

TARTU ÜLIKOOL
Arvutiteaduse instituut
Informaatika õppekava

Aleksandra Leesment

Delta õppehoone visualisatsioon – hoone ja keskkonna realistlikkus

Bakalaureusetöö (9 EAP)

Juhendaja: Raimond-Hendrik Tunnel, MSc

Tartu 2020

Delta õppehoone visualisatsioon – hoone ja keskkonna realistlikkus

Lühikokkuvõte:

Käesoleva töö jooksul parandati ja täiendati olemasolev Delta õppehoone visualisatsioon, et see vastaks reaalsusele ning oleks kasutajasõbralikum. Muudatusi tehti virtuaalse õppehoone sise- ja väliskeskkonnas. Hoone sisustuses asendati vanad mudelid uutega või muudeti neid vastavalt hoone planeeringule. Virtuaalset välisala parandati ning lisati uued objektid, et teha väliskeskkonda detailsemaks. Töö lõpus võrreldi saadud tulemust esialgse visualisatsiooniga AB-testimise abil ja analüüsiti tulemusi.

Võtmesõnad:

Arvutigraafika, kasutajakogemus, visualisatsioon, AB-test, Unity, Blender

CERCS: P170, Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine.

Delta Building Visualization – Building and Environment

Abstract:

During this thesis a previously made project about Delta building visualization was fixed and improved to make it more realistic and user-friendly. Changes were made in inner and outer environment of the educational building. Current 3D-models were replaced with new models or changed according to the building's blueprints. Issues in outer area were fixed and new objects were added to add more details to the environment. Finally, the result was compared to the initial project with AB-testing and the results were analysed.

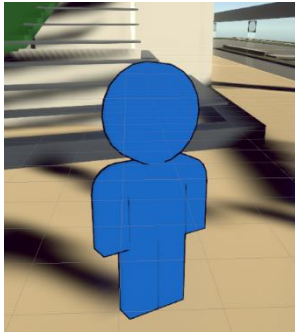
Keywords:

Computer graphics, user experience, visualization, AB-testing, Unity, Blender.

CERCS: P170, Computer science, numerical analysis, systems, control.

Sisukord

Sissejuhatus.....	4
1. Delta õppehoone visualiseerimise projekt	6
1.1 Ajalugu	7
2017-2018.....	7
2018-2019.....	7
2019-2020.....	9
1.2 Senised puudujäägid	10
2. Hoone sisekeskkond.....	12
2.1 Seniste puudujääkide lahendus	12
2.2 Versioonide võrdlus.....	14
3. Väliskeskkond	19
4. Visuaalne testimine	22
4.1 Tulemused	23
5.1.1 Üldmulje	23
5.1.2 Ruumidest eraldi	24
5.1.3 Kokkuvõte ruumide tulemustest	28
5.1.4 Kokkuvõte kõikidest tulemustest	29
5. Edasiarenduse võimalused	31
Kokkuvõte.....	32
Viidatud kirjandus	34
Lisad	35
I. Terminid	35
II. Kaasapandud failid	36
III. Litsents.....	37



Joonis 2. Näide üliõpilase agendist visualisatsioonis.

Käesoleva bakalaureusetöö alguses leidis DBV projektis mitmeid puuduseid, näiteks õppehoone sisustuse visualisatsioon erines päriseluga disaini, asukoha ja muude näitajate poolest (peatükk 2) ning väliskeskond oli detailivaene (peatükk 3). Käesolevas lõputöös visualisatsiooni parandati ja täiendati nii, et visualisatsioon oleks realistlikum. Esmalt muudeti ja asendati sisustuse 3D-mudeleid uute mudelitega (alapeatükk 2.1).

Reaalse Delta õppemaja sisustuse ja selle mööbli planeerimisega tegeles Tartu Ülikooli projektijuhi assistent Margit Kiisler. Tema saadetud plaanide järgi muudeti käesoleva töö raames DBV mööblit (plaanid sisustusest ja mööbliesemetest peatükis lisa II). Hiljem kontrolliti ruumide sisustuse vastavust reaalsusele Delta keskuse fotode (lisa II) ja küsitluse järgi (peatükk 4).

Teises praktilise töö pooles tehti väliskeskonda detailsemaks. Parandati välisala mudelit ja lisati uusi staatilisi objekte nagu nt jalgrattaparkla õppehoone kõrval. Täpsemalt peatükis 2.

Töö lõpus tehti AB-testimist², milles osales 21 Tartu Ülikooli Arvutiteaduse Instituudi üliõpilast, vilistlast või informaatika/arvutigraafika huvilist. Pooltele küsitletavatele (10-le inimestele) näidati vana 2018. aasta versioon ning teistele (11-le inimesele) uut 2020. aasta oma. Osalejad andsid tagasisidet, mille ülevaade ja analüüs on esitatud peatükis 4. Joonis 3 näitab lõputöö tulemust.



Joonis 3. Uus DBV versioon (lõpptulemus).

² A/B testing. https://en.wikipedia.org/wiki/A/B_testing.

1. Delta õppehoone visualiseerimise projekt

Projektil on kolm eesmärki. Esiteks, anda ülevaate õppehoones toimuvatest tundidest, küllastajatest ja üldisest teadusmaja olukorrast. DBV suurendab küllastaja arusaama, et kui palju tegelikult üliõpilasi ja õppejõude hetkel majas tegutseb. Teiseks suurendada ülikooli töötajate ja õppijate motivatsiooni ning toetada üliõpilaste õppimist. Kolmandaks, kasutada DBV visualisatsiooni Delta keskuse reklaamina välisküllastajate jaoks, et motiveerida neid tulema õppima Tartu Ülikoolis.

DBV tehnilisest poolest: 3D-mudelid on tehtud tasuta programmis Blender³ ning paigutatud tasuta mängumootorisse Unity⁴. Blender on tasuta avatud lähtekoodiga 3D-modelleerimise programm ning Unity mängumootorit kasutatakse interaktiivsete videomängude või animatsioonide loomiseks. Blender on kasutuses seetõttu, et see on üks tuntumaid ja intuitiivsemaid 3D-objektide loomise tööriistu [3]. Projekti arendatakse mängumootoris Unity, kuna arendustiimil oli sellega kogemusi ja projektis kasutatakse Unity NavMesh⁵ süsteemi. Lisaks on Unity mängumootoris võimalus mugavalt luua algoritme liikuvate objektide nt agentide jaoks ja kontrollida nende jõudlust sisseehitatud tööriistaga Profiler⁶.

Kuna DBV arendati 2017. aasta sügisest ja erinevate tudengite poolt, siis on see läbinud erinevaid etappe. Järgnevas alapeatükis antakse ülevaade iga aasta tehtud täiendustest.

³ Blender (tarkvara). [https://et.wikipedia.org/wiki/Blender_\(tarkvara\)](https://et.wikipedia.org/wiki/Blender_(tarkvara)).

⁴ Unity. <https://et.wikipedia.org/wiki/Unity>.

⁵ Unity NavMesh. <https://docs.unity3d.com/540/Documentation/ScriptReference/NavMesh.html>.

⁶ Unity Profiler overview. <https://docs.unity3d.com/Manual/Profiler.html>.

1.1 Ajalugu

DBV projekti alustati 2017. aastal ning arendati edasi kuni käesoleva bakalaureusetööni ja selle jooksul. Lõputöö koostamise hetkel on selle visualisatsiooni kallal töötanud 7 Tartu Ülikooli bakalaureuse informaatika eriala tudengit koostöös Arvutigraafika ja virtuaalreaalsuse laboriga (lühidalt AGVR)⁷. Peatükk räägib täpsemalt visualisatsiooni arenduse ajaloost enne ja antud lõputöö jooksul.

2017-2018

DBV projekt algatati Andrei Voitenko [4] ja Aleksander Nikolajevi [5] poolt Arvutigraafika aine raames 2017. aastal⁸. Nad jätkasid seda projekti oma bakalaureuse lõputööde raames, mida kaitsti 2018. aastal arvutiteaduse instituudis.

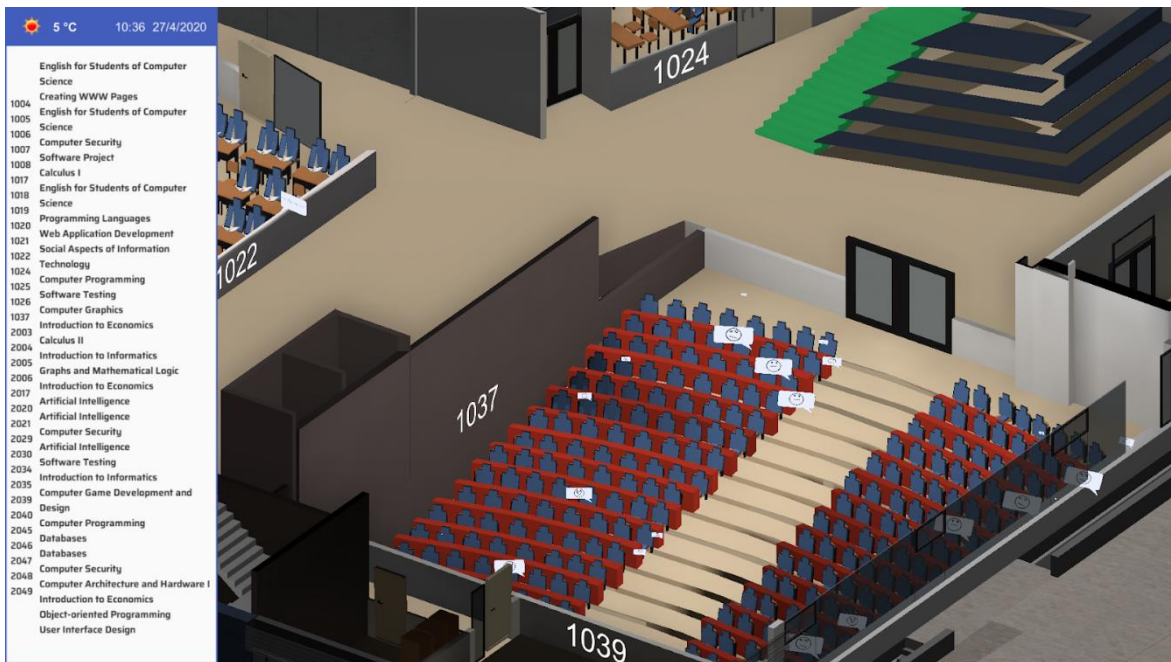
Nikolajev lõi DBV baasi: ta tegeles teadusmaja ja selle sisustuse 3D-disainiga. Veel tegeles ta agentide käitumisloogikaga, täpsemalt, nende liikumisega, loomise ning eemaldamisega visualisatsioonist ja emotsioonide mullidega [5]. Voitenko arendas kasutajaliidest, visualiseeris ilma ja töötas välja selle algoritmid [4]. Kasutajaliides näitas hetke tunniplaani, kella, ilma ikooni, õhu temperatuuri ja lisas hoone ruumide numbrid ruumide juures (Joonis 4). Ta lõi 4 ilmaolu: päikesepaistet, pilvisust, vihma- ja lumesadu ning ühendas neid kasutajaliideselega. Hiljem ta lisas visuaalseid efekte lume ja vihma sademetest projekti (Joonis 5). Täpsemalt on kirjas tema bakalaureusetöös [4].

2018-2019

Visualisatsiooni täiustasid oma lõputööde raames bakalaureusetudengid Einar Linde [6], Meelis Perli [7] ja Daniel Kütt [8]. Linde optimeeris projekti valgustust ning ilmastiku efekte nagu lumi ja vihm [6]. Perli arendas uut agentide loogikat, sh nende grupeerumist, loomulikult näivate teekondade arvutamist ning vahepeatuste tegemist [7]. Peale seda parandas ta lähtekoodi vigu ja loetavust ning projekti struktuuri. Kütt lõi vaheserveri Unity rakendusse välistest keskkondadest sissetulevate andmete (nt agentide arvud Delta ruumides, tunniplaan ja hetke ilm) haldamiseks ning töötas välja administratiivse veebiliidese. Selle tööriistaga saab Unity rakendust kontrollida, et luua vajalike tingimusi nagu nt kindla ilmaolu või 2000 agendi tekitamine visualisatsiooni [8]. Joonis 5 sisaldab projekti tulemust.

⁷ CGVR Lab. <https://cgvr.cs.ut.ee/>.

⁸ Visualization of a Classroom. <https://courses.cs.ut.ee/2017/cg/fall/Main/Project-ClassroomVisualization>.



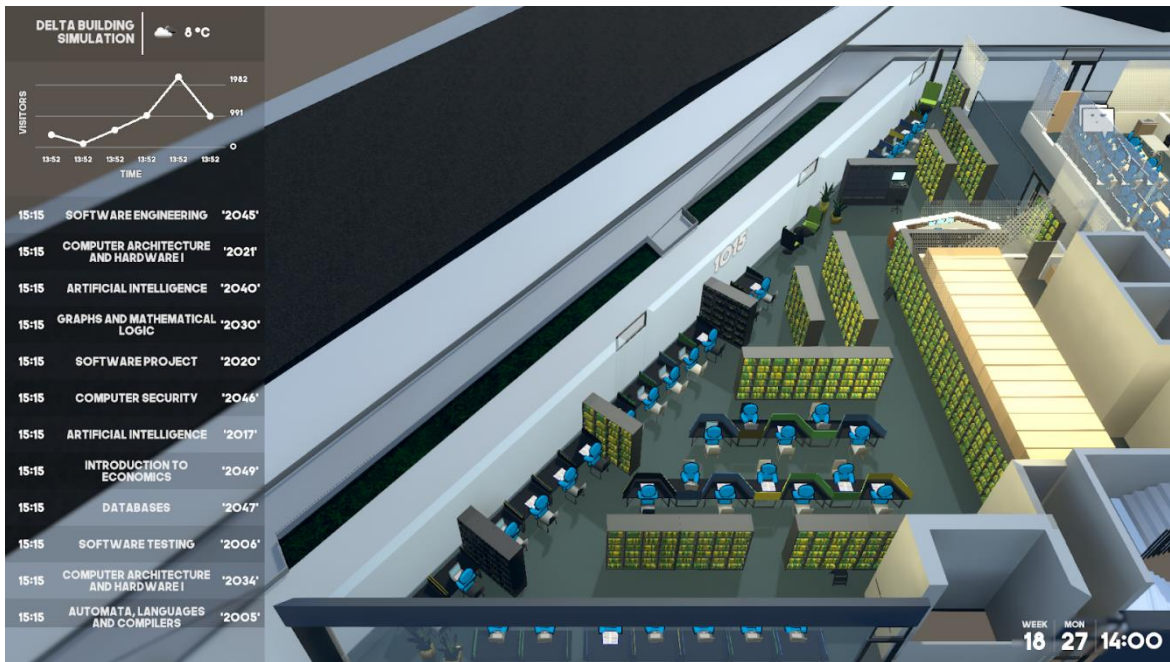
Joonis 4. Vana DBV versioon tunniplaani kasutajaliidesega.



Joonis 5. Vana DBV versioon väliskeskkonnaga ja lume efektiga.

2019-2020

Alates 2019 aasta suvest lõi Kristo Männa uue kasutajaliidese, mis näitas Delta teadusmajas jooksvaid tunde kerimisloendis, kellaaega ning graafikut küllastajate arvust tunni kohta (Joonis 6). Lisaks sellele koostas ta algversiooni õppeklasside loomise tööriistast. See võimaldab arendajal paigutada automaatselt toole ja laudu auditooriumitesse ning seob neid agentide süsteemiga.



Joonis 6. Uue DBV versiooni kasutajaliides.

Õppeaine Arvutigraafika raames optimeeris informaatika bakalaureusetudeng Andrzej Lippa õppehoone 3D-mudelit. Ta tegi uued akna mudelid õppehoone mudeli jaoks, lisis tekstuure ja muid täiendusi DBV väliskeskkonda.

Pärast seda arendasid DBV projekti edasi käesoleva lõputöö autor, Kütt ja Männa. Kuna seal esines mitmeid probleeme, otsustati luua uus Unity rakendus vana rakenduse baasil. Uude DBV versiooni lisati Linde tehtud valgustussüsteemi, Nikolajevi loodud Delta keskuse ja mööbli 3D-mudeleid ning Küti tehtud administratiivne tööriist. Aasta 2019. sügissemestri jooksul Kütt täiendas seda. Männa tegi uue agentide süsteemi, kuna Perli süsteem muutis DBV jõudlust halvemaks ning oli liiga keeruline tulevaseks kasutamiseks. Ta muutis veel agendi liikumise animatsiooni, kuna Nikolajevi testimisel tuli välja soovitus seda parandada [5]. Lisaks optimeeris ta hoone mudeli renderdamist ja parandas ilmastiku efekte, et tõsta projekti jõudlust. Peatükid 3 ja 4 räägivad täpsemalt käesoleva töö panusest ning arendusest, mida tehti Männa tööga paralleelselt.

1.2 Senised puudujäägid

Nagu eelnevalt mainitud, lõi Nikolajev DBV baasi: õppemaja ja sisustuse 3D-mudelid. Hoone mudel saadeti arhitektuurifirma Arhitekt11 poolt. See mudel oli IFC formaadis ning see konverteeriti kasutades IfcOpenShell'i⁹ vidinat Blenderi failiks. Nikolajev parandas vigu ning optimeeris seda Unity mängumootoriga reaaliajas renderdamiseks. Aastatel 2017-2018 ei olnud andmeid Delta keskusesse tuleva mööbli kohta. Konkreetne sisustuse planeering ning mööblihange tulid 2019 aasta suvel. Seetõttu Nikolajev lõi mööbliesemete mudelid oma äranägemise järgi inspireerituna Liivi ja Paabeli õppehoonete sisustusest [5]. Aga kui mööbli 3D-mudeleid paigutati visualisatsiooni, siis tekkis tõrge, et mõned mudelid olid liiga suured. Selle pärast paigutati ruumidesse vähem mööblit ning see põhjustas väiksema ruumide mahutavuse kui päriselus (Tabel 1). Pärast läbirääkimisi Tartu Ülikooli Arvutiteaduste instituudi administratsiooniga, otsustati projekt jätta samaks koos vale mahutavusega.

DBV-d uuendati aastate jooksul, aga peamine visuaalne baas jäi samaks. Seega andmed olid kahe aastaga vananenud. Mööbli disain, mõõtmed ja asukoht muudeti või täiendati. Ning pärast Delta keskuse avamist 2020. aasta veebruaris, tekkisid lahknemised plaanide ja päris keskuse vahel nii sise-, kui ka väliskeskkonnas. Veel oli DBV väliskeskkond detailivaene. Puudusid tänavavalgustid, jalgrataste parklad, muru jms. Kokkuvõttes oli projekti peamine puudujääk, et see ei vastanud enam tegelikkusele.

Seetõttu vajas 2017. aasta projekti baas parandamist ja täiendamist. Parandamine hõlmab olemasolevate mööbliesemete ja ruumide mahutavuse muutmist plaanidele vastavaks. Samuti hoone siseste ja väliste alade korrastamist. Hiljem parandamist vastavalt tegeliku Delta

Tabel 1. Vana DBV ja plaaniline ruumide mahutavus.

Ruum	Plaanide mahutavus	Vana DBV mahutavus	Vahe
1004	40	35	-5
1005	60	35	-25
1006	60	35	-25
1007	60	35	-25
1008	60	33	-27
1017	40	36	-4
1018	100	91	-9
1019	100	93	-7
1020	100	91	-9
1021	200	123	-77
1022	40	40	0
1024	30	24	-6
1025	30	24	-6
1026	30	24	-6
1037	302	302	0
Kokku	1252	1021	-231

⁹ IfcOpenShell. <http://ifcopenshell.org/ifcblender>.

keskuse fotodele. Uuendamine tähendab uue sisustuse ja välisesemete loomist ja lisamist. Muudatused ja täiendused käsitletakse peatükkides 3 ja 4 keskkondade haaval. Lõpus võrreldi projekti päriseluga kasutades Delta keskuse külastajate arvamust (peatükk 5).

2. Hoone sisekeskkond

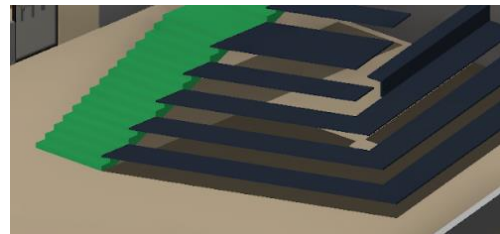
Virtuaalne Delta õppehoone sisekeskkond koosneb kahest korrusest, kus on koridorid ja ruumid, milles on mööbliesemed nagu toolid, lauad, pingid, kapid jms. Uues visualisatsiooni versioonis oli paigutatud ainult Nikolajevi 3D-mudel õppemajast ilma sisustuseta. Käesoleva lõputöö raames parandati, asendati või loodi uued mööbliesemete 3D-mudelid mööblihanke plaanide järgi. Neile määrati Unity mängumootoris uued materjalid ja mudelid paigutati virtuaalse hoone sisse vastavalt mööbliplaanile. Täpsemalt peatükis 2.1. Hiljem kontrolliti nende vastavust päriseluga fotodega Delta keskusest (peatükk 2.2) ja küsitlusega (peatükk 4).

2.1 Seniste puudujääkide lahendus

DBV sisekeskkonnas oli kolm põhilist probleemi: (1) hoone mudelis esinesid puudujäägid, (2) mööbliesemete disain ja mõõdud erinesid päriselust ning (3) õpperuumide mahutavus ei vastanud plaanidele. Järgmiselt käsitletakse nende probleemide lahendusi.

Hoone mudel

Esimene puudujääk oli see, et õppemaja mudelis leidusid vead. Seal olid kohad, kus seinad olid puudu või seintes esines auk jms. Seda parandati lisades seina mudelit nendesse kohtadesse. Lisaks sellele nägi roheline trepikoda välja poolikuna: trepiastmete vahel olid tühjad vahed (Joonis 7), nendest sai läbi näha ning kasutati valesid materjale. Seda ala otsustati parandada,



Joonis 7. Vana DBV roheline trepiala.

kuna see on üks märgatavamatest aladest ning uues DBV versioonis agendid kasutavad seda ala istumiseks. Trepikoda võeti hoone mudelist ning sellest tehti uus mudel. Vead parandati ära, lisati õiged materjalid ning siis pandi see mudel tagasi õppehoone sisse. Rohelise trepikoda versioonide ja päriselu võrdlus on peatükis 2.2.

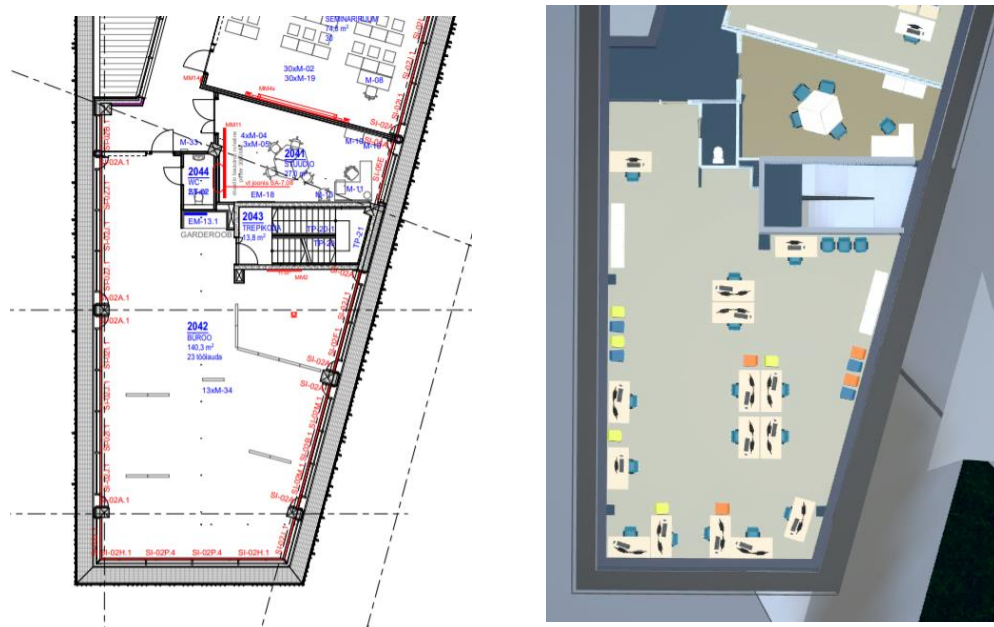
Mööbli disaini erinevus tegelikkusest

Teine probleem, et mööbliesemete disain ja mõõdud erinesid plaanidest ja reaalelust oli lahendatud järgmiselt. Lõputöö jooksul loodi uued sisustuse mudelid Delta mööblihanke järgi. Lisaks sellele olid võetud Nikolajevi 3D-mudelid ning muudetud nii, et nad vastaks mööbliesemetele joonistele: olid muudetud mõõtmed ja/või mudeli disain (muudetud ja uute mööbliesemete tabel on lisa II).

Järgmise sammuna pandi sisustuse mudelitele uued Männa või autori loodud materjalid (lisa II tabel materjalide kohta). Materjalid loodi ja värvid valiti lähtudes materjali iseloomust, mööblihanke, kohapealse foto või oma äranägemise järgi inspireerituna sarnastest mööbliesemetest. Pärast paigutati sisustuse mudelid õppehoone sisse mööbliplaani järgi.

Ruumide mahutavus

Käesoleva töö raames sisustati DBV rakenduses teadusmaja täielikult uuesti uute ja muudetud mööbli mudelitega plaanide järgi. Juhul, kui ruumide sisustusest puudusid täpsed andmed (nt ruumid 1031 ja 2042), siis sisustati ruumid vaatluse põhjal või vastavalt ruumi tüübile, lähtudes sarnastest ruumidest keskses või antud ruumi tüübi standardsest sisustusest. Joonis 8 sisaldab näidet ruumist 2042.



Joonis 8. Plaan ruumist 2042 (vasakul) ja selle sisustus visualisatsioon (paremal).

Kolmas puudujääk (et vanas versioonis oli vale ruumide mahutavus) likvideeriti tänu sellele, et uued 3D-mudelid vastasid plaani mõõtudele. Seetõttu sai ruumidesse paigutada õige arv mööbliesemeid õigetesse kohtadesse. Tulemusena on ruumide mahutavus sama, mis plaanidel.

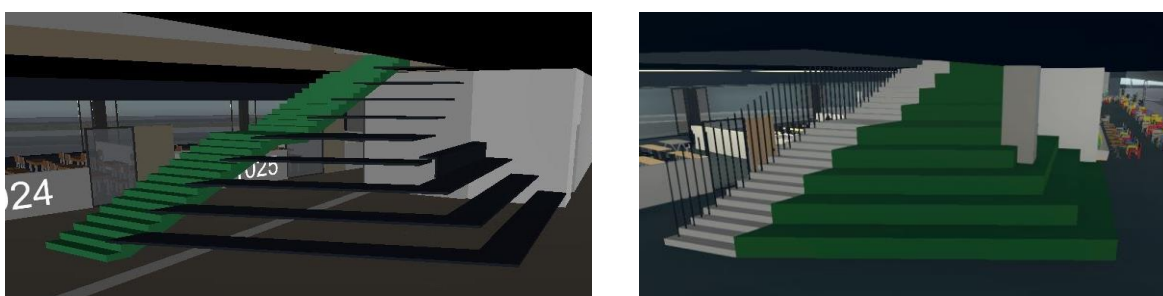
Hiljem täiendati või muudeti õppehoone sisustust Delta keskuse fotode põhjal. Näited uuest ja vanast mööbliesemete ja ruumide võrdlusest on toodud järgmises alapeatükis.

2.2 Versioonide võrdlus

Selles peatükis esitatakse roheline trepi ja kahe ruumisisustuse näitel DBV versioonide võrdlused. Detailne tabel uute ja muudetud mööbliesemete mudelitest on lisas. Muud võrdlused on toodud välja küsitluse tulemuste lisas.

Roheline trepiala

Joonis 10 on foto, mis oli mudeli parandamise aluseks, on. On näha, et vanas trepialas (Joonis 9) on kasutatud teisi värve ning astmete vahel pole midagi. Uues versioonis (Joonis 9) parandati need vead ära ning lisati detaile nagu sammaste ja käsipuude postid.



Joonis 9. Vana (vasakul) ja uue (paremal) DBV roheline trepiala.

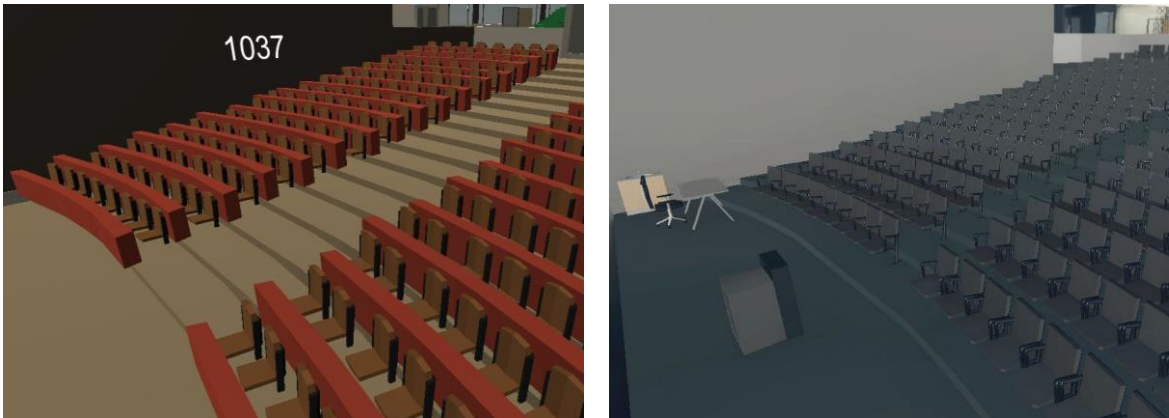


Joonis 10. Delta teadusmaja roheline trepiala [9].

Ruumide sisustus

Näide nr. 1: suur auditoorium

Joonis 11 ja Joonis 12 illustreerivad suurt auditooriumit (ruum 1037). See on suurim õpperuum Delta teadusmajas. Joonis 12 on foto päris auditooriumist. Vanas versioonis (Joonis 11) kasutati toole, mis ei vastanud mööbliplaanile ega tegelikkusele. Uues DBV versioonis (Joonis 11) lisati uued tooli mudelid, kus parandati toolide disaini, mõõte ja värve.



Joonis 11. Vana (vasak) ja uus (parem) versioon suurest auditooriumist.

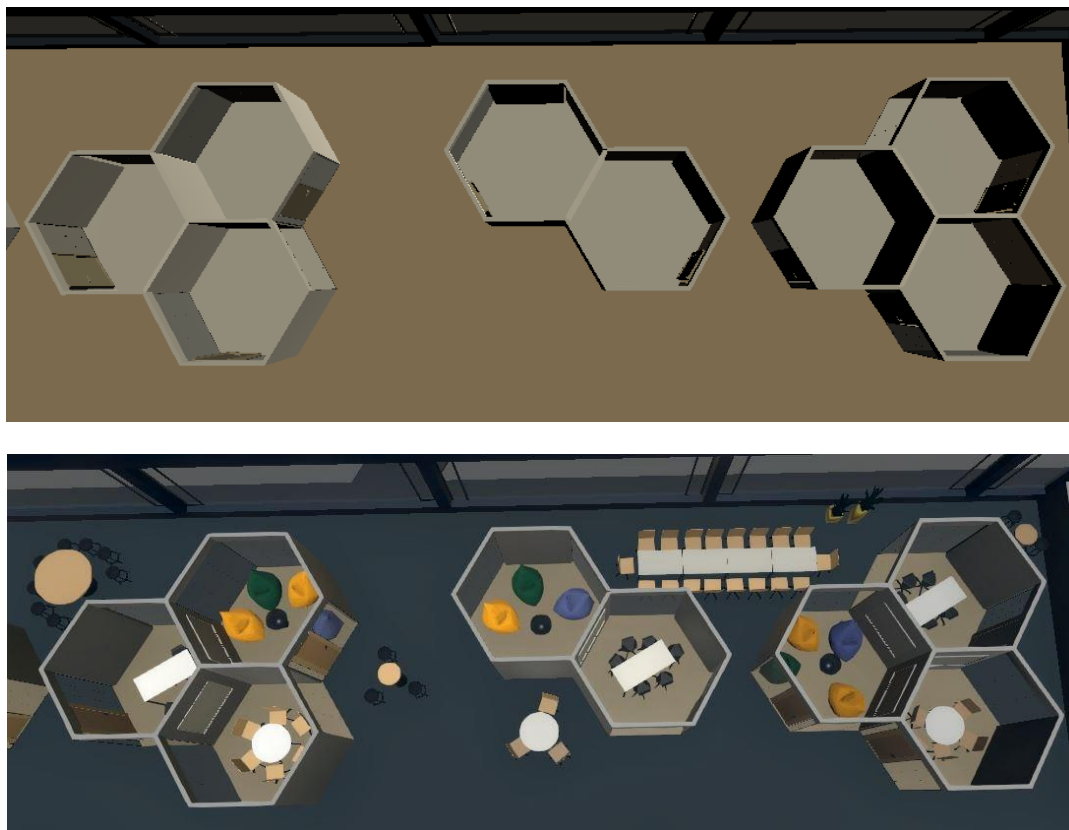


Joonis 12. Reaalne suur auditoorium [9].

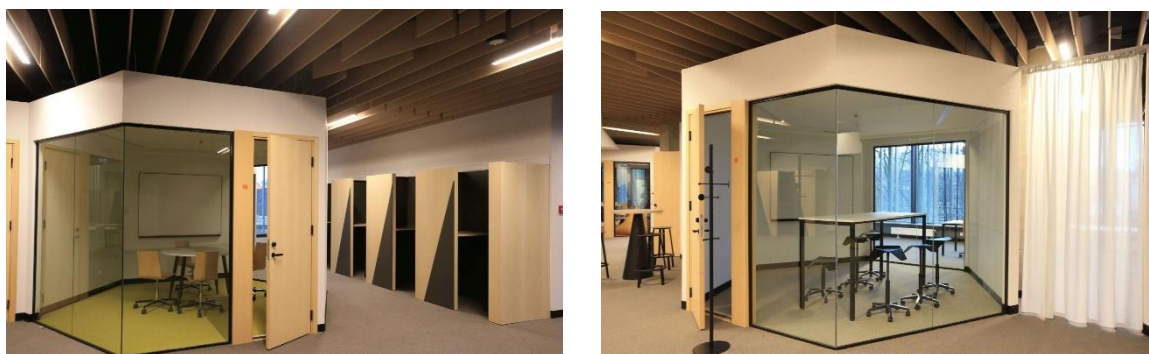
Ka uues versioonis on puudused. Toolidel on käetoed, puudub puidutoon ja laudad istmete ees. Ruumis puuduvad detailid nagu sambad, projektorid ja käepidemed. Erinevalt vanast versioonist on nüüd domineeriv toon hall ning toolide disain vastab rohkem päriselule. Veel uues versioonis leiduvad mööbliesemed ka auditooriumi ees. Vanas olid ainult toolid.

Näide nr. 2: tudengiala teisel korrusel

Tudengite ala teisel korrusel (ruumid 2001-D ehk bokside ala, 2036 ja 2038) on suurim üliõpilastele mõeldud ala õppimiseks, puhkamiseks ja koosolekuteks. Vanas versioonis (Joonis 13) sisustati ainult ruumid 2036 ja 2038, bokside ala oli tühi. Uues versioonis (Joonis 14) pandi mööbel boksidesse vastavalt plaanidele ja fotodele (Joonis 14).



Joonis 13. Vana (ülemine) ja uus (alumine) versioon üliõpilaste alast.



Joonis 14. Reaalne bokside ala [9].

Vana versiooni (Joonis 15) ruumide 2036 ja 2038 mööbel erines plaanidest ja päriselust. Uues (Joonis 15) sisustati neid ruume plaaniliste mudelitega.



Joonis 15. Ruumid 2036 ja 2038 vanas (ülemine) ja uues (alumine) versioonis.

Vanas 2038 ruumis leidub köök, kus on kraanikauss, aga uues versioonis see puudub. Seda ei lisatud, kuna kööginurk koosneb kraanikausi, kappide ja köögi lettide kompleksist, mis on sama kõrge kui ruum ise. Esiteks, see kataks vaadet teistesse ruumidesse või vaadet õppehoone sisse väljast. Teiseks, kööginurk asub ruumis, mida agendid tõenäoliselt ei kasuta, kuna reaalelus seda ala kasutatakse vähe ja sellel ruumil puudub uks. Siiski on võimalik seda ruumi täiendada edasiarendusena.

Võrreldes fotodega (Joonis 16) puuduvad uues versioonis veel tenniselaud ja prügikast ning laud on mustad, mitte valged nagu fotodel. Uues 2036 ruumis on olemas riulid, mida vanas versioonis ei leidu ja mööbel on sarnane tegeliku sisustusega.



Joonis 16. Reaalsed ruumid 2036 ja 2038 [9].

On näha, et uues versioonis on ka puudused. Osa mööbliesemetest ei vasta täpselt päriselu disainile ning mõned objektid on üldse puudu. Neid saab edasiarenduses likvideerida, täpsemalt peatükis 5.

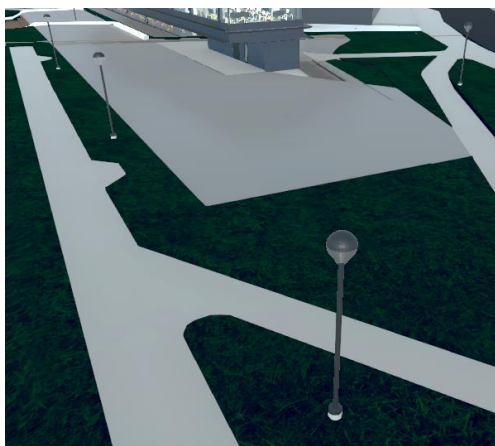
Peatükis 4 andsid testijad tagasisidet roheline trepiala, suure auditooriumi ja bokside ala versioonidele. Plaanide ja tegelikkuse vastavust käsitletakse testimise ning edasiarenduse võimaluste peatükkudes. Järgmisena käsitletakse muudatusi väliskeskkonnas.

3. Väliskeskond

Seni keskendus käesolev bakalaureusetöö peamiselt sisekeskkonnale, kuna see on DBV põhiline osa. Aga kuna ala virtuaalse Delta keskuse ümber on osa kasutajakogemusest, siis selle töö jooksul on ka seda täiendatud ja parandatud.

Detailivaesuse parandus

Üks vana DBV välisala puudujääkidest on, et see on detailivaene. Seetõttu loodi ja paigutati staatilised objektid, et teha projekt reaalsusele vastavaks. Staatiliste objektide all mõeldakse tänavavalgusteid ja jalgrattaparklaid. Lisaks nendele lõi Männa reklaamistendi. Need objektid valiti implementeerimiseks, kuna nad on rohkem märgatavad võrreldes teiste välisobjektidega ning nad ei sega sisekeskkonna visualisatsiooni (nt puud). Objektide disaini ja asukohta valiti lähtudes fotodest ja Arhitekt 11 OÜ plaanidest, mille andis üle Tartu Ülikooli kommunikatsioonispetsialist Henry Narits.



Joonis 18. DBV tänavavalgustid.



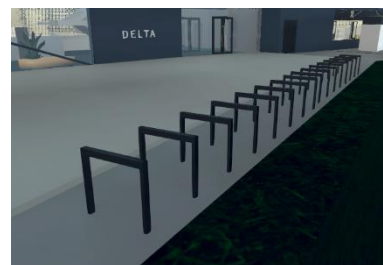
Joonis 17. Suure-Emajõe poolne promenaad.

Allikas: Scanpix.

Virtuaalsed tänavavalgustid (Joonis 18) paigutati õppehoone Suure-Emajõe poolele ning parki alale vastavalt plaanidele ja fotodele (Joonis 17). Nende asukoht ja disain sarnanevad päris valgustitega, aga seda saab veel täiustada. Samuti saab neile lisada valguse allikat rakenduses, et nad oleksid ka funktsionaalsed.

Üks jalgrattaparkla paigutati Vene tänava poolse sissepääsu ette (Joonis 19) ja ettevõtluhoone ja parki vahele Narva maantee ääres. Tulevikus saab arendada projekti nii, et neid parklaid kasutatakse agentide poolt.

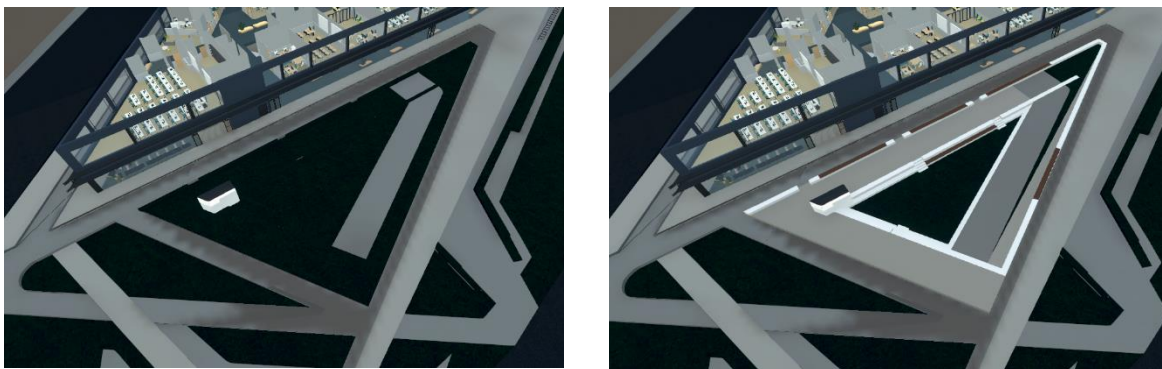
Peale seda lisas Männa reklaamistendi Vene tänava ja Narva maantee ristmikule. Sellega detailivaesust vähendati. Töö käigus ilmnis maapinna mudeli probleem, mida käsitletakse järgmisena.



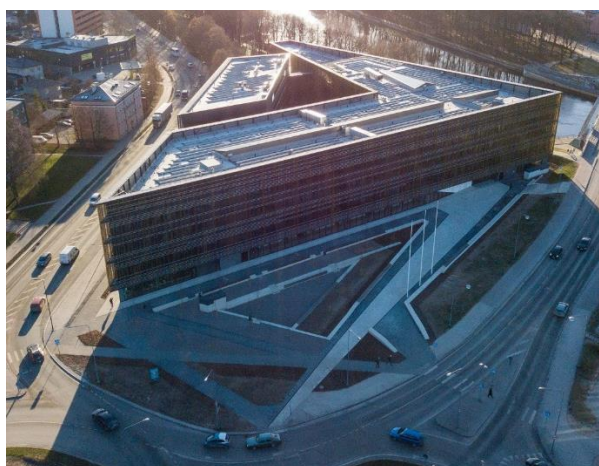
Joonis 19. DBV jalgrattaparkla.

Välisala parandus

Mudel väliskeskkonnast kanti üle uude DBV projekti vanast versioonist. Kui seda paigutati, siis kadus Vene tänava välisala poolenisti teise mudeli alla (Joonis 20). Alal olid olemas trepid ja valged äärekivid, aga olid puudu mõned detailid, nt pingid ja osa materjalidest. Seda ala võeti olemasolevast maapinna mudelist välja ja loodi uus mudel, kus seda optimeeriti, lisati detailid ja uued materjalid lähtudes droonivaatest (Joonis 21) ja plaanidest. Tulemus on Joonis 20.



Joonis 20. Vana (vasakul) ja uus (paremal) versioon virtuaalsest välisalast.



Joonis 21. Delta õppehoone vaade Vene tänava alaga.

Allikas: Scanpix.

Samuti kasutati maapinna mudelis valet värvi materjale, nt jõe-poolse promenaadi trepp oli valget värvi, kuigi pidi pruun olema. Seda likvideeriti vahetades materjale. Lisaks autori muudatustele paigutas Männa muru tekstuuri maapinnale, et väliskeskkond oleks detailsem.

Vaatamata sellele leiduvad veel mitmed puudujäägid väliskeskkonnas. Virtuaalse õppehoone välisalal on valed materjalid (nt trepp Vene tänava sissepääsu ees on muru tekstuuriga, mitte valge) ning puuduvad mõned objektid (pingid pargis, käepidemed treppide juures, sõidutee tänavavalgustid jms). Peale seda võiks virtuaalne väliskeskkond olla interaktiivne agentide süsteemiga. Näiteks, agendid sõidavad jalgrattaga ülikooli, pargivad neid jalgrattaparklasse ja siis lähevad õppehoone sisse. Tulevikus võib lisada ka muid liikuvaid objekte. Täpsemalt peatükis 5.

Sise- ja väliskeskkondi tehti realistlikumaks ning edasi toimus testimine, kus hinnati visuaalsatsiooni ning kui palju see vastab päriselule.

4. Visuaalne testimine

DBV visuaalset poolt testisid 21 inimest, millest 18 olid Tartu Ülikooli Arvutiteaduste Instituudi üliõpilased ja 3 informaatika eriala vilistlased. Neid jagati juhuslikult kahte gruppi: esimene grupp (10 inimest) andis hinnangu vanale 2018. aasta versioonile, teine grupp (11 inimest) uuele 2020. aasta omale. Toimus AB-testimine, kus iga grupp ei teadnud teise grupi ja versiooni olemasolust.

Osalejatele saadeti inglisekeelne küsimustik ja kaks videot, kus 1. video¹⁰ näitas üldist visualisatsiooni ja 2. video¹¹ erinevaid ruume lähemalt. Mõlema versiooni videod tehti võimalikult sarnaseks kasutades Küti administratiivset tööriista, et testijatel oleks sarnane kogemus.

Küsitluses oli kaks osa. Esimeses osas pidid testijad andma hinnangu kasutajaliidesele, agentidele ja visualisatsioonile üldiselt. Osalejaid juhendati 1. videot vaatama ainult üks kord, et nad hindaks DBV-d esmamuljel. Taheti simuleerida olukorda, et nad on Delta õppemaja külastajad. Minnes suurest ekraanist mööda, millel on visualisatsioon, neil on lühike aeg, et seda vaadata. Pandeemia tõttu ei saanud koha peal videoseinal testida, seega osalejad vaatasid videosid kasutades arvutit või telefoni. Pärast video vaatamist testijad vastasid küsimustele.

Teises küsitluse pooles pidid testijad andma tagasisidet eraldi ruumidele, nende sisustusele ning hindama kui tegelikkusele vastavad need on. Osalejatest 90% olid Delta õppehoones kunagi käinud. Kui osaleja polnud teadusmaja või mõnd ruumi külasthanud, siis ta ei vastanud selle koha realistlikkuse küsimusele. Osalejad said vaadata 2. videot mitu korda ning küsitluses olid illustratsioonid, mis aitas sisustuse detaile näha ja toetas testijaid hindamisel.

Küsitluses valiti kõige suuremad ja tihedamini kasutatavad ruumid, näiteks suur auditoorium, kohvik ja tudengiala. Tagasisidet väiksematest ruumidest nagu klassiruumid ja väikesed auditooriumid, küsiti ühe küsimusena. Iga ruumi kohta küsiti üldmulje ja sisustuse hinnangut, selleks, et saaks hinnata muudetud/uue mööbli mudelite sobivust ja ruumide tegelikkusele vastavust.

¹⁰ Vana versioon: <https://youtu.be/ulq992lbrAw>. Uus: <https://youtu.be/cmbIf6OOZfs>.

¹¹ Vana versioon: <https://youtu.be/8lZP4r4dBIU>. Uus: <https://youtu.be/3N-jkIB5AHE>.

Küsitlustes olid joonised ainult antud versioonist. Testijate hinnang ruumi või selle mööbli reaalsusest baseerus nende mälu. Seda tehti, et inimesed kasutaks oma esmamuljet päris Delta keskusest.

Küsitluste tulemuste analüüs ja versioonide võrdlus päriseluga on järgmises alapeatükis.

4.1 Tulemused

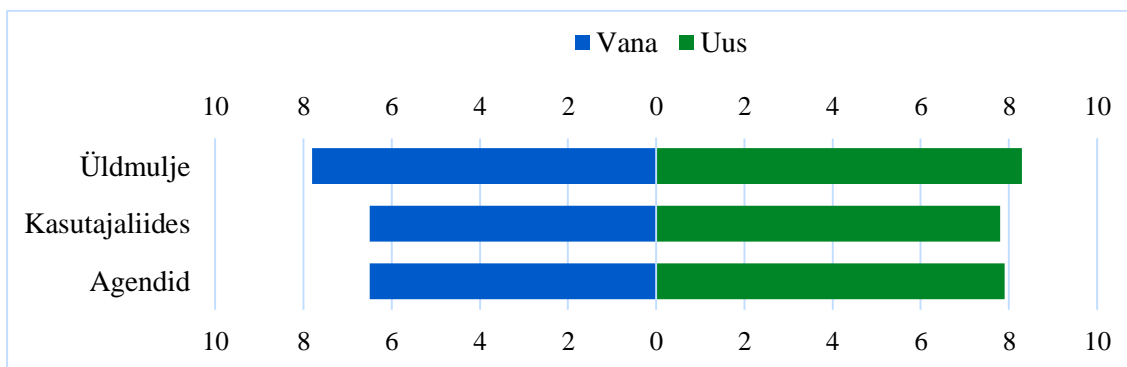
Tulemuste analüüs on jagatud kahte ossa, samamoodi nagu küsitlus. Esimeses osas käsitletakse testijate üldmuljet projektist ning teises osas nende hinnangut ruumidele ja nende realistlikusele.

Andmete võrdluseks kasutati sõltuvat t-testi, millega kontrolliti, kas kahe versiooni tulemuste erinevus on märkimisväärne. Nullhüpotees on, et mõlema versiooni tulemused on samad. Käesolevas töös on eksimise tõenäosuse (p) ländiks 5% ehk kui $p < 0.05$, siis saab nullhüpoteesi ümber lükata. Lühend K tähendab tulemuste keskmist ja S standardhälvet.

5.1.1 Üldmulje

Üldine vana ja uue DBV versioonide tagasiside (Joonis 22) oli positiivne. Tulemused ei erinenud märkimisväärselt ($p=0.17$). Üldisest hinnangust ei saa järeldusi teha. Järgmisena analüüsitakse projekti osi eraldi.

Vana versiooni kasutajaliidese (lühidalt KL) hinnang (Joonis 22) varieerus palju ($K=6.5$, $S=7.4$) võrreldes uue omaga ($K=7.8$, $S=3.2$). Kolmandik hinnangutest olid negatiivsed ning 60% testijatest soovis KL-d muuta, mis tähendab, et mitu inimest ei jäänud sellega rahule. Uue versiooni KL hinnang oli 91% positiivne, aga vaatamata sellele üle poole osalejatest muudaks seda KL-i. Kokkuvõttes mõlemat versiooni sooviti parandada ($p=0.2$). Vanas versioonis sooviti muuta terve KL, aga uues oli peamiseks kaebuseks disain ja läbipaistvus. Seega uus KL ei ole parem kui vana ja vajab parandamist.



Joonis 22. Esimese osa vana ja uue versiooni hinnangud.

Agentide tagasisides on näha, et testijetele meeldis uus versioon (Joonis 22) agentidest rohkem ($p=0.04$). Mõlema versiooni puhul enamus arvab, et nad simuleerivad korrektselt üliõpilasi ja ülikooli töötajaid. Mitmed vana versiooni testijad soovisid, et agentide disain oleks voolujoonelisem, erinevad agenditüübid oleksid paremini eristatud ja et neil oleks kõndimise animatsioon. Seda on uues versioonis parandatud. Aga enamus vana DBV testijatest soovis, et muudetakse emotsioonimullide disaini. Seega saab järeldada, et Männa tehtud uued agendid on paremad kui vana versiooni omad, aga agentide süsteemi saab veel täiustada.

5.1.2 Ruumidest eraldi

Käesolevas peatükis käsitletakse kahte eraldi osa: peatükis 2.2 mainitud ruume ja kõikide ruumide üldist hinnangut.

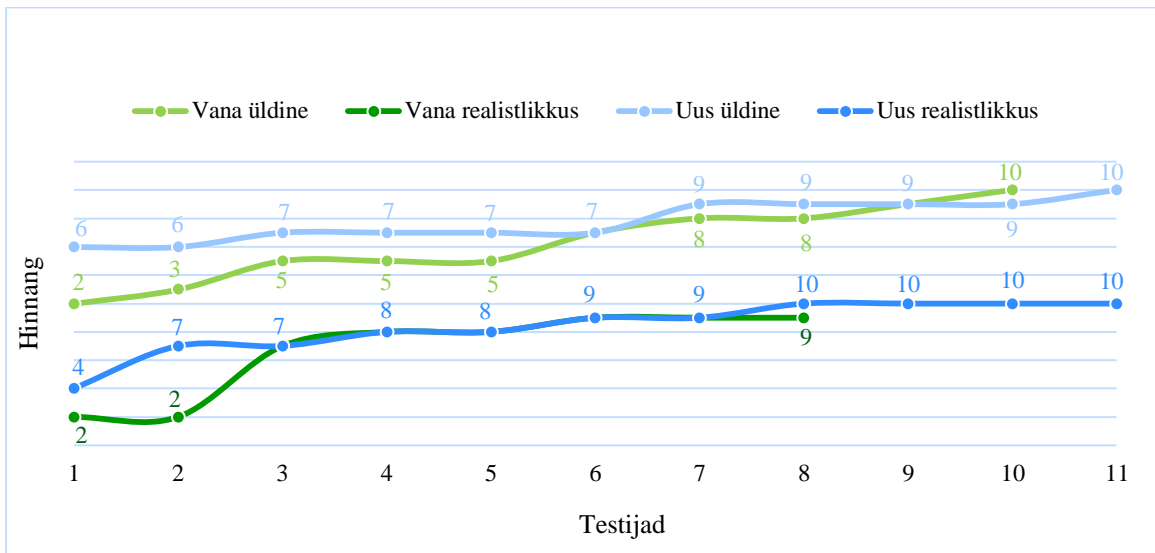
Enamus testijatest olid rahul üldise ruumide väljanägemisega mõlemas versioonis ($p=0.15$), aga vana versiooni hinnangud ($K=7.7$, $S=3.1$) varieerusid rohkem kui uue omad ($K=8.4$, $S=1.1$) ning leidsid osalejad, kellele ruumid ei meeldinud. Nüüd analüüsitakse roheline trepiala, suure auditooriumi ja teise korruse tudengiala detailides.

Roheline trepiala

Kõik uue ja 80% vana visualisatsiooni testijatest on külastanud rohelist trepiala.

Trepiala uut autori versiooni hinnati kõrgemalt kui vana ($p=0.04$). Peale seda sai vana versioon ($K=6.2$, $S=6.84$) väga erinevaid üldmulje hinnanguid (Joonis 23) võrreldes uue omaga ($K=7.82$, $S=1.96$). See on arusaadav, kuna vanas versioonis esinesid märkimisväärsed vead, mis võisid vaatajat häirida.

Enamus vana versiooni testijatest, kes on selle alaga tuttavad, andsid väga varieeruva hinnangu ($K=6.8$, $S=9.1$) ala päriselu vastavusest. Leidus mitu inimest, kes ei olnud alaga rahul. Uues versioonis väideti rohkem, et trepikoda on realistlik ($K=8.4$, $S=3.5$), aga hinnangute vahe ei ole märkimisväärne ($p=0.15$).

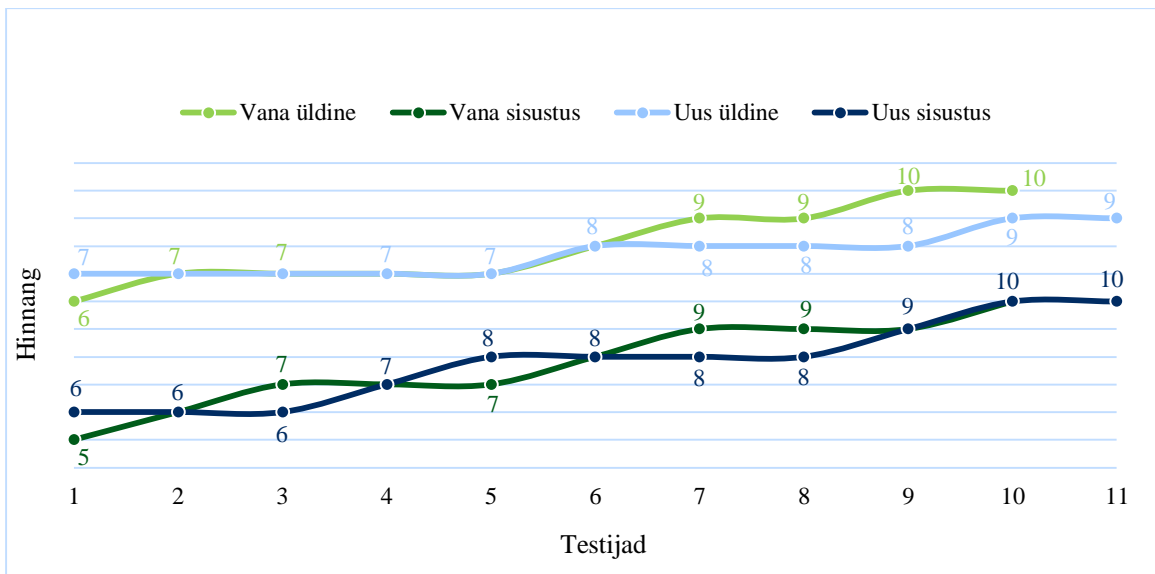


Joonis 23. Rohelise trepiala hinnangud.

Enamus vana versiooni testijatest, kes on selle alaga tuttavad, andsid väga varieeruva hinnangu ($K=6.8$, $S=9.1$) ala päriselu vastavusest (Joonis 23). Leidus mitu inimest, kes ei olnud alaga rahul. Uues versioonis väideti rohkem, et trepikoda on realistlik ($K=8.4$, $S=3.5$), aga hinnangute vahe ei ole märkimisväärne ($p=0.15$).

Suur auditoorium

Virtuaalse suure auditooriumi versioonide üldmulje ja ruumi sisustus (Joonis 24) said sarnase tagasiside ($p_1=0.29$ ja $p_2=0.43$). Mõlemad versioonid hinnati ühtlaselt positiivselt. Osalejad olid nendega rahul.



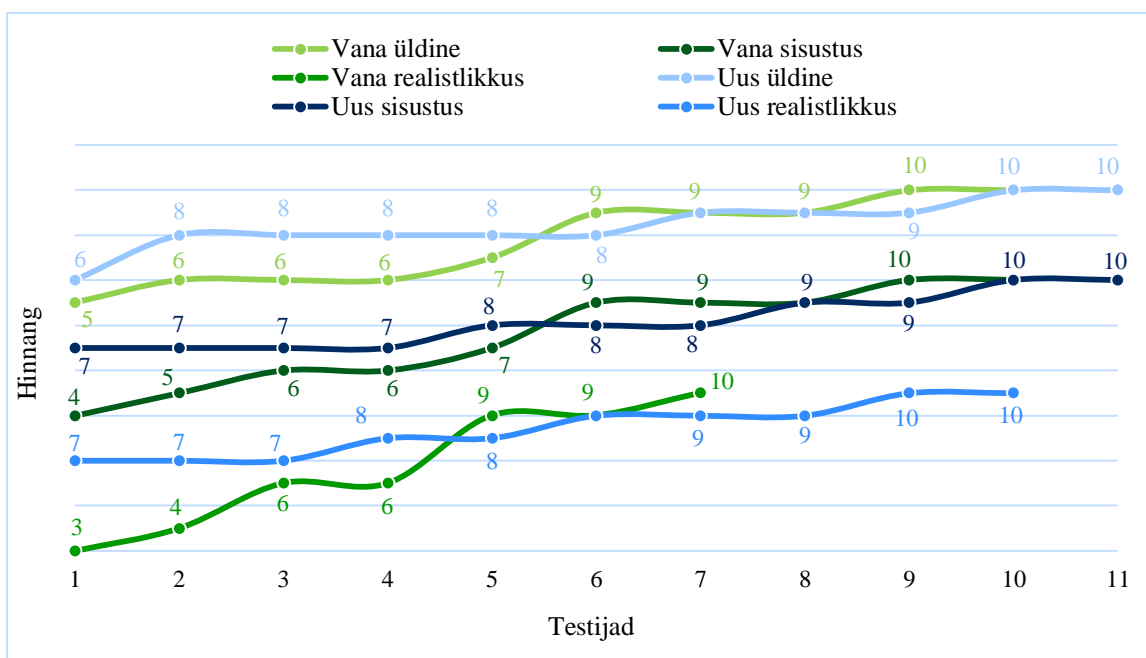
Joonis 24. Suure auditooriumi hinnangud.

Uue autori ja Männa poolt tehtud versiooni testijad, kes on seda ruumi külastanud, andsid auditooriumi vastavusele tegelikkusele keskmiseks hindeks 7.6. Vana DBV testijatest pole keegi selles auditooriumis käinud, seega selle vastavust reaalsele elule ei saa hinnata tuginedes antud küsimuse vastustele.

Kommentaaries mainiti, et uue DBV auditooriumisse võiks lisada detaile, näiteks plakateid, ning et ruum nägi liiga tume välja. Vana versiooni kohta pole öeldud, mida soovitakse muuta. Selle ala kohta ei saa järeldusi teha.

Tudengiala teisel korrusel

90% uue ja 70% vana versiooni testijatest on kunagi külastanud tudengi puhke-, koosoleku- ja õppeala (ruum 2001-D). Mõlemate versioonide üldine hinnang (Joonis 25) selle ala kohta oli sarnane ($p=0.14$) ja positiivne. Vanas versioonis esines rohkem erinevaid hinnanguid. Esiteks, vana tudengiala üldises hinnangus ($K=7.7$, $S=4$) võrreldes uuega omaga ($K=8.6$, $S=1.3$). Ja teiseks, sisustuses ($K=7.5$, $S=4.7$). Uue sisustuse hinnangud ($K=8.2$, $S=1.4$) olid stabiilsed.



Joonis 25. Tudengiala hinnangud.

Sisustuse hinnang oli vaatamata sellele sarnane ($p=0.19$). Selle ala vana versioon tekitas erinevaid tundeid osalejate seas. See oli tõenäoliselt põhjustatud asjaoluga, et bokside alas ei olnud mööblit ja olid ainult seinad. Ning kommentaarides mainiti, et tudengite nurk (ruum 2036) nägi teistsugune välja, kui reaalses elus. Muid kommentaare vana ega uue tudengiala kohta ei antud.

Vaatamata üldisele ja sisustuse hinnangute sarnasusele arvavad uue versiooni testijad, et see ala sarnaneb rohkem päriseluga kui vana versioon ($p=0.048$). Järelikult vanas versioonis osa inimesi häiris sisustuse puudus ja ala disain. See ei mõjutanud üldmuljet, aga tegi seda märkimisväärselt vähem sarnasemaks tegelikkusega (Joonis 25). Autori loodud uus versioon vastab rohkem päris tudengi alale.

Muud ruumid

Peale eelmainitud ruumide on uus versioon klassiruumidest, kohvikust ja raamatukogust märkimisväärselt parem kui vana.

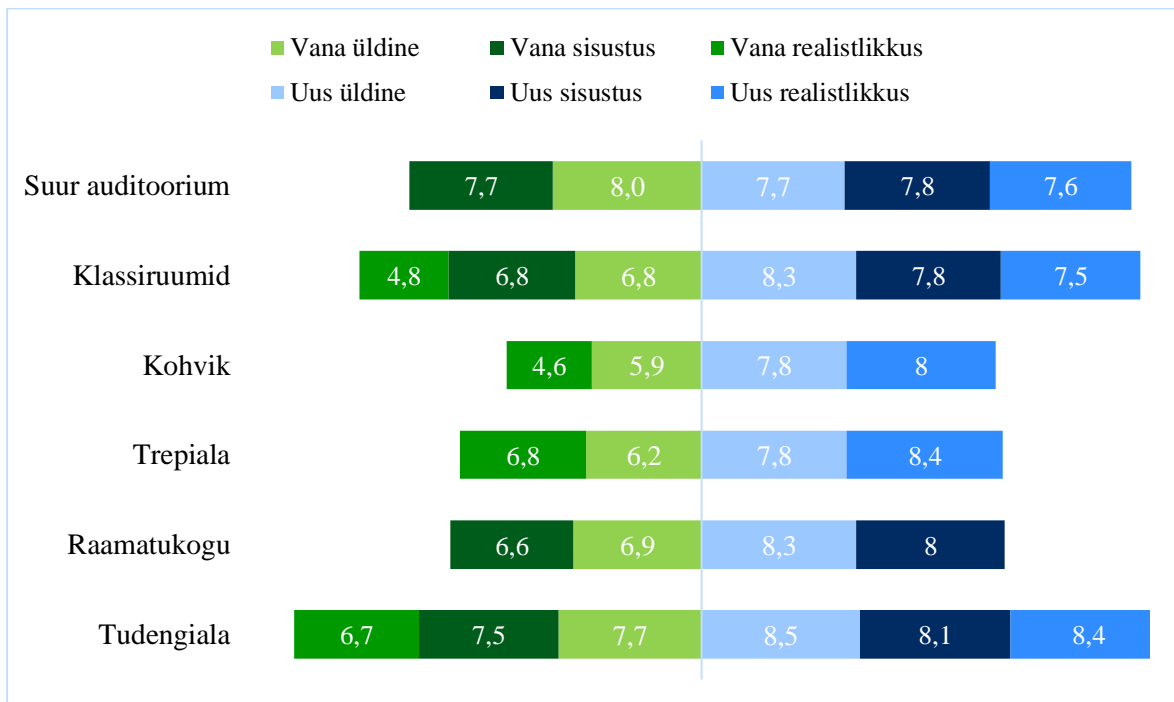
Uut Männa ja autori tehtud klassiruumide versiooni hinnati kõrgemalt ($p=0.04$), kuigi uut sisustust hinnati samamoodi kui vana ($p=0.16$). Vaatamata sellele, et osalejate arvates ei ole uus sisustus parem, väideti, et uus versioon sarnaneb päriselule ($p=0.02$). Vanale versioonile anti väga erinevaid hinnanguid realistlikkusele ($K=4.8$, $S=9.4$) võrreldes uuega ($K=7.6$, $S=4.5$). Enamus osalejatest andsid negatiivse hinnangu. Tagasisides mainiti, et vana klassiruumide sisustus erineb reaalelust ning osa mööbliesemetest ei olnud kooskõlas terve ruumiga. Veel võeti kõne alla, et ruumides oli liiga palju mööblit. See võib olla põhjustatud mudelite suurusest. Nagu eelnevalt mainiti, olid vanad mudelid liiga suured ja seetõttu oli ruumide mahutavus väiksem plaanitust. Seda on uues versioonis parandatud.

Männa tehtud kohvik sai nii paremat üldmuljet ($p=0.04$), kui ka kõrgemat realistlikkuse hinnangut ($p=0.04$). Vana kohviku realistlikkust hinnati kokkuvõttes keskmiselt, aga väga ebastabiilselt ($K=4.6$, $S=14.3$). Kõikidest ruumidest on see ruum saanud kõige madalama keskmise hinnangu. Kommentaarides ka mainiti, et virtuaalne kohvik ei representeerigi päris kohvikut. Selle põhjuseks võib olla asjaolu, et ruumis ei olnud mööblit ehk oli sama olukord nagu tudengialaga. Sellest saab järeldada, et uus versioon kohvikust on vaatajale meeldivam ning sarnaneb rohkem tegeliku Delta teadusmaja kohvikuga.

Uus Männa loodud versioon sai kõrgema üldise hinnangu kui vana ($p=0.048$). Sisustust hinnati mõlemas versioonis sarnaselt. Realistlikkust ei saanud hinnata, kuna kõik vana versiooni ja 91% uue versiooni testijatest pole raamatukogus käinud. Vana raamatukogu kohta mainiti, et see näeb tühi välja. Uue kohta kommenteeriti, et toolid näevad kandilised välja ja nende varjutamine ei ole korralik. Peale seda lisati, et raamaturiulid näevad samasugused välja. Järelikult uus versioon on parem kui vana, aga see vajab täiendamist.

5.1.3 Kokkuvõte ruumide tulemustest

Joonis 26 illustreerib vana ja uue versiooni ruumide hinnanguid. Uue DBV ruumide üldmulje ($p=0.005$) ja sisustuse hinnangud ($p=0.014$) on märkimisväärselt kõrgemad kui vanas versioonis. Ning kokkuvõttes uus versioon kõikidest ruumidest on realistlikum kui vana ($p=0.004$). Sellest saab järeldada, et uued mööblimudelid ning nende uus paigutus mõjutas tervet projekti. Õppehoone detailide (nt roheline trepiala) ja materjalide parandus aitas kaasa hinnangu tõstmisele. Siiski ükski ruum ega ala uues DBV-s ei saanud kõrgemat hinnet kõikides kategooriates korraga. Seega igat ala saab tulevikus parandada ja täiendada.



Joonis 26. Ruumide hinnangud.

Tähelepanekud testijatelt

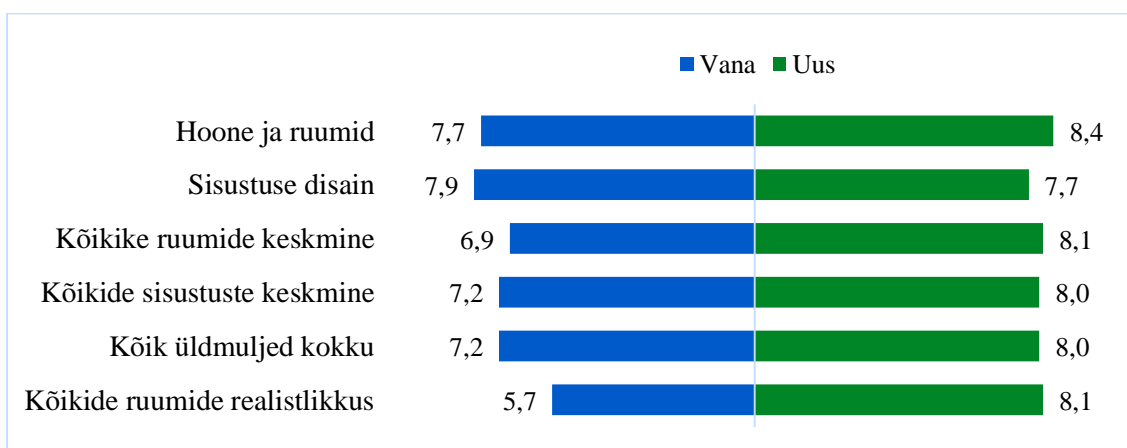
Vanas versioonis kommenteeriti, et mööbliesemete (nt toolide ja laudade) disain ja värv ei vasta tegelikkusele ning ruumid näevad tühjad välja või mööbel on valesti paigutatud. Sooviti rohkem detaile, näiteks tahvleid, plakateid jms. Mainiti, et mööbel näeb korduv välja ehk sisustuse mudelitel puudus variatsioon disainis ja kasutati samu mööbliesemeid erinevates ruumides. Osa mudelitest (nt lauad, toolid) olid teise stiiliga kui ülejäänud sisustus. Soovitati kasutada rohkem erinevaid tekstuure, et mööbel näeks mitmekesisem välja. Tuli ettepanek, et mööbel poleks perfektses paigutuses, vaid oleks korrapäratu nagu päriselus. Siiski üle poolte kommentaaridest olid positiivsed või neutraalsed. Mainiti, et detailid nagu

kraanikausid ja arvutid olid head. Enamus testijatest ei muudaks midagi sisustuses ega ruumides.

Uues versioonis kommenteeriti, et mööbel on kohati liiga värviline, et reaalse sisustuse värvid on tuhmimad. See versioon sai kokkuvõttes rohkem positiivseid kommentaare kui vana. Järgmisena antakse ülevaade terve projektist.

5.1.4 Kokkuvõte kõikidest tulemustest

Joonis 27 sisaldab ülevaate kõikidest tulemustest. On näha, et erinevate kategooriate tulemused mõlemas versioonis on üldiselt sarnased, välja arvatud kõikide ruumide üldmulje ($p=0.005$), kõikide ruumide sisustuse disain ($p=0.014$) ja kõikide ruumide realistlikkus ($p=0.004$). Sellest saab järeldada, et tehtud muudatused ei mõjutanud teiste projektiosade esma- ja üldmuljet, aga parandasid eraldi ruumide ja nende mööbli hinnanguid. Seetõttu vanas projektis tehtud parandused, täiendused ja muudatused tõstsid terve projekti üldmuljet ($p=0.003$) ja tegid projekti sisekeskkonda realistlikumaks.



Joonis 27. Õppehoone, ruumide ja selle sisustuse hinnangud.

Uues DBV projektis on veel puudujääke ja osi, mida saab täiendada. Täpsemalt peatükis 6. Järgmisena tuuakse välja ettepanekuid testijatelt, mis hõlmavad tervet DBV-d.

Üldised ettepanekud testijatelt

Vana versiooni kohta toodi välja, et projekti graafika erines tegelikkusest ning et selle kvaliteet oli halb (jooned olid hägused visualisatsiooni lähedalt vaadates jms), eriti agentide ja sisustuse puhul. Mõnedes ruumides olid seinad ja põrandad teist värvi kui päriselus. Õppehoone peal pole kuldseid ornamente, mis esinevad päris Delta teadusmaja peal. Leiti, et

ruumide valgustus ei tööta korralikult mõnes kohas. Veel mainiti, et ei pööratud tähele mööblile, vaid pigem üldisele pildile.

Uues versioonis soovitati teha visualisatsiooni kas täielikult animatsiooni/arvutimängu stiilis nagu agendid või realistlikult, lisades rohkem detaile ja tekstuure. Samas mitmed mainisid, et praegune stiil, kus ei ole liiga palju detaile, on sobiv. Testijatele meeldis üldine DBV väljanägemine, aga mõne ruumiga ei olnud rahud. Esines mitu kaebust kasutajaliidese kohta. Osalejatele ei sobinud, et tunniplaan oli nii läbipaistev ning teksti ekraanil oli raske lugeda, aga fondi stiili peeti sobivaks. Nagu ka vanas versioonis, mainisid osalejad probleeme valgustusega. Ei saadud aru, mis lülitas klassiruumide valgust sisse ja välja.

Mõlemas projektis mainiti, et ei pandud tähele mööbliesemeid ja sisustuse detaile. Vaatamata sellele küsitluste näitasid tulemused, et sisustuse detailid mõjutavad projekti üldmuljet. Ning toodi välja, et visuaalne meeldivus vaatajale on tähtsam, kui visualisatsiooni vastavus reaalelule. Kuna testijateks olid inimesed, kes tegelevad arvutigraafikaga või tunnevad selle vastu huvi, siis nende tagasiside ja hindamise kriteeriumid olid rangemad kui inimestel, kes ei ole arvutigraafikast informeeritud.

Osa vana projektide puudujääkidest said uues DBV versioonis ära lahendatud, aga projekti saab veelgi täiendada ja parandada. Täpsemalt projekti edasiarenduste võimalusi käsitletakse järgmises peatükis.

5. Edasiarenduse võimalused

Üks edasiarenduse võimaluseks on täiendada projekti visuaalset poolt nii, et see vastaks rohkem päriselule. Käesoleva lõputöö jooksul tehti osa otsuseid plaanide või oma äranägemise järgi, kui andmed olid puudu. Pandeemia tõttu polnud võimalik Delta õppehoonet külastada ja kontrollida kõikide ruumide vastavust tegelikkusele. Veel polnud võimalik visualisatsiooni testida suurel ekraanil ehk simuleerida olukorda reaalsest elust. Seda saab tulevikus teha.

Väliskeskonna mudel vajab parandamist. Mudelit saab optimeerida, lisada või vahetada materjalid nii, et nad vastaks tegelikkusele. Osadel aladel leiduvad valed materjalid või tekstuurid, näiteks trepp Vene tänava sissepääsu ees on kaetud muruga. Välisalale saab lisada rohkem detaile ja objekte. Staatilistest objektidest saab paigutada sõidutee tänavavalgustid, bussipeatus Narva mnt pool, pingid pargis ja puud, mis ei segaks sisekeskkonna vaatamist. Liikuvatest objektidest saab lisada transporti nagu busse, autosid, jalgrattureid ja jalakäijaid, kes mööduvad ülikoolist. Agentide süsteemi võib siduda nende objektidega. Näiteks, et agendid kasutaksid transporti teadusmajja jõudmiseks.

Samuti saab parandada kasutajaliidest, agentide süsteemi ja valgustust. On veel võimalik sisustuse mudeleid täiendada, et nad sarnaneksid rohkem päris mööbliga.

Kokkuvõte

Käesolev töö oli edasiarendus DBV projektile, mida alustati 2017. aastal. Töö eesmärk oli muuta projekti sise- ja väliskeskonda realistlikumaks. Parandada virtuaalse õppehoone mudeli vigu, muuta sisustuse mudelite disaini sarnaseks päris mööbliesemetele, parandada õpperuumide mahutavust, lisada detailsust väliskeskonda ja parandada välisala mudelit.

Esimene sisekeskkonna eesmärk parandada virtuaalset teadusmaja mudelit saavutati osaliselt. Optimeeriti rohelise trepiala mudelit ning lisati seinad mudelid kohtadesse, kus olid augud. Teine eesmärk, et muuta vanad mööblimudelid sarnaseks reaalelus kasutatavale sisustusele, saavutati mudelite muutmise ja uute mudelite loomisega vastavalt plaanidele. Hiljem muudeti ja täiendati sisustust Delta keskuse fotode järgi. Kolmas eesmärk oli saada reaalselt ruumide mahutavust. Selle tarbeks sisustati ruumid muudetud/uute sisustuse mudelitega ning kuna nad olid plaaniliste mõõtudega, siis sai ruumidesse paigutada õige arv mööbliesemeid.

Esimest väliskeskonna eesmärki muuta välisala detailsemaks saadi virtuaalsete tänavavalgustite ja jalgratta parklate paigutamise ja paigutamisega. Teine eesmärk oli parandada välisala mudelit. Selleks optimeeriti maapinna mudel, lisati või vahetati materjale lähtudes plaanidest ja fotodest ning tehti uus mudel alast, mis oli rikutud uue DBV loomisel. Seda uut mudelit ka optimeeriti ning pandi juurde puuduvaid materjale ja detaile nagu pinke.

Tulemusena valminud projekt on parem kui 2019. aasta oma, kui võrrelda nende versioonide ruume ja sisustust. Teistes kategooriates pole projekt edenenu. Seetõttu on käesoleval tööil mitmeid edasiarenduse võimalusi. Üks võimalustest on teha visualisatsiooni rohkem vastavaks päriselule. Viia läbi kohapeal vaatlust Delta keskuses ja muuta virtuaalseid ruume ja nende sisustust vastavalt sellele. Samuti on võimalik lisada rohkem detaile väliskeskonda ja parandada välisala mudelit veelgi, et see oleks realistlikum. Peale seda võib kasutajaliidese disaini ja agentide süsteemi muutmise parandada terve visualisatsiooni üldmuljet, kuna neid on märgata kõige rohkem.

Projekti parandamine osutus olema suurem väljakutse ja aeganõudvam kui uute objektide loomine. Projekt vajab palju taustinformatsiooni uurimist ja analüüsimist: projekti ajalugu, Delta õppehoone sisene ja väline plaanide hange, eraldi mööbliesemete detailide ja mõõtude otsimist ja muu sellist. Vaatamata sellele, et projekt oli suur, on autor rahul sellega, et sai kasutada eelnevate üliõpilaste projektiarendusi ning jätkata projekti parandamisega. Käesolev töö

andis autorile palju uusi teadmisi arvutigraafika, arvutimängude loomise, statistika, disaini ja arhitektuuri valdkondades.

Viidatud kirjandus

- [1] S. Kim, M. Yoon, S.-M. Whang, B. Tversky, J.B. Morrison, The effect of animation on comprehension and interest. *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 23, 2007, p. 261.
- [2] M. Kroth, P. Boverie, J. Zondlo., „What Managers Do to Create Healthy Work Environments,“ *Journal of Adult Education*, nr 2, pp. 3-4, 2007.
- [3] J. Chronister, *Blender Basics Classroom Book*, 5 toim., 2017, p. 8.
- [4] A. Voitenko, „Delta õppehoone keskkonna visualiseerimine,“ Tartu Ülikool, Arvutiteaduste instituut, 2018.
- [5] A. Nikolajev, „Delta Building Visualisation and Optimisation,“ Tartu Ülikool, Arvutiteaduste instituut, 2018.
- [6] E. Linde, „Delta õppehoone visualisatsioon – visuaalsed efektid,“ Tartu Ülikool, Arvutiteaduste instituut, 2019.
- [7] M. Perli, „Delta Building Visualization - Agent Logic,“ Tartu Ülikool, Arvutiteaduste instituut, 2019.
- [8] D. Kütt, „Delta Building Visualization – Admin Tool,“ Tartu Ülikool, Arvutiteaduste instituut, 2019.
- [9] M. Ansu, Tartu Postimees, 29.01.2020, <https://tartu.postimees.ee/6884163/ligi-30-miljonit-maksnud-delta-oppehoone-ootab-viimaks-tudengeid>.
- [10] E. Degarmo, J. Black, R. Kohser, *Materials and Processes in Manufacturing*, 9 toim., New York: John Wiley & Sons, 2003, p. 223.
- [11] K. Teedema, A. Kuus, Tartu Postimees, <https://tartu.postimees.ee/6884163/ligi-30-miljonit-maksnud-delta-oppehoone-ootab-viimaks-tudengeid>.

Lisad

I. Terminid

Visualisatsioon	Teave esitatud optilisel kujul. ¹² Käesolevas töös on Delta keskus ja selle keskkond visualiseeritud.
Agent	Tegelane visualisatsioonis, kes simuleerib üliõpilast või ülikooli töötajat ning kes liigub mööda virtuaalset Delta teadusmaja vastavalt tunniplaanile.
Renderdamine	3D-graafika protsess, mille jooksul teisendatakse 3D-mudelid 2D piltideks. ¹³
Tekstuur	Pinnakate, mida kirjeldavad pinna karedus ja lainelisus [10]. Unity's saab 3D-mudelitele lisada tekstuuri materjalidele.
Materjal	Unity materjal ¹⁴ , millest on tehtud 3D-mudeli pind.
Optimeerimine	Antud tingimustes parima kujunduslahenduse leidmine. ¹⁵

¹² Visualiseerimine. <https://et.wikipedia.org/wiki/Visualiseerimine>.

¹³ 3D-renderdamine. <https://et.wikipedia.org/wiki/3D-renderdamine>.

¹⁴ Unity Material. <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/Material.html>.

¹⁵ Optimeerima. <http://eki.ee/dict/ekss/index.cgi?Q=optimeerima>.

II. Kaasapandud failid

Projekti tegid peale autorit veel A. Lippa ja K. Männa ning nad ei andnud luba projekti lähtekoodi avalikustamiseks.

Projekti lähtekoodiga tutvumiseks võtke ühendust K. Männaga (kristo.manna@gmail.com).

Vana visualisatsiooni eraldiseisev rakendus asub kaustas “Vana DBV” ja uue versiooni rakendus kaustas “Uus DBV”. Failis “README.txt” asuvad juhised nende käivitamiseks. “Uus DBV” kaustas asub kaust “DBV_mudelid”, kus asuvas uued/muudetud visualisatsiooni 3D-mudelid.

Administratiivne tööriist, mida lõi Kütt, asub kaustas “Admin Tool”. Selle kasutamise juhised on “README.txt” failis.

Projektis kasutatud Delta keskuse plaanid, fotod ja tabelid visualisatsiooni sisustuse mudelitest ja materjalidest on kaustas “Plaanid, tabelid ja fotod”. Tabel reaalse Delta õppehoone ja visualisatsiooni sisustusest on failis “Õppehoone_ja_DBV_sisustus.xlsx”. Tabel oli liiga suur, et seda paigutada eraldi lisana või salvestada PDF-formaadis.

Kaustas “Testimine” asuvad testimise küsitlused “DBV_Testmise_kusitus_vana.pdf” ja “DBV_Testmise_kusitus_uus.pdf” vastavalt vana ja uue DBV versioonide jaoks. Failides “DBV_Testmise_vastused_vana.xlsx” ja “DBV_Testmise_vastused_uus.xlsx” asuvad küsitluste tulemused.

III. Litsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Aleksandra Leesment,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose
Delta õppehoone visualisatsioon – hoone ja keskkonna realistlikkus,
mille juhendaja on Raimond-Hendrik Tunnel,
reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace
kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu
Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i
litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada
ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni
autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega
isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Aleksandra Leesment

08.05.2020