

TARTU ÜLIKOOL
Arvutiteaduse instituut
Informaatika õppekava

Mihkel Kulu

**Mängutuur – visuaalne arenduskeskkond
õppemängu jaoks**

Bakalaureusetöö (9 EAP)

Juhendaja(d): Daniel Nael, MSc

Tartu 2025

Mängutuur – visuaalne arenduskeskkond õppemängu jaoks

Lühikokkuvõte:

Käesolev lõputöö annab ülevaate arenduskeskkonna „Mängutuur“ loomisest, mille eesmärk on lihtsustada õppemängu „Virtual Tour Game“ edasist arendamist. Keskkond võimaldab visuaalselt hallata mängu elemente nagu navigeerimisnuppe, videoekraane ja tegelasi. Töös analüüsiti sarnaseid mängu ja virtuaaltuure, mis on mõjutanud „Virtual Tour Game'i“ struktuuri ja visuaalset ülesehitust, ning vaadeldi ka õppemängude potentsiaali hariduses. Samuti kirjeldati loodud keskkonna funktsionaalsust ja tehnilist ülesehitust. Testimise tagasiside põhjal on keskkond visuaalselt selge ja funktsionaalne, kuid enne kasutuselevõttu vajab see veel viimistlust.

Võtmesõnad:

Videomäng, mänguarendus, õppemäng, mängudisain, arenduskeskkond, React Three Fiber, virtuaaltuur

CERCS: P170 Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine

(automaatjuhtimisteooria)

Game Tour – a Visual Development Environment for a Learning Game

Abstract:

This thesis presents the design and implementation of “Game Tour”, a development environment created to support the further development of the educational game “Virtual Tour Game”. The environment allows for visual management of in-game elements such as navigation buttons, video screens, and characters. The study analyzes similar games and tours that influenced the structure of “Virtual Tour Game” and explores the potential of educational games in learning contexts. The core functionality and technical architecture of the developed environment are described. Based on user testing, the environment is visually clear and functional, but requires further refinement before being suitable for broader use.

Keywords:

Video game, educational game, studying game, game design, development environment, React Three Fiber, virtual tour

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

Sisukord

1.	Sissejuhatus.....	5
2.	Taustainfo	6
2.1	Haridus videomängudes.....	7
2.2	Sarnased projektid.....	8
2.3	Sarnased virtuaalsed tuurid	8
2.3.1	Louvre'i virtuaaltuur.....	9
2.3.2	Eesti Rahva Muuseumi (ERM) virtuaalne külastus.....	9
2.4	Sarnased mängud	10
2.4.1	Doki Doki Literature Club	10
2.4.2	Runescape	11
2.5	Sarnased arenduskeskkonnad.....	12
2.5.1	GDevelop	12
2.5.2	Kuula.....	13
3.	Funktsionaalsus.....	15
3.1	Redaktor.....	16
3.2	Navigeerimisnupud	17
3.3	Videoekraanid	17
3.4	Tegelased	18
3.4.1	Dialog.....	19
4.	Rakendamine.....	21
4.1	Kasutatud tehnoloogiad	21
4.2	Panoraamsüsteem.....	22
4.3	Redaktor.....	23
4.4	Mänguobjektid	23
4.4.1	Dialogsüsteem.....	24
4.5	Andmete salvestamine ja laadimine.....	25
5.	Arenduskeskkonna testimine	26
5.1	Metoodika	26
5.2	Tulemused.....	26
5.2.1	Üldine kogemus	27
5.2.2	Mänguobjektide lisamine ja kustutamine	27
5.2.3	Mänguobjektide seadistamine.....	29
5.2.4	Redaktori kasutatavus	29
5.2.5	Testimise kokkuvõte	30
6.	Kokkuvõte.....	31

Viidatud kirjandus.....	32
Lisad.....	33
I. Terminid.....	33
II. Kaasnevad failid.....	34
III. Käivitamise juhend	35
IV. Litsents.....	36

1. Sissejuhatus

Mitmed uuringud on näidanud, et hästi disainitud õppemängud suurendavad õppijate motivatsiooni ja toetavad teadmiste paremat omandamist [1][2]. Sellise mängulise ja kaasahaarava õpikogemuse pakkumiseks loodi Tartu Ülikooli veebikursuse „Videomängude arengulugu“ jaoks interaktiivne õppemäng „Virtual Tour Game“, mis tutvustab mängutööstuse ajalugu virtuaaltuuri vormis.

Käesoleva lõputöö eesmärk on luua õppemängule „Virtual Tour Game“ spetsiaalne arenduskeskkond nimega „Mängutuuri“. Uus keskkond võimaldab mängu sisu visuaalselt hallata ja laiendada ilma, et peaks oskama programmeerida. Keskkonna kaudu saab lisada panoraame, navigeerimisnuppe, videoekraane ning tegelasi koos dialoogidega, kujundades neist tervikliku virtuaaltuuri. Lahendus muudab arendamise kasutajasõbralikumaks ja toetab õppematerjalide loomist selgel ja interaktiivsel viisil.

Mängu „Virtual Tour Game“ ülesehitust ja tausta käsitletakse põhjalikumalt teises peatükis, kus uuritakse ka sarnaseid virtuaaltuure ja mängu, millest see inspiratsiooni on saanud. Lisaks käsitletakse seal õppemängude rolli hariduses, et mõista paremini „Mängutuuri“ arenduskeskkonna potentsiaalset väärtust õppetöös.

Kolmandas ja neljandas peatükis käsitletakse „Mängutuuri“ funktsionaalsust ja rakendamist. Tutvustatakse redaktorit, mille kaudu saab lisada ja seadistada erinevaid mänguobjekte. Samuti selgitatakse keskkonna ülesehitust ning andmete salvestamise ja laadimise loogikat, mis toetavad keskkonna sujuvat toimimist ja laiendatavust.

Viiendas peatükis käsitletakse „Mängutuuri“ testimist. Seal antakse ülevaade testimise meetodikast ning analüüsitakse testimise käigus kogutud tagasisidet. Eesmärgiks on hinnata arenduskeskkonna funktsionaalsust ja kasutusmugavust sihtgrupi vaatenurgast, et leida selle tugevused ja nõrkused.

Lõputöö koostamisel on kasutatud tehisintellekti ChatGPT¹ abi inspiratsiooni leidmiseks ja teksti vormistamiseks.

Töös kasutatud olulisemad terminid on selgitatud sõnastikus (vt Lisa I). Keskkonna lähtefailid ning testimisel kasutatud küsimustik koos vastustega asuvad kaasnevates failides (vt Lisa II). Arenduskeskkonna käivitamise juhend on esitatud eraldi lisas (vt Lisa III).

¹ <https://chatgpt.com/>

2. Taustainfo

„Virtual Tour Game“ (vt Joonis 1) on interaktiivne õppemäng, mis on loodud tutvustama videomängude ajaloo tähtsamaid etappe ja arengusuundi kaasahaaraval ja mängulisel viisil. Mängus on esindatud mitmesugused videomängude ajaloo tähtsamad sündmused, tehnoloogiad, konsoolid ja mängud, mis annavad ülevaate mängutööstuse arengust.

Mäng toimub LVLup! videomängude muuseumis ning on üles ehitatud virtuaalse tuurina, mis võimaldab mängijal liikuda läbi muuseumi ruumide ja avastada erinevaid eksponaate. Lisaks on muuseumis peidus raamatud ja videod, mille abil saab mängija uusi teadmisi omandada. Teadmiste testimiseks tuleb rääkida erinevate tegelastega, kes esitavad küsimusi, millele leiab vastuseid muuseumit avastades, raamatuid lugedes või videoid vaadates.



Joonis 1. Ekraanitõmmis mängust „Virtual Tour Game“²

„Virtual Tour Game“ loodi algselt Tartu Ülikooli pakutava veebipõhise „Videomängude arengulugu“ kursuse raames, et pakkuda õppijatele praktilist ja visuaalset viisi videomängude ajaloo tundmaõppimiseks. Kursus on avatud kõigile huvilistele, kuid tasuta on see vaid üliõpilastele. Mängu algse versiooni töötasid välja Mark Muhhin ja Raimond-Hendrik Tunnel, keskendudes sellele, kuidas interaktiivne keskkond saab toetada akadeemilist õppetööd. Käesoleva töö raames luuakse sellele mängule edasiarendamise lihtsustamiseks spetsiaalne raamistik, mida nimetatakse „Mängutuuriks“.

² <https://vtg.cloud.ut.ee/withoutMoodle.php>

Antud lõputöö eesmärk on luua mängule „Virtual Tour Game“ spetsiaalne arenduskeskkond nimega „Mängutuuri“, mis lihtsustab edasist arendamist ning parandab mängu tehnilist kvaliteeti ja kasutajakogemust. Loodav raamistik võimaldab lihtsamat sisulist laiendamist, et muuta mäng mitmekesisemaks ja pakkuda kaasahaaravamad õpikogemust.

Selles peatükis uuritakse lähemalt „Mängutuuri“ ja selle tausta. Samuti käsitletakse õppemängude tõhusust võrreldes traditsiooniliste õppeviisidega, tuginedes teaduslikele uuringutele. Lisaks antakse ülevaade sarnastest mängudest ja virtuaalsetest tuuridest, mis on mõjutanud „Mängutuuri“ kujundamist.

2.1 Haridus videomängudes

Õppemängude mõju õpitulemustele on tänapäeval kasvava tähelepanu all, kuna need võivad pakkuda innovatiivseid võimalusi õppimise tõhustamiseks. Kiili jt [1] on uurinud, et õppemängud toimivad kõige paremini siis, kui need esitavad mängijale piisava, kuid mitte ületamatu väljakutse, mis motiveerib teda pingutama oma võimete piiril. Seetõttu tuleb leida kaasahaaravaid lähenemisi, mis motiveerivad õppijaid pingutama.

