

TARTU ÜLIKOOL
Arvutiteaduse instituut
Informaatika õppekava

Joosep Tamm
Labour and Duty — tootmisliini rütmimäng
virtuaalreaalsuses
Bakalaureusetöö (9 EAP)

Juhendaja: Daniel Nael, MSc

Tartu 2025

Labour and Duty - tootmisliini rütmimäng virtuaalreaalsuses

Lühikokkuvõte:

Antud lõputöö kirjeldab virtuaalreaalsuse tootmisliini rütmimängu „Labour and Duty” arendust. Mängu loomise eesmärgiks oli pakkuda uut kogemust vastavates žanrites ja parandada virtuaalreaalsuse kasutajakogemust. Töös antakse ülevaade „Labour and Duty” mängudisainist ja implementatsioonist. „Labour and Duty” mängudisain loodi rütmimängude žanri olemusega ja virtuaalreaalsuse meediumi probleemidega arvestades. Mängu testiti võimalike mängijatega, et leida probleeme ja hinnata eesmärkide täitmist. Testimisel saadud tulemuste alusel on tehtud mõned parandused. Osa parandusi ja täiendusi on kavandatud teha tulevikus mängu edasiarendusena.

Visuaalne kokkuvõte:



Võttesõnad: arvutimäng, virtuaalreaalsus, rütmimäng, mängudisain, tarkvaraarendus, Unity, mängu testimine

CERCS: P170 Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine (automaatjuhtimisteooria)

Labour and Duty – a VR Production Line Rhythm Game

Abstract:

This thesis describes the development of the virtual reality production line rhythm game *Labour and Duty*. The purpose of the game is to offer a new gaming experience in its respective genres and improve on the user experience of virtual reality games. An overview of the game's design and implementation is given. The design of *Labour and Duty* was made in consideration of the rhythm game genre and the problems of virtual reality as a medium. The game was playtested with potential players to find remaining problems and assess the completion of the goals. Improvements were made based on the test results, and some further ones were planned for future development.

Visual Abstract:



Keywords: computer game, virtual reality, rhythm game, game design, software development, Unity, playtesting

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

Sisukord

1. Sissejuhatus.....	5
2. Rütmimängud virtuaalreaalsuses	7
2.1 Virtuaalreaalsus.....	7
2.2 Rütmimängude tähendus.....	8
2.3 Inspiratsioon.....	8
3. Disain	11
3.1 Stiil.....	11
3.2 Mängudisain.....	12
3.3 Kasutajakogemus	13
4. Implementatsioon.....	15
4.1 Tööriistad ja tehnoloogiad	15
4.2 Mängija tegevused	16
4.3 Rütm ja muusika	19
5. Testimine.....	21
5.1 Testimismetoodika.....	21
5.2 Tulemused.....	22
5.2.1 Testijad.....	22
5.2.2 Originaalsus	22
5.2.3 Mängukogemus.....	24
5.2.4 Kasutajakogemus	25
5.3 Parandused	27
6. Kokkuvõte.....	29
Viidatud kirjandus.....	30
Lisad.....	31
Litsents.....	37

1. Sissejuhatus

Videomängude ja virtuaalreaalsuse seadmete sektorid on mõlemad suured ja kasvavad maailmaturul tänu üha laienevale valikule tarkvara ja riistvara hulgast^{1 2}. Üks videomängude žanritest on rütmimängud, mis keskenduvad mängija rütmi- ja ajastuse tunnetusele. Arvestades virtuaalreaalsuse suhtelist uudsust³, on ootuspärane, et selle meediumi jaoks pole veel loodud nii mitmekesist valikut rütmimänge, nagu on näiteks loodud arvuti- või konsooliplatvormide jaoks.

Käesoleva lõputöö eesmärk on disainida ja luua unikaalne tootmisliini tegevust kujutav rütmimäng „Labour and Duty” Meta Quest seadmete jaoks. Quest virtuaalreaalsusplatvorm valiti selle suure turu hõive tõttu⁴. Selle töö jooksul valmis olemasolevast erinev mäng ja kogemus, mis rikastab VR mängude kogumit. „Labour and Duty” disainis keskendutakse kasutaja kogemusele ning arvestatakse riistvara ja meediumiga, mille kaudu mängu mängitakse. Mängu lasti testijatel proovida ja hinnata, et näha loodud mängukogemuse uudsust ja sobivust riistvarale.

„Labour and Duty” on virtuaalreaalsuse rütmimäng, mis kujutab tootmisliini tööd mängitava muusika rütmis. Mängija ülesanne on õigete ajastustega kokku panna erinevaid tooteid, füüsiliselt tehes läbi vajalikud sammud, milleks on juppide kokku asetamine, haamriga naelte löömine, poldide mutrivõtmega keeramine ja keevitusmasinaga keevitamine. Poolikud tooted tulevad järjest lindilt ja mängija peab kiirelt valmistuma selle toote jaoks õige tööriist kätte võttes ning vajalikud liigutused ette läbi mõteldes.

Teises peatükis on välja toodud virtuaalreaalsuse ja rütmimängude aspektid, mis olid tähtsal kohal „Labour and Duty” disainis. Peatükis on esmalt kirjeldatud praeguse virtuaalreaalsuse ja rütmimängude žanri olemust. Seejärel tuuakse välja mõned olemasolevad mängud, mis on inspireerinud „Labour and Duty” disainis tehtud valikuid ning mis sarnanevad valminud mängule.

Kolmas ja neljas peatükk keskenduvad „Labour and Duty” loomisele. Need peatükid kirjeldavad mängu stiili, mängu- ja kasutajakogemuse osas tehtud valikuid ning selgitavad

¹ Virtuaalreaalsustoodete turg <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/virtual-reality-vr-market>

² Videomängude turg <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/video-game-market>

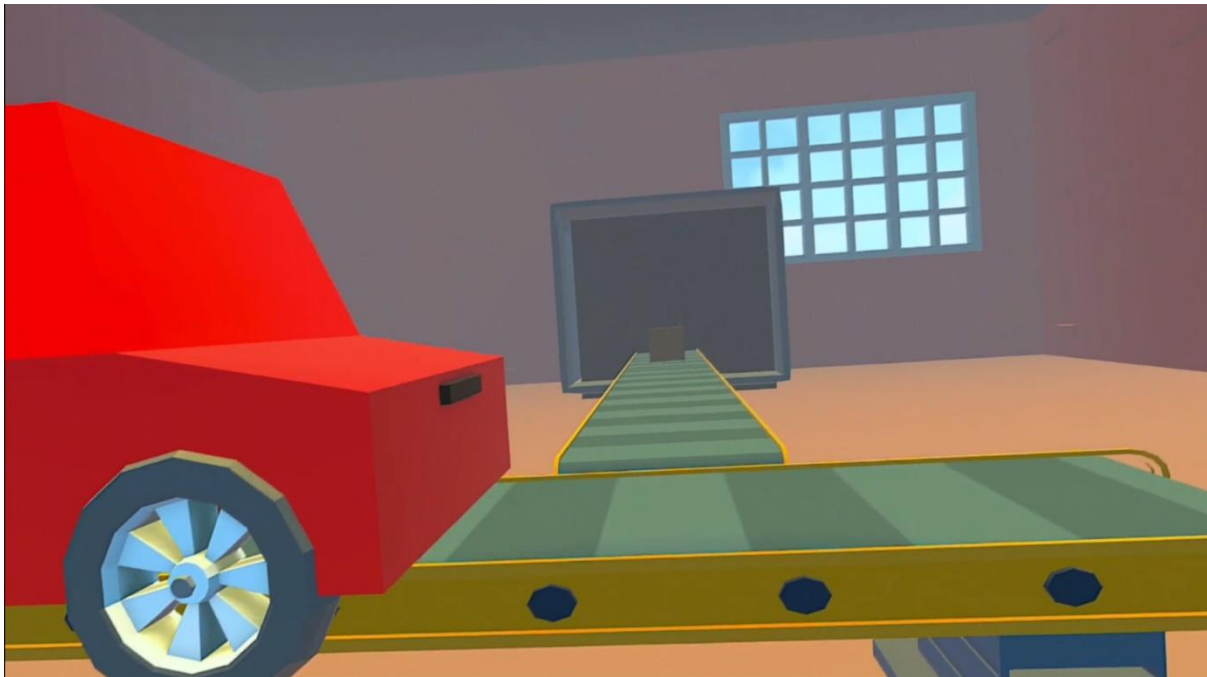
³ Virtuaalreaalsuse ajalugu <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>

⁴ Peakomplektide kasutamise määrad Steam mänguplatvormil <https://store.steampowered.com/hwsurvey/Steam-Hardware-Software-Survey-Welcome-to-Steam>

kuidas mäng lõpuks implementeeriti. Detailsemalt on välja toodud mängu tegevused ja keskne rütmihalduse süsteem.

Viies ja viimane peatükk kirjeldab „Labour and Duty” testimise käiku. Esimesena tuuakse selles peatükis välja rakendatud testimismetoodika. Teisena analüüsitakse testijate tagasisidet, et hinnata püstitatud eesmärkide täitmist. Viimaks mainitakse tagasiside põhjal tehtud täiendusi ning „Labour and Duty” arenduse tulevikuplaane.

Selles töö raames kasutatud keerulisemad mõisted on defineeritud sõnastikus (lisa I). Lisas II on mängu Quest seadmetele laadimise ja käivitamise juhend ning lisa III on lühike mängujuhend. Loodud mängu kood ja muud varad on kättesaadavad repositooriumis (lisa IV) ja lisatud failides (lisa VI). Lisaks on saadaval Youtube’i videod testimisessioonidest lisa V. Joonisel 1 on näha „Labour and Duty” antud lõputöö raames läbitud arenduse lõpus.



Joonis 1. Ekraanivaade „Labour and Duty” mängimisest.

2. Rüttimeängud virtuaalreaalsuses

„Labour and Duty” loomisel tehtud disaini- ja implementatsioonivalikute mõistmiseks on vaja teada, milline on virtuaalreaalsus ja millised on rüttimeängud nii arvutimängude puhul kui ka virtuaalreaalsuses. Alapeatükk 2.1 defineerib virtuaalreaalsuse ja selle meediumi valiku mõju lõplikule mängule. Alapeatükk 2.2 kirjeldab rüttimeängude žanri eripärasid ja kuidas need avalduvad „Labour and Duty” puhul. Viimases alapeatükis 2.3 on välja toodud mängud, mis inspireerisid „Labour and Duty” loomist.

2.1 Virtuaalreaalsus

Virtuaalreaalsus on mitmetähenduslik mõiste, mida üldiselt kasutatakse kirjeldamiseks kohti või terveid maailmu, mis on olemas ainult arvutites ja inimeste mõtetes. Täpsema definitsiooni annab Jason Jerald enda raamatus [1], kus ta kirjeldab virtuaalreaalsust kui arvutiga loodud digitaalset keskkonda, milles toimuvast saab osa võtta ning seda kogeda nagu päris maailmas.

Praegu kogetakse virtuaalreaalsust ja luuakse tarkvara tänu virtuaalreaalsuse peakomplektidele, mis tüüpiliselt sisaldavad pähe käivat ekraani ning selle ümbrist, käes hoitavaid pulte ja mingit liikumiste ning asendi jälgimise (ingl *tracking*) meetodit (vt Joonis 2). Peakomplektid jagunevad oma disaini ja võimekuste järgi kaheks: iseseisvad ja arvutiga ühendust vajavad variandid. Iseseisvate komplektide puhul on lisaks ekraanile peas kantaval komponendil aku, protsessorid ja jälgimiskaamerad, mis ümbruse vaate järgi mängija liikumisi tarkvarale edastavad. Arvutiga ühendust vajavad komplektid ei sisalda akut ega protsessoreid ning tüüpiliselt kasutavad eraldi ruumi paigutatavaid kaameraid, et väljastpoolt mängija tegevust jälgida [2].



Joonis 2. Meta Quest 2 iseseisev virtuaalreaalsuspeakomplekt.

Arvestades, et selles lõputöös loodava mängu eesmärk on pakkuda uut virtuaalreaalsuskogemust, saab „Labour and Duty” olla kättesaadav rohkematele mängijatele rohkemate olemasolevate kogemustega tehes mängu sobivaks mõlemat tüüpi peakomplektidele. Kuna

iseseisvatel lahendustel on piiratud akumaht ja protsessori võimekus võrdluses lauaarvutitega⁵, on oluline hoida mängu jõudlus kõrgena piirates graafilist ja arvutuslikku keerukust. Sama erinevuse tõttu riistvara võimekuses on jõudluse kontrollimiseks mängu arendades vaja seda jooksutada nii iseseisva peakomplekti rakendusena kui ka arvutis oleva ja sealt peakomplektile üle kantava rakendusena, mida ka „Labour and Duty” arenduse jooksul tehti.

2.2 Rütmimängude tähendus

Rütmimängude definitsioon videomängude žanrina on aja jooksul korduvalt muutunud. Videomänge, sealhulgas rütmimänge võib defineerida mitmel moel. Neid võib vaadata sarnaselt filmižanritele visuaalse temaatika või narratiivse sisu järgi, aga tänu mängude ainulaadsele seosele mängijaga, kes on osa mängu tegevustest, toimub mängude žanritesse jagamine peamiselt nende mängukogemuse põhjal [3]. Sellised on näiteks ühe suurima mänguplatvormi Steam kategooriad⁶.

Käesolevas lõputöös kasutatakse Mark JP Wolfi rütmimängude definitsiooni raamatust, kus ta on kirjutanud osa, mis keskendub mängužanritele ja nende definitsioonidele [3]. Wolf defineerib selles teoses mängužanreid, kaasa arvatud rütmimänge, nende interaktiivsuse saavutamise meetodite põhjal ehk selle põhjal, kuidas mängija mängu tegevusest osa võtab. Ta toob välja muude žanrite seas rütmi- ja tantsumängude žanri kui mängude kogumi, mille puhul mängija peab mängu tegevuste käigus püsima mängu poolt ette antud rütmis.

„Labour and Duty” järgib selgelt žanri interaktiivsuse põhist definitsiooni. Mängijalt nõutavad tegevused viivad tootmisliini toote valmimiseni ja kui mingi sammu ajastus on liiga kaugel oodatust, jääb toode nähtavalt poolikuks ning kaotatakse punkte. Kuna tegevused on ajastatud mängiva muusikapala rütmi järgi, peab mängija loomulikult püsima kuuldas rütmis.

2.3 Inspiratsioon

Üks esimesi ja kõige tuntumaid virtuaalreaalsuse rütmimänge praegusel turul on „Beat Saber”⁷. Tegemist on abstraktse rütmimänguga, kus mängija peab valgusmõõkadega (vt Joonis 3) läbi lõikama kaste õiges rütmis. „Beat Saber” on inspireerinud mitmeid hilisemaid rütmimänge,

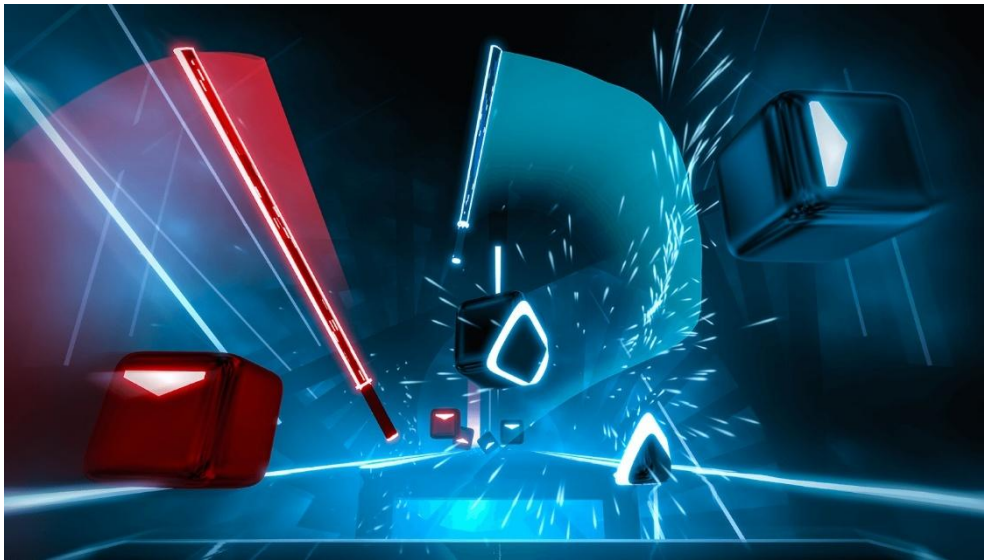
⁵ Iseseisvate peakomplektide võimekus võrdluses arvutiga ühendatud lahendustega https://zybervr.com/en-eu/blogs/news/standalone-vs-pc-vr-choosing-the-right-virtual-reality-experience?srsId=AfmBOorRISru5bAoN_-BYVaJQHWpnleiDxJbfBSodwy-O5qn5ozD6GJN

⁶ Steam platformi kategooriad https://store.steampowered.com/tag/browse/#global_492

⁷ SteamDB mängijate arvu järgi järjestus

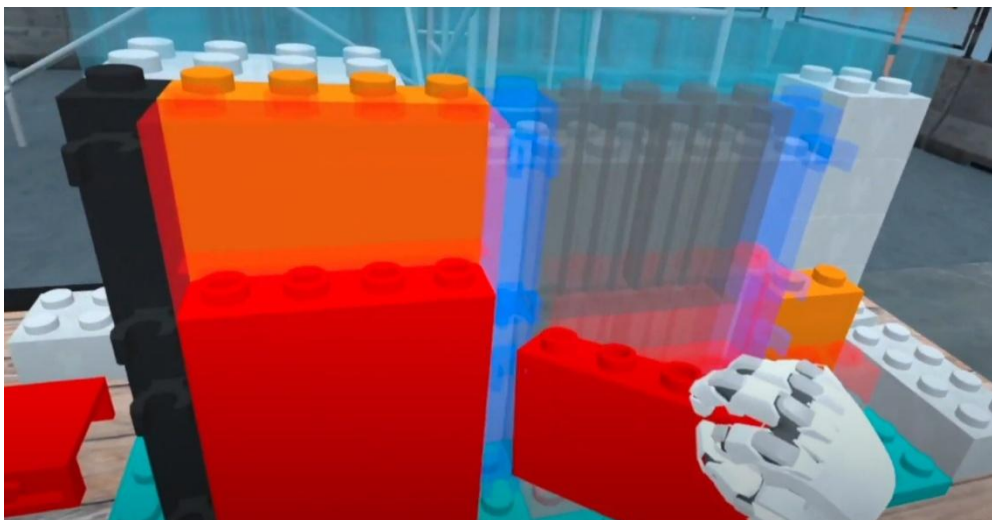
<https://steamdb.info/instantsearch/?refinementList%5Btags%5D%5B0%5D=Rhythm&refinementList%5Btags%5D%5B1%5D=VR>

kaasa arvatud „Labour and Duty“ ja selles esinevat haamrilõhkide tegevust, tänu selle kergelt mõistetavale ja sujuvale mängukogemusele.



Joonis 3. Virtuaalreaalsuse rütmimäng „Beat Saber“.

Virtuaalreaalsuse mängu, mis sisaldaksid tootmisliini või asjade kokku panekut, leiti selle lõputöö raames vähe. Üks vähetuntud mäng Quest seadmetele, millelt „Labour and Duty“ inspiratsiooni sai, oli „Virtual Reality Construction Lab“⁸, kus saab erinevaid ehitisi ja objekte kokku panna asetades osi poolläbipaistvate siluettide kohale (vt Joonis 4). „Labour and Duty“ jaoks valminud autole rataste alla panemise mehaanika on ideeliselt sarnane.



Joonis 4. Virtuaalreaalsuse ehitismäng „Virtual Reality Construction Lab“.

⁸ Virtual Reality Construction Lab <https://www.meta.com/experiences/vr-construction-lab/5892132914173739/>

Üks tuntumaid 2D rütmimänge on „Osu!”⁹. „Osu!” esimene versioon valmis aastal 2007 ja on sellest ajast pidevalt saanud uuendusi, sealhulgas laienedes IOS ja Android platvormidele¹⁰. See mäng on tuntud mängijate poolt loodud uskumatult raskete tasemetest, kus mängijad peavad kiirelt ja täpselt vajutama õigetele kohtadele ekraanil õigel ajal. „Osu!” kasutab oodatud tegevuste ajastuse näitamiseks ringipaare, kus väline indikaator-ring kahaneb ja läheneb sisemise vajutatava ringi suurusele ning ajastus vastab hetkele, mil mängija peab sisemisele ringile vajutama või muud tegevust alustama (vt Joonis 5). „Labour and Dutys” kasutatakse sarnase lahendusega indikaatoreid, et näidata erinevate tegevuste õiget ajastust.



Joonis 5. Rütmimäng „Osu!” ja selle indikaatorid.

⁹ Osu! veebileht <https://osu.ppy.sh/>

¹⁰ Osu! ajalugu https://osu.ppy.sh/wiki/en/History_of_osu!

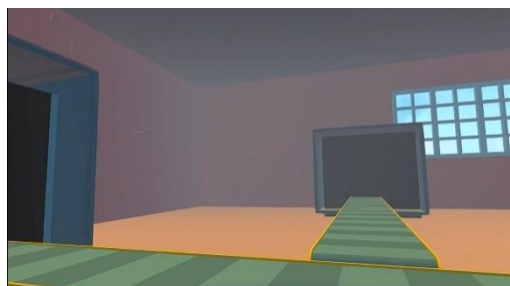
3. Disain

Enne kui saab alustada mängu või muu tarkvara arendamisega, on vaja seada prioriteedid ja teha valikud loodava sisu ja selle implementeerimise osas¹¹. Teisisõnu, on vaja luua mängule disain, mis võimaldaks projektile seatud eesmärkide hea ja realistliku täitmise. Selles peatükis tuuakse välja kõige tähtsamad valikud, mis lõpliku mängu osas tehti. Alampeatükk 3.1 keskendub mängu visuaalsele stiilile ja selle valiku alustele. Alampeatükis 3.2 on välja toodud „Labour and Duty” mängudisain ja interaktiivsuse soodustamine. Viimane alampeatükk 3.3 kirjeldab virtuaalreaalsusmängude kasutajakogemusega seonduvaid raskusi ning kuidas neid on mängu puhul hallatud.

3.1 Stiil

Suur osa mängu mängimise audiovisuaalse kogemusena sõltub selle graafilisest ehk nähtavast poolest. Enne graafikat implementeerima asumist on vajalik valida sobiv visuaalne stiil, mis „Labour and Duty” puhul peab aitama antud lõputöös kaasa varem püstitatud eesmärkide täitmisele. Mitmesuguse virtuaalreaalsuse riistvara kasutamise võimaldamiseks on vaja kontrollida mängu jõudlust, aga samas vältida võimalikke graafikast tulenevaid kasutajakogemuse probleeme¹². Valitud stiil peab olema piisavalt meeldiv tavalise mängija jaoks, et see ei torkaks silma ega segaks mängimist. Samas peab jõudluse haldamiseks hoidma kasutatavad objektid ehk mudelid ja keskkonnad arvutuslikult lihtsad, et mäng oleks saadaval rohkemate virtuaalreaalsuseadmete ja arvutite jaoks.

„Labour and Duty” tegevus toimub tehase tootmisliinil, millel on suur vahemik võimalikke stiile. Üks võimalus on võtta tehase disain otse päriselu näitest realistlikus stiilis, aga see oleks ebarahuldav valik jõudluse poolest ja tekitaks mängus segavaid hetki, kui mingi objekt ei vasta oodatud detailsusele. Stiili ühtluse ja jõudluse parandamiseks on tehas ja muud objektid graafiliselt lihtsas, madala detailsusega stiilis (vt Joonis 6).



Joonis 6. Tehasehoone ja tootmisliini visuaalne stiil.

¹¹ Mängu arenduse sammud <https://gamedev.io/en/blog/stages-of-game-development>

¹² Iseseisva virtuaalreaalsusriistvara eripärad <https://www.visartech.com/blog/advantages-of-standalone-vr-over-pc-vr/>

3.2 Mängudisain

Mängu eesmärk on ennekõike olla meelt lahutav ja pakkuda elamusi, aga mängu eristab muudest sarnaste eesmärkidega meediumitest, nagu ilukirjandus, kinokunst ja muusika, mängude interaktiivsus¹³. Katie Salen Tekinbaş kirjeldab enda raamatus [4] interaktiivsust (täpsemalt interaktiivuse osa, mis teeb mängud eriliseks võrreldes muu meediaga) kui otsest osavõttu mängu sündmustest, mis mõjutavad järgnevat sündmusi ja üldiselt mängijale kuvatavat sisu. Ta kirjutab põhjalikult, kuidas interaktiivsust mängu disainides luua nii üksikute tegevuste kui ka nende tulemusena tekkiva tervikliku mängukogemuse puhul.

Selles töös loodud virtuaalreaalsuse rütmimängus tekib üksikute väikeste otsuste tasemel interaktiivsus meediumist ja mängužanrist tulenevalt loomulikult, sest mängija peab füüsiliselt reageerima ja liikuma õigel ajal õigesse kohta, et tegevust loetaks edukaks. Disainivalikute kaudu on võimalik interaktiivsust tekitada kõrgemal, teadvuslikul tasandil kõigi üksikute väikeste õigel või valel ajal tehtud liigutuste tervikuna hindamise ja tulemuse mängijale esitamisega. Selle aspekti täidab tootmisliini temaatika, kus määratud muusikapala osa lõpuks valmib toodetav ese nii kvaliteetsena, nagu mängija tegevused selle kokku panid, mille kohta mäng annab ka otsest tagasisidet punktisüsteemi abil.

Üks kõige olulisemaid interaktiivsuse osi on mängijatele valikuvabaduse andmine, mida toob ka välja Tekinbaş samas raamatus [4]. Ta kirjeldab kuidas valikud ei pea alati olema esitletud valikutena, näiteks kuskil menüüs nimekirjana, vaid katavad kõike mängijate poolt tehtavat. Täpsemalt on valikud mängija tegevused olukordades, kus ta oleks võinud midagi muud teha, kaasa arvatud õnnel põhinevad valikud nagu täringu veeretamine ja tahtmatud valikud nagu füüsilised refleksid kiiretele olukordadele.

Tekinbaşı interaktiivsuse kirjeldus valikuvabaduse kaudu on põhjalik, aga üsna üldine, ja ainult osaliselt kehtib selles töös loodavale rütmimängude žanri mängule. Virtuaalreaalsuse rütmimängus nagu „Labour and Duty” esineb vähe otseste valikute tegemist, sest mängu tegevus toimub ette määratud muusikapala ja selle jaoks ette disainitud oodatud liigutuste jada järgi. Mängija valikud ilmnevad rütmimängus hoopis alateadvuslikes otsustes, kuidas ta endale mugaval ja meeldival moel tegutseb ja millele ta keskendub, et õigel ajal õige tegevus

¹³ Mängude erisus muust meediast <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/z2g7p39/revision/2>

sooritada. See avaldub eriti just virtuaalreaalsuse mängus, kus mängija peab füüsiliselt liikuma ja esinevad erisused mängijate liikumisharjumuste ja füüsiliste võimekuste vahel.

Antud lõputöö käigus loodud mängu puhul võimendatakse disaini kaudu füüsilisest tegevusest loomulikult tekkivat alateadvuslike valikute süsteemi. See saavutatakse hinnates punktidega kõrgemalt õige tugevusega ehk esemete tegeliku massi puudumise tõttu õige kiirusega, ning õige sujuvusega tabatud noote. Selline interaktiivne punktisüsteem annab mängijale võimaluse lisaks muusikale ja ajastusele keskenduda ka tehtavatele liigutustele endile, mis tekitab nii teadlikke kui alateadvuslikke valikuid iga tehtava liigutuse ja tabatava noodi jaoks. Kõige tipuks on selle süsteemi järgi tegutsemine iseenesest valik, kuna see ainult tõstab lõplikke punkte õnnestumise määramise asemel, ja mängija võib otsustada mängida ning liikuda kuidas ta ise tahab.

3.3 Kasutajakogemus

Lisaks mängu enda haaravusele ja interaktiivsusele, on disainivalikute tegemisel oluline tulevaste mängijate kasutajakogemus ehk kui mugav ja nauditav mängu kasutamine on [4]. Selles töös loodud mängus keskendutakse kasutajakogemuse parandamisel kahele aspektile: küberiiveldus ja riistvarast tulenev mängija ebamugavus ning ülekuumenemine.

HyeJin Oh ja GyoChang Lee artiklis [5] kirjeldatakse merehaigusele analoogset ebamugavust tekitavat küberiiveldust (ingl cyber sickness), mis tuleneb virtuaalmaailmas vaate ja esemete liikumisest samal ajal, kui kasutaja pärismaailmas seisab paigal. Selle nähtuse põhjal ja virtuaalreaalsuse tähelepanu haaravuse tõttu järeldavad artikli autorid, et VR sisu põhjustab küberiiveldust tavapärasest suuremate erinevuste tõttu liikumiste tajumises. Oh ja Lee artikli sisu rakendati antud töös loodud mängu disainis nii, et välditi täielikult mängija liigutamist vastu tema tahet ning vähendati üldist tausta liikumist mängu virtuaalses maailmas.

Kasutajakogemuse kujundamisel peab lisaks tarkvarast endast tulenevatele probleemidele arvestama riistvaraliste piirangute ja raskustega. Virtuaalreaalsuse mängude ja muu tarkvara kogemiseks kasutatavad peakomplektid on kasutajal peas, mitte mujal, näiteks laua peal või süles. Kui kasutajakogemust segab riistvara valik, võiks arvata, et parema valiku tegemine peakomplektide seast väldiks nende unikaalsest kasutusest tingitud probleeme, aga kahjuks sellest ei piisa.

Turule pole veel tulnud peakomplekti, mille puhul oleksid need mured täielikult lahendatud. Sellest kirjutab Peeter Paal enda bakalaureusetöös [6], kus ta küsitluse kaudu võrdles nelja

erinevat virtuaalreaalsuse peakomplekti kolmelt tootjalt, milleks olid Meta (tollal Oculus), Varjo ja HTC. Paal leidis, et leidis märkimisväärseid erinevusi kasutaja mugavuses peakomplektide vahel, aga ükski riistvaralahendus ei olnud üheski töös vaadeldud mugavuse aspektis täiuslik. Kuna riistvaraliselt pole kasutajakogemus veel täiuslik, peab arvestama tarkvara disainimisel ja loomisel võimaliku ebamugavusega, mis peakomplektide ja muu virtuaalreaalsuse riistvaraga kaasneda võib.

Virtuaalreaalsuse riistvarast ja kasutajaliidesest tulenevatest muredest keskendub Michael Rupp enda artiklis [7] ülekuumenemise probleemile. Ta toob välja, et sarnaselt muu elektroonikaga tekib VR riistvara kasutamisel palju ülejäänud soojusenergiat. Kuna VR peakomplektid on näo peal kantavad seadmed, on tema arvates lisaks tavalistele kuumusega seotud muredele tarvis pöörata tähelepanu ka võimalikule ebamugavusele, mida liiga kõrge temperatuur peakomplekti suletud õhus tekitada võib. Lisaks väidab Rupp, et näo kõrge tundlikkus temperatuuri suhtes teeb näo peale käivate VR peakomplektide puhul kuumuse kontrollimise kasutaja mugavuse ning kogemuse jaoks kriitiliseks.

Kuna ülekuumenemine on VR peakomplektidega kaