävalla puiestee haljastus ja Jägala looduspark (Laane, 2010). Asudes kõrgendikul, tekitas hiljem tugev tuul observatooriumi teadustöodes probleeme. Lahenduseks istutati observatooriumi ümber kruntidele puid, vältimaks kõrgel mäel tugevaid tuuli (Intervjuu T. Viigiga, 2021).

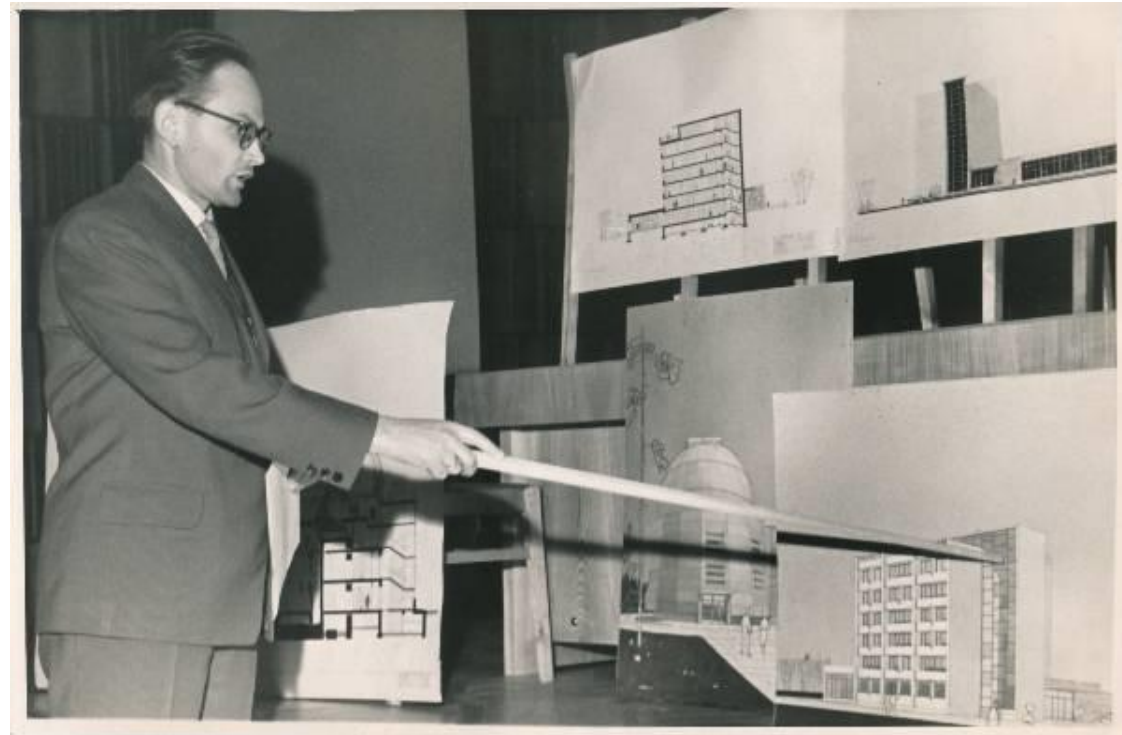
Tõravere asulasse ehitati observatooriumi peahoone, kortermajad, töökoda aparaadiehituse ruumidega, kaksikteleskoobitorn kahe 0,5 meetrise teleskoobi ning teleskoobitorn 0,7 meetrise teleskoobi jaoks (Viik, 2014: 27). Teadustöödega alustati uues, Leningradi firma GIPRONII projekteeritud observatooriumi peahoones, mis avati 1964. aastal. Tõravere asula ehitustööd said valmis 1970. aastate keskel (Tamm, Kimmel, 2010: 67-68).

Observatooriumi teisel ehitusperioodil telliti Põhjamaade suurim 1,5 meetrine teleskoop. Ehitusperioodil projekteeriti hotelli funktsiooniga kuue korruseline elamu koos toidupoe, söökla ja kinosaaliga (Viik, 2014: 27), mis tänapäeval on kasutuses korterelamuna.

Tõravere observatooriumis on alates 1974. aastast olnud teadlastele parimaks töövahendiks astronoomilistel vaatlustel 1,5 meetrise läbimõõduga peegelteleskoop AZT-12, mis paigaldati observatooriumi stellaariumihoonesse (Viik, 1997: 5). Hoone projekteerisid Leningradi instituut GIPRONII ja observatooriumi astronoomid. Teleskoobitorni projekteerimine oli keeruline, kuna teleskoobi tõttu pidi hoone olema püsivalt isoleeritud, välisseinad ei tohtinud soojeneda ja soe õhk sattuda kuplialusesse ruumi, mille tagajärjel halveneb vaatlustööde kvaliteet. Teleskoobitorni projekteerimisel tegi põhjaliku uurimustöö astronoom Jaan Einasto ning arhitektuurilise lahenduse aitas leida arhitekt Raine Karp (Viik, 2014: 32, 34).

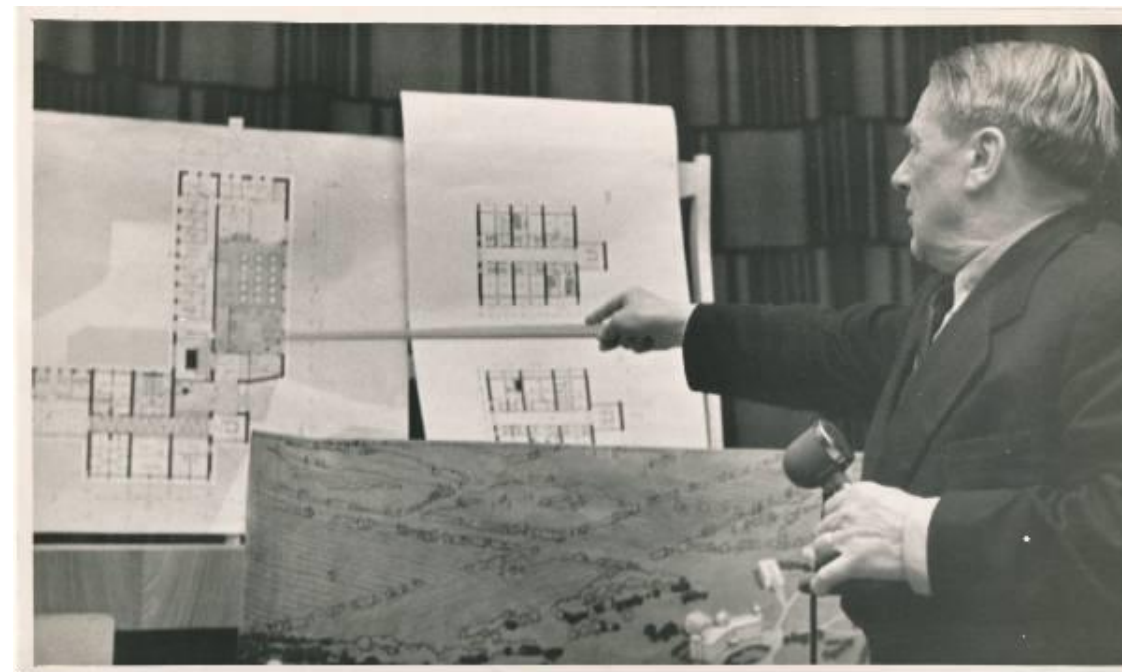
Teleskoobi suurused on valitud vastavalt Eesti kliimale. Lisaks enne 1,5 meetrilist teleskoopi telliti 1960. aastal LOMO tehast 48 sentimeetrise läbimõõduga teleskoop AZT-14 (Castor), mis paigutati kaksikteleskoobitorni. Aparatuuriehituse laboratoorium projekteeris lisaks veel ühe teleskoobitorni kupli, mille materjalina kasutati klaasplastmassi. Kuppel projekteeriti 5,25 meetrise läbimõõduga ja hoonesse telliti 70 sentimeetrise läbimõõduga teleskoop AZT-8 ehk Pollux (Viik, 2014: 30-31).

Tõravere teaduslinnak tegutseb tänapäevani. Terviku moodustab observatooriumi peahoone koos väiksemate teleskoobitornide ja AZT-12 stellaariumihoonega. Observatooriumi territooriumile on planeeritud veel meteoroloogiajaam. Hooned on säilitatud algsete funktsioonidega (Tamm ja Kimmel, 2010: 67).



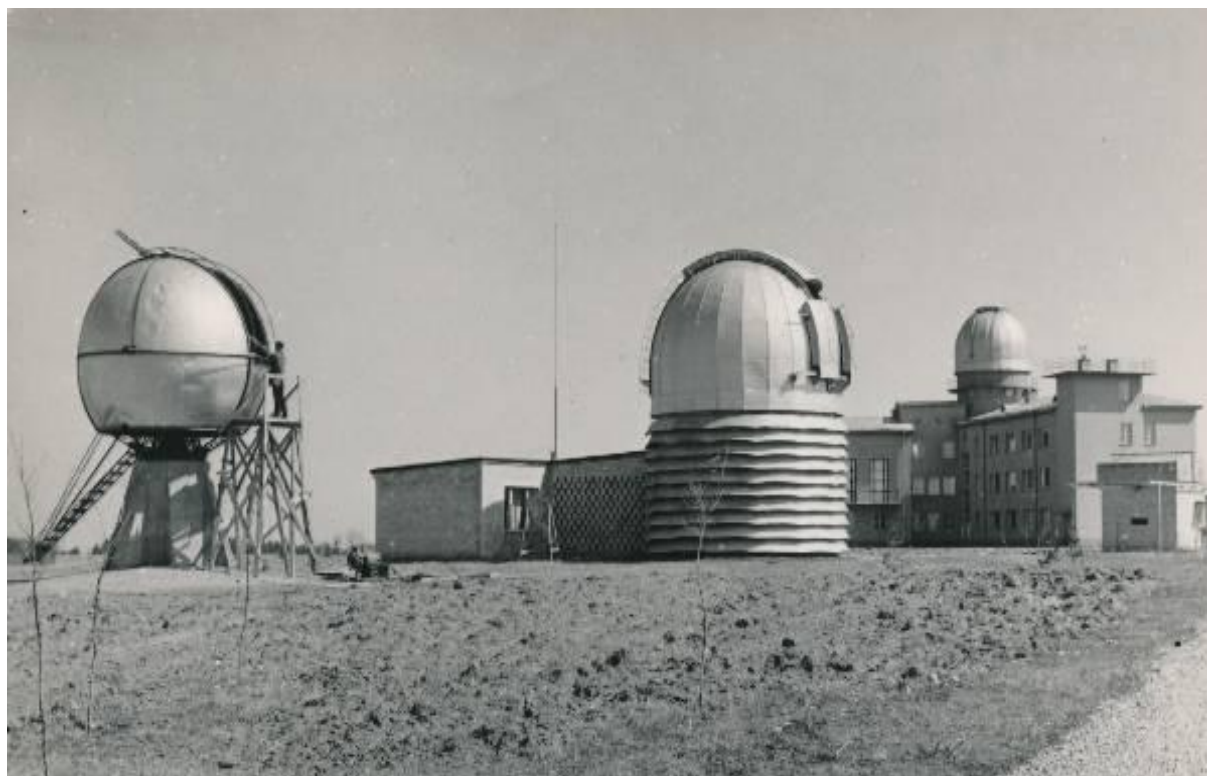
Joonis 17. Tõravere observatooriumi planeering. Selgitusi annab astronoom Jaan Einasto. Tõravere, 1964-1970. Foto Kaljo Raud.

<https://www.muis.ee/museaalview/2713914>



Joonis 18. Tõravere observatooriumi planeering: selgitusi annab arhitekt Arnold Matteus. Tõravere, 1964-1970. Foto Kaljo Raud.

<https://www.muis.ee/museaalview/2713905>



Joonis 19. Tõravere observatoorium. Väikesed teleskoobitornid, taustal observatooriumi peahoone. 1965. a.
<https://ajapaik.ee/>



Joonis 20. Tõravere observatoorium. Stellaariumihoone ehitus.
http://to50.to.ee/suurte_ja_vaeikeste_teskoopi.htm



Joonis 21. Vaade hruštšovkadele peahoone katuselt. 1970. a.
<http://ajapaik.ee/>



Joonis 22. Tõravere observatoorium.
Esimese teleskoobi paigaldamine 1963. a.
http://to50.to.ee/suurte_ja_vaeikeste_tele_skoopi.htm



Joonis 23. Tõravere observatoorium. 1,5 m teleskoobi montaaž.
http://to50.to.ee/suurte_ja_vaeikeste_teskoopi.htm

2.2. Observatooriumi hoonete seisukord tänapäeval

2.2.1. Peahoone

Tõravere observatooriumi peahoone on Eestis väheseid teadushooneid, mis on rajatud suurematest asulatest väljapoole. Ruumipuuduse tõttu rekonstrueeriti hoone 2009. aastal, mille käigus muudeti hoone fassaad ja projekteeriti juurde külustuskeskus. Rekonstrueerimisprojekti koostas projekteerimisettevõtte Sirkel ja Mall OÜ (Tartu Observatoorium).

Hoone esimesel korrusel asuvad kabinetid, tööruumid, abiruumid, raamatukogu ja tehnoruumid, põhjapoolses mahus on lugemissaal ja kohvik, juurdeehitusena on projekteeritud laborid, aatrium ja sanitaarruumid. Teisel korrusel on kabinetid, põhjapoolses mahus seminariruumid, mille vahelt on võimalik ajutiseks sein ära lükata, mis võimaldab pidada saalis pressikonverentse. Juurdeehitusena on teisele korrusele projekteeritud õhuruum, kabinetid ja klaasgalerii, mis viib edasi katuseterrassile. Hoone kolmandal korrusel asuvad kabinetid. Rekonstrueerimisprojekti käigus lahendati erivajadustega inimeste liikumisvajadused (Tartu Observatoorium). Külalisteadlastele on peahoonesse planeeritud paar väiksemat korterit ja puhkeruum koos kööginurgaga (Intervjuu T. Liiraga, 2021). Peahoone koridori seinal asub 1964. aastal, peahoone ehituse ajal valminud merekividest kivimosaiik-kaart, Tartu kunstniku Lagle Israeli kujundatud nägemus tähtkujudest (Ekskursioonid).

Peahoone katusel asuvas kuplis teleskoop puudub. Platvormil on aparaadid, mis saadavad vajalikud andmed otse arvutisse. Varasemalt oli kupli all ka teleskoop, millega vaatlusi korraldati harva. Endise direktori, Aksel Kippereri sõnul oli observatooriumil tarvis kvaliteetsemat teleskoopi, millega määrata tähtede liikumist ja positsiooni. Instrumendi raskus tekitas hoone konstruktsioonidele pragusid. Halva kvaliteedi ja liigse raskuse tõttu eemaldati teleskoop peahoonest (Intervjuu T. Viigiga, 2021).

2.2.2. Teleskoobitornid

Observatooriumi õuealal asub kolm väiksemat teleskoobitorni. Kolmest teleskoobitornist on ainult ühes neist instrument – 60 sentimeetrise läbimõõduga Zeiss'i teleskoop, mida selgetel öödel vaatlustes rakendatakse. Kaksiktornis ei ole instrumenti, kolmandas tornis asub laoruum, kuhu plaanitakse tulevikus suurem osa laborist üle viia (Intervjuu T. Liiraga, 2021).

2.2.3. Stellaariumihoone

Hoone esimesel korrusel on laoruumid, kus hoitakse väiksemaid teleskoobe ja varuosi, mida enam teadustöös ei kasutata, lisaks on teadusaparatuur möödunud sajandist. Hoone keskel on õhuruum, et vajadusel lasta raskeid teleskoobi detaile luukide kaudu esimesele korrusele. Hoone teisel korrusel asub stellaariumiruum, kus külastajatel võimalus lugeda astronoomiat tutvustavaid plakateid, uurida päikesesüsteemi maketil vahelduvaid aastaegasid ja Kuu ning Päikese varjutusi. Stellaariumiruumis eksponeeritakse 1980. aastatel töötanud arvuteid. Kolmandal korrusel asuvad tööruumid, kus projekteeritakse ja ehitatakse lihtsamaid mõõtevahendeid, lisaks on lao- ja puhkeruum, millest viimane on kasutusel observatooriumi musikaalsete teadlaste bändiruumina. Teleskoobitorni kuplialuses ruumis asub Põhjamaade suurim, 1,5 meetrise läbimõõduga peegliga optiline teleskoop (Intervjuu T. Liiraga, 2021).

2.2.4. Õueala atraktsioonid

Peahoonest lõuna pool asub Tartu Kõrgema Kunstikooli skulptorite poolt tehtud päikesekell. Teine päikesekell on kujutatud kividega õuealale. Tõravere observatooriumi õuealal on peahoonest stellaariumihooneni jalakäijate tee. Tee äärde on paigutatud astronoomiat tutvustavad infotahvlid ja päikesesüsteemi maketid. Esimene päikesesüsteemi makett on kujundatud elupuudena, mil moel iga puu tähistab planeeti (Ekskursioonid).

2.2.5. Meteoroloogiajaam

Observatooriumi krundist edela poolel, jalakäijate tee ääres, asub meteoroloogiajaam, mis avati 1964. aastal (Aktinomeetria). Esialgu tegeleti jaamas päikesekiirguse mõõtmisega. Hoone on ümber projekteeritud ümara põhiplaaniga meteoroloogiajaama paviljoniks koos esimese korruse, katusekorruse ning maa-aluse korrusega (Tamm, Kimmel, 2010, lk 69). Tegemist on Eestis ainsa ilmajaamaga, kus jälgitakse ilma igapäevaselt. Üldiselt toimivad tänapäeval ilmajaamad automaatselt ise (Intervjuu T. Liiraga, 2021).



Joonis 24. Observatooriumi peahoone
<https://visitsouthestonia.com/sihtkohad/toravere-observatoorium/>



Joonis 25. Observatooriumi peahoone külastuskeskus
<https://www.to.ee/est/meist/asukoht>



Joonis 26. Väikesed teleskoobitornid. Taustal peahoone kuppel
<https://visitsouthestonia.com/sihtkohad/toravere-observatoorium/>



Joonis 27. Stellaariumihoone
https://www.puhkuseestis.ee/vaatamisvaarsused?sightseeing_id=3100



Joonis 28. Põhjamaade suurim 1,5 meetrine peegelteleskoop
stellaariumihoones
Foto autor: Merli Virki, 26.08.2020.



Joonis 29. Näituseruum stellaariumihoones
Foto autor: Merli Virki, 26.08.2020.



Joonis 30. Vaade linnulennult observatooriumile
<https://kaader.ee/foto/404-toravere-observatoorium>



Joonis 31. Kombinaathoone (tänapäeval korterelamu)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:T%C3%B5ravere_03.jpg



Joonis 32. Päikesesüsteemi makett elupuudest
<https://roosatorn.wordpress.com/2018/08/08/tartu-observatoorium/>



Joonis 33. Päikesekell
<https://roosatorn.wordpress.com/2018/08/08/tartu-observatoorium/>



Joonis 34. Päikesekella skulptuur
<https://kylastuskeskus.to.ee/est/ekskursioonid>



Joonis 35. Suuruste skaala näitus
<https://www.puhkaeestis.ee/et/tu-tartu-observatoorium>



Joonis 36. Päikesesüsteemi makett välialal
<https://visitsouthestonia.com/sihtkohad/toravere-observatoorium/>



Joonis 37. Vaade kollasest aknast teleskoobitornidele
<http://www.eenboekskast.nl/kma-tallinn/>

3. INTERVJUUD TÕRAVERE OBSERVATOORIUMIS

Intervjuud viidi läbi Tõravere observatooriumis 13. veebruaril 2021. aastal Tõravere observatooriumi arendusjuhi ja füüsikaõpetaja Tanel Liira ja vanemteaduri ning endise direktori Tõnu Viigiga. Intervjuude käigus arutleti Tõravere teadlaste, külastajate, valgusreostuse, murettekitavate faktide, vajalike uusarenduste ja observatooriumist tulenevate tingimuste teemal. Lisainfo on saadud kirjavahetuse teel Tõravere observatooriumi teadur ja astronoom Tõnis Eenmäelt.

3.1. Teadlased ja teadustöö

Intervjuude käigus selgus, et Tõravere teaduslinnakus on rahvaarv vähenenud. 1962. aastal oli suur osa Tõravere elanikest seotud teadustööga ja observatooriumis töötas ligikaudu 200 inimest. Ehitatud kortermajad olid eelkõige mõeldud teadlaste elukohtadeks. Nüüdseks elab Tõraveres kümnekond teadlast ja observatooriumis töötab ligikaudu 90 töötajat, kelle hulgas tegeleb vaatlustega 5 astronoomi. Observatooriumis tegeletakse astronoomia, kaugseire ja kosmosetehnoloogiaga.

3.2. Külastajad

Küsitluste põhjal selgus, et välismaalt külastab observatooriumi aastas mõni üksik astronoom. Enamasti külastavad observatooriumi kosmosetehnoloogid ja kaugseire alal tegelevad teadlased. Observatoorium korraldab näitusi, seminare, täiendkoolitusi ja kooliõpilastele aktiivõppeprogramme. Täiskasvanutel on võimalus osaleda vaatlusöödel stellaariumihoones. Vaatlusi korraldatakse külastajatele üks kord nädalas, mil vaadeldakse tähtede värvust, vanust ja liikuvust spektromeetri abil. 2019. aastal külastas observatooriumit ligikaudu 4900 huvilist. Intervjuude käigus selgus, et on tekkinud olukordi, mil vaatlusõhtul on observatooriumis ligikaudu 50 külastajat, mis tekitavad vaatlemisel pikki järjekordi.

3.3. Tänavavalgus

Tõravere teaduslinnaku eripära on tänavavalgustuse minimaalsus. Tulevikus võivad probleeme tekitada uued elurajoonid. Loodetakse, et kruntidele luuakse valgustuse nõuded. Nõukogude ajal oli tarvis observatooriumilt luba, et observatooriumile 1,5 kilomeetri raadiuses uusehitisi rajada. Valgusreostusega ei ole siiani olnud probleeme. Peahoone lähedal olevate tänavalampide valgus on suunatud alla. Hetkel on käsil kergliiklustee rajamine kõrgendikult Tartu-Valga maantee piiratud tänavavalgustuse tingimustes. Tänavavalgustus võib olla maksimaalselt meetri kõrgune, mille valgus olema suunatud allapoole.

3.4. Probleemsed kohad

Rahastusallikate puudumise tõttu ei ole observatooriumis arhitektuurilisi uuendusi tehtud, kui peahoone rekonstrueerimine välja jätta. Observatooriumi ehituse ajal valminud kuuekorruselises hotellis, mis praegu on kasutuses kortermajana, asusid veel söökla, kinosaal, postkontor ja toidupood. Kahjuks kapitalismitingimustes ei suudetud neid funktsioone enam ülal hoida ja toimusid koondamised. Selle tulemusel kolis valdav osa elanikest Tõraverest ära. Toidupoodi ja postkontorit alevikus ei ole, Tõraveres käivad läbi toidubuss ja kullerid.

3.5. Võimalikud uusarendused ja piirangud

Lisaks peahoone rekonstrueerimisele tuleks keskenduda väliala, teleskoobitornide ja stellaariumihoone edasiarendusele. Huvi on tuntud kuppelkajutite ja planetaariumietenduste vastu ning võimaluse vastu vaadelda välialal teleskoopidega. Planeeritavad vaatluskuplid peavad asuma looduslikes asukohtades, kus ei piira vaatevälja muu hoonestus ega puud. Lisaks tuleb arvestada nõudega, et meteoroloogiajaama ümber peab olema lage maa 200 meetri raadiuses. Stellaariumihoone rekonstrueerimisel tuleks arvestada, et hoone oleks väljast tuleva soojuse eest kaitstud. Võimalusel projekteerida isolatsioon ja päikesevalgust peegeldav kate või värv. Professionaalseid teleskoope sisaldavad observatooriumid on reeglina värvitud lumivalgeks, kuna need peegeldavad hästi ka lähisfrapunast spektripiirkonda. Välitemperatuuri kiire languse tõttu mõjutab päeval üles soojenenud hoone tugevate tõusvate õhuvoolude tekkimise kaudu öisel ajal vaatluste kvaliteeti. Väiksemates teleskoobitornides kehtib sama nõue. Atraktsioonide ja hoonete planeerimisel observatooriumi õuealale tuleb arvestada, et objektid ei varjaks horisonti teleskoopide juurest vaadatult ega heidaks varju olemasolevale vaatlusväljakule ja kividest rajatud päikese kellale. Vältida tuleks teleskoopidest 100 meetri raadiuses tugevaid tõusvaid õhuvoolu põhjustavaid rajatisi, mis kiirgavad arvestatavas koguses soojust pimedal ajal.

4. JUHTUMIURINGUD SEoses TÕRAVERE TEADUSLINNAKUGA

Juhtumiuuringutes on kirjeldatud kolme erinevat astronoomia teaduskeskust, mis asuvad Novosibirskis, Ameerika Ühendriikides ja Norras.

Kõige rohkem seostub neist Tõravere observatooriumi kompleksiga Novosibirski teaduslinnaaku planetaariumi juhtumiuuring. Novosibirski teaduslinnaakus on rajatud teadusasutused ja kõrgkoolid. Linna kaasajastatakse tänapäevani, millega seoses on oluline magistratöö autori arvates arendada Tõravere teaduslinnaaku observatooriumi.

Ameerika Ühendriikide observatooriumid olid 20. sajandil kõrgel tasemel ennekõike oma asukohavaliku poolest. Observatooriumid olid rajatud valgusreostuse vältimiseks kõrgetele mägedele, mistõttu on astronoomidel olnud võimalik teha põhjalikke uurimustöid astronoomilistel vaatlustel. Tõravere observatoorium on rajatud Tartu linnast eemale, looduslikule kõrgendikule. Sarnaselt Tõraverega korraldatakse Kitt Peak'i observatooriumis külastajatele vaatlusõhtuid ja tegeletakse astrofotograafiaga, kuid pakutakse ka majutust.

Norra Solobservatorieti astronoomiakeskuse uusarendus planeeritakse olemasoleva observatooriumi tähetornile. Solobservatorieti observatooriumi planeering on näide, millisel moel arendada olemasolev astronoomiakeskus atraktiivsemaks, pakkudes külastajatele rohkem ruumielamusi looduskeskkonnas.

4.1. Teaduslinnaaku Novosibirski planetaarium

Novosibirski teaduslinnaakus avati 2012. aastal Obi jõe lähedal Novosibirski planetaarium. Kahekorruselises peahoones on kaks teleskoobitorni, planetaarium, muuseum, kabinetid, saal ja restoran (Novosibirsk Planetarium). Teleskoobitornid on omavahel ühendatud galeriiga, et hoida temperatuuri kuplite all tasakaalus. Klaasist galerii on planeeritud fassaadidetailina, et anda külastajatele võimalus imetleda panoraamvaadet Obi jõe suunas (Обсерватория). Teaduskeskuse krundil olevas Foucault' tornis on 15 meetri pikkuse traadiga pendel Maa pöörlemise demonstreerimiseks (Novosibirsk Planetarium).

Astronoomiapark on kujundatud päikesesüsteemina koos satelliitide, asteroidide ja komeetidega, mis on omavahel ühendatud teedega (Novosibirsk Planetarium). Lisaks on pargis päikesekell, mille keskosa telg on suunatud Põhjatähe poole ja telje vari langeb vastavalt kellaajale, mis erineb reaalsest kellaajast sõltuvalt Maa ebaühtlasest liikumisest orbiidi ümber ja deklinatsioonist (Солнечные часы).



Joonis 38. Novosibirski planetaarium

<https://fotorelax.ru/novosibirsk-s-vertolyota-2016/>



Joonis 39. Novosibirski planetaariumi astronoomiapark

<http://asknovosibirsk.com/answer/novosibirsk-planetarium-not-only-watching-the-sky/>



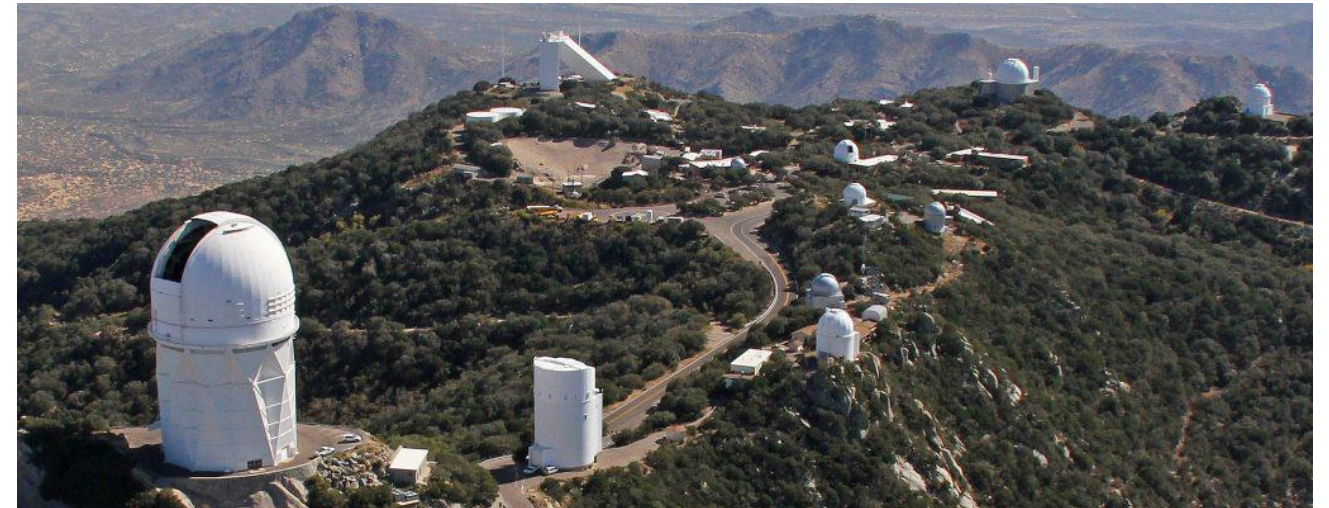
Joonis 40. Novosibirski Foucault'i pendlitorn

<http://asknovosibirsk.com/answer/novosibirsk-planetarium-not-only-watching-the-sky/>

4.2. Kitt Peaki Rahvusvaheline observatoorium

Kitt Peaki Rahvusvaheline Observatoorium asub Ameerika Ühendriikides, Kitt Peaki mäe tipus. Astronoomiakeskus on asutatud 1958. aastal ja kuulub Riikliku Optilise Astronoomia Vaatluskeskuse koosseisu. Observatooriumis on 3 suurt teleskoopi, 22 optilist teleskoopi ja 2 raadioteleskoopi (Kitt Peak National Observatory).

Õised vaatlused algavad pärast päikeseloojangut. Vaatlusprogrammides kasutatakse lisaks teleskoopidele binokleid taevaobjektide vaatlemiseks (Nightly Observing Program). Küllastajatele pakutakse võimalust viibida privaatsetes puhkeruumides ja kohvikus. Öö jooksul on võimalik nii taevaste objektide visuaalne vaatlus kui ka astrofotograafiaga tegelemine. Küllastajal on võimalik koostada enda vaatlusnimekiri ja vaatlemiseks ei ole vaja varasemaid kogemusi (Overnight Telescope Observing Program). Vaatlused võivad kesta terve öö. Lisaks korraldatakse astrofotograafia koolitusi, mis on spetsiaalselt neile, kes on kursis pildistamise põhitehnikaga ja soovivad oma teadmisi laiendada taevaobjektide jäädvustamiseks (Introduction to Astrophotography).



Joonis 41. Kitt Peaki observatooriumi astronoomiapark

<https://www.aura-astronomy.org/centers/nsfs-oir-lab/kitt-peak-national-observatory/>



Joonis 42. Kitt Peaki päikeseteleskoobitorn

<https://visitkittpeak.org/image-gallery/>

4.3. Solobservatorieti planetaarium

Norras, Oslost põhja poole jäävas Harestua metsas on ehitusjärgus Norra arhitektuurfirma Snohetta kavandatud planetaarium ja külastuskeskus, uusarendus 1954. aastal avatud Solobservatoriet päikesevaatluskeskuse lähedusse, mis on ligikaudu 580 meetri kõrgusel merepinnast (Solobservatoriet at Harestua).

Planeeritud külastuskeskuse ala hõlmab planetaariumit ja selle ümber asuvaid ööbimismaju. Snohetta planeeringus on inspiratsiooni saadud päikesesüsteemist. Planeeringu keskel olevat silmapaistvat planetaariumi kujutatakse päikesena ning selle ümber asuvaid kupleid teiste planeetidena. Hoonete paigutus ja teekond tekitavad külastajatel kujutlusvõime päikesesüsteemist. Korraga mahub planeeritava külastusrajooni ruumidesse 118 külastajat. Külastajatele pakutakse tulevikus teaduslikke tegevusi päikeseuuringute, astronoomia ja loodusteaduste valdkonnas, sealhulgas seminare ja loenguid (Solobservatoriet at Harestua).

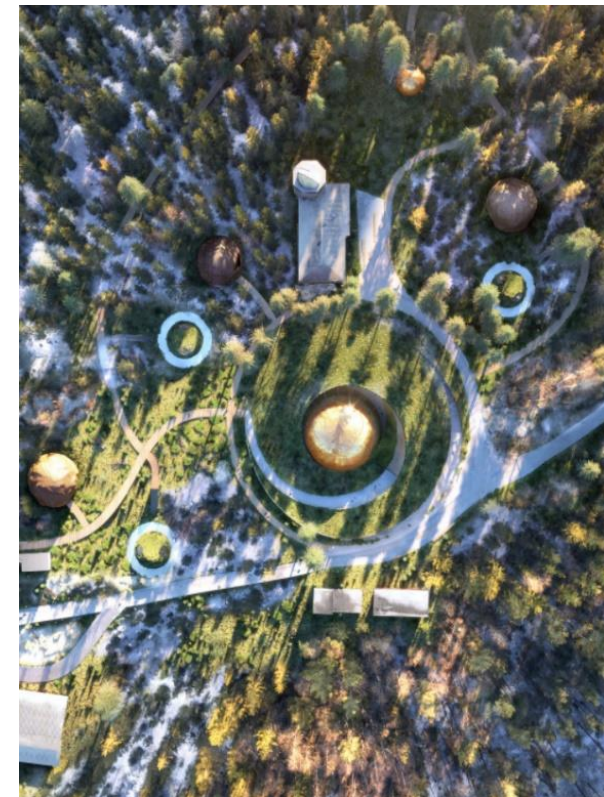
Planetaariumi kuppel ja ümbritsev katus haljastusega on omavahel kooskõlas. Planetaarium on kolmekorruseline, pooleldi maa alla projekteeritud. Maa-alusel korrusel on ruumid lastele. Etenduse ruum paigutab ligi 100 külastajat ning võimaldab kvaliteetselt näha astronoomiaga seonduvaid 3D filme. Planetaariumikupli ümber on projekteeritud vastuvõtulaud, näituseala, kohvik ja kergelt pöörlev kaldtee, mis suundub ülemisele korrusele, näituseruumi ja katusemaastikule (Solobservatoriet at Harestua).

Planetaariumit ümbritseb seitse ööbimismaja, planeeritud kas pooleldi maa alla või maa pinnale ning on kaetud karedate või siledade materjalidega. Kuus kajutit on läbimõõduga 8 kuni 10 meetrit ja mahutavad 10 või 32 inimest, väikseim kajut on 6-meetrise läbimõõduga (Solobservatoriet at Harestua).



Joonis 43. Solobservatorieti observatoorium

<https://www.lunner.kommune.no/severdigheter.299872.no.html>



Joonis 44. Solobservatorieti planeering

<https://snohetta.com/projects/378-solobservatoriet-at-harestua>



Joonis 45. Solobservatorieti planetaarium

<https://snohetta.com/projects/378-solobservatoriet-at-harestua>

5. VALGUSREOSTUS JA SELLE SEOS OBSERVATOORIUMITE ASUKOHTADEGA

Observatooriumite ajaloolise uuringu põhjal on alates 19. sajandi keskpaigast olnud valgusreostus astronoomiakeskustele tugevaks probleemiks. Linnade laienemise tõttu olid astronoomid sunnitud rajama observatooriumid linnadest eemale. Konfliktid linnaplaneerjate ja astronoomidega tekkisid Pariisis ja samuti on Tõravere observatoorium Tartu tähetornist kaugele just valgusreostuse põhjusel.

Valgusreostus tähendab üleliigset kunstlikku valgustamist, mis põhjustab negatiivseid tagajärgi nii ühiskonnale, loodusele kui ka kliimale. Valgusreostust põhjustavad tänavavalgustid, valgustatud väljakud, reklaamplakatid ja hooned. Valgusreostuse korral ületab kunstlik valgus loodusliku valguse hulka, sest valdav osa tehiskeskkonnast on pimedal ajal kas liiga erksad, suunatud valesi, ei ole varjestatud korrektselt või on hoopis ebavajalikud (Light Pollution).

Valgusreostus jaguneb kahte rühma, astronoomiliseks ja ökoloogiliseks valgusreostuseks. Astronoomilise valgusreostuse korral kiirgub tehiskeskkonnast valgus pindadelt taevasse ja hajub atmosfääris õhu osakeste mõjul, tekitades helendava taevakihi. Astronoomilist valgusreostust mõjutavad valguse suund, ilmastikutingimused ja õhu koostisosad. Ökoloogilise valgusreostuse põhjustavad tänavavalgustus, hooned, sõidukid, veealused laevad ja teised objektid, mille tehiskeskkonnast valgustus takistab loodusliku valguse nägemust maapinnal ja veekogudes, häirides ökosüsteemide toimimist (Mars, Vilipuu, Aas, ja Pustõnski, 2012: 15).

Eestis on valgusreostuse mõõtmine asukoha ja kliimatingimuste tõttu keerulisem. Madal Päikese liikumisnurk horisondil mõjutab sodiaagi valgust ja videviku kestust, mis on ekvaatorilähedasest olukorrast erinev. Selgetel ja pikematel talveöödel on tähtkujusid paremini näha kui suvel. Vaatlustel on takistuseks lisaks valgusreostusele õhuniiskus ja pilvisus (Mars et al., 2012: 64–65).

Eestis on olnud suurimaks valgusreostuse tekitajaks Tartumaal Luunja kasvuhooned, mis tekitavad väga intensiivsete valgusallikate tõttu probleeme ümbruskonna elanikele ja astronoomidele. Uuringute põhjal on kasvuhoonete valgustamine aastas samaväärne Tartu linna valgustamisega. Samuti tekitavad valgusreostust sõiduteede valgustusallikad, mis on asetatud näiteks kas liiga tihedalt või suunatud valesi (Mars et al., 2012: 16).

5.1. Valgusreostuse mõõtmismeetodid

Kõige lihtsam on valgusreostust mõõta öise taeva ereduse järgi. Tuntuim on mõõtmine piirtähesuuruse järgi, mille käigus leitakse taevast etteantud taevaosa, näiteks tähtkuju, mille leitakse kokku tähtede arv. Tulemuste põhjal on võimalik leida hinnang taeva kvaliteedile. Valgusreostust hinnatakse veel näiteks Bortle'i üheksa astmelise skaala abil. Tulemuste saamiseks vaadeldakse hajusobjekte ja taevanähtusi (Mars et al., 2012: 55, 59). Järgnevalt on välja toodud kolme klassi omadused:

I klass – suurepärase pimedusega taevast, milles on palja silmaga selgelt näha õhukuma, sodiaagivalgust ja sodiaagivööd, Linnutee on detailselt nähtaval ja puudega ümbritsetud alal on objektid maapinnal nähtamatud;

V klass – äärelinna alal olev taevast, mil sodiaagi valgust on näha selgematel kevad- ja sügisöödel, Linnutee on horisondil peaaegu nähtamatu, valgusallikad on kergelt nähtavad ja pilved on taevast eredamad;

IX klass – taeva all asub kesklinn, kogu taevast on valgustatud, paljud tähed on nähtamatud, võimalus on näha ainult Kuud (Mars et al., 2012: 59-60).

5.2. Valgusreostuse mõjud ja tagajärjed

Valgusreostus tekitab raskusi astronoomilistel vaatlustel, on ohuks loomadele ning taimedele. Valdav osa maailmas elavatest elusolenditest on aktiivsemad öösel ja kohastunud loodusliku valgusega. Loodusliku valguse tekitavad tähed, hajuv päikesekiirgus ning aatomid ja molekulid, mis helendavad öösel päikesekiirguse neeldumise tõttu. Ööpimedus ja looduslik valgus tasakaalustab elusorganismide elukvaliteeti, samuti on siis lihtsam läbi viia teaduslikke uuringuid (Marin, 2009: 452–453).

Üleliigne tehiskeskkonnast valgustamine on energiat raiskav. IDA uuringute põhjal kasutab USA 30% varjestamata valgusteid, mille tulemusel tekib õhku 21 miljonit tonni süsinikdioksiidi aastas, kahju hüvitamiseks tuleks istutada ligikaudu 875 miljon puud aasta jooksul. Varjestatud valgustustega vähendatakse energiakulu 60–70% (Light Pollution Wastes Energy and Money).

Pikapeale võib öösel kunstliku valguse käes viibimine kahjustada inimese tervist. Uuringute kohaselt võib kunstlik valgus tekitada depressiooni, unehäireid, diabeeti ja vähki. Valdavalt kasutatakse tänavavalgustusel LED-valgusteid, mis tekitavad sinist valgust ja on odavamad, pikema kestvusajaga ja energiasäästlikumad, kuid mõjuvad tervisele ja loodusele kahjulikumalt (Human Health).

5.3. Põhimõtted valgusreostuse vältimiseks

Uuringute kohaselt on soovitatav kasutada madala efektiivsuse ja värvitemperatuuriga merevaigukollaseid LED-valgusteid, mis ei tekita sinise valguse kiirgust ja millel on vähem ökoloogilisi ja astronoomilisi tagajärgi. Uuemad tehnikad võimaldavad kasutada valgustuse juhtimissüsteeme (Schlangen, Bouroussis, Lowenthal, Jägerbrand, Jechow, Longcore, Motta, Sanhueza, & Schroer, 2021: 17).

Probleemide vältimiseks soovitatakse kasutada mitte üle 2700 kelvini värvustemperatuuriga LED-valgusteid. Sinine valgus hajub atmosfääris korduvalt rohkem kui punane, sõltuvalt lainepikkusest, mille tulemusel tekitavad tüüpilised LED-valgustid reeglina tugevat valgusreostust (Kirjavahetus T. Eenmäega, 2021).

Uuringute põhjal on järgnevad meetodid tõhusad viisid valgusreostuse vältimiseks, energia säästmiseks ja kahju vähendamiseks loodusele. Oluline on:

- suunata valgus kindlale asukohale või objektile, mis valgust rohkem vajab;
- kasutada valgusallikal varjestust, et vältida valguse levikut taevasse, hoonete avadesse, looduslikele aladele ja horisontaalselt, vaid suunata allapoole ja hajutada kaugemale;
- vältida peegeldavaid pinnakattematerjale, mis põhjustavad valguskiirte peegeldust, mis suundub taevasse. Probleemi vältimiseks istutada valgusallika lähedale puid;
- kasutada võimalikult madalat valgustaset ja sinise ja valge asemel soojemaid toone;
- valgusallika väljalülitamine vastavalt inimeste aktiivsusele või liikumisele (Hartley ja Liebel, 2020).

5.4. Valguse kasutamine ja selle mõju observatooriumites

Vältimaks segavaid faktoreid on observatooriumid enamasti rajatud linnadest välja. Tehnilised nõuded on seadnud piirangud observatooriumite territooriumitel ja nende läheduses. Observatooriumid on rajatud looduslikku piirkonda, enamasti kõrgendikele, kus puudub või on minimaalselt valgusreostust, müra, õhusaastet ja aerosoolide sisaldust õhus.

Observatooriumid on rajatud asukohta, kus on minimaalselt kunstlikku valgust. Parimad tulemused saavutanud observatooriumid on rajatud mägipiirkondadesse, asudes valgusreostusest kõrgemal.

Looduslikele aladele linnast üle kolinud observatooriume võib mõjutada linna valgusreostus veel mitmekümne kilomeetri kauguselt. Valgusreostust põhjustavad hele taevakuma ja kiirguse spektraalne jaotus, mille tõttu on vaatlustöid keeruline läbi viia (Mars et al., 2012: 53). Vaatlustel uuritakse astronoomiliste kehade kiirgusfootoneid, kuid kunstlikud footonid (valgusosakesed) hajuvad atmosfääris sõltuvalt õhumolekulide ja aerosoolide sisaldusele, mille tulemusel öise taeva heleduse muutub (Schlangen et al., 2021: 193).

Professionaalsete observatooriumite juures öisel ajal välisvalgustust reeglina ei kasutata. Pimedal ajal kasutatakse väikese heledusega, eelistatult punast valgust andvaid taskulampe. Vaatluste käigus kasutatav tumepunane ja nõrk valgus ei riku silmi ja selle abil kohaneb silm kiiremini pimedusega. Üldiselt lülitatakse observatooriumites valgustus vaatluste ajaks välja. Valgustatud ümbruskonnas on võimalik vaadelda Kuud ja tähti, kuna need on piisavalt heledad, kuid isegi nende uurimiseks viiakse detailseid vaatlusi läbi väga pimedates asukohtades. Väliskeskonna valgusallikad on vaatlustel probleemiks. Valgus hajub teleskoobi sisestruktuuridesse ja jõuab vastuvõtjasse, mistõttu ei ole hiljem saadud andmeid võimalik töödelda (Kirjavahetus T. Eenmäega, 2021).

Tõravere teleskoobid on võimalusel aasta läbi igal selgel ööl kasutuses, mistõttu on ala valgustamine vaatluste ajal häiriv. Madalate, kuni ühe meetri kõrguste, piiratud ala valgustavad (maksimaalselt tee laiuses), väga nõrka 2700 kelvini värvustemperatuuriga valgust andvate (maapinnal valgustatud 5,4 luumenit ruutmeetri kohta) ja inimeste liikumisel automaatselt sisse ja välja lülituvaid valgusteid on võimalik rajada aleviku kergliiklusteele, mida käesoleval aastal projekteeritakse observatooriumi peahoonest Tartu-Valga maanteeeni (Kirjavahetus T. Eenmäega, 2021).

5.5. Meetodid observatooriumi ala valgustamisel

Tõravere observatooriumi väliala kaasajastamisel on oluline säilitada välivalgustuste minimaalsus. Parim meetod on valgustusallikaid vältida, kuid oluline on ka jalakäijate ohutu liiklemine välialal. Uurimuslikus osas selgus, et observatooriumis kasutatakse reeglina minimaalselt punase tooniga valgusallikaid põhjusel, kuna punane värvus aitab kiiremini kohaneda pimedusega.

Valgustite tehnoloogia võimaldab kasutada uudseid lahendusi, mis suunavad valguse asukohta, kuhu seda on rohkem vaja. Samuti saab planeerida valgusallikatele varjestuse. Valgustite hämardamise võimalused ja juhtimislahendused lisavad paindlikkust valgustuse lisamisel (Kirjavahetus T. Varjaga, 2021). Planeeritav välivalgustus tuleb rajada vastavalt nõudele, et ei tekiks valgusreostust ja ei tekitaks probleeme astronoomilistel vaatlustel.

Observatooriumi kompleksi kaasajastamisel on variant planeerida välialale valgustusallikaid minimaalselt ja madala intensiivsusega, nii varjestatult kui ka peidetud kujul, suunates valguse alla. Valgustusallikad peavad olema madalad. Planeerides valgusteid tuleb kasutada valgust neelavaid materjale, näiteks betooni või tellist, vältimaks valguse kiirgumist üles. Valgustust ei ole võimalik planeerida vaatlusaladele. Variant on planeerida valgusallikad observatooriumi metsalises alas, puude vahele madala intensiivsusega. Selgetel vaatlusöödel on võimalus valgustused korruga välja lülitada ja valgustid on võimalik planeerida vastavalt inimese liikumisele ehk planeerida dünaamiliselt sisse ja välja lülituvad valgustid.

IDA (International Dark-Sky Association) andmetel on LPS-valgustid madala intensiivsusega ja energiasäästlikud, mis kiirgavad nii punast kui merevaigukollase värvusega valgust ja on sobilikud kasutada astronoomiliste observatooriumite läheduses. Kuna sinine valgus helendab öötaevast rohkem, on oluline vältida seda värvi kiirgust. IDA andmetel on soovituslik kasutada valgustust, mille värvitemperatuur ei ületa 3000 kelvinit (Outdoor Lighting Basics).

Kõnniteede valgustamisel on variant on planeerida luminesseerivatest (valgust kiirgavatest, helendavatest) kivikeskest pinnakattematerjal, mis asetatakse olemasolevale sillutuspinnale, soovitatavalt asfaldile, betoonile või puidule. Kivid neelavad päeva jooksul ultraviolettkiirgust ja vabastavad valgusfootoneid nõrga valgusena ligikaudu 16 tundi pimedal ajal. Pikemalt säravad sinise ja roheline värvusega kivid. Materjal on libisemisvastane ja toimib hästi vähemalt 10 aastat. Kuna kivide heledus sõltub päikeseenergia tugevusest, võib kivide helendamistase olla öösiti erinev (Brownell, 2014). Kiire paigaldusprotsessiga pakuvad säravad kivid huvitavat kulgemist läbi pimedate pargi. Öösel on rada kergelt valgustatud, on efektne ning eraldi tänavavalgusteid ei ole vaja. Kividelt ei haju ega peegeldu valgus maapinnale, puudele, pöösastele ja teistele objektidele, mistõttu ei takista pinnakattematerjal selge taeva vaatlusi.

6. TEOREETILISE OSA KOKKUVÕTE

Teoreetilise uurimusliku analüüsi ja Tõravere observatooriumi teadlastega läbi viidud intervjuude põhjal saadud järeldused on alused planeeringu koostamisel.

Enne keskaega kasutati astronoomilisi monumente religioossetel ja astronoomilistel põhimõtetel, koostati aastakalendrid ja vaadeldi Päikese liikumist. Nõue observatooriumite rajamisele tekkis uusajal, mil oli valminud esimesed teleskoobid. Spetsiaalselt astronoomilistele instrumentidele rajati eraldi hooned. 18. sajandil kerkisid observatooriumid rohkem Euroopasse ja enamus neist olid seotud ülikoolidega. Põhjalikumalt on Eestis astronoomiat uuritud alates 19. sajandist Tartu Keiserliku Ülikooli tähetornis astronoom Friedrich Georg Wilhelm Struve juhtimisel. Tartu tähetorn ja Peterburi lähistel Pulkovo observatoorium, mis rajatud Struve abiga, olid eeskujuks Ameerika Ühendriikide observatooriumitele. Tartu tähetorni inseneriteaduse saavutus oli pöördemehhanismiga torn, mille projekteeris Georges Frédéric Parrot. 19. sajandi teisel poolel tekkisid konfliktid linnaplaneerijate ja astronoomide vahel, astronoomilised vaatlused olid linnades piiratud füüsikaliste aspektide tõttu. Oluline märkus on observatooriumite eraldatus teistest hoonetest ja objektidest, vältimaks kunstlikest valgustitest tekkinud heledat taevakuma. 19.-20. sajandil kerkinud observatooriumid Ameerika Ühendriikide mägedes on saavutanud astronoomilistel uuringutel paremad tulemused.

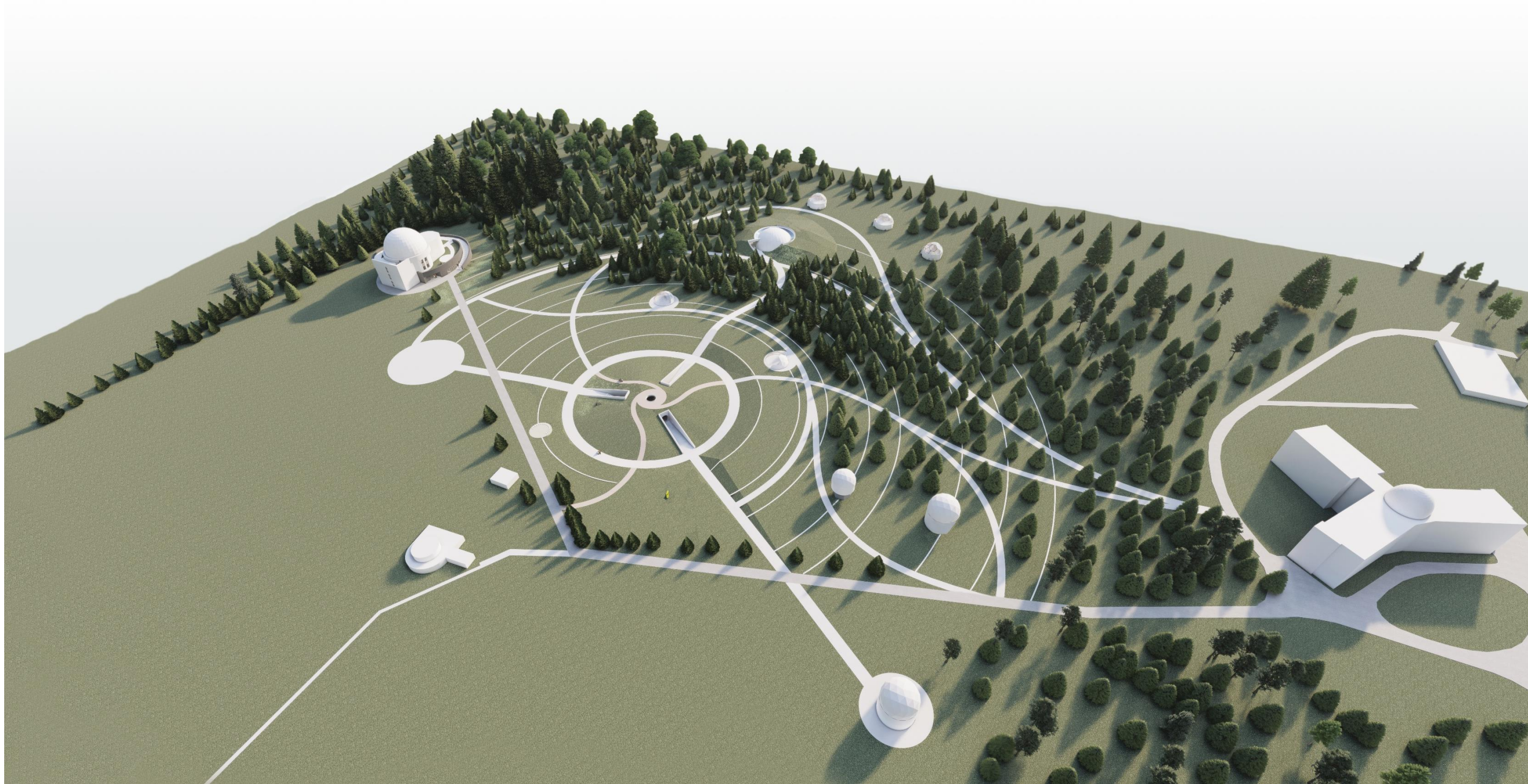
Tõravere observatooriumi kompleks arenes välja Tartu tähetornist ning linnaku planeerimisel kasutati Nõukogude Liidu satelliitlinnade ehk teaduslinnakute planeerimise strateegiat, kui 1950-1960. aastatel rajati suurlinnadele äärelinnad koos teadusettevõtetega. Tõravere observatooriumi kompleks on rajatud Tartu teaduslinnakuna ja on Eestis ainulaadne teadusinfrastruktuur koos sealsete arendavate teleskoopidega. Linnak rajati Nõukogude ajal spetsiaalselt teadustöök.

Magistritöö käsitleb Tõravere observatooriumi ruumilist planeeringut, otsides võimalusi kaasajastada olemasolev ja luua uusi ruumielamusi. Intervjuude käigus selgus, et huvi on tuntud ööbimismajade ja planetaariumetenduste vastu.

Planeeringu käigus on eesmärk läheneda pieteeditundlikult Tõravere olemasolevale kompleksile. Kogukond teadlasi soovivad edaspidigi elada ja töötada vaikes looduses. Kuna tegemist on teadusasutusega, ei soovi teadlased sinna liigset rahvast. Observatooriumis korraldatakse kord nädalas külastajatele vaatlusõhtuid ja tegeletakse astrofotograafiaga. Magistritöö eesmärk ei ole rajada meelelahutuskeskust lastele, vaid sihtgrupile, kes soovib omandada spetsiifilisi teadmisi astronoomia valdkonnas.

Uurimusliku töö käigus selgus, et observatooriumite planeerimisel on oluline valgustuse minimaalsus, kuna valgus tekitab öösel taeva vaatlustel probleeme. Reeglina kasutatakse observatooriumites madala intensiivsusega punast tooni tekitavaid valgusallikaid.

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks on leida viisid observatooriumi ala kaasajastamiseks, arvestades funktsioonist tulevaid tingimusi observatooriumi alal. Läbiviidud intervjuude ja teoreetilise osa põhjal on pakutud lahendused, mis arvestavad välialal horisonti teleskoobitorvide juurest vaadatult observatooriumi stellaariumihoone suunas ja väldivad liigvalgustuse teket. Tõravere observatooriumi kaasajastamisel on idee kasutada jalakäijate ohutuks liiklemiseks pimedal ajal valgusallikaid minimaalselt ja madala intensiivsusega. Töö eesmärk on kujundada kaasaegsemad lahendused observatooriumi välialale, mis tekitavad külastajatele huvi ja aitavad paremini omandada teadmisi astronoomia valdkonnas.



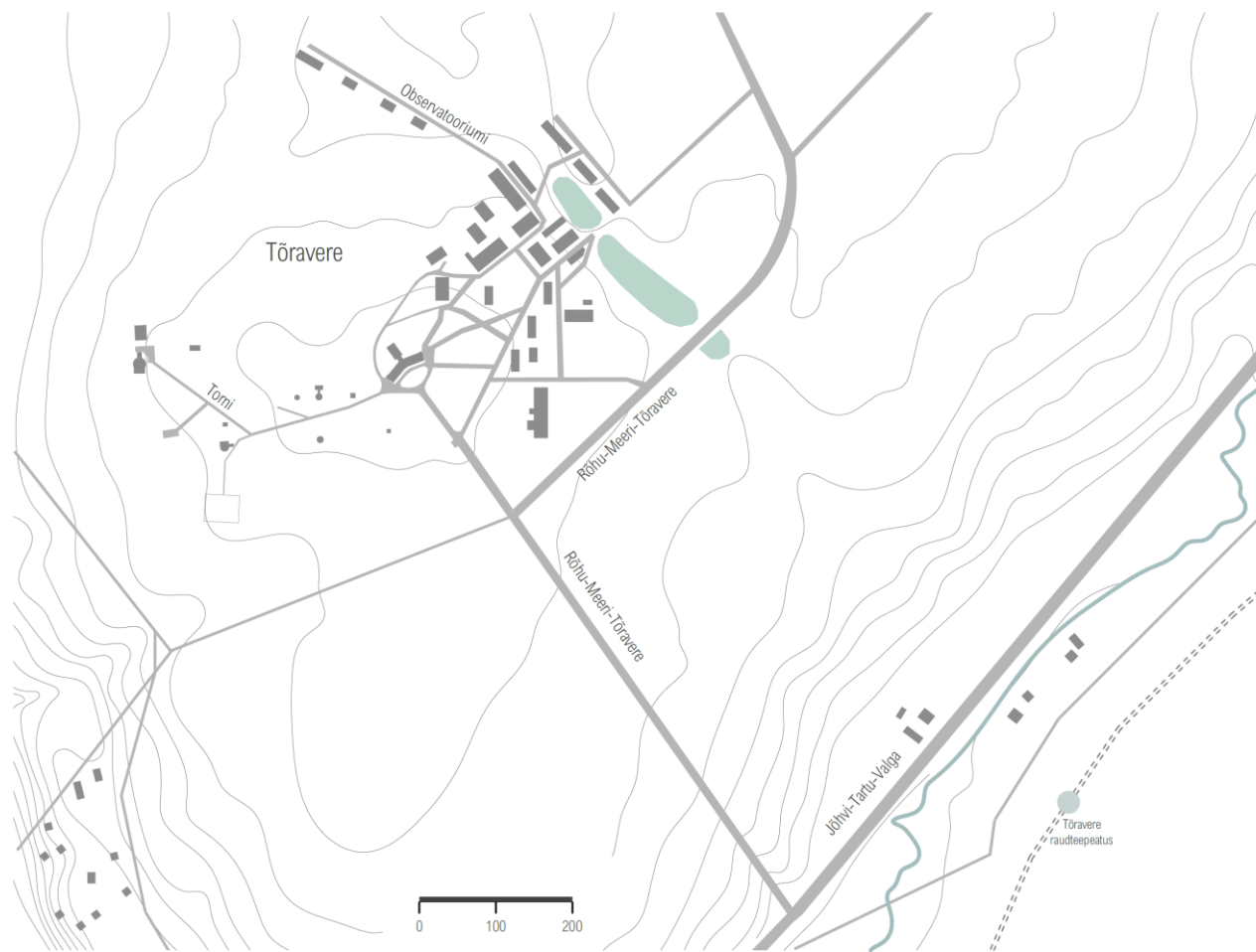
Joonis 46. Visualiseering planeeritavast lahendusest
Autori joonis

7. PLANEERINGULINE ETTEPANEK

7.1. Kontseptsioon

Magistritöö eesmärk on planeerida uusarendus Tõravere observatooriumi välialale, pakkudes välja kaasaegsemaid arhitektuurilisi lahendusi. Observatooriumi välialal asuvad olemasolevad teleskoobitornid, atraktsioonid, päikesekell, päikesesüsteemi maketid, Linnutee galaktika makett ja meteoroloogiajaam.

Planeeringu käigus on projekteeritud uusarendused, mis lähenevad tundlikult olemasolevale kompleksile. Töö eesmärk on projekteerida kaasaegsem ruumiprogramm ja stellaariumihoone juurdeehitus ning rekonstrueerida olemasoleva hoone fassaad. Planeeringu käigus on arvestatud observatooriumi funktsioonist tulenevate nõuetega.



Joonis 47. Situatsiooniskeem

Autori joonis

7.2. Sihtgrupp

On mõistetav, et Tõravere ei soovita liigset rahvast. Tõravere alevik on teadusasustus, mistõttu sealne kogukond leiab, et neid liigne rahvastatus, müra ja valgus segaksid. Seetõttu ei ole planeeritav uusarendus mõeldud lastele. Tartu kesklinnas asub AHHA teaduskeskus, mis mõeldud eri vanuses lastele. Tõravere observatooriumi arendamise eesmärk on rajada kaasajastatud teaduskeskus, mis mõeldud rohkem eksklusiivküllastajale. Huvilisel, kes soovib omandada spetsiifilisi teadmisi astronoomiast, viia läbi vaatlusi nii huvi poolest kui ka panustades astronoomiateadusesse, on võimalus tulla looduslikku keskkonda. Seetõttu on töö eesmärk planeerida ala, mis on mõeldud eelkõige publikule, kes on rohkem teadlikum ja huvitatud astronoomiast.

Eestis tegutsevad astronoomiahuviliste organisatsioonidena Eesti Astronoomia Selts, Tõrva Astronoomiaklubi, Tartu Tähetorni Astronoomiaring, Balti Astronoomiaklubi ja Astronoomiahuviliste Ühendus Ridamus (Astronoomia.ee).



Joonis 48. Olemasolev olukord

Autori joonis

7.3. Asendiplaaniline lahendus ja muudatused

Tõravere alevikku läbib Observatooriumi, Torni ja Tiigi tänav ning Tõravere-Meeri-Rõhu tee. Tõravere aleviku läänepiiril asub Elva jõgi ja lõunapiiril Nõo oja. Aleviku lõunaosa läbib Jõhvi-Tartu-Valga maantee ja ühtlasi jääb maantee lähestikku Vapramäe loodusmaja koos matkaradadega, raudtee ja Tõravere raudteepeatus.

Observatooriumi kinnistut katastritunnusega 52801:009:0312 läbivad Torni ja Observatooriumi tänavad. Kinnistul asub peahoone, stellaariumihoone, teleskoobitornid, laohooned, töökojad ja atraktsioonid. Tõravere teaduslinnakus asuvad veel meteoroloogiajaam, kortermajad, eramud, ridaelamud, lasteaed ja trükikoda.

Asendiplaani kujundamisel on uusarendus planeeritud kinnistutele katastritunnustega 52801:009:0312, 52801:001:0992, 52801:001:0993, 52801:009:0192 ja 52801:009:0448. Uusarenduste planeerimisel on saadud inspiratsiooni päikesesüsteemist, millel on kaheksa planeeti. Päikesesüsteemist on kasutatud fragmenti. Nii olemasolevad kui planeeritavad funktsioonid on paigutatud vastavalt planeetide paiknemisele. Päikesesüsteemi poolitab olemasolev tee peahoonest stellaariumihooneni.

Päikeseplaneeti tähistab planeeritud päikesekuppel. Päikesest järgnevat planeeti, Merkuuri tähistab olemasolev päikesekella makett. Veenuse ja Maa planeedid on planeeritud vaatluskuplitenä. Marss ja Saturn tähistavad olemasolevaid väiksemaid teleskoobitorne ja Jupiter planeeritavat uut ringikujulist vaatlusalat. Uraani planeedina on projekteeritud põhja poole, metsalises alas planetaariumihoone katusemaastiku ja näituseruumidega, mille lähedale jäävad planeeritavad ööbimismajad, mis omakorda tähistavad Uraani kaaslast ehk Kuu planeete. Neptuuni planeeti tähistab olemasolev stellaariumihoone, millele on planeeringu käigus projekteeritud juurdeehitus muuseumi, katusemaastiku ja vaatlusaladega. Muuseumis on klaasipinda kasutatud minimaalselt, et tekitada pimedamate siseruumide valgustamisega huvitavaid ruumikogemusi.

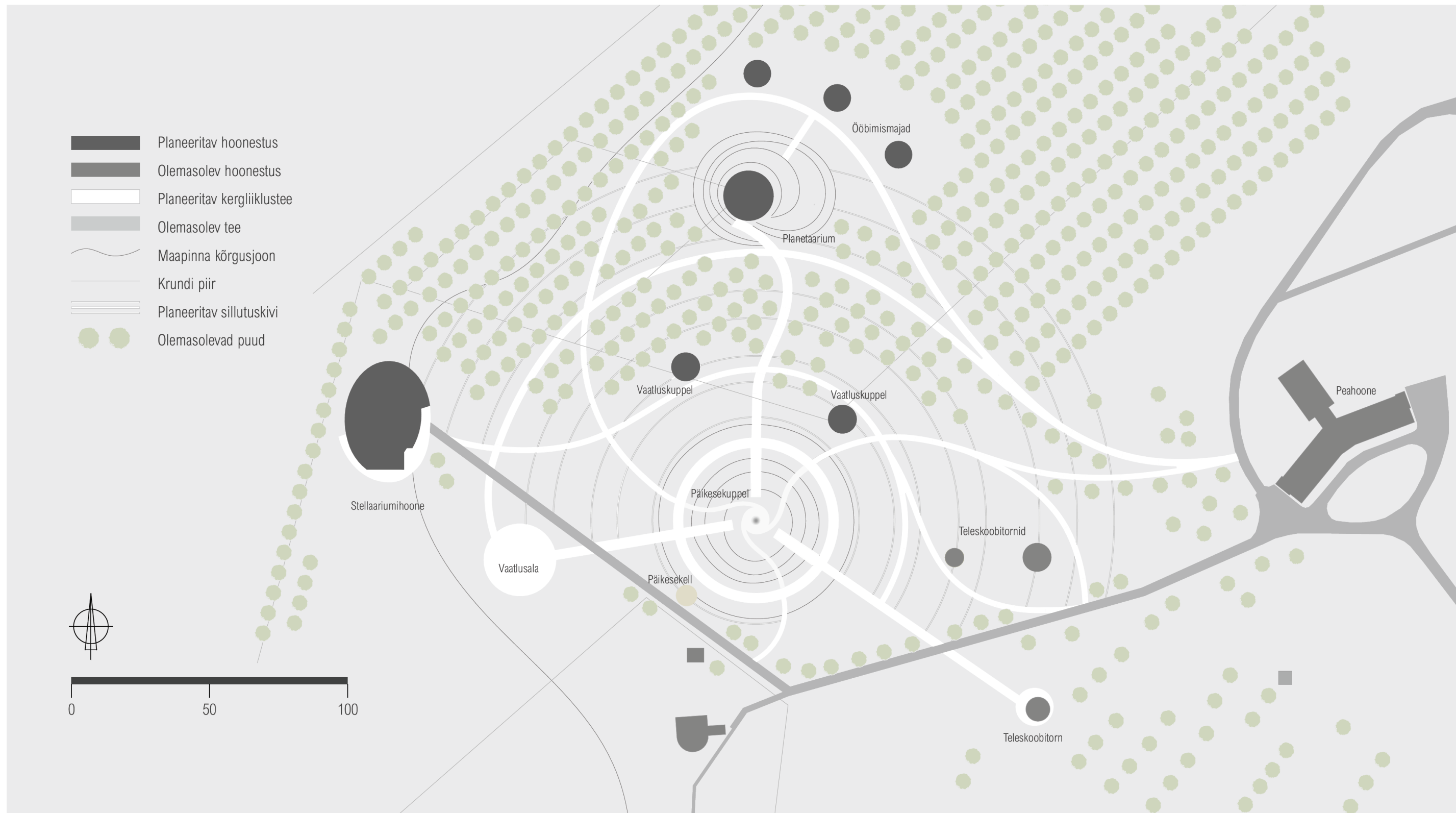
Planeetide orbiidijooned on planeeritud heledate sillutuskividena.

Planeerimise käigus on säilitatud põhitee observatooriumi peahoonest stellaariumihooneni, mida teadlased kasutavad. Töö käigus on planeeritud atraktiivsema osana uued teerajad, mis pakuvad vaateid olemasolevatele hoonetele ja uusarendustele. Planeeritud teerajad pakuvad huvitavaid jalutuskäike observatooriumi alal nii sealsetele teadlastele kui observatooriumi külastajatele.

Observatooriumi väliala planeerimisel on aluseks võetud aeg ja ruum. Ruum iseloomustab aja kulgemist, mis iseloomustab omakorda observatooriumite arengut. Päikeseplaneedina on projekteeritud päikesekuppel, mille omapäraks on valguse liikumine ruumis. Rajatis on inspireeritud ajaloolistest astronoomilistest monumentidest ja Rooma Panteonist, milles oli põhiline kevadise pööripäevavalgus ruumis.

Tõravere observatooriumis tegeletakse astronoomiliste vaatluste ja astrofotograafiaga. Sellest tulenevalt on alale planeeritud vaatlusalad ja vaatluskuplid koos ööbimisvõimalustega. Nii vaatluskuplites kui ööbimismajades on selgetel öödel võimalik vaadelda läbi klaaskatuse taevakehi kaasaskantavate teleskoopidega.

Planeeringu käigus on lahendatud uued objektid vastavalt observatooriumi nõuetele. Meteoroloogiajaama ümber on välditud uusehitisi 200 meetri raadiuses. Planeeritud päikesekuppel on rajatud maa alla, mille tõttu ei blokeeri planeeritav objekt horisonti ega kiirga ehitusmaterjalidega valgust. Planeeringu käigus on arvestatud samuti invanõuetega.



Joonis 49. Asendiplaan planeeritava lahendusega
 Autori joonis

7.4. Päikesekuppel

Tõravere observatooriumi välialal asub kaks päikesekella. Esimene skulptuurne päikesekell asub observatooriumi peahoone ees (vt Joonis 34), millel päikesevari näitab vastavat kellaega. Teine, kividest koosnev päikesekell (vt Joonis 33) on rajatud maapinnale peahoone ja stellaariumihoone vahelise tee äärde. Kivide asetus moodustab pealtvaates poolringi kuju, mille keskel asub ala, millel on märgitud pööripäevad. Seistes õigel kuupäeval tekitab päike inimese varju kivile, millele on märgitud kellaaja number. Planeeritava ala keskele on töö käigus projekteeritud poolkerakujuline ruum, mis on inspireeritud observatooriumite ajaloolisest analüüsist, eelkõige Rooma Panteonist. Tegemist on puhta ruumiga, mille põhiatraktsioon on päevavalgus. Sarnaselt Rooma Panteonile püsib igapäevaselt keskpäeval päevavalgus põhjapoolsel meridiaani joonel, mistõttu on kevadel valgustatud põhjapoolne sissepääs.

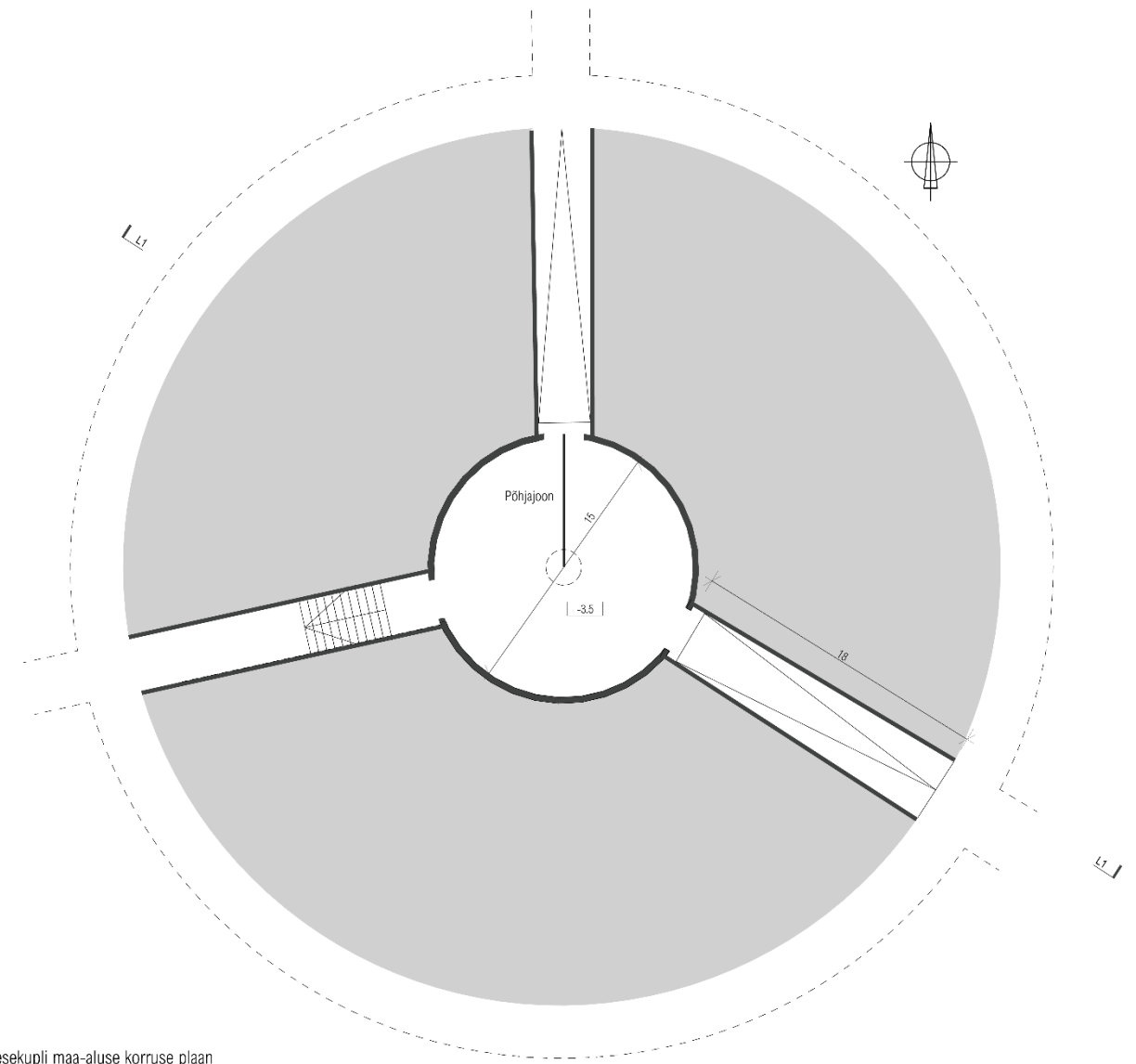
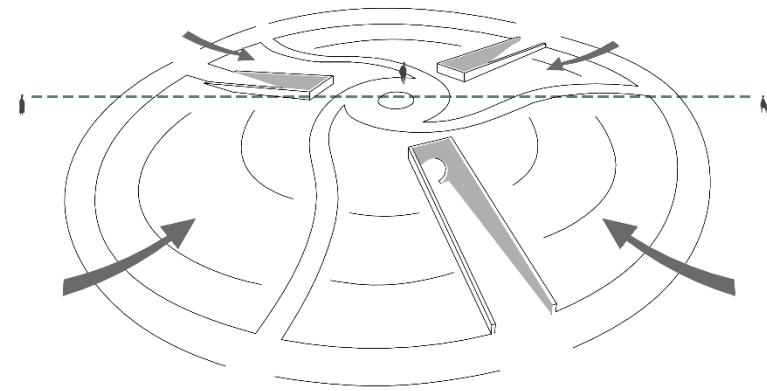
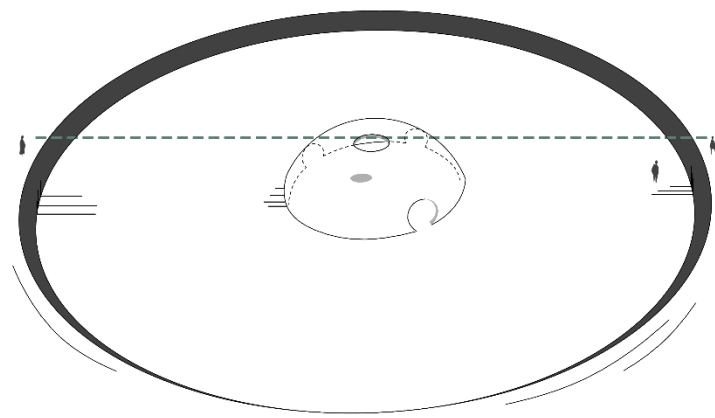
Objektile on planeeritud katusemaastik. Maastikuga on integreeritud kaldteed ja trepp, mis maa-aluses ruumis ühenduvad. Teede ümber on projekteeritud piisava kõrgusega betoonist seinad, et vältida ohtlikke olukordi katusemaastikul liikudes. Ruumi seinad on abstraktsed betoonkonstruktsioonid.

Planeeritaval alal, mis jääb teleskoobitorvide ja stellaariumihoone vahele, arvestati nõudega, et hoonestus ei blokeeriks horisonti olemasolevatele teleskoobitorvidele. National Geographicu kollasest aknast paistab klassikaline vaade Tõravere teleskoobitorvidele (vt Joonis 37). Vaate säilitamiseks on päikesekuppel planeeritud osaliselt maa alla nii, et hoone kõrgus maapinnast on silmapiirist madalamal.

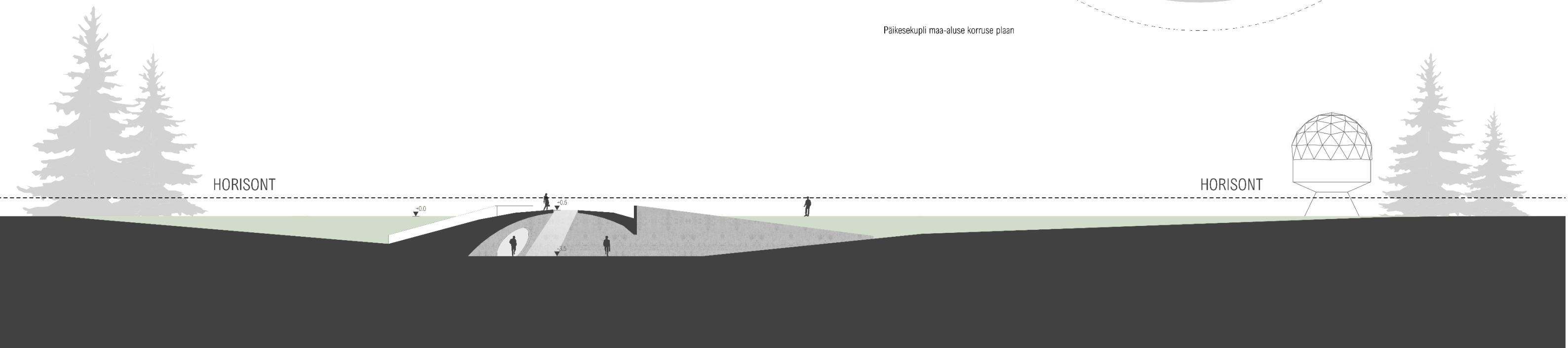


Joonis 50. Visualiseering päikesekuplist välialal. Taustal olemasolevad teleskoobitorvid, kollane aken ja peahoone

Autori joonis



Päikesekupli maa-aluse korruse plaan



Joonis 51. Päikesekupli joonised. Kontseptsiooni skeemid, põhiplaan ja lõige
 Autori joonis

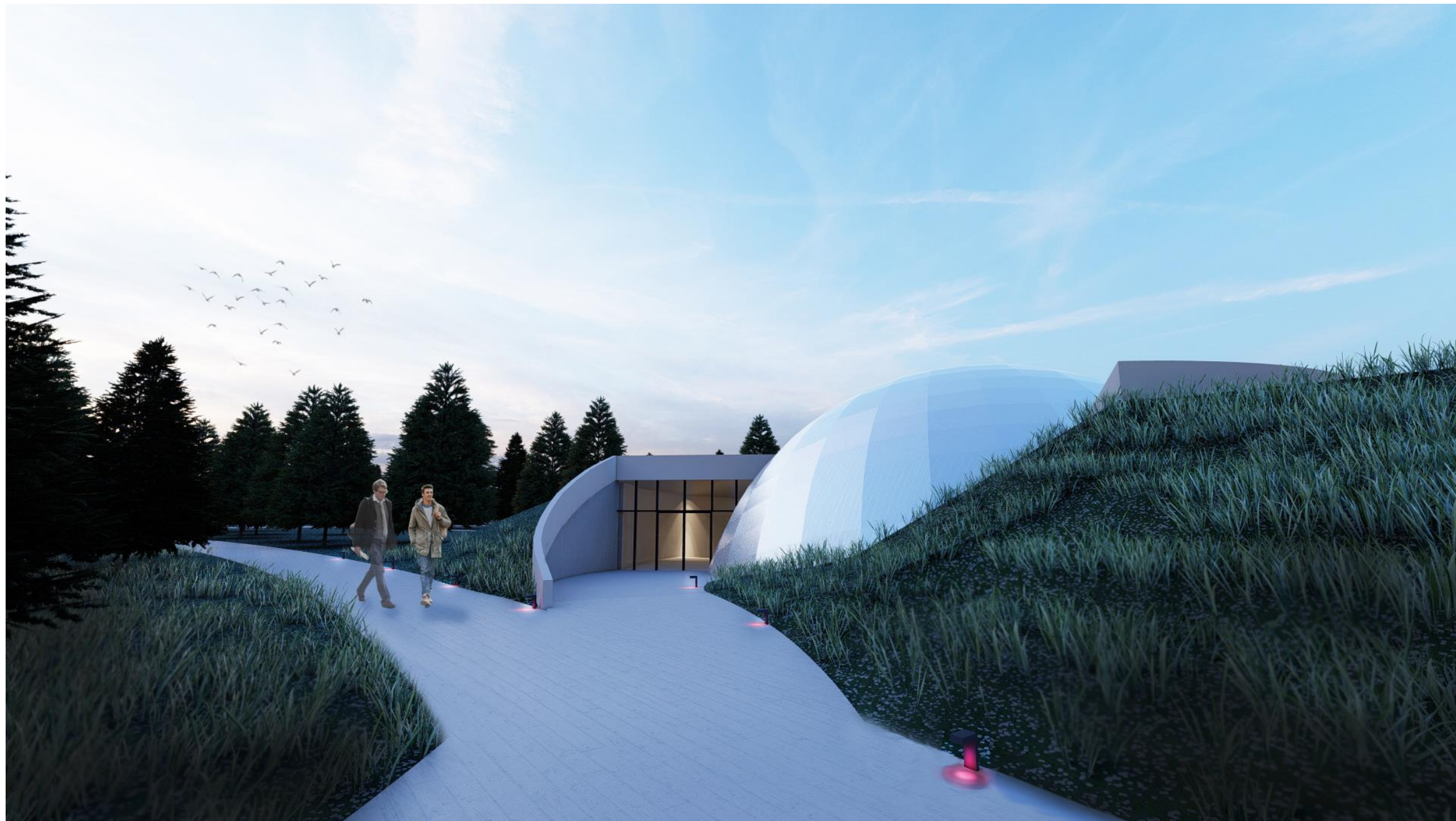


Joonis 52. Visualiseering päikesekupli interjöörist. Sügisene päevavalgus
Autori joonis

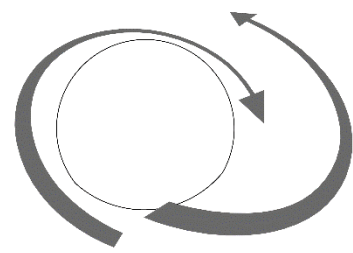
7.5. Planetaarium

Planeeritav planetaarium asub observatooriumi ala põhjapoolses metsalises alas. Kuppel on ümbritsetud katusemaastikuga ja nende vahele on projekteeritud klaaspind. Planetaariumis on võimalus eksponeerida ajutisi näitusi astronoomia valdkonnas ja järgida 3D filme. Hoonesse viiv kaldtee kutsub huvilist otsima järgmisi avastusretki. Hoone esimesel korrusel viivad nii trepp kui kaldtee maa-alusele korrusele.

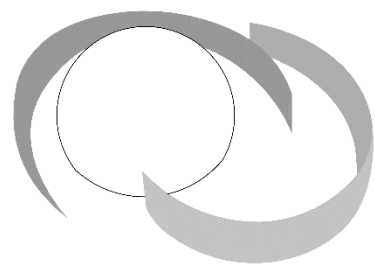
Teekonna trajektoor viib huvilise läbi näituseruumi maa-alusesse korrusele, kus on võimalus suunduda edasi planetaariumisse või nautida vaadet maakera mudelile, mille ümber on projekteeritud spiraalne trepp. Treppi kannavad peenikesed terasvardad, mis kinnituvad katusekonstruktsioonile. Planetaariumis saab esitada astronoomilisi teatrietendusi, samuti ühendada projektor teleskoopide kaameratega. Planetaariumis on 50 istekohta, õppelaud, heli- ja tehnikaruum. Suundudes tagasi esimesele korrusele, on võimalus tutvuda planeetide näitusega. Maakera võiks tulevikus asendada projektorist tuleva 3D visioonina, et näha gloobuse liikumist ja pöörlemist erinevate nurkade alt, tekitades pildiefekti kus näha geograafiliselt hetkeseisu, mida näiteks NASA satelliidid näitavad.



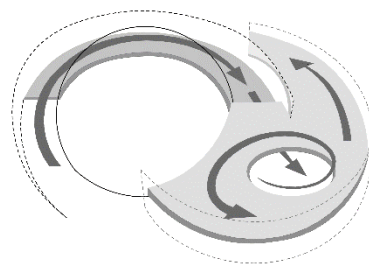
Joonis 53. Visualiseering planetaariumist
Autori joonis



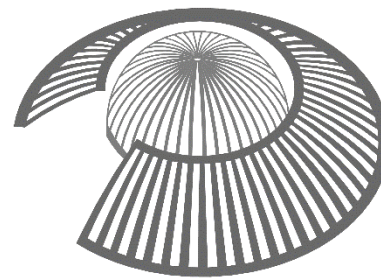
Välisseinte idee



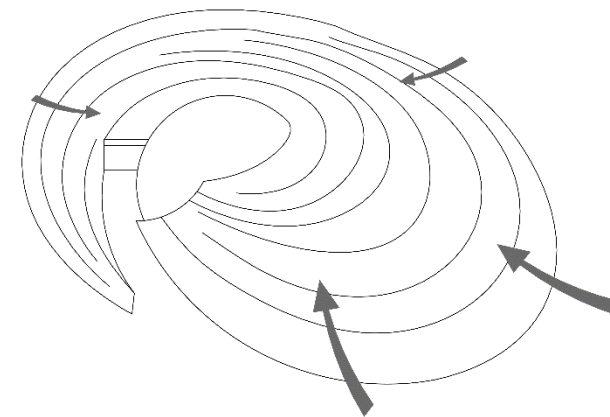
Välisseinte lahendus



Põrandapind ja liikumistrajektorid



Konstruksioonid

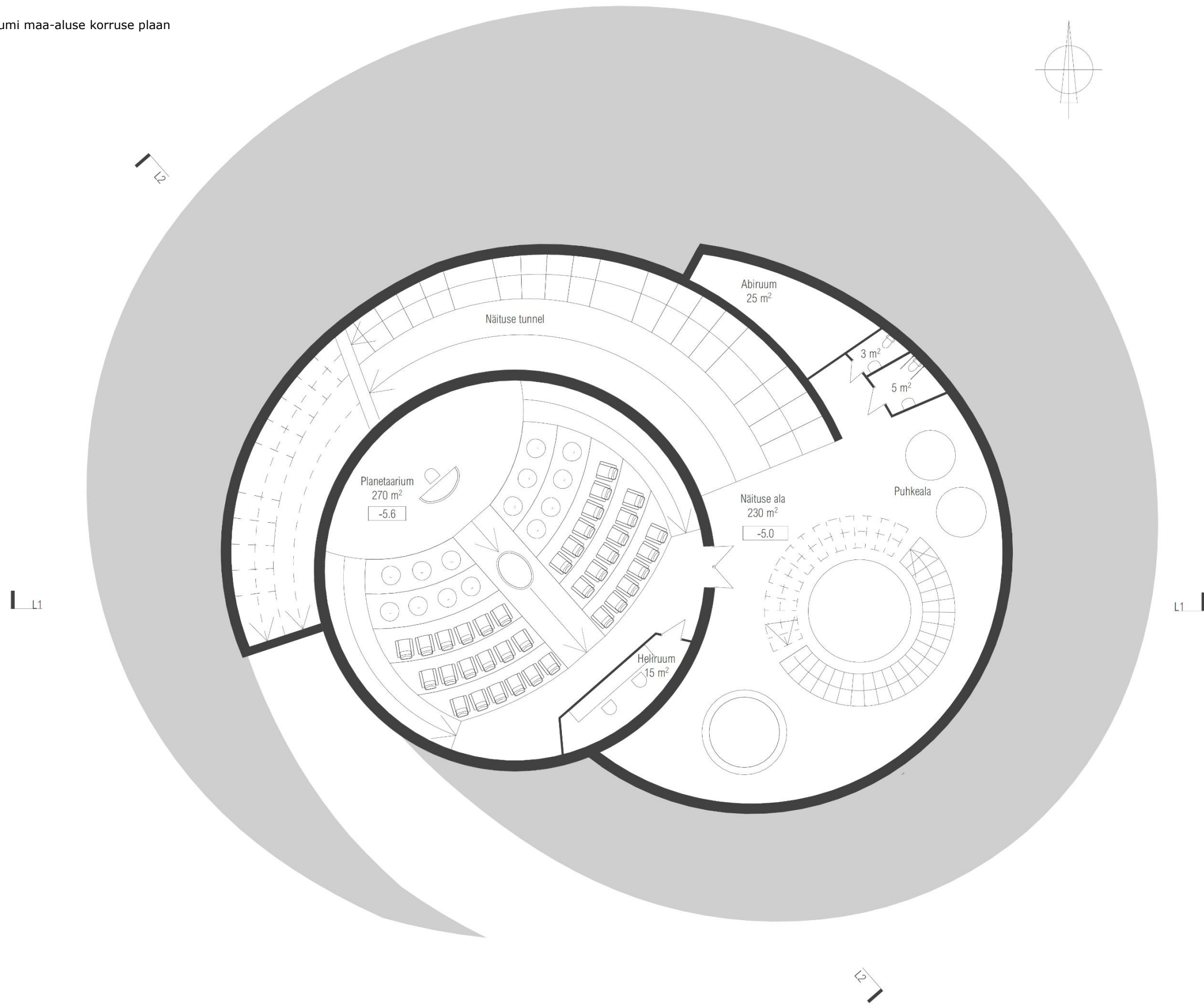


Katusemaastik

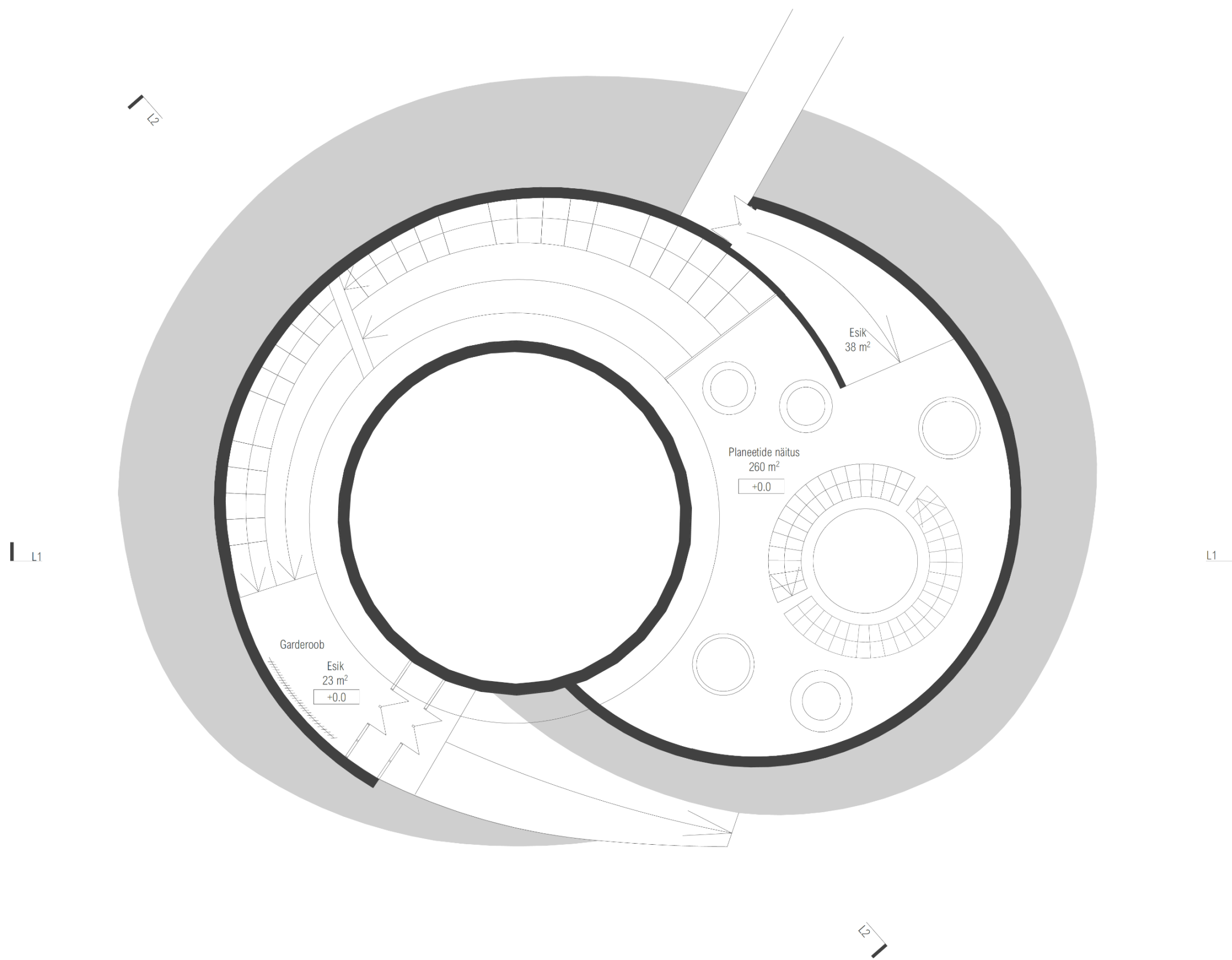


Joonis 54. Planetaariumi lõige ja kontseptsiooni skeemid
Autori joonis

Joonis 55. Planetaariumi maa-aluse korruse plaan
Autori joonis



Joonis 56. Planetaariumi esimese korruse plaan
Autori joonis





Joonis 57. Visualiseering planetaariumi interjöörist. Maakera mudel
Autori joonis

7.6. Stellaariumihoone

Olemasoleva hoone esimesel korrusel asuvad laoruumid, kus on teadusaparatuur möödunud sajandist, lisaks hoitakse seal väiksemaid teleskoobe ja varuosi, mis enam teadusaparatuuridele ei sobi. Ühtlasi hoitakse vaba õhuruumi põrandapinnast, et vajadusel lasta raskeid teleskoobidetaile luukide kaudu esimesele korrusele. Hoone teisel korrusel asub stellaariumiruum, kolmandal korrusel töö-, lao- ja puhkeruumid ning neljandal korrusel Põhjamaade suurim teleskoop. Tööruumides projekteeritakse ja ehitatakse lihtsamaid mõõtevahendeid. Puhkeruumi kasutatakse observatoriumi musikaalsete teadlaste bändiruumina.

Juurdeehituse mahu esimesele korrusele on töö käigus projekteeritud muuseumiala, kus esitleda astronoomia ja observatoriumite ajalugu ning kasutatud teadustehnikat, mida on aegade jooksul astronoomilistes vaatlustöodes kasutatud. Olemasolevasse mahtu on

projekteeritud fuajee, garderoob ja tualetid. Fuajee asemel olnud töökoda on ümber projekteeritud hoone lääneküljele.

Muuseumiruumis, kus puuduvad klaaspinnad, on oluline eelkõige ruumikogemus, atmosfäär ja valgusekasutus.

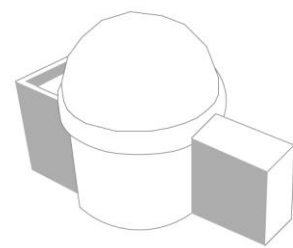
Olemasolev trepikoda on ümber projekteeritud, paigutades selle keskele Foucault' pendli, mis demonstreerib Maa pöörlemist. Maakera pöörlemisel pendel pöörduv 9,5 meetrise traadi otsas ja joonestab alusringil olevale liivale võnkumistrajektoori.

Stellaariumihoone juurdeehituse mahtu on projekteeritud ka kohvikuala. Teisel korrusel asuvad projekteeritav näituseala ja tööruum ning teise korruse trepikojast pääseb edasi katuseterrassile. Välialale on juurdeehitusena planeeritud trepp ja kaldtee, mis viivad katusemaastikule ja vaateplatvormidele. Juurdeehitusel on põhiühendus olemasoleva hoone kupliga.

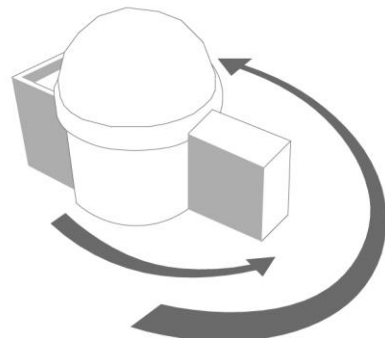


Joonis 58. Visualiseering stellaariumihoonest

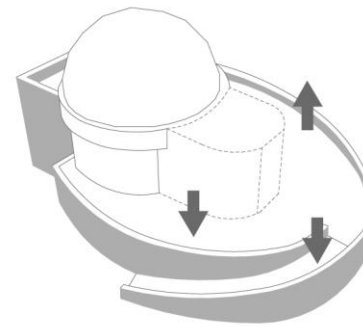
Autori joonis



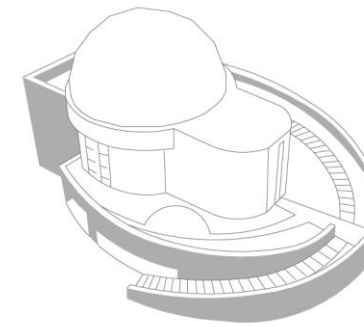
Olemasolev hoone



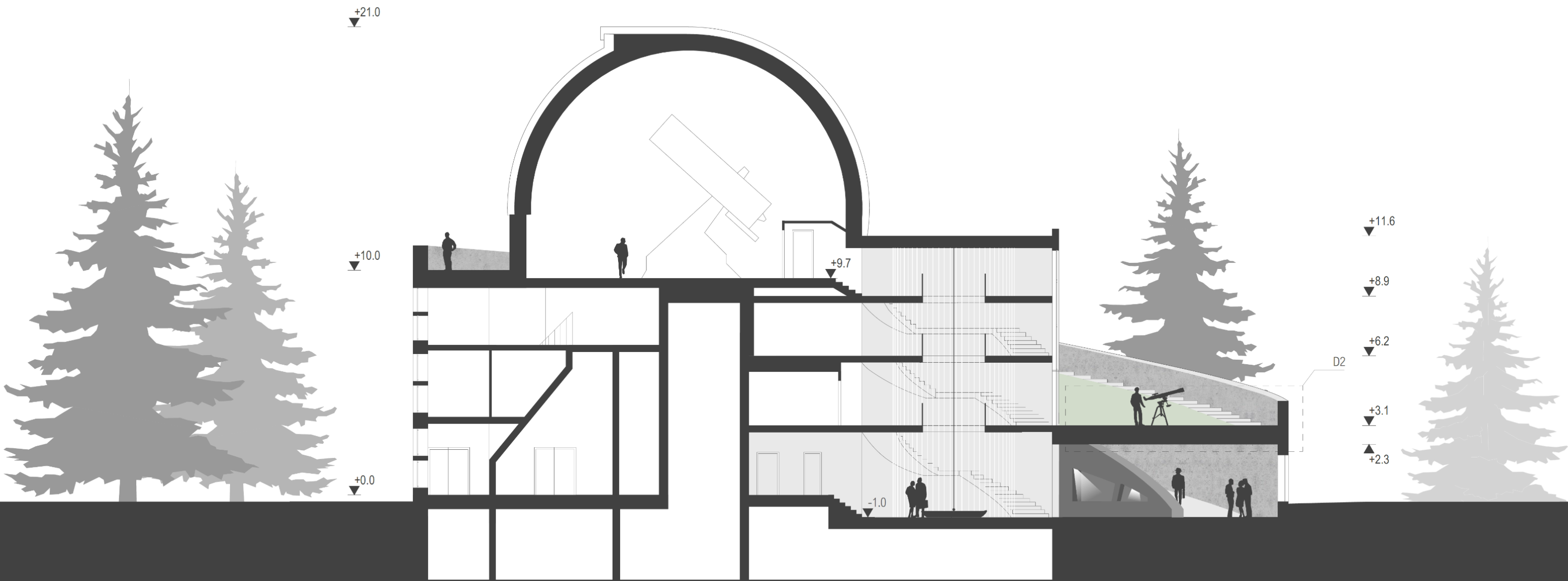
Juurdeehituse idee



Tõusev katusemaastik

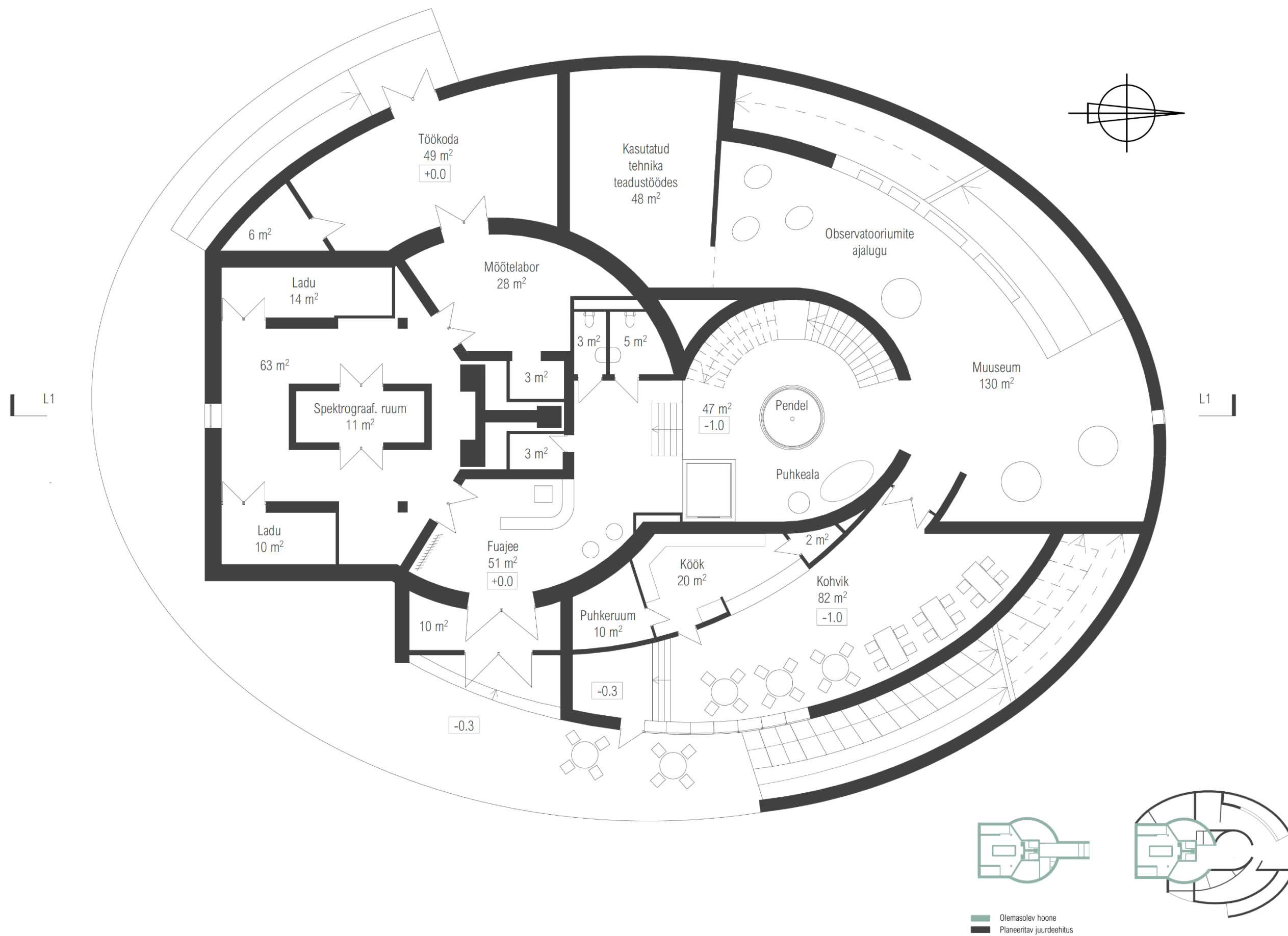


Planeeritav juurdeehitus



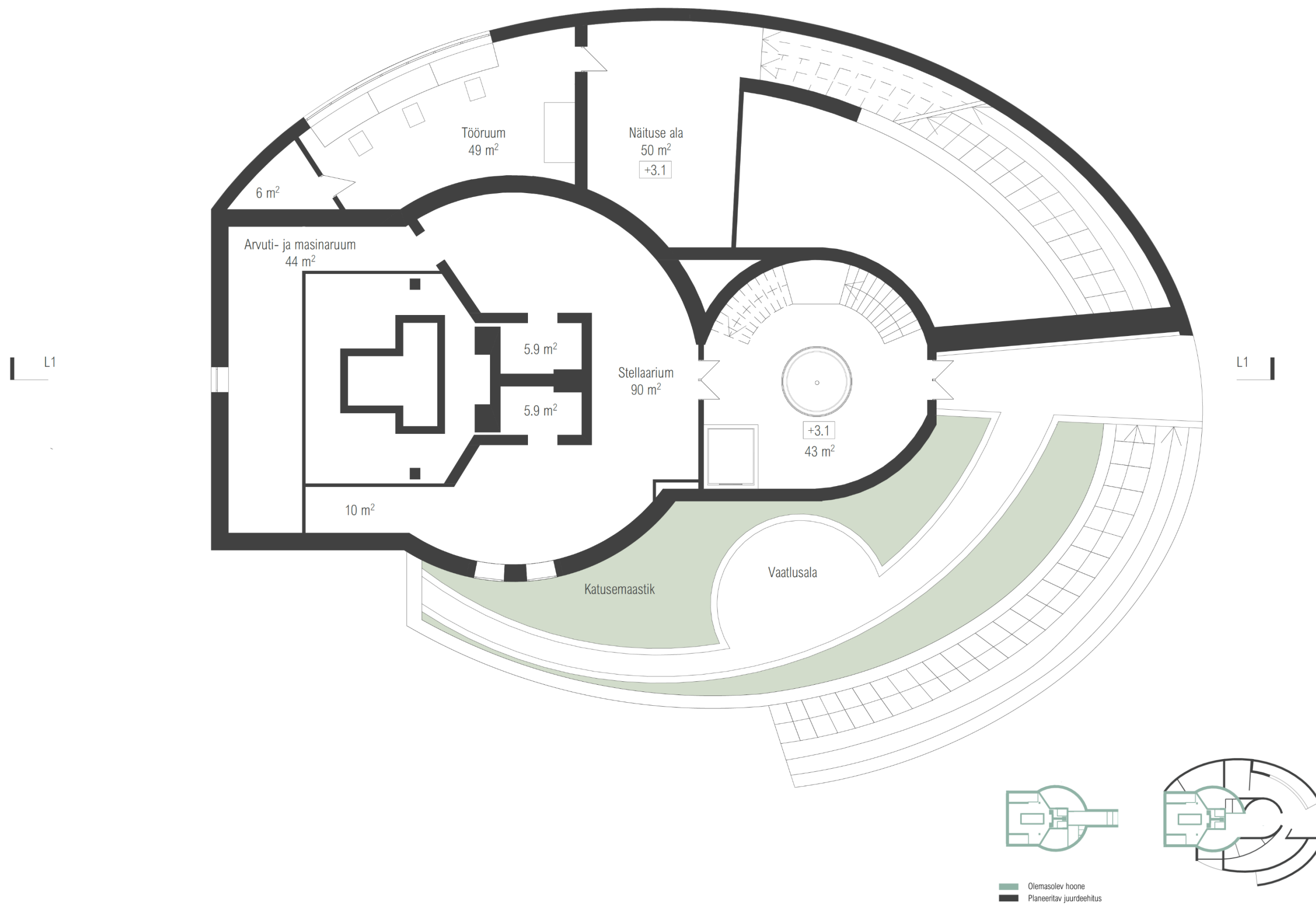
Joonis 59. Stellaariumihoone kontseptuaalsed skeemid ja lõige

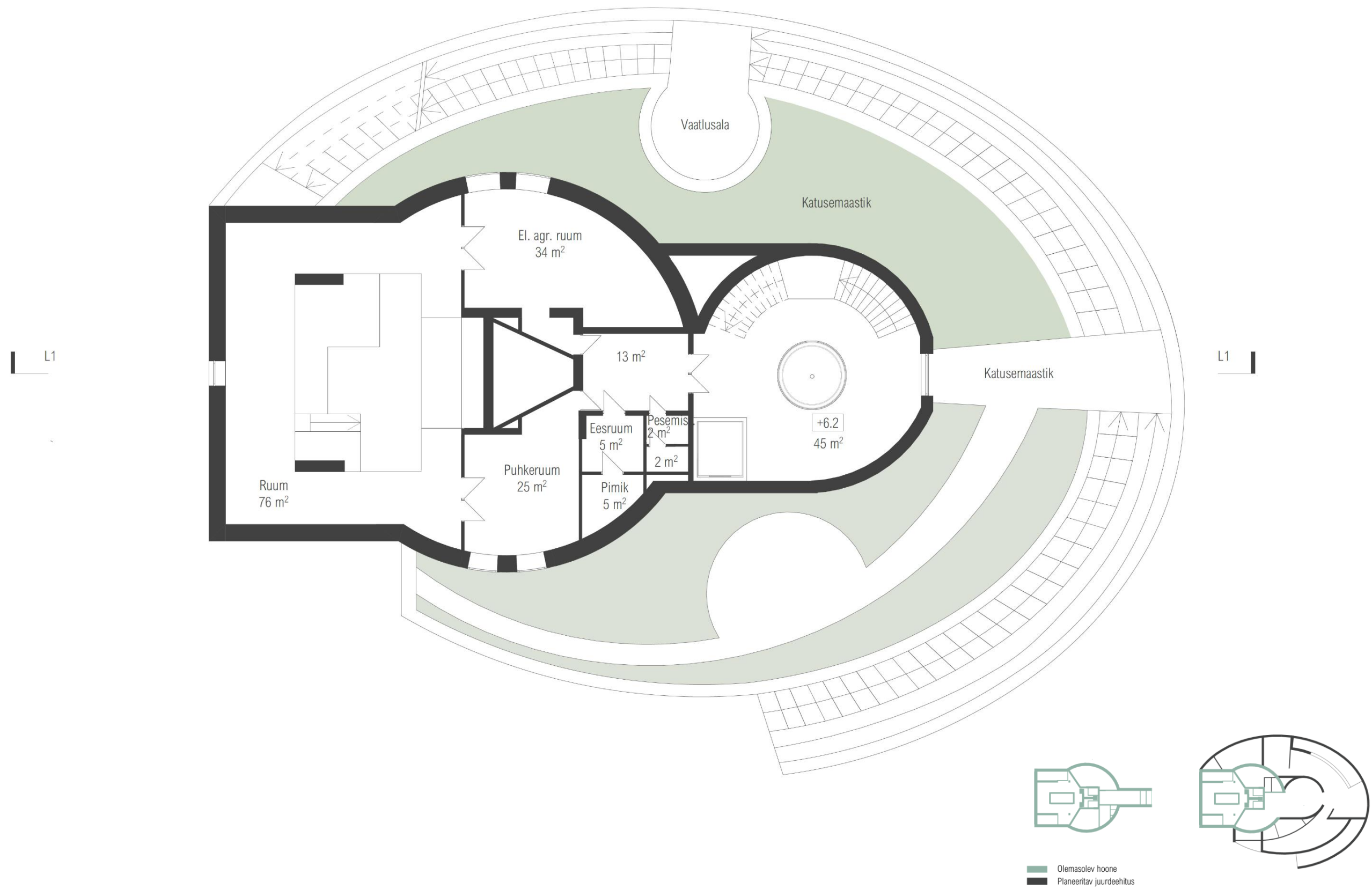
Autori joonis



Joonis 61. Stellaariumihoone teine korrus

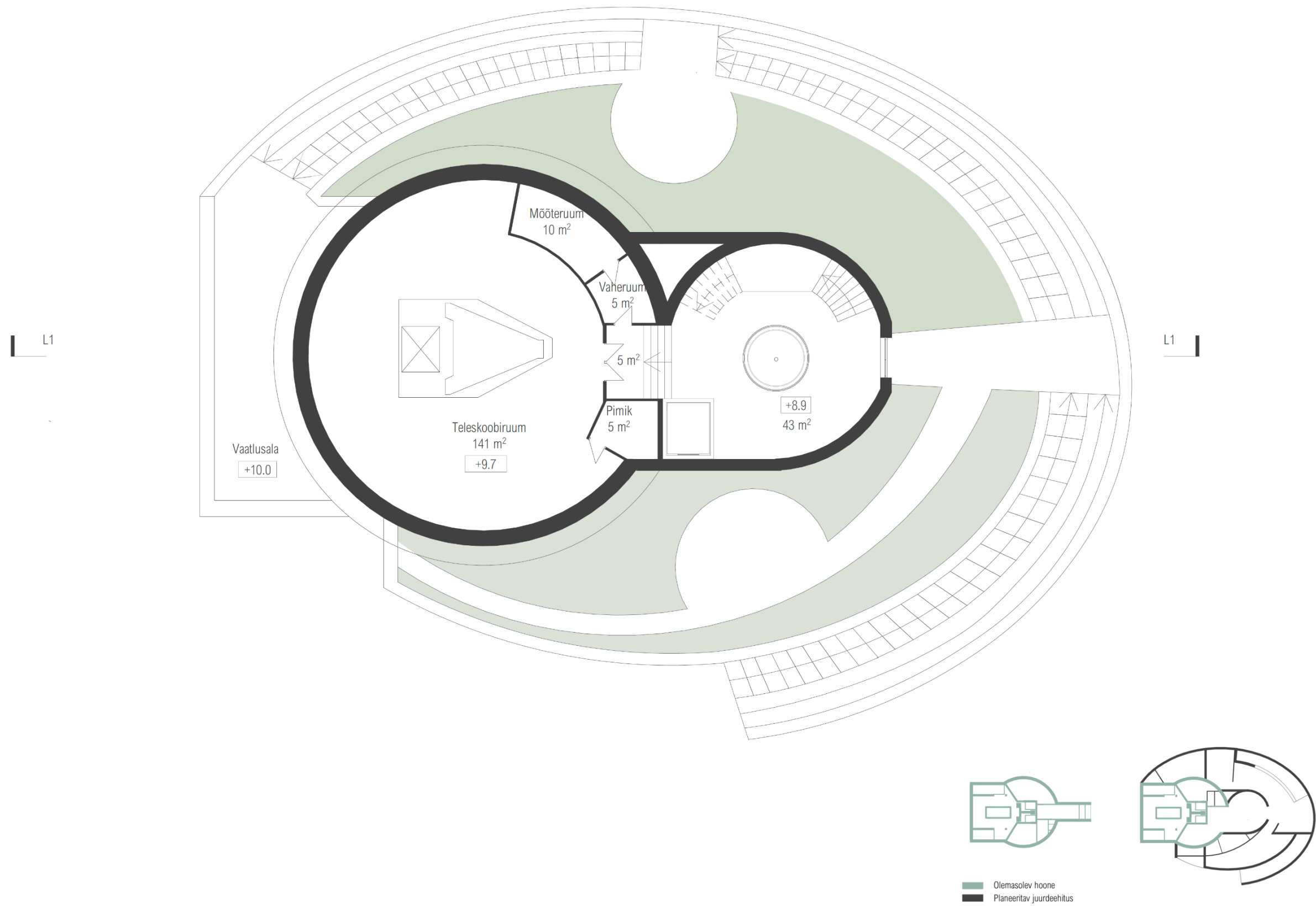
Autori joonis





Joonis 63. Stellaariumihoone neljas korrus

Autori joonis





Joonis 64. Visualiseering stellaariumihoone muuseumist

Autori joonis

7.7. Ööbimismajad

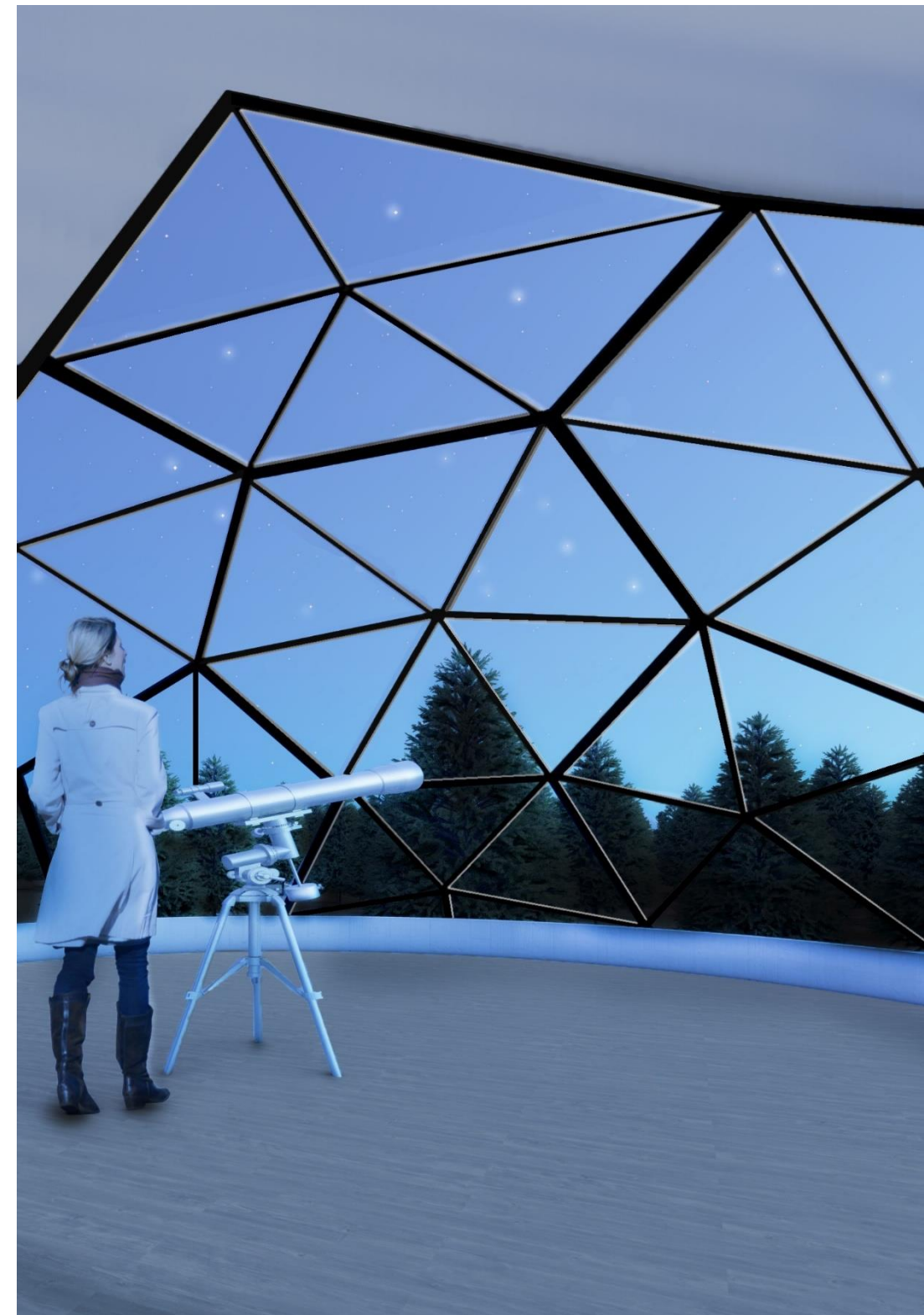
Kahekorruselised ööbimismajad on planeeritud planetaariumi lähedusse, privaatsuse tõttu metsalisele alale. Hoone maapealsel korrusel asub eraldatud tuba kööginurgaga ja voodiga. Hoone teisele korrusele on planeeritud teleskoobiruum.

Kuna planeeritavad ööbimismajad võivad olla ohuks valguse levimisel välialale, on teleskoobiruum projekteeritud eraldi ruumina teisele korrusele ja on koos trepikoja ja esikuga jahedad ruumid. Puhkeruumile, mis paikneb esimesel korrusel, on projekteeritud eraldi küttesüsteem. Ülekuumenemise vältimiseks on katusekonstruktsioonile planeeritud tuulutusavad. Soojematel ilmadel tuleb hoida puhkeruumi ukсед suletuna ja tuulutada kuplialust ruumi. Kuppelhooned on planeeritud mitte ainult teadlastele, vaid ka huvilistele. Tegemist ei ole suvitushoonetega. Kuna hoone katus on projekteeritud osaliselt klaasist, saab teleskoobe kasutada pimedatel aegadel, kui ruum on piisavalt jahe.

Vältimaks vaatlusöödel probleeme ja horisondi blokeerimist, on planeeringus eemaldatud osad puud ööbimismajade ümbert.

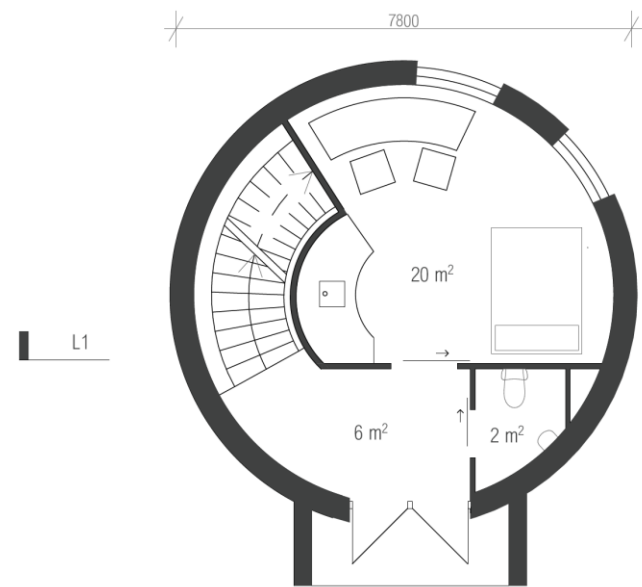
7.8. Vaatluskuplid

Sarnaselt ööbimismajadega ei ole vaatluskuplisse teleskoopi päeval paigutatud. Kuppel on metallsõrestikuga ja klaasmaterjalist, mille põhjapoolne osa on projekteeritud alumiiniumplaatidega. Jahedamatel öödel on võimalus kasutada tuulutatavaid klaaskupleid kaasaskantavate teleskoopidega või nautida selget taevast.

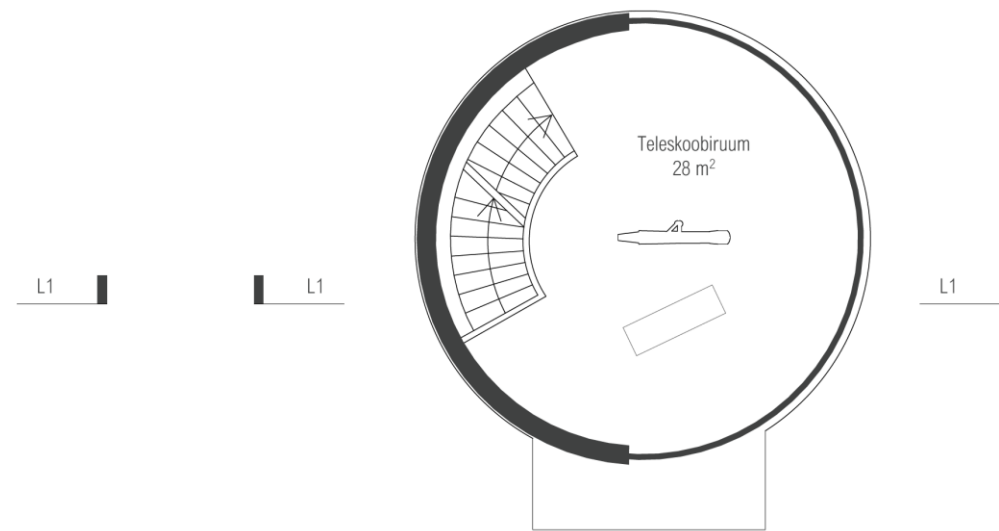


Joonis 65. Visualiseering ööbimismaja teleskoobiruumist

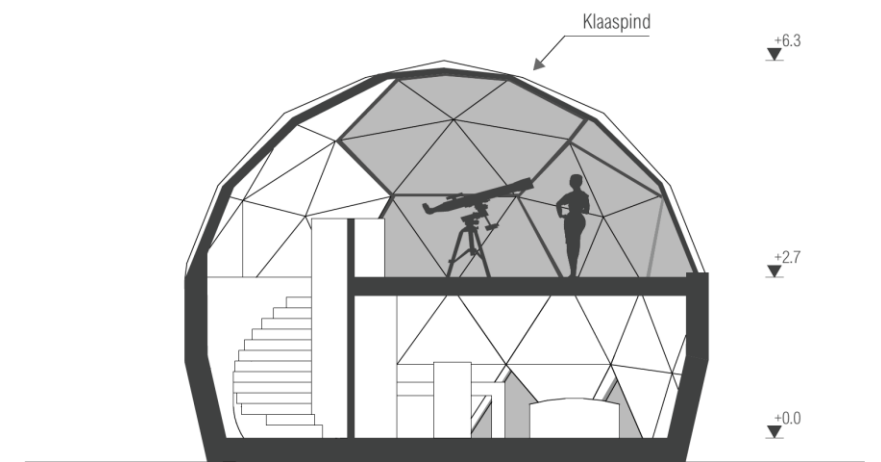
Autori joonis



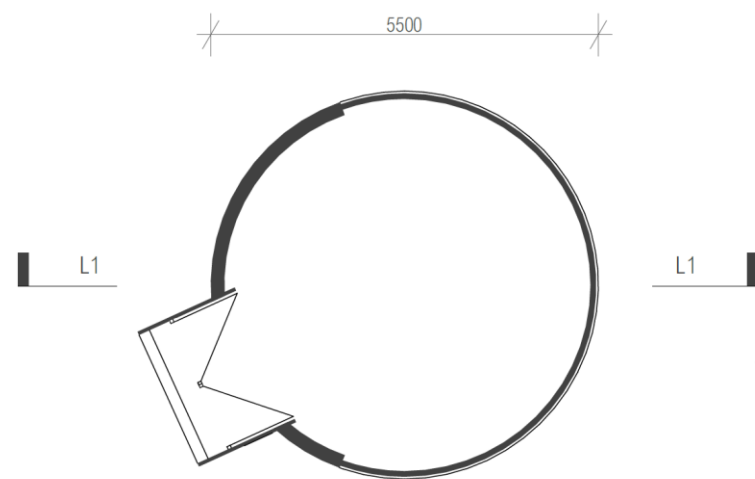
Õöbimismaja esimene korrus



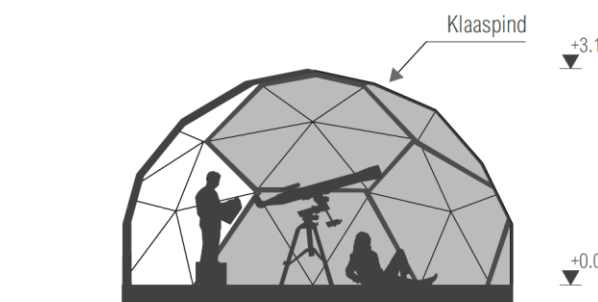
Õöbimismaja teine korrus



Õöbimismaja lõige



Vaatluskupli põhiplaan



Vaatluskupli lõige

Joonis 66. Õöbimismaja ja vaatluskupli korruste plaanid ja lõiked
Autori joonis

7.9. Konstruksioonid ja materjalid

7.9.1. Planetaariumi konstruksioonid

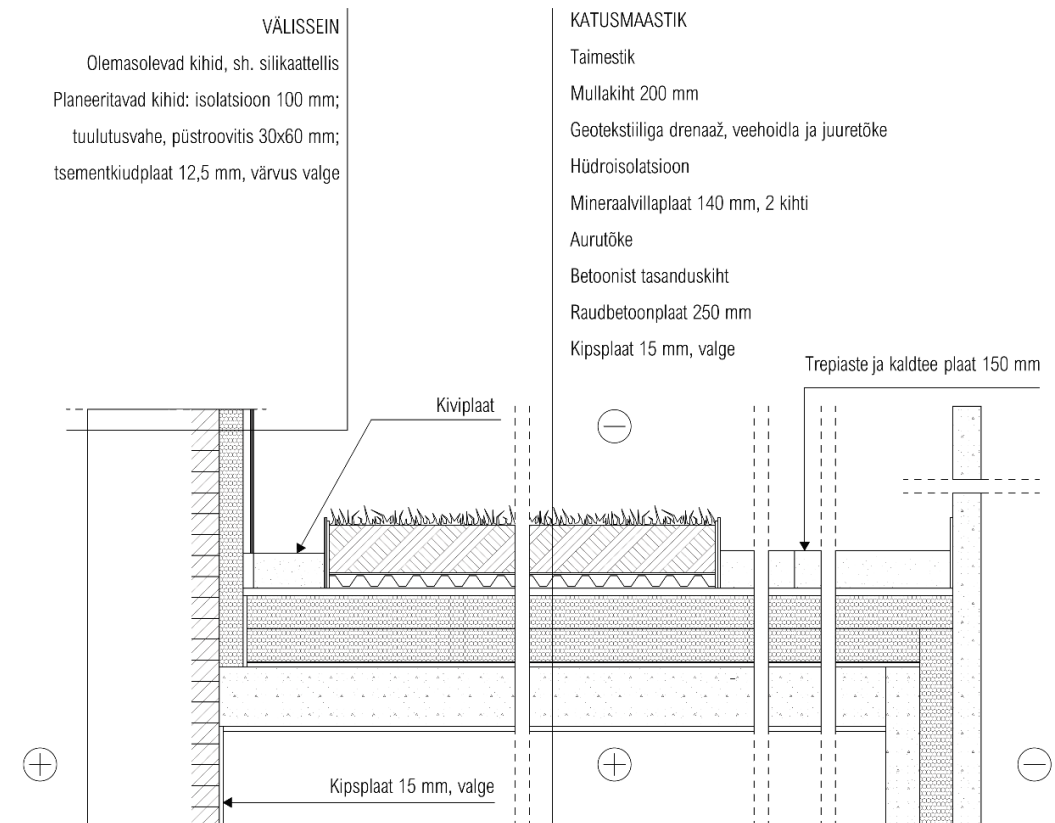
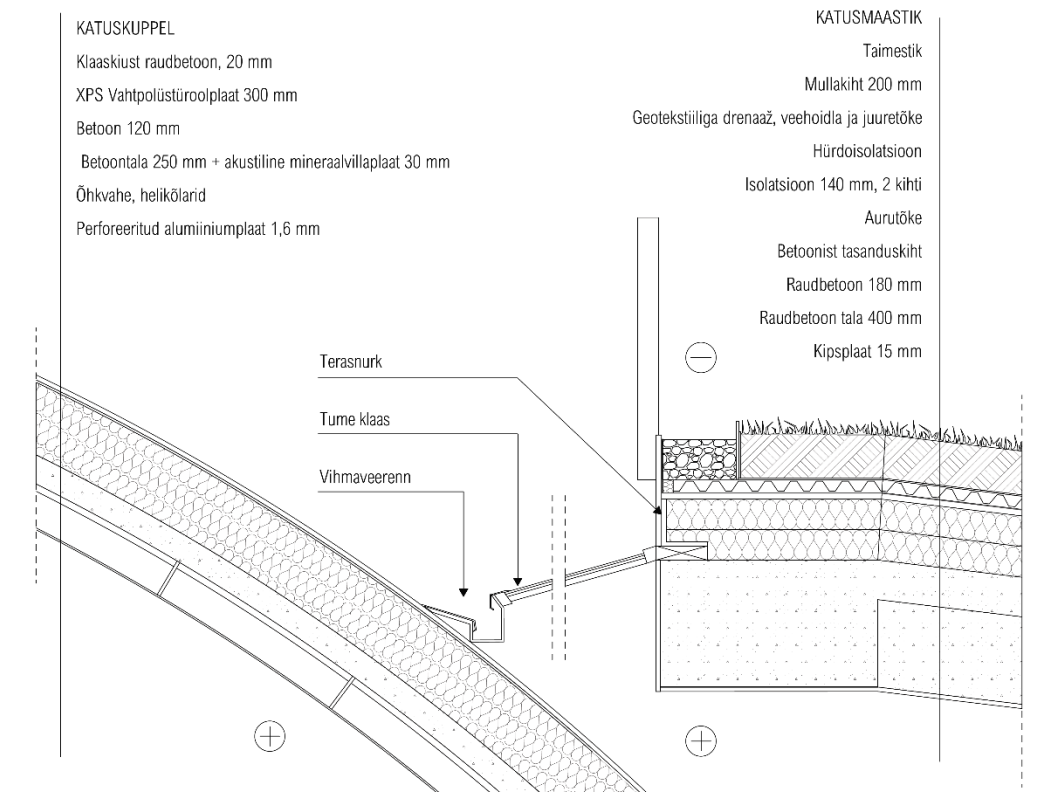
Nii stellaariumihoone juurdeehitusel kui planetaariumil katusemaastikel on piisava paksusega mullakiht, mis annab võimaluse kasvatada erinevaid tüüpi madaltaimestikke. Stellaariumihoone juurdeehituse katusel on lisaks sillutatud vaatlusplatsid. Suurema raskuse tõttu on mõlemad katusekonstruksioonid projekteeritud raudbetoonplaatidest. Siseviimistlusel on kasutatud kipsplaate. Planetaariumi kupli ekraan on projekteeritud perforatsiooniga alumiiniumplaatidest, mille taha on paigaldatud helikõlarid. Perforatsiooniga alumiiniumplaatide peale on projekteeritud akustiline mineraalvilliplaat ja betoonkonstruksioon. Välisviimistluses on planeeritud klaaskiust raudbetoon, mille paindlikkus võimaldab luua erinevate kujudega objekte. Planetaariumi kuppel ja katusemaastik on ühendatud tumeda klaasipinnaga, mis väldib pimedal ajal interjöörü valguse levikut välialale. Planeeritud vihmaveerenn on küttekaabliga, mis takistab lume kuhjumist.

7.9.2. Stellaariumihoone konstruksioonid

Olemasoleva hoone kandekonstruksioon on silikaattelliseinad, mille välisviimistluseks on profiiliga alumiiniumplekk, katusekattena rullmaterjal ja osaliselt plekkmaterjal. Vahelaed on projekteeritud monoliitset raudbetoonist, lintvundament monteeritavast betoonplokkidest ja monoliitset betooni osadest. Olemasolevatele välisseintele on töö käigus projekteeritud soojustus ja välisviimistlusena valge tsementkiudplaat. Võimalikult valge fassaadikate peegeldab päevalgust, mis kaitseb teleskoopi soojuse eest. Juurdeehituse välisseinad on planeeritud raudbetoonblokkidest. Seinad on soojustatud, siseviimistlusel on kasutatud heledas ja tumedas toonis kipsplaati. Katusemaastik on sarnaselt planetaariumi konstruksioonile raudbetoonplaatidest ja siseviimistlusena on projekteeritud kipsplaat.

7.9.3. Olemasolevad teleskoobitornid

Hoonete funktsioon on planeeringu käigus säilitatud. Võimalusel planeerida hoonetesse teleskoobid, millega saavad tutvuda observatooriumi külastajad. Olemasolevatel teleskoobitornidel on välisseinte konstruksioon silikaattellistest ja välisviimistlus profiiliga alumiiniumplekk. Tulevikuplaanides rekonstrueerimisel soojustada fassaadid sarnaselt stellaariumihoonega ja kasutada välisviimistlusena valget tsementkiudplaati.



Joonis 67. Planetaariumi ja stellaariumihoone konstruksioonide detailjoonised

Autori joonis

7.10. Valgustuse planeerimine

Uurimuslikus osas selgus, et Tõravere aleviku eripära on tänavavalgustuse minimaalsus. Iga vähene valgus paistab teadusvaatluste käigus teleskoopidesse otse sisse ja halvendab vaatluste kvaliteeti. Ohutu liiklemise tagamiseks pimedal ajal on välivalgustus planeeritud vastavalt nõudele, et ei tekiks valgusreostust. Punase valguse kasutamine tagab nii jalakäijate ohutuse kui nägevuse pimeduses.

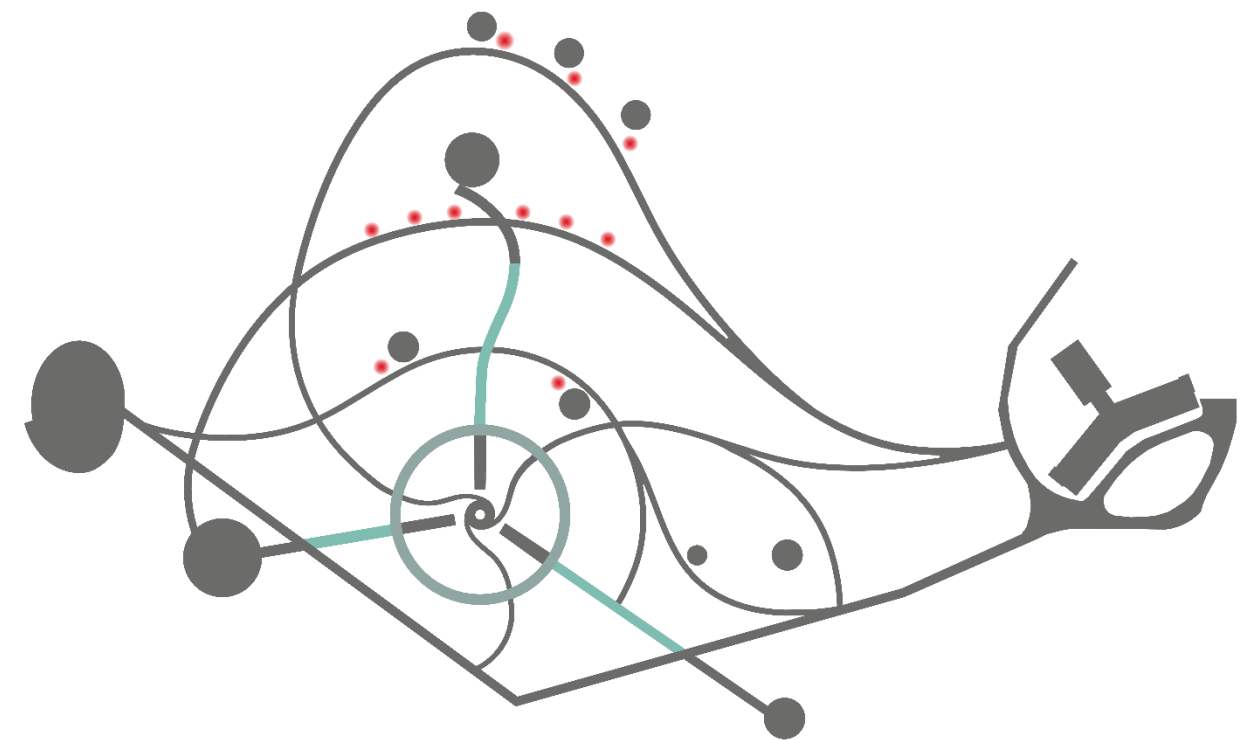
Valgustid on planeeritud võimalikult madala intensiivsusega või peidetud kujul. Valgustust ei ole planeeritud vaateplatsidele ja vaateplatvormidele. Valgustusallikad on projekteeritud planetaariumile, stellaariumihoonele, vaatluskuplitele ja ööbimismajadele. Teekattmaterjal on planeeritud betoonist, mis neelab lampidest tulevat valgust.

Selgetel vaatlusöödel on võimalus valgustused korruga välja lülitada ja valgustid on võimalik planeerida vastavalt inimese liikumisel ehk planeerida dünaamiliselt sisse ja välja lülituvad valgustid. Planeeritud madalad välivalgustid annavad väga nõrka, 1000 kelvini värvustemperatuuriga nõrka punast valgust, mis ei ületa kiirte suunda rohkem kui 90 kraadi.

Stellaariumihoone katusemaastikule viiva välitrepi ja kaldtee valgustamiseks on projekteeritud veekindlad valgusribad iga trepiastme alumisele küljele. Sel moel on valgus peidetud kujul madalama intensiivsusega ja näitab selgelt iga astme äärt. Valgustite väljalülitamise korral lülitub iga trepivalgusti automaatselt sisse inimese juuresolekul.

Osad planeeritud teed on kaetud lumineseerivatest kivikestest pinnakattmaterjaliga, mis pimedal ajal teed õrnalt valgustavad, pakkudes huvitavat kulgemist läbi ala (vt Joonis 69).

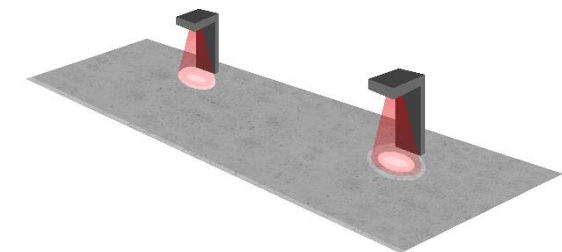
Valgusreostusel ei tekita suurt probleemi interjööri valgustamine, kuna hoone avadel on võimalus kasutada tumedat klaasi, ruloid ja sirme. Stellaariumihoone muuseumi alal on valgusallikad peidetud kujul nii, et valgus on suunatud ainult esemetele. Ööbimismajade interjööris on valgustust võimalik igal ajal kasutada esimese korruse ruumides. Trepikoda on valgustatud pimedatel aegadel. Külgeina valgustamiseks on kasutatud kollaseid ümmargusi LED-valgusteid, mis külgnevad iga trepi astmega. Trepivalgustus võimaldab ohutut liikumist.



— Lumineseeriv pinnakattmaterjal
● Madalad valgustid

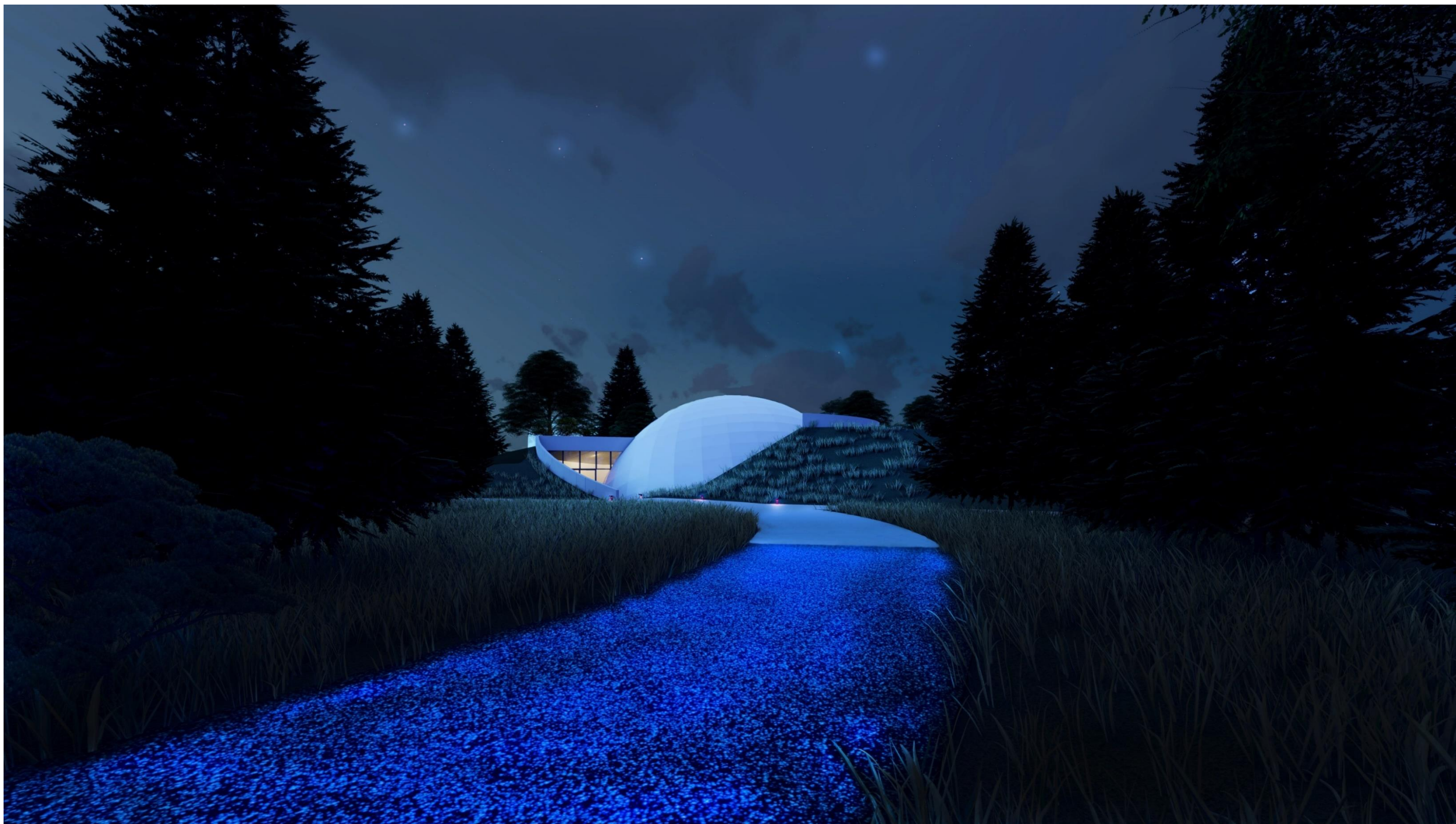


Stellaariumihoone trepivalgustid



Madalad valgustid planeeritavatel teedel

Joonis 68. Planeeritud valgusallikad observatooriumi välialal
Autori joonis



Joonis 69. Visualiseering. Planeeritud luminentseerivatest kividest teekattematerjal

Autori joonis

KASUTATUD ALLIKAD

- Aktinomeetria. (s.a). *Tartu Observatoorium Tõraveres*. Külastatud aadressil <http://to50.to.ee/aktinomeetria.htm> (26.02.2021)
- Armitage, A. (1949). Baron von Zach and his astronomical correspondence. *Popular Astronomy*, 57, 326. Külastatud aadressil <http://adsabs.harvard.edu/pdf/1949PA.....57..326A> (12.05.2021)
- Astronomy from the Renaissance to the mid-twentieth century (s.a). *Portal to the Heritage of Astronomy*. Külastatud aadressil <https://www3.astronomicalheritage.net/index.php/show-theme?idtheme=17> (12.05.2021)
- Astronoomia.ee. (s.a). Külastatud aadressil <http://www.astronoomia.ee/> (14.03.2021)
- Aubin D. (2003). The Fading Star of the Paris Observatory in the Nineteenth Century: Astronomers' Urban Culture of Circulation and Observation, *Osiris*, 18, 79–100. (06.03.2021)
- Brownell, B. (2014). *Illuminating Pathways with the Sun and Stars*. Architect. Külastatud aadressil https://www.architectmagazine.com/technology/illuminating-pathways-with-the-sun-and-stars_o (16.03.2021)
- Category of Astronomical Heritage: tangible immovable Royal Observatory, Greenwich, United Kingdom. (s.a). *Portal to the Heritage of Astronomy*. Külastatud aadressil <https://www3.astronomicalheritage.net/index.php/show-entity?identity=34jaidsubentity=1> (12.05.2021)
- Dumitrache, C., ja Dumitrache, D. (2009). Architectural Evolution of Astronomical Observatories. *Romanian Astronomical Journal*, 19(1). Külastatud aadressil https://www.researchgate.net/publication/252254618_Architectural_Evolution_of_Astronomical_Observatories (28.09.2020)
- Ekskursioonid. (2021). *Tartu Observatooriumi Külastuskeskus*. Külastatud aadressil <https://kylastuskeskus.to.ee/est/ekskursioonid> (17.02.2021)
- Garber, S., ja Launius, R. (2005). A Brief History of NASA: Launching NASA. Külastatud aadressil <https://history.nasa.gov/factsheet.htm> (13.05.2021)
- Горлов, В. Н. (2017). Города-спутники-попытка рассредоточения населения советских городов. *Вестник Московского государственного областного университета. Серия: История и политические науки*, (2), 93-99. DOI: 10.18384/2310-676X-2017-2-93-99. Külastatud aadressil <https://www.vestnik-mgou.ru/Issue/IssueFile/430#page=93> (07.01.2021)
- Hannah, R. (2009). The Pantheon as a timekeeper. *British Sundial Society Bulletin*, 21(4), 2-5. Külastatud aadressil <https://www.elsolieltemps.com/pdf/gnomonica/235.pdf> (11.05.2021)
- Hartley, R., ja Liebel, B. (2020). *Joining Forces to Protect the Night from Light Pollution*. Külastatud aadressil <https://www.darksky.org/joining-forces-to-protect-the-night-from-light-pollution/?eType=EmailBlastContentjaidId=ac9ec4ff-250f-4545-85fe-791cea66d6c3> (09.05.2021)
- History of astronomy in Uppsala. (2011). Külastatud aadressil <https://www.astro.uu.se/history/> (12.05.2021)
- Human Health. (s.a). *International Dark-Sky Association*. Külastatud aadressil <https://www.darksky.org/light-pollution/human-health/> (22.02.2021)
- Hunger, H. (2009). The relation of Babylonian astronomy to its culture and society. *Proceedings of the International Astronomical Union*, 5(S260), 62-73. (12.05.2021)
- Introduction to Astrophotography (s.a). *Kitt Peak Visitor Center*. Külastatud aadressil <https://visitkittpeak.org/astrophotography-workshops/> (19.02.2021)
- Kitt Peak National Observatory. (s.a). *NOAO*. Külastatud aadressil <https://www.noao.edu/kpno/> (19.02.2021)
- Krisciunas, K. (1999). *Observatories*. Külastatud aadressil <https://arxiv.org/pdf/astro-ph/9902030.pdf> (23.02.2021)
- Laane, M. (2010). Aleksander Niine 100. *Eesti loodus*. Külastatud aadressil http://eestiloodus.horisont.ee/artikkel3414_3387.html (25.02.2021)
- Лаппо, Г. М. (2010). Спутники-научограды - авангард модернизации. *Демоскоп Weekly*. Külastatud aadressil <http://www.demoscope.ru/weekly/2012/0519/analit03.php> (25.02.2021)
- Lequeux, J. (2017). *The Paris Observatory has 350 years*. *L'Astronomie*, 131, 28-37. Külastatud aadressil <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2017Lastr.131a..28L/abstract> (23.02.2021)

Light Pollution. (s.a). *International Dark-Sky Association*. Külastatud aadressil <https://www.darksky.org/light-pollution/> (22.02.2021)

Light Pollution Wastes Energy and Money. (s.a). *International Dark-Sky Association*. Külastatud aadressil <https://www.darksky.org/light-pollution/energy-waste/> (22.02.2021)

Machamer, P. (2005). Galileo Galilei. Külastatud aadressil <https://plato.stanford.edu/entries/galileo/> (12.05.2021)

Magli, G., & Hannah, R. (2011). The role of the sun in the Pantheon's design and meaning. *Numen*, 58(4), 486-513. (03.05.2021)

Marin, C. (2009). Starlight: a common heritage. *Proceedings of the International Astronomical Union*, 5(S260), 449–456. DOI: 10.1017/S1743921311002663. (22.02.2021)

Mars, M., Vilipuu, M., Aas, T. & Pustõnski, V-V. (2012). *Valgusreostuse pikaajaliste muutuste uurimine Tallinnas ja valgusreostuse hetkeseisu määramine Eestis*. (Aruanne). Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn. Külastatud aadressil <https://www.kik.ee/sites/default/files/144.pdf> (09.03.2021)

Nightly Observing Program. (s.a). *Kitt Peak Visitor Center*. Külastatud aadressil <https://visitkittpeak.org/night-observing-program/> (19.02.2021)

Novosibirsk Planetarium. (2020). *Russia Eguide*. Külastatud aadressil <https://www.russiaeguide.com/novosibirsk-planetarium.html> (21.02.2021)

Обсерватория. (2021). Большой новосибирский планетарий. Külastatud aadressil <http://www.nebo-nsk.ru/observatory> (25.02.2021)

Outdoor Lighting Basics. (s.a). *International Dark-Sky Association*. Külastatud aadressil <https://www.darksky.org/our-work/lighting/lighting-for-citizens/lighting-basics/> (09.05.2021)

Overnight Telescope Observing Program. (s.a). *Kitt Peak Visitor Center*. Külastatud aadressil <https://visitkittpeak.org/overnight-telescope-observing-program/> (19.02.2021)

Radcliffe Observatory. (2021). *Green Templeton College. University of Oxford*. Külastatud aadressil <http://www.gtc.ox.ac.uk/about/history/radcliffe-observatory/> (12.05.2021)

Schlangen, L., Bouroussis, C., Lowenthal, J., Jägerbrand, A., Jechow, A., Longcore, T., Motta, M., Sanhueza, P., & Schroer, S. (2021). Dark and Quiet Skies for Science and Society Report and Recommendations On-line Workshop. United Nations Office for Outer Space Affairs, International Astronomical Union, Instituto de Astrofísica de Canarias, NOIRLab,

2020, Chapter 5 Bio-environment Report., 92-117. Külastatud aadressil <https://www.iau.org/static/publications/dqsies-book-29-12-20.pdf> (08.03.2021)

Solobservatoriet at Harestua. (s.a). *Snohetta*. Külastatud aadressil <https://snohetta.com/projects/378-solobservatoriet-at-harestua> (02.03.2021)

Солнечные часы. (2021). Большой новосибирский планетарий. Külastatud aadressil <http://www.nebo-nsk.ru/sundial> (25.02.2021)

Tamm, E., & Kimmel, T. (2010). *Tartumaa kaitsmata ehituspärand 1870-1991*. (Välitööde aruanne). Tartu. Külastatud aadressil https://register.muinas.ee/ftp/XX_saj._arhitektuur/maakondlikud%20ylevaated/tartumaa/Tartumaa.pdf (07.03.2021)

Tartu Observatoorium. (2020). *Sirkel & Mall*. Külastatud aadressil <https://www.sma.ee/project/tartu-observatoorium/> (26.02.2021)

Tirado, M. Á. C., & Castro-Tirado, A. J. (2019). The evolution of Astronomical Observatory design. *Journal of the Korean Astronomical Society*, 52(4), 99-108. Külastatud aadressil <https://arxiv.org/pdf/1911.10271.pdf> (12.05.2021)

Tohvri, E. (2019). *Georges Frederic Parrot. Tartu Keiserliku Ülikooli esimene rektor*. Tartu Ülikooli Kirjastus. (13.11.2020)

Viik, T. (2014). *Tartu Observatoorium Tõraveres*. Aasta Raamat OÜ. (14.11.2020)

Viik, T. (1997). *Tartu Observatoorium*. Tõravere Trükikoda. (14.11.2020)

INTERVJUUD, KÄSIKIRJALISED ALLIKAD

Intervjuu Tõnu Viigiga 13.02.2021. aastal Tõravere Observatooriumis. Materjal autori valduses.

Intervjuu Tanel Liiraga 13.02.2021. aastal Tõravere Observatooriumis. Materjal autori valduses.

Kirjavahetus Toivo Varjaga, 08.03.2021. a. Materjal autori valduses.

Kirjavahetus Tõnis Eenmäega, 16.03.2021. Materjal autori valduses.

GRAAFILISE OSA LOEND

Joonis 1 Stonehenge'i põhiplaan

Joonis 2 Stonehenge tänapäeval

Joonis 3 Paabeli torni 3D visualiseering

Joonis 4 Rooma Panteon

Joonis 5 Ulugh Beg'i observatoorium

Joonis 6 Uraniborgi observatoorium

Joonis 7 Uraniborgi observatoorium

Joonis 8 Greenwichi observatoorium

Joonis 9 Pariisi observatoorium

Joonis 10 Gotha observatoorium

Joonis 11 Radcliffe'i observatoorium

Joonis 12 Tartu tähetorn, 1821. a

Joonis 13 Tartu tähetorn tänapäeval

Joonis 14 Pulkovo observatoorium 1839. a

Joonis 15 Meudoni observatoorium

Joonis 16 Mauna Kea observatoorium

Joonis 17 Tõravere observatooriumi planeering. Selgitusi annab astronoom Jaan Einasto. Tõravere, 1964-1970. a

Joonis 18 Tõravere observatooriumi planeering: selgitusi annab arhitekt Arnold Matheus. Tõravere, 1964-1970. a

Joonis 19 Tõravere observatoorium. Väikesed teleskoobitornid, taustal observatooriumi peahoone. 1965. a

Joonis 20 Tõravere observatoorium. Stellaariumihoone ehitus.

Joonis 21 Vaade hruštšovkadele peahoone katuselt. 1970. a

Joonis 22 Tõravere observatoorium. Esimese teleskoobi paigaldamine 1963. a

Joonis 23 Tõravere observatoorium. 1,5 m teleskoobi montaaž

Joonis 24 Observatooriumi peahoone

Joonis 25 Observatooriumi peahoone külustuskeskus

Joonis 26 Väikesed teleskoobitornid. Taustal peahoone kuppel

Joonis 27 Stellaariumihoone

Joonis 28 Põhjamaade suurim 1,5 meetrine peegelteleskoop stellaariumihoones

Joonis 29 Näituseruum stellaariumihoones

Joonis 30 Vaade linnulennult observatooriumile

Joonis 31 Kombinaathoone (tänapäeval korterelamu)

Joonis 32 Päikesesüsteemi makett elupuudest

Joonis 33 Päikesekell

Joonis 34 Päikesekella skulptuur

Joonis 35 Suuruste skaala näitus

Joonis 36 Päikesesüsteemi makett välialal

Joonis 37 Vaade kollasest aknast teleskoobitornidele

Joonis 38 Novosibirski planetaarium

Joonis 39 Novosibirski planetaariumi astronoomiapark

Joonis 40 Novosibirski Foucault'i pendlitorn

Joonis 41 Kitt Peak'i observatooriumi astronoomiapark

Joonis 42 Kitt Peak'i päikeseteleskoobitorn

Joonis 43 Solobservatorieti observatoorium

Joonis 44 Solobservatorieti planeering

Joonis 45 Solobservatorieti planetaarium

Joonis 46 Visualiseering planeeritavast lahendusest

Joonis 47 Situatsiooniskeem

Joonis 48 Olemasolev olukord

Joonis 49 Asendiplaan planeeritava lahendusega

Joonis 50 Visualiseering päikesekuplist välialal. Taustal olemasolevad teleskoobitornid, kollane aken ja peahoone

Joonis 51 Päikesekupli joonised. Kontseptsiooni skeemid, põhiplaan ja lõige

Joonis 52 Visualiseering päikesekupli interjöörist. Sügisene päevavalgus

Joonis 53 Visualiseering planetaariumist

Joonis 54 Planetaariumi lõige ja kontseptsiooni skeemid

Joonis 55 Planetaariumi maa-aluse korruse plaan

Joonis 56 Planetaariumi esimese korruse plaan

Joonis 57 Visualiseering planetaariumi interjöörist. Maakera mudel

Joonis 58 Visualiseering stellaariumihoonest

Joonis 59 Stellaariumihoone kontseptuaalsed skeemid ja lõige

Joonis 60 Stellaariumihoone esimene korrus

Joonis 61 Stellaariumihoone teine korrus

Joonis 62 Stellaariumihoone kolmas korrus

Joonis 63 Stellaariumihoone neljas korrus

Joonis 64 Visualiseering stellaariumihoone muuseumist

Joonis 65 Visualiseering ööbimismaja teleskoobiruumist

Joonis 66 Ööbimismaja ja vaatluskupli korruste plaanid ja lõiked

Joonis 67 Planetaariumi ja stellaariumihoone konstruktsioonide detailjoonised

Joonis 68 Planeeritud valgusallikad observatooriumi välialal

Joonis 69 Visualiseering. Planeeritud lüminentseerivatest kividest teekattematerjal