Õppemängude efektiivsuse kohta leidsid Usman ja Abarquez [2], et õppeplatvormi Quizizz kasutamine suurendas märkimisväärselt tudengite motivatsiooni ja kaasatust, parandades seeläbi teemade mõistmist ja teadmiste säilimist. Enamik osalejaid saavutas kõrgeid akadeemilisi tulemusi, mis viitab õppemängude positiivsele mõjule. Samas rõhutati vajadust kohandada õpikeskkonda vastavalt õppijate individuaalsete eelistuste järgi. Vastasel juhul võib tähelepanu hajuda, näiteks sobimatu taustamuusika tõttu.

Sarnaselt võrdles Hooshyar [3] adaptiivse õppemängu ja PowerPoint-esitluse mõju arvutusliku mõtlemise õpetamisel. Uuringust selgus, et kuigi traditsiooniline meetod oli efektiivne teoreetiliste teadmiste arendamisel, ei olnud see piisavalt tõhus arvutusliku mõtlemise oskuste, nagu mustrituvastus, õpetamisel. Õppemängu kasutamine parandas oluliselt nii oskusi kui ka üldist arusaama arvutusliku mõtlemise kohta. See viitab sellele, et mängulised õppemeetodid võivad olla tõhusamad kui traditsioonilised lähenemised.

Nii Kiili [1] ning Usman ja Abarquez [2] rõhutavad, et õppemängude tõhus rakendamine eeldab õppijate vajadustega arvestamist, et tõsta nii nende motivatsiooni kui ka õpitulemusi. Need uuringud on olulised ka „Mängutuuri“ arenduskeskkonna kujundamisel, võimaldades pakkuda raamistikku, mis toetab sisu loomist vastavalt õppijate huvidele ja vältida elemente, mis võivad õpikogemust segada, nagu ebasobiv taustamuusika või -heli.

2.2 Sarnased projektid

„Mängutuur“ on arenduskeskkond, mis on loodud mängu „Virtual Tour Game“ edasiarendamise lihtsustamiseks. Kuna „Mängutuur“ tugineb tugevalt originaali ülesehitusele, on selle loomisel arvestatud varasemate projektidega, mis on mõjutanud mängu visuaalset ülesehitust ja interaktiivseid mehhanisme.

„Mängutuuri“ keskkond on loodud panoraamide abil, mistõttu tasub uurida virtuaaltuure, mis kasutavad sarnast visuaalset lähenemist. Antud töö kontekstis on panoraamid 360-kraadised, ümmargused pildid, millega on võimalik vaatajale anda tunde, et ta viibib pildi sees. Daniel Nael [4] on oma magistritöös toonud välja, et Louvre'i, Ameerika Ühendriikide õhuväe ja Tallinna Ülikooli virtuaaltuurid on tehnilise ülesehituse poolest „Mängutuuriga“ sarnased ning võivad pakkuda kasulikke lahendusi informatiivse sisu ja interaktsiooni sidumiseks.

Mängu „Virtual Tour Game“ struktuuri ja interaktiivsust on mõjutanud ka visuaalsed novellid ja rollimängud, kus mängija liigub maailmas ringi ja suhtleb tegelastega, et koguda teadmisi. Nael [4] toob esile mängud „Doki Doki Literature Club“, „Firewatch“ ja „RuneScape“, mille dialoogipõhised lahendused ja maailm jagavad mitmeid sarnasusi mängule „Virtual Tour Game“.

Lisaks on asjakohane vaadelda arenduskeskkondi, mis võimaldavad luua mängu ilma programmeerimisoskuseta. Nende analüüsimine aitab paremini mõista, milles seisneb „Mängutuuri“ funktsionaalne ja struktuurne eripära.

Järgnevalt analüüsitakse sarnaseid mängu, virtuaaltuure ning arenduskeskkondi, et mõista, millised mehhanismid ja disainipõhimõtted on mõjutanud mängu „Virtual Tour Game“ kui ka selle põhjal loodud arenduskeskkonda „Mängutuur“.

2.3 Sarnased virtuaalsed tuurid

Virtuaalsed tuurid pakuvad kasutajatele võimalust avastada erinevaid keskkondi ja eksponaate interaktiivselt. Kuna mäng „Virtual Tour Game“ tugineb sarnasele lähenemisele ning selle põhjal on loodud arenduskeskkond „Mängutuur“, on oluline uurida, kuidas sellised virtuaaltuurid infot struktureerivad ja milliseid lahendusi nad kasutajakogemuse kujundamisel kasutavad. Käesolevas alapeatükis analüüsitakse kahte virtuaaltuuri, millest üks on käsitletud ka Naela töös, et mõista, millised visuaalsed ja funktsionaalsed lahendused on mõjutanud mängu „Virtual Tour Game“ ning seeläbi ka selle jaoks loodava raamistiku ülesehitust.

2.3.1 Louvre'i virtuaaltuur

Louvre'i muuseum pakub võimalust avastada rikkalikke kunstikogusid ka kodust virtuaalse keskkonna kaudu (vt Joonis 2). Virtuaaltuur võimaldab külastajatel muuseumi saalides ringi liikuda, vaadata kunstiteoseid ja lugeda nende tausta kohta. Kasutajaliides on intuitiivne ja kasutajasõbralik: näitusesaalides edasi liikumiseks tuleb vajutada maapinnal kuvatud ringide peale ning kunstiteoste lisateavet saab avada luubi- või infoikoonile klõpsates. Lisaks on ekraani all paremal võimalik avada menüü, kust leiab kõik muuseumis eksponeeritud teosed koos piltidega.



Joonis 2. Ekraanitõmmis Louvre'i virtuaaltuurist³

2.3.2 Eesti Rahva Muuseumi (ERM) virtuaalne külastus

Sarnaselt Louvre'i muuseumile pakub ka Eesti Rahva Muuseum (ERM) võimalust tutvuda oma näitussaalidega internetis (vt Joonis 3). Külastaja saab ruumis ringi liikuda, klõpsates maapinnal kuvatavaid nooli või suunates hiirekursori soovitud suunda ning vajutades, kui sinna on võimalik edasi liikuda. Erinevalt Louvre'i keskkonnast on ERM-i virtuaaltuuril ainus kasutajale pakutav interaktsioon edasiminekuks, ringi vaatamine ja sisse suumimine. Eksponaatide kohta täiendava teabe saamine ei ole võimalik, sest pildid ei ole piisavalt teravad ning tekst tahvlitel ei ole loetav. Lisaks võtab panoraamvaadete laadimine kaua aega, mis vähendab oluliselt kasutusmugavust.

³ <https://www.louvre.fr/visites-en-ligne/petitegalerie/saison6/>



Joonis 3. Ekraanitõmmis ERM-i virtuaaltuurist⁴

2.4 Sarnased mängud

Uurides mängu, mille ülesehitus sarnaneb mängule „Virtual Tour Game“, ilmneb mitmeid ühisjooni visuaalsete novellide struktuuriga. Nii nagu neis mängudes, põhineb ka „Virtual Tour Game“ tegelastega suhtlemisel ja informatsiooni kogumisel, mis on aluseks edasisele arengule või küsimustele vastamisele. Lisaks avastab mängija uusi teadmisi ka kogutavatest objektidest, näiteks raamatutest, mis lisab mängule seiklusmängudele omast avastamisrõõmu.

Naela töö toob välja kaks mängu, „Doki Doki Literature Club“ ja „RuneScape“, mille ülesehitusel on mitmeid sarnasusi mänguga „Virtual Tour Game“. Järgnevalt analüüsitakse neid mängu lähemalt, et mõista, kuidas nende lahendused on mõjutanud nii mängu kui ka selle põhjal loodavat arenduskeskkonda „Mängutuur“.

2.4.1 Doki Doki Literature Club

„Doki Doki Literature Club“⁵ on mänguhuviliste hulgas tuntud visuaalne novell⁶, milles mängija keskendub peamiselt tegelaskujudega suhtlemisele ning loo järkjärgulisele avamisele (vt Joonis 4). Sarnaselt mängule „Virtual Tour Game“ edastab ka see teos olulist teavet

⁴ <https://erm.ee/et/content/virtuaaltuur>

⁵ https://store.steampowered.com/app/698780/Doki_Doki_Literature_Club/

⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/Visual_novel

peamiselt dialoogide kaudu, mis aitavad mõista mängumaailma ja seal toimuvaid sündmusi. Kuigi „Doki Doki Literature Club“ ei ole õppemäng ega keskendu informatsiooni kogumisele samas ulatuses kui „Virtual Tour Game“, mängivad mõlemas teoses peamist rolli tegelastega peetavad vestlused, mille kaudu mängija teadmisi omandab.



Joonis 4. Ekraanitõmmis mängust „Doki Doki Literature Club“⁷

2.4.2 Runescape

„RuneScape“⁸ on massiivne mitmikmänguline rollimäng (MMORPG)⁹, milles mängija avastab ulatuslikku fantaasiamailma (vt Joonis 5), suhtleb erinevate tegelaskujudega ning täidab neilt saadud ülesandeid. Nagu ka mängus „Virtual Tour Game“, põhineb ka „RuneScape’i“ mängukogemus maailma avastamisel ja tegelastega suhtlemisel. Vestluste kaudu omandab mängija teadmisi mängumaailma ajaloo, müütide ja kultuuri kohta, mis võimaldab tal paremini mõista ümbritsevat keskkonda ning oma rolli.

⁷ https://store.steampowered.com/app/698780/Doki_Doki_Literature_Club/

⁸ <https://www.runescape.com/community>

⁹ https://en.wikipedia.org/wiki/Massively_multiplayer_online_role-playing_game



Joonis 5. Ekraanitõmmis mängust „RuneScape“

Kuigi „RuneScape“ ei keskendu otseselt haridusele, näitab see siiski, kuidas maailma avastamine ja suhtlus tegelastega võib olla tõhus viis inimeste tähelepanu haaramiseks ja selle hoidmiseks.

2.5 Sarnased arenduskeskkonnad

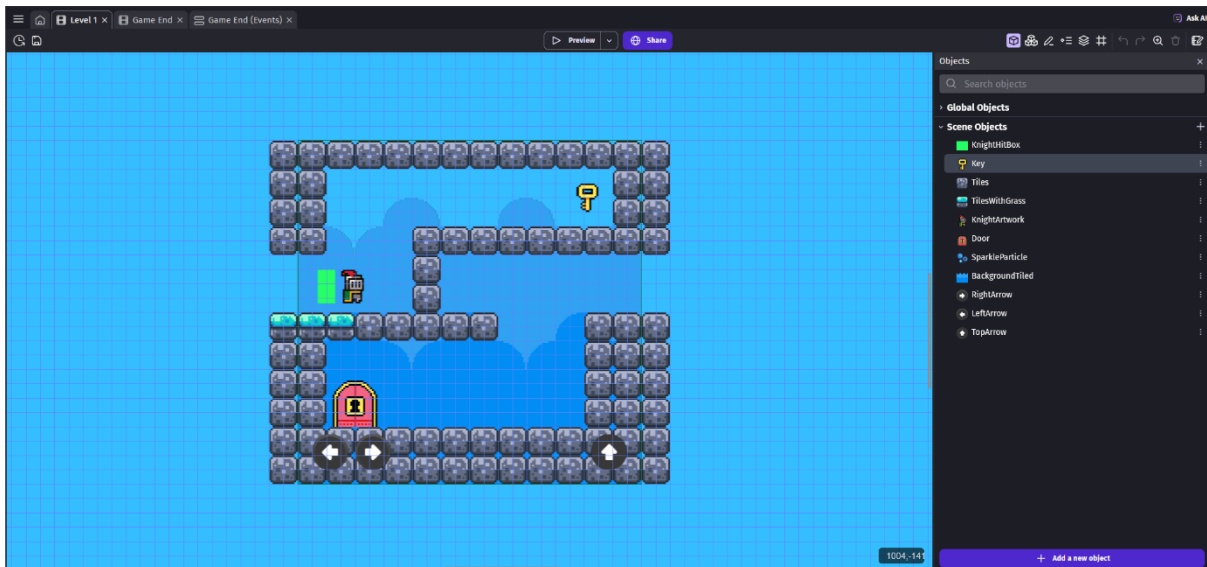
Arenduskeskkonna „Mängutuur“ loomisel on oluline uurida, kuidas teised koodivadab mänguarendusplatvormid lähenevad kasutajaliidesele ja funktsionaalsusele. Kuna „Mängutuur“ ühendab visuaalse redaktori otse mängukeskkonnaga, erineb see paljudest traditsioonilistest tööriistadest, kus arendus toimub mängust eraldatud liidese. Käesolevas alapeatükis võrreldakse „Mängutuuri“ kahe sarnase arenduskeskkonnaga, et tuua esile nende funktsionaalsed ja disainilised erinevused ning leida, mis teeb „Mängutuuri“ unikaalseks.

2.5.1 GDevelop

GDevelop¹⁰ on avatud lähtekoodiga mänguarenduskeskkond, mis võimaldab luua lihtsamaid 2D- ja 3D-mänge ilma programmeerimisoskust nõudmata (vt Joonis 6). Platvorm kasutab visuaalset sündmuste süsteemi, mis võimaldab mänguloogikat üles ehitada tingimuste ja tegevuste põhjal, ilma koodi kirjutamata. Sarnaselt „Mängutuurile“ võimaldab ka GDevelop

¹⁰ <https://gdevelop.io/>

luua mängu visuaalselt, kuid keskendub üldotstarbelistele projektidele ning pakub suuremat paindlikkust loogika ülesehitamisel. Tänu oma lihtsusele sobib GDevelop hästi prototüüpimiseks.



Joonis 6. Ekraanitõmmis GDevelop arenduskeskkonnast¹¹

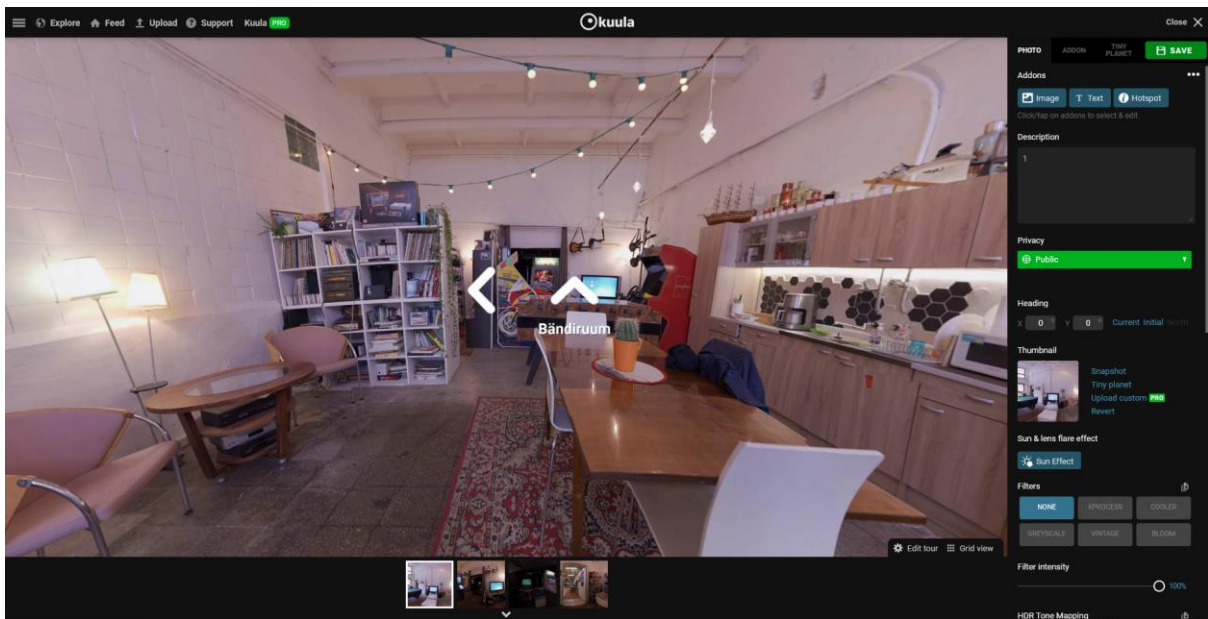
Kui „Mängutuur“ keskendub konkreetse õppemängu arendamisele otse mängukeskkonnas, siis GDevelop on tööriist, mille tugevuseks on paindlik loogika ja laiem kasutusvaldkond. Samas ei paku GDevelop valmisstruktuure konkreetsete mängutüüpide jaoks nagu „Mängutuur“, mis võimaldab oma kitsama fookusega luua kindla vormiga virtuaaluure kiiresti.

2.5.2 Kuula

Kuula¹² on veebipõhine arenduskeskkond, mis võimaldab luua panoraamid põhinevaid virtuaaluure ilma programmeerimiskusteta (vt Joonis 7). Platvormi kasutajasõbralik liides võimaldab kasutajatel kiiresti üles laadida panoraamfotosid, lisada interaktiivseid elemente ning jagada loodud virtuaaluure sotsiaalmeedias või veebilehtedel. Kuula on suunatud laiale kasutajaskonnale, alates kinnisvara vahendajatest kuni haridusasutusteni. See sobib väga hästi keskkondade visuaalseks esitlemiseks.

¹¹ <https://editor.gdevelop.io/>

¹² <https://kuula.co/about>



Joonis 7. Ekraanitõmmis Kuula virtuaaltuuride arenduskeskkonnast¹³

Sarnaselt „Mängutuurile“ keskendub ka Kuula panoraamidel põhinevate keskkondade loomisele, kuid selle funktsionaalsus piirdub peamiselt virtuaaltuuride koostamisega. Platvormil puuduvad mänguelemendid nagu tegelased ja dialoogid. „Mängutuur“ võimaldab seevastu lisada ja seadistada tegelasi, määrata neile dialooge ning kasutada videoekraane materjalide kuvamiseks. Tänu sellele sobib „Mängutuur“ paremini interaktiivsete õppemängude loomiseks kui Kuula keskkond.

¹³ <https://kuula.co/post/n1/collection/71PBN>

3. Funktsionaalsus

„Mängutuuri“ raamistik (vt Joonis 8) on loodud, et hõlbustada mängu „Virtual Tour Game“ edasist arendamist, võimaldades lisada erinevaid komponente. Selle kaudu saab lisada navigeerimisnuppe, videote kuvamiseks mõeldud ekraane ning tegelasi koos dialoogiga ilma koodi ise kirjutamata. Koodivaba arendus teeb keskkonna kättesaadavaks ka tehnilise taustata kasutajatele ning kiirendab arendusprotsessi, võimaldades keskenduda rohkem sisu loomisele kui tehnilisele teostusele [5]. Arenduskeskkond koondab vajaliku funktsionaalsuse redaktorisse, pakkudes paindlikku viisi uute panoraamide ja interaktiivsete elementide lisamiseks ning seadistamiseks.



Joonis 8. Ekraanitõmmis „Mängutuuri“ arenduskeskkonnast

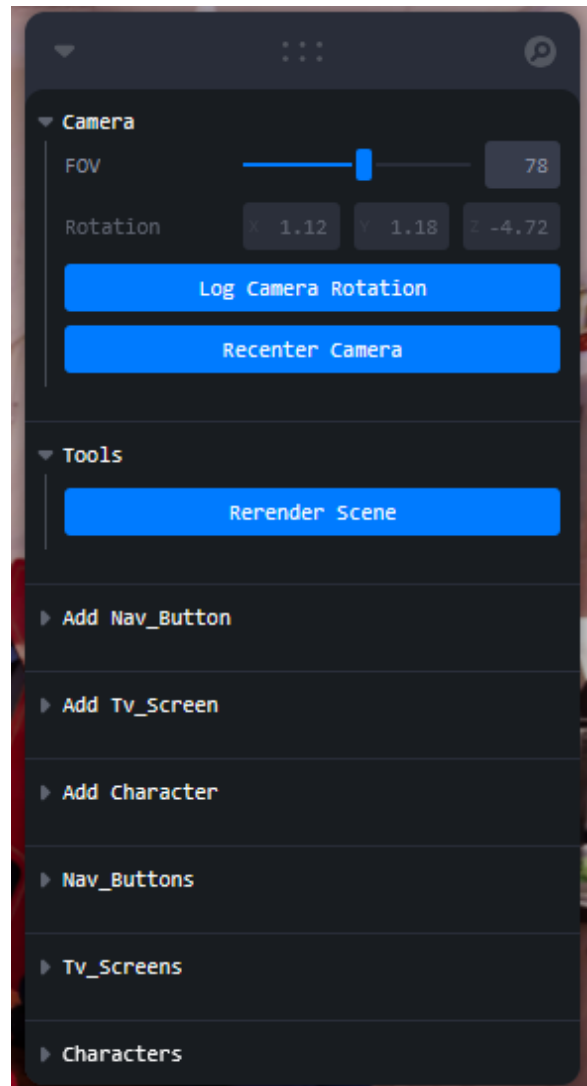
Kõik põhielemendid, ehk navigeerimisnupud, ekraanid ja tegelased, on „Mängutuuri“ arenduskeskkonnas lisatavad, seadistatavad ja kustutatavad, võimaldades luua täpselt vajadustele vastava virtuaaltuuri. Selles peatükis keskendutakse konkreetsete objektide (navigeerimisnuppude, ekraanide ja tegelaste) lisamisele, seadistamisele ja eemaldamisele, tuues esile, kuidas „Mängutuuri“ arenduskeskkond aitab õppemängu „Virtual Tour Game“ arendust kergendada. Samuti käsitletakse redaktorit üldiselt ning näidatakse, kuidas tegelastele dialooge lisada, et tagada sujuv arendusprotsess.

3.1 Redaktor

„Mängutuuri“ redaktor (vt Joonis 9) on programmi vaate kohal hõljuv tööriist, kuhu koondub kogu arenduse funktsionaalsus. Selle abil saab arendaja reaajas jälgida olemasolevaid objekte, lisada uusi ja muuta nende seadistust. Lisaks võimaldab redaktor muuta kaamera vaatevälja ning tsentreerida selle positsiooni, et vajadusel kiiresti mängija vaatesse naasta. See annab arendajale tervikliku ülevaate mängukeskkonnast ning võimaldab muudatusi teha kiiresti ja sujuvalt, ilma et oleks vaja koodi käsitsi kirjutada.

Redaktor on üles ehitatud selgelt struktureeritud kujul, kus iga funktsionaalsuse osa on jaotatud eraldi alammenüüsse. Iga objektitüübi jaoks on redaktoris olemas nii lisamise kui ka seadistamise vaated, mis võimaldavad objekte täpselt kohandada. Kaamera seadistamiseks on samuti eraldi alammenüü, kus asuvad selle seaded ja funktsioonid. Kõik

objektid on redaktoris automaatselt sorteeritud kaustadesse vastavalt sellele, millises panoraamis nad asuvad, mis teeb orienteerumise projektis lihtsaks ja loogiliseks. Objektide lisamisel või eemaldamisel tuleb stseen uuesti renderdada, milleks on redaktoris olemas spetsiaalne nupp. See tagab, et muudatused kajastuvad korrektselt ka liideses.



Joonis 9. Redaktor „Mängutuuris“

3.2 Navigeerimisnupud

Navigeerimisnupud (vt Joonis 10) võimaldavad „Mängutuuri“ virtuaalses keskkonnas liikuda ühest panoraampildist teise, luues seeläbi sujuva liikumise tunde. Liikumissuunda näitavad visuaalsed nupud aitavad vähendada kasutajate segadust ja toetavad paremat orienteerumist, mistõttu on need virtuaaltuurides oluliseks navigeerimisvahendiks [6]. Nagu peatükis 2.2 selgitati, on panoraamid 360-kraadised ümmargused fotod, mis moodustavad keskkonna keskse struktuuri: iga vaade kujutab endast ühte ruumi või lõiku, mida mängus saab uurida. Navigeerimisnupud ühendavad need vaated loogiliseks tervikuks, võimaldades kasutajal ühest asukohast teise liikuda.



Joonis 10. Navigeerimisnupud „Mängutuuris“

Nuppude lisamine toimub redaktori kaudu spetsiaalses alammenüüs. Uue nupu loomisel tuleb määrata, millises panoraamis see asub ja millisega see ühendub. Pärast nupu loomist lisatakse see automaatselt valitud panoraami ning selle seadistust saab hiljem muuta vastavas menüüs. Seal saab lisada nupule teljestiku tööriista, mis võimaldab seda ruumis ringi liigutada ja täpselt soovitud kohta paigutada. Samuti on võimalik määrata noole suund, et liikumine oleks visuaalselt arusaadav. Tehtud muudatusi saab lihtsasti salvestada, mis tagab, et navigeerimisnuppe on lihtne ja paindlik kohandada vastavalt ruumi ülesehitusele.

3.3 Videoekraanid

„Mängutuuri“ keskkonnas tähistavad videoekraanid (vt Joonis 11) objekte, millele saab määrata videofaili, et kuvada liikuva pildiga sisu. Neid saab paigutada näiteks mänguautomaadi, televiisori või muu sarnase seadme külge, et simuleerida töötavat ekraani. Videoekraanid toimivad sarnaselt navigeerimisnuppudele, ehk neid saab paigutada sobivasse kohta, muuta mõõtmeid (kõrgust ja laiust) ning siduda konkreetse videoga. Lisaks on võimalik

lisada ekraanile ka lühikene kirjeldus, mis ilmub hiirega peale liikudes ja annab kasutajale lisainfot kuvatava sisu kohta.



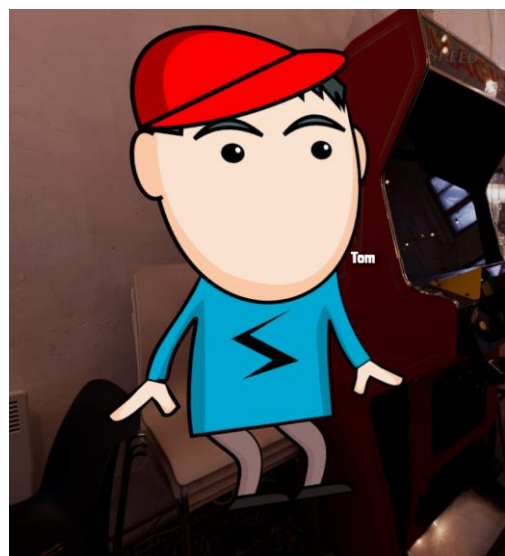
Joonis 11. Videoekraanid „Mängutuuris“

Ekraanid toetavad videofailide laiendeid „mp4“ ja „webm“. Kui faili ei ole määratud, kuvatakse ekraanile vaikimisi valge taust. Sarnaselt navigeerimisnuppudele, toimub ka videoekraanide loomine ja seadistamine redaktoris vastavate alammenüüde kaudu. Loomisel saab määrata videofaili ning soovi korral ka kuvatava kirjelduse. Seadistamise vaates saab omakorda muuta ekraani mõõtmeid ja paigutust.

3.4 Tegelased

Tegelased on „Mängutuuris“ asuvad mitte-mängitavad karakterid (vt Joonis 12), kellega mängija saab suhelda. Nende kaudu saab jagada taustainfot, suunata mängijat muuseumis edasi ning esitada küsimusi, mis kontrollivad teadmisi. Lisaks võimaldavad nad mängule lisada jutustust ja sügavamat struktuuri, muutes virtuaalse tuuri sisukamaks ja elavamaks.

Tegelaste, nagu ka teiste objektide, loomine ja seadistamine toimub redaktori kaudu. Uue tegelase lisamisel saab määrata tema nime ning valida

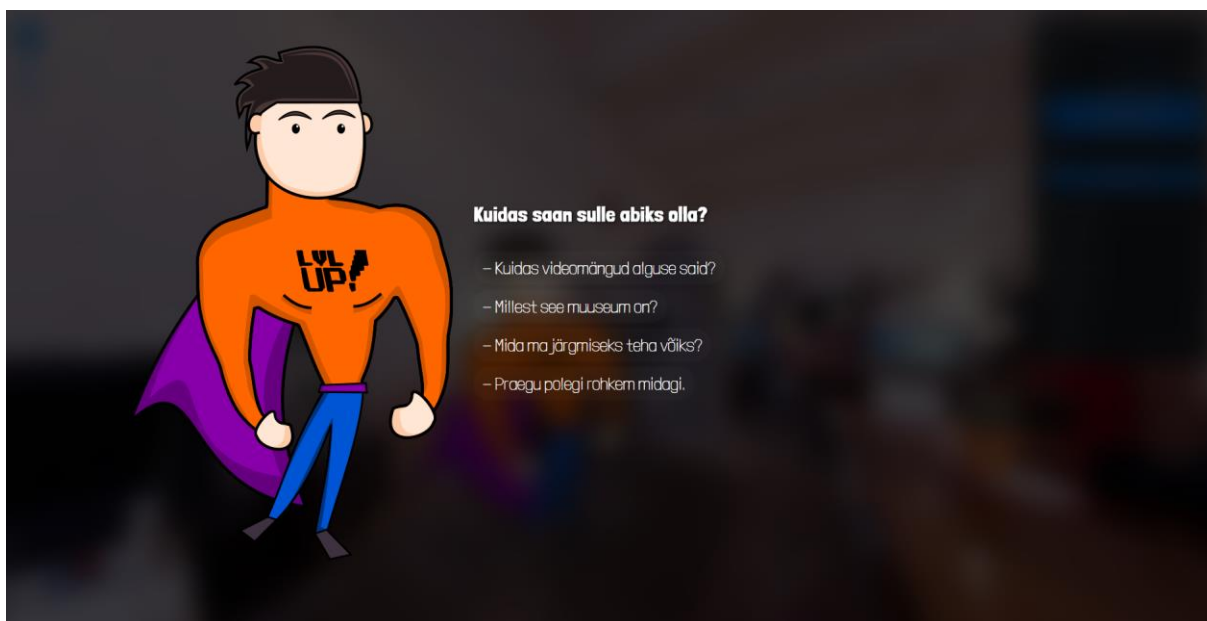


Joonis 12. Tegelane „Mängutuuris“

pildifaili, mis esindab tema välimust mängukeskkonnas. Toetatud on kõik levinumad pildiformaadid. Pärast loomist saab seadistamise vaates muuta tegelase positsiooni. Edasi keskendutakse sellele, kuidas tegelastele dialooge lisada.

3.4.1 Dialoog

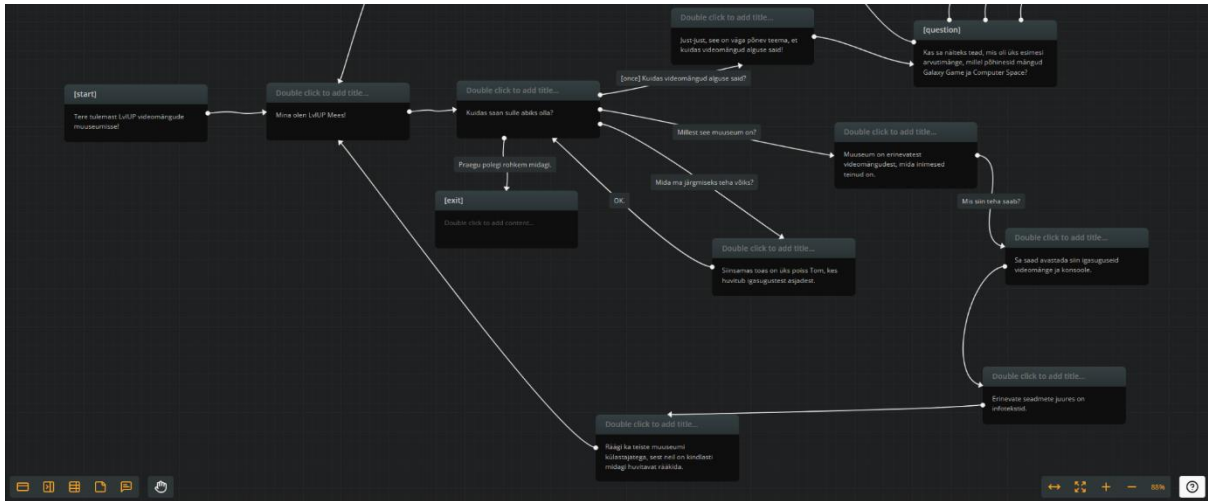
Tegelaste dialoogid omavad „Mängutuuris“ keskset rolli, pakkudes mängijale nii taustainfot kui ka suuniseid edasiseks avastamiseks. Kui mängija tegelasele klõpsab, avaneb dialoogiaken (vt Joonis 13), kus vasakul kuvatakse vestluspartneri pilt ja paremal dialoogitekst koos võimalike vastustega. Mängija valikute põhjal võivad dialoogid hargneda eri suundadesse ja viia küsimusteni, millele õigesti vastates saab punkte.



Joonis 13. Dialoogiaken „Mängutuuris“

Dialoogide loomine toimub Arcweave¹⁴ keskkonna kaudu, mis võimaldab visuaalselt kavandada tegelaste vestlusi. Iga tegelase jaoks tuleb keskkonnas luua eraldi tahvel (vt Joonis 14), kuhu saab lisada dialoogielemente ning nende vahel seoseid luua. Elementide pealkirjad määravad nende funktsiooni: „[start]“ tähistab dialoogi alguspunkti, „[exit]“ märgib lõppu, ning „[question]“, „[correct]“ ja „[wrong]“ on seotud küsimuste ja vastustega. Erinevad lõigud ühendatakse suunatud noolte abil ning iga ühenduse juurde saab määrata mängija vastusevalikud, mis viivad vestlust edasi.

¹⁴ <https://arcweave.com/>



Joonis 14. Dialoogitahvel Arcweave'i keskkonnas

Dialoogi kasutamiseks mängus tuleb valminud Arcweave'i projekt eksportida JSON-formaadis failina ning seejärel asendada see olemasoleva „dialogues.json“ failiga projekti andmekaustas. Dialoogide sisu ja ülesehitus loetakse sellest failist sisse ning esitatakse mängijale vastavalt tema tegevusele mängukeskkonnas. Selline lahendus võimaldab dialooge mugavalt hallata ja muuta, ilma et peaks sügavalt sekkuma mängu koodibaasi.

4. Rakendamine

Selles peatükis käsitletakse „Mängutuuri“ arendust praktilisest vaatenurgast, keskendudes rakenduse struktuurile ja ülesehitusele. Peatükis 4.1 antakse ülevaade kasutatud tehnoloogiatest ja nende valiku põhjustest. Seejärel käsitlevad peatükid 4.2 kuni 4.5 arenduskeskkonna lõplikku ülesehitust ning mängumehaanikate detailsemat teostust, tuues välja, kuidas loodi erinevad funktsionaalsused ja komponendid.

4.1 Kasutatud tehnoloogiad

„Mängutuuri“ arendamiseks valiti React Three Fiber (R3F)¹⁵, mis on Reacti¹⁶ põhine renderduskiht Three.js-i¹⁷ jaoks. See võimaldab ehitada 3D-stseene deklaratiiivselt, kasutades korduvkasutatavaid ja iseseisvaid komponente, mis reageerivad rakenduse olekule. R3F on kerge ja tõhus raamistik, mis toetab WebGL-i ning millele on loodud mitmeid abiteeke, mis kiirendavad arendusprotsessi. Kuna „Mängutuuri“ on mõeldud brauseris töötavaks veebirakenduseks, võimaldab R3F luua kergekaalulise ja sujuvalt töötava keskkonna, kus saab lihtsalt hallata panoraame, interaktiivseid elemente ja mängija liikumist. Samas pakub see ka paindlikkust ja head laiendatavust edasiarenduseks.

Dialoogide loomiseks on valitud eelmises peatükis tutvustatud Arcweave'i keskkond, mis võimaldab visuaalselt üles ehitada tegelaste vestlusi ning hargnevaid valikuid. See lahendus muudab dialoogide haldamise lihtsaks, ilma et oleks vaja programmeerimisoskust.

Arendustöö algas esialgu Unity¹⁸ mängumootoris, kuid sellest lahendusest otsustati varakult loobuda. Kuna on võimalik, et loodud keskkonna edasiarendusi hakatakse kasutama ka Tartu Ülikooli õppeaines „Videomängude arengulugu“, mida müüakse kõigile soovijatele, tekkis vajadus vaba litsentsiga tööriista järele. Unity puhul võib kommertskasutus kaasa tuua täiendavaid litsentsitasusid¹⁹, mistõttu osutus veebipõhine ja avatud lähtekoodiga lahendus paremaks.

¹⁵ <https://r3f.docs.pmnd.rs/getting-started/introduction>

¹⁶ <https://react.dev/>

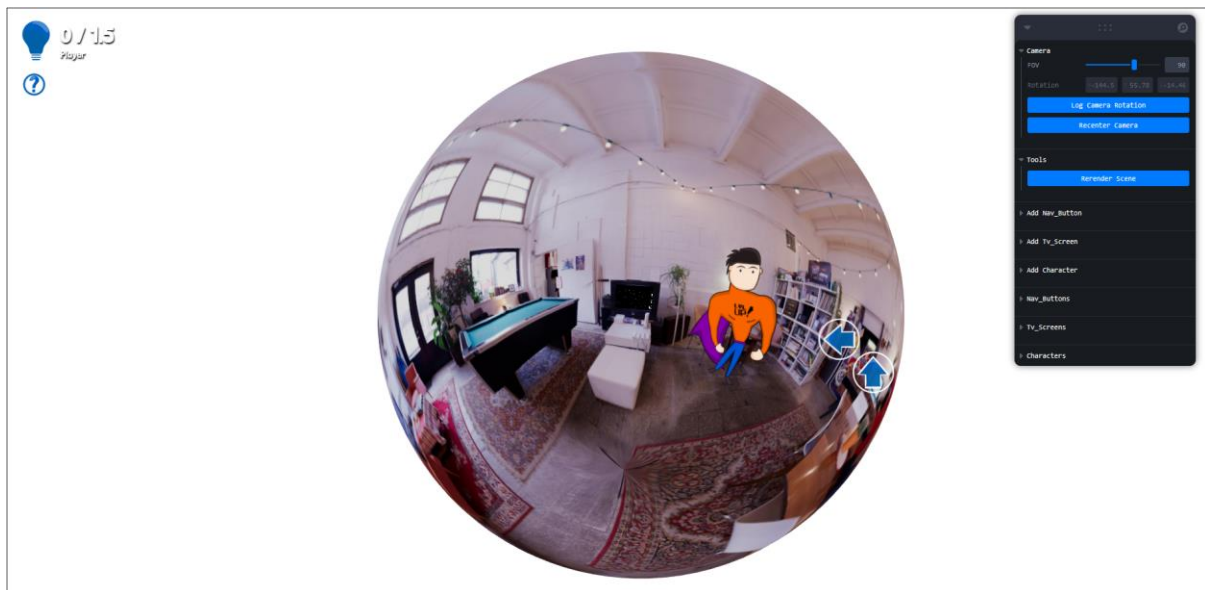
¹⁷ <https://threejs.org/>

¹⁸ <https://unity.com/>

¹⁹ <https://unity.com/products?c=unity+engine#plans>

4.2 Panoraamsüsteem

Panoraamide renderdamine toimub komponendi `Scene` sees, mis vastutab kogu mängumaailma visuaalse esitamise eest. Iga panoraam kuvatakse sfäärilise geomeetria sisepinnale, mille tekstuuriks on määratud 360-kraadine panoraampilt (vt Joonis 15). Sfäär on pööratud sissepoole, mis võimaldab kasutajal kogeda ümbritsevat vaadet justkui pildi sees olles. Panoraampildid laetakse dünaamiliselt sõltuvalt mängija asukohast muuseumis ning vahetuvad sujuvalt liikumisel ühelt panoraamilt teisele.



Joonis 15. Panoraam sfääri siseküljel „Mängutuuris“

Panoraamide vahetamise loogika põhineb komponendis `AssetsContext` hoitavatel tekstuuridel, mis salvestatakse hooiki `useState`²⁰ abil. See reacti sisseehitatud hook võimaldab komponentides hallata muutuvaid seisundeid. Tekstuurid on organiseeritud paisketabelis, kus iga tekstuur on seotud vastava panoraami unikaalse ID-ga. Hetkel aktiivne panoraam määratakse `Scene` komponendi sees samuti `useState` abil, mis jälgib kasutaja asukohta keskkonnas. Selle ID põhjal valitakse vastav tekstuur ja renderdatakse sfääri siseküljele, võimaldades sujuvat liikumist erinevate ruumide vahel.

²⁰ <https://react.dev/reference/react/useState>

4.3 Redaktor

„Mängutuuri“ arenduskeskkonda on integreeritud spetsiaalne redaktor, mis võimaldab hallata mängus olevaid objekte ning muuta kaamera seadeid. Redaktor on loodud React Three Fiberi abiteegi Leva²¹ abil, mis pakub kergelt ja intuiitivset kasutajaliidest muutujate ja väärtuste reaajas muutmiseks. Leva võimaldab kiiresti luua liugureid, lüliteid ja tekstivälju, mille kaudu saab mängu komponente visuaalselt ja vahetult seadistada, ilma vajaduseta käsitsi koodi muuta.

Leva kasutamiseks rakendatakse hooiki `useControls`²², mis võimaldab siduda väärtused kasutajaliidese reaajas muudetavate parameetritega. Iga objekt või parameeter, mida soovitakse muuta, tuleb defineerida `useControls` abil (vt Joonis 16). See loob automaatselt redaktorisse ka vastava juhtimispaneeli.

```
const [{ FOV }, set] = useControls("Camera", () => ({
  "FOV": { value: 90, min: 30, max: 120, step: 1 },
  "Rotation": { value: { x: 0, y: 0, z: 0 }, disabled: true },
  "Log Camera Rotation": button(() => logCameraRotation(controlsRef)),
  "Recenter Camera": button(() => moveCamera({ x:0, y:0, z:0 })),
}));
```

Joonis 16. Abiteegi Leva seadistamine kaamera seadete jaoks

Kuna Leva toetab parameetrite grupeerimist ja struktureerimist, võimaldas see luua ka keerukama redaktori süsteemi, kus objektid ja nende omadused on jaotatud kaustadesse vastavalt nende tüübile ja asukohale. Selline ülesehitus teeb suuremate projektide haldamise lihtsamaks.

4.4 Mänguobjektid

„Mängutuuris“ käsitletakse mänguobjektidena navigeerimisnuppe, ekraane ja tegelasi. Kõigi nende objektide andmed ja nendega seotud tekstuudid hoitakse tsentraalselt `AssetsContext` komponendis `useState` hooiki abil, sarnaselt panoraamidele. Iga objekti kohta salvestatakse, millises panoraamis see asub kui ka objekti tüübi jaoks vajalikud eraldi omadused. Näiteks salvestatakse navigeerimisnuppude puhul nende pöördenurk ja sihtpanoraami ID, videoekraanide ja tegelaste puhul aga nende mõõtmed ja asukoht mängukeskkonnas.

²¹ <https://github.com/pmndrs/leva>

²² <https://github.com/pmndrs/leva/blob/main/docs/getting-started.md>

Põhikomponendis Scene filtreeritakse AssetsContext'ist saadud objektid vastavalt sellele, millises panoraamis mängija hetkel viibib. Nagu peatükis 4.1 mainiti, hallatakse aktiivse panoraami ID-d samuti Scene komponendis, mis võimaldab jooksvalt määrata, milliseid objekte tuleb nähtavale renderdada.

Igal objektitüübil on oma spetsiaalne komponent: Character, NavButton ja ScreenDisplay, mis sisaldavad konkreetse mänguobjekti kuvamise ja käitumise loogikat. Need imporditakse Scene komponenti ning seejärel luuakse dünaamiliselt AssetsContext'ist saadud andmetega.

4.4.1 Dialoogsüsteem

„Mängutuuri“ dialoogide struktuur põhineb Arcweave'i keskkonna formaadil. Dialoogide andmeid hallatakse kahes andmetüübis: DialogueChoice ja DialogueNode. Iga DialogueNode kirjeldab ühte dialoogilõiku (vt Joonis 17), mille külge on seotud võimalikud valikud ja metaandmed, näiteks kas tegu on küsimuse või vestluse lõpuga. Dialoogide andmeid salvestatakse komponendis AssetsContext, mis tagab nende kättesaadavuse vajalikes komponentides.

```
"62479b4f-8102-4c08-b3d5-c5a152672c9f": {  
  "autoHeight": true,  
  "title": "<p>[question]</p>",  
  "theme": "default",  
  "components": [],  
  "content": "<p>Milline aga esimestest videom\u00e4ngudest oli ka esimene kommertsiaalselt k\u00e4ttesaadav m\u00e4ng?</p>",  
  "outputs": [  
    "ff10b444-59ee-4257-8d9a-c9b034203ac4",  
    "bd4843de-49ac-42f6-babe-a34ff082f32c",  
    "f6856bee-6057-4699-a5e5-c9babf8425bf",  
    "216058f0-7a83-40ea-b979-b9d4b11a150d"  
  ]  
},
```

Joonis 17. Näide Arcweave'i keskkonnast eksporditud DialogueNode andmestruktuurist

Dialoogide paindlikuks haldamiseks on loodud komponent DialogueContext, mis jälgib, millise tegelasega vesteldakse, millises sõlmes hetkel ollakse ning milline on konkreetse tegelase dialoogi alguspunkt. Dialoogi visuaalne esitamine toimub DialogueOverlay komponendi kaudu, mis kasutab saadud andmeid vestluse loomiseks, valikute kuvamiseks ning mängija vastuste töötlemiseks. Selline lahendus võimaldab dialooge paindlikult üles ehitada ja neid mugavalt hallata.

4.5 Andmete salvestamine ja laadimine

Mänguobjektide andmeid salvestatakse JSON-formaadis failides (vt Joonis 18), mida on mainitud ka peatükis 3.4.1. Kuna veebirakenduse kaudu ei ole võimalik otse faile kirjutada, kasutatakse salvestamiseks lihtsat Expressi²³ serverit, mis käivitub samaaegselt rakendusega. Kui kasutaja lisab uue objekti või muudab olemasolevat, saadetakse serverile POST-päring, mis salvestab vastava objektitüübi kõik andmed uuesti JSON-faili. Kõiki vajalikke andmeid hallatakse tsentraalselt `AssetsContext` komponendis. Enne salvestamist töödeldakse keerukamad andmetüübid, nagu pöördenurgad ja positsioonid, lihtsamateks kolmikuteks, et tagada sujuvam sisselaadimine ja vältida tüübiprobleemide tekkimist.

Arenduskeskkonna käivitamisel toimub esmalt kõikide vajalike andmete ja tekstuuride laadimine spetsiaalse `Loader` komponendi abil. See tagab, et vajalik sisu on enne mängu algust kasutusvalmis, võimaldades sujuvamat kasutajakogemust. Objektide andmed ning tekstuurid laetakse seejärel `AssetsContext`'i, kust neid saab vajadusel kasutada üle kogu rakenduse.

```
{
  "id": "NAV 1 - 1.4",
  "changePanoramaId": "1.4",
  "locationPanoramaId": "1",
  "rotation": {
    "x": -3.14,
    "y": -1.42,
    "z": 3.08
  },
  "arrowRotation": -90,
  "cameraRotation": {
    "x": -1.58,
    "y": 0.44,
    "z": -4.72
  }
},
```

Joonis 18. Näide navigeerimisnupu JSON struktuurist

²³ <https://expressjs.com/>

5. Arenduskeskkonna testimine

Selles peatükis antakse ülevaade „Mängutuuri“ testimisprotsessist. Alapeatükis 5.1 kirjeldatakse testimise ülesehitust ja korraldust ning alapeatükis 5.2 analüüsitakse saadud tagasisidet ja tulemusi.

5.1 Metoodika

Testimine viidi läbi viie testijaga, kuna see võimaldab vähima hulga testijatega avastada suurema osa probleemidest [7]. Testijateks valiti isikud, kellel oli varasemat kogemust mänguarenduse või sarnaste projektidega, et hinnata keskkonna sobivust sihtkasutajate vajadustele.

Testijatele anti ette lühike juhend, milles oli kirjas konkreetne tegevuste jada, mida nad pidid keskkonnas läbi viima. Ülesanded hõlmasid navigeerimisnuppude, videoekraanide ning tegelaste lisamist ja seadistamist. Lisaks tuli Arcweave'i keskkonnas koostada tegelasele lühike dialoog.

Ülesannete täitmiseks oli testijatel aega 30–40 minuti, sõltuvalt individuaalsest tempost. Testimise käigus ei antud neile abiks kasutusjuhendit, et hinnata arenduskeskkonna intuiivsust ja kasutajasõbralikkust. Kui testija jäi ülesande täitmisel hätta, pakuti suunavat abi. Sessioonid salvestati videotena, et hiljem analüüsida testijate tegevusi ja tuvastada võimalikke probleeme või takistusi.

Pärast testimist täitsid osalejad lühikese küsimustiku, mille eesmärk oli koguda tagasisidet arenduskeskkonna erinevate aspektide kohta. Küsimustik hõlmas nii üldist kasutajakogemust kui ka konkreetseid valdkondi nagu objektide lisamine ja kustutamine, nende positsioneerimine ja seadistamine ning redaktori kasutusmugavus.

5.2 Tulemused

Testimise alguses uuriti testijate varasemat kogemust mänguarendusega, et mõista nende tausta ja hinnata tulemusi sobivas kontekstis. Kaks testijat olid tegelenud mänguarendusega 1–3 aastat, kaks alla ühe aasta ning üks testija kogemust ei omanud. Mänguarenduse tööriistadest mainiti Unity ja Unreal Engine'i mängumootoreid, kuid ühelgi testijal polnud varasemat kogemust React Three Fiberiga. Kuna testimine oli suunatud eelkõige mänguarendusega kokku puutunud kasutajatele, võimaldas selline kooslus hinnata keskkonna sobivust sihtgrupile, samas pakkudes vaadet ka täieliku algaja perspektiivist.

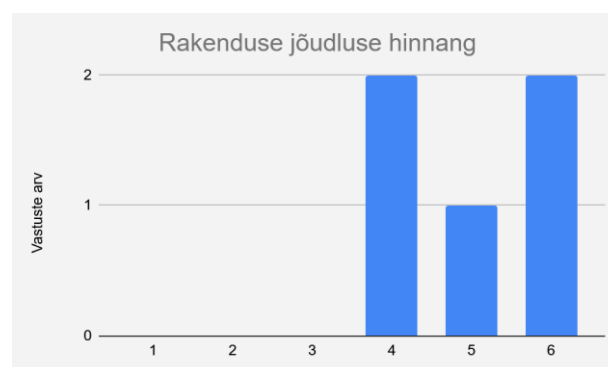
5.2.1 Üldine kogemus

Testijatel paluti hinnata arenduskeskkonna üldist kasutusmugavust kuuepalliskaalal. Hinnangud jäid vahemikku 3 kuni 5, kaldudes pigem positiivsele poole (vt Joonis 19). Enamik vastajaid leidis, et keskkonna kasutamine muutub loogiliseks pärast esialgset harjumisperioodi. Tagasisides rõhutati, et kohanemist võiks kiirendada visuaalne õpetus või lühike juhend.



Joonis 19. Üldise kasutusmugavuse hinnang

Jõudlust hinnati samuti kuuepalliskaalal ning vastused jäid vahemikku 4 kuni 6 (vt Joonis 20). Tõsisemaid jõudlusprobleeme ei esinenud, kuid kaks testijat mainisid väikeseid kaadrisageduse languseid mõningate liigutuste ajal ning viiteaega panoraamide vahel liikumisel. Vaatamata väikestele probleemidele peeti rakenduse üldist sujuvust ja reageerimisvõimet heaks.



Joonis 20. Rakenduse jõudluse hinnang

Testijatelt uuriti ka, millised funktsionaalsused jätsid parima ja halvima mulje. Kõige positiivsemalt hinnati navigeerimisnuppude lisamist, kuna see oli lihtsasti mõistetav ega vajanud juhendamist. Positiivselt hinnati ka kohest visuaalse tagasiside ilmumist arenduskeskkonnas. Negatiivse poole pealt tõid kolm testijat esile vajaduse lehte käsitsi värskendada peale muudatuste tegemist, et need rakenduksid korrektselt. Lisaks tõid kaks testijat välja, et videote lisamine on kohmakas ja dialoogide loomise protsess keeruline, mistõttu oleks dialoogide jaoks eelistanud integreeritud tööriista välise keskkonna asemel.

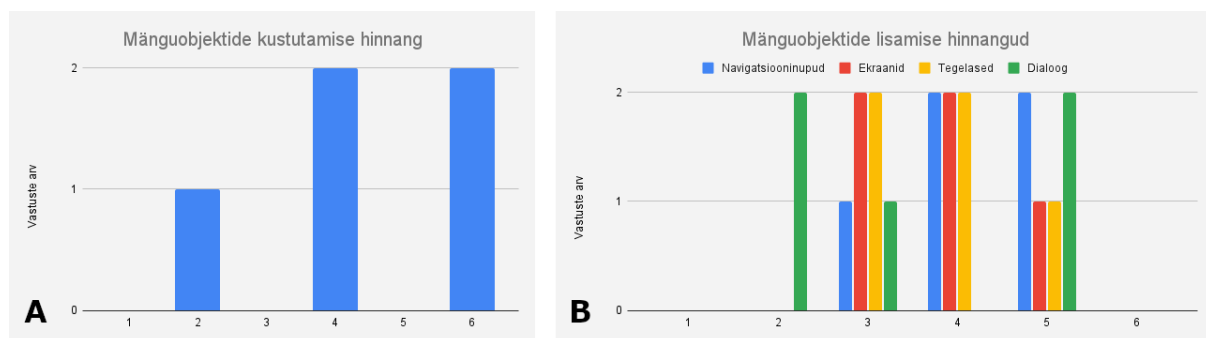
5.2.2 Mänguobjektide lisamine ja kustutamine

Testijatel paluti hinnata erinevate objektide lisamise funktsionaalsust. Navigeerimisnuppude, ekraanide ja tegelaste puhul olid hinnangud napilt positiivsed (vt Joonis 21). Ainsaks erandiks oli dialoogide lisamine, mille hinnangud jäid keskmisest madalamale. Arvamused selle funktsiooni kohta jagunesid selgelt: kolm testijat hindasid seda halvaks ning kaks heaks. Samas

leidis enamik vastajaid, et objektide lisamine muutus pärast harjumist loogiliseks ja sujuvaks, kuna kõikide objektitüüpide lisamise protsess oli üles ehitatud ühtse loogika järgi. Kui kasutaja mõistis ühe objektitüübi lisamist, oskas ta lisada ka teisi.

Objektide lisamisel toodi positiivsena välja, et neid sai lisada ükskõik millisesse panoraami, sõltumata sellest, kus kasutaja parajasti viibis. See võimaldas järjest lisada mitu elementi keskkonnas panoraame vahetamata. Samas esines ka mitmeid kitsaskohti. Kõige enam häiris testijaid vajadus lehekülge käsitsi värskendada pärast iga objekti lisamist või kustutamist. Ühel testijal ei salvestunud lisatud objektid üldse, mis tekitas ebakindlust keskkonna töökindluse suhtes. Lisaks leidis üks testija, et osade tekstiväljade tähendus jäi ebaselgeks ning puudus lihtne viis näha, millises panoraamis parajasti viibitakse, kuigi seda on objektide lisamisel vaja teada.

Testijatelt küsiti ka mänguobjektide kustutamise funktsionaalsuse kohta, mida hinnati üldjoontes heaks (vt Joonis 21). Enamik testijaid leidis, et kustutamine ise oli lihtne, kuigi sarnaselt lisamisele, oli vaja lehte käsitsi värskendada, enne kui kustutatud objekt redaktorist ka kadus.



Joonis 21. Mänguobjektide kustutamise (A) ja lisamise (B) hinnangud

Üldiselt võib järeldada, et mänguobjektide lisamise ja kustutamise funktsionaalsus oli loogiline ning enamasti kasutatav, kuid töövoog jäi kohati ebauhtlaseks just tehniliste tõrgete tõttu, millest tõsisemad olid salvestusvead ja vajadus lehekülge käsitsi värskendamiseks.

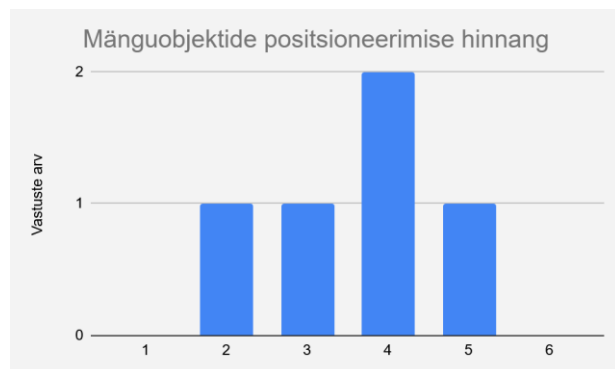
5.2.3 Mänguobjektide seadistamine

Järgmisena pidid testijad hindama mänguobjektide positsioneerimise ja seadistamise kasutusmugavust. Hinnangud positsioneerimisele varieerusid, kuid keskmine tulemus jäi skaala positiivsele poolele (vt Joonis 22). Kuigi objektide liigutamine teljestiku tööriista abil oli enamiku jaoks arusaadav, muutus see keerulisemaks olukordades, kus oli vaja neid täpselt asetada või pöörata, eriti kui objekt oli kaameraga kohakuti. Kaks testijat märkisid, et puuteplaadiga oli objektide asetamine ebamugav, mistõttu nad oleksid eelistanud hiire kasutamist või võimalust määrata positsiooni väärtuseid käsitsi redaktori kaudu.

Objektide seadistamise hinnangud olid kõrgemad, jäädes vahemikku 3 kuni 6 (vt Joonis 23). Enamus testijatest leidis, et seadistamise struktuur on loogiline ja arusaadav, kuid üks osaleja märkis, et ilma välise abita ei oleks süsteemist aru saanud. Sarnaselt lisamisele, tõi ka siin üks testija välja, kuidas osade väljade nimetused oleksid võinud olla intuitiivsemad. Tagasiside põhjal võib järeldada, et kuigi arenduskeskkond vajab harjumist, muutub see pärast esmast tutvumist märksa sujuvamaks.

5.2.4 Redaktori kasutatavus

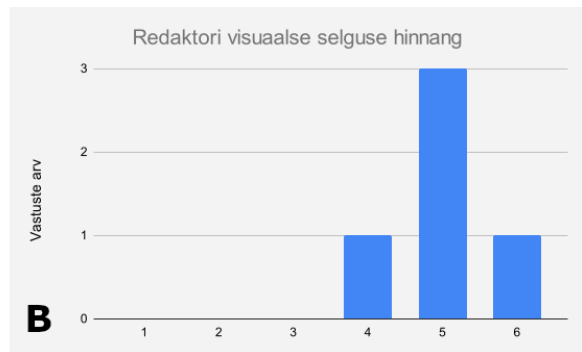
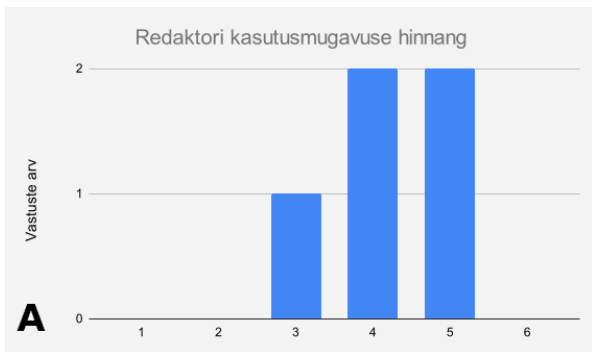
Testijatel paluti hinnata redaktori erinevaid aspekte. Enamik osalejatest pidas redaktori kasutusloogikat heaks, kuid visuaalne selgus sai veelgi paremad hinnangud, jäädes keskmisest märkimisväärselt kõrgemale (vt Joonis 24). See viitab sellele, et kuigi funktsionaalsuse mõistmine võib alguses vajada harjumist, aitab visuaalselt puhas ja loogiline ülesehitus kasutajatel kiiresti orienteeruda.



Joonis 22. Mänguobjektide positsioneerimise hinnang



Joonis 23. Mänguobjektide seadistamise hinnang

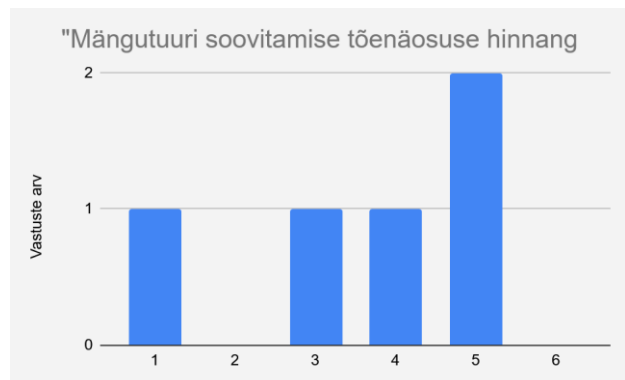


Joonis 24. Redaktori kasutusmugavuse (A) ja visuaalse selguse (B) hinnangud

Kindlate objektide ja seadete leidmisega raskuseid testijate seas ei esinenud, kuid toodi välja, et objektide loomise vaated olid segased ning stseeni uuesti renderdamise vajadus peale muudatusi oleks võinud kuskil olla välja toodud. Samuti mainiti, et kuigi redaktori ülesehitus oli testimiskeskkonnas hallatav, võib see suuremate projektide puhul muutuda kiiresti segaseks.

5.2.5 Testimise kokkuvõte

Viimaseks pidid testijad hindama, kui tõenäoliselt nad soovitaksid „Mängutuuri“ keskkonda teistele arendajatele. Enamik vastajaid andis sellele kõrge või neutraalse hinnangu (vt Joonis 25), kuid üks testija jäi keskkonna suhtes kriitiliseks. Tagasisidest võib järeldada, et kuigi arenduskeskkond on funktsionaalne ja visuaalselt selge, vajab see enne kasutuselevõttu veel rohkelt viimistlemist, kasutusmugavuse parandamist ning kindlasti ka kasutusjuhendi lisamist, mida kõike rõhutasid ka mitmed testijad.



Joonis 25. „Mängutuuri“ soovitamise tõenäosuse hinnang

6. Kokkuvõte

Lõputöö tulemusena valmis arenduskeskkond „Mängutuur“, mille eesmärk on lihtsustada Tartu Ülikooli kursuse „Videomängude arengulugu“ jaoks loodud õppemängu „Virtual Tour Game“ edasist arendamist. Keskkond võimaldab lisada ja seadistada erinevaid mänguobjekte. Nendeks objektideks on navigeerimisnupud, videoekraanid ja tegelased. Kõik muudatused toimuvad visuaalse redaktori kaudu, mis koondab arenduse kasutajasõbralikku töövoogu.

Teises peatükis käsitleti lähemalt õppemängu „Virtual Tour Game“, millele „Mängutuur“ tugineb. Uuriti virtuaalruume ja mängu, millest „Virtual Tour Game“ inspiratsiooni sai, et mõista, millised lahendused on mõjutanud selle ülesehitust. Samuti võrreldi „Mängutuuri“ sarnaste arenduskeskkondadega, et tuua esile selle funktsionaalsed eripärad. Lisaks käsitleti õppemängude rolli hariduses, et paremini hinnata „Mängutuuri“ potentsiaalset väärtust.

Kolmandas peatükis tutvustati „Mängutuuri“ põhifunktsionaalsust. Redaktori kaudu saab kõiki mänguobjekte lisada ja seadistada, muutes virtuaalruumi ülesehituse lihtsasti hallatavaks. Tegelaste dialoogid koostatakse Arcweave'i keskkonnas ning lisatakse mängu eksporditava failina, mis võimaldab neid hallata koodi kirjutamata.

Neljandas peatükis kirjeldati „Mängutuuri“ tehnilist rakendamist ja kasutatud tööriistu. Lähemalt käsitleti panoraamide renderdamist, redaktori ülesehitust, mänguobjektide ja dialoogide haldamist ning andmete salvestamise ja laadimise süsteemi, mis loovad kokku paindliku arenduskeskkonna.

Viiendas peatükis keskenduti „Mängutuuri“ arenduskeskkonna testimisele ning kasutajakogemuse analüüsile. Tagasiside põhjal on keskkond visuaalselt selge ja funktsionaalne, kuid enne kasutuselevõttu vajab see tehnilist viimistlust ja kasutusjuhendit, et vähendada segadust ja lihtsustada töövoogu.

Kuigi arenduskeskkond „Mängutuur“ on töö tulemusena valminud, vajab see veel täiendamist. Autoril ei ole plaanis projektiga koheselt edasi tegeleda, kuna fookus liigub edasistele õpingutele.

Lõpetuseks soovin tänada oma juhendajat Daniel Nael, kes toetas ja pakkus tagasisidet kogu töö käigus. Samuti avaldan tänu kõigile testijatele, kelle panus ja aus tagasiside võimaldavad projekti tulevikus edasi arendada ja täiustada.

Viidatud kirjandus

- [1] Kiili K, de Freitas S, Arnab S, Lainema T. The Design Principles for Flow Experience in Educational Games. *Procedia Computer Science*. 2012;15(15):78–91. doi:10.1016/j.procs.2012.10.060
- [2] Usman HA, Abarquez CA. Perceived Effects of Educational Game on the Academic Performance among Education Students. *Psychology & Education: A Multidisciplinary Journal*. 2024;22(10):1238–1247. doi:10.5281/zenodo.13208103
- [3] Hooshyar D. Effects of technology-enhanced learning approaches on learners with different prior learning attitudes and knowledge in computational thinking. *Computer Applications in Engineering Education*. 2021;30(1):64–67. doi:10.1002/cae.22442
- [4] D. Nael, Virtual Tour Game, Magistritöö, Tartu Ülikool, 2019.
- [5] Khan T, Downie A. What is no-code? 2024.
<https://www.ibm.com/think/topics/no-code> (14.05.2025)
- [6] Laubheimer P. Virtual Tours: High Interaction Cost, Moderate Usefulness. 2020.
<https://www.nngroup.com/articles/virtual-tours/> (14.05.2025)
- [7] Nielsen J. Why You Only Need to Test with 5 Users. 2000.
<https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>
(14.05.2025)
- [8] Schell J. *The Art of Game Design: A Book of Lenses*. Burlington: Morgan Kaufmann Publishers. 2008.

Lisad

I. Terminid

1. **Panoraam** – 360-kraadine, ümmargune pilt, mis võimaldab virtuaalselt pildi keskkonda uurida.
2. **Mängudisain** – protsess, mille käigus määratletakse mängu olemus läbi tuhandete otsuste tegemise [8].
3. **Raamistik** – tarkvarastruktuur, mis lihtsustab uute rakenduste loomist, pakkudes valmis komponente ja loogikat.
4. **Mängumootor** – spetsialiseeritud tarkvararaamistik, mis pakub tööriistu ja komponente arvutimängude loomiseks²⁴.
5. **useState** – Reacti sisseehitatud hook, mis võimaldab komponentides hallata muutuvat seisundit ehk olekut.
6. **Hook** – Reacti erifunktsioon, mis võimaldab funktsionaalsetes komponentides kasutada seisundeid ja muid Reacti võimalusi²⁵.

²⁴ <https://www.giantbomb.com/profile/michaelenger/blog/game-engines-how-do-they-work/101529/>

²⁵ <https://react.dev/reference/react/hooks>

II. Kaasnevad failid

Kaasnevaid faile sisaldav fail on järgmise struktuuriga:

- /Lähtefailid – kaust, mis sisaldab arenduskeskkonna „Mängutuur“ faile.
- /Testimine – kaust, mis sisaldab keskkonna testimiseks kasutatud küsimustikku ja vastuseid.

III. Käivitamise juhend

Arenduskeskkonna käivitamiseks tuleb järgida järgmisi samme:

1. Ava terminal ja liigu projekti juurkausta: -
vtg-r3f
2. Paigalda kõik vajalikud sõltuvused käsuga:
npm install
3. Pärast paigaldamist käivita arenduskeskkond käsuga:
npm run dev
4. Seejärel on arenduskeskkond kättesaadav veebilehitsejas aadressil:
http://localhost:5173

IV. Litsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Mihkel Kulu

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose Mängutuur – visuaalne arenduskeskkond õppemängu jaoks, mille juhendaja on Daniel Nael, 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.

Mihkel Kulu

15.05.2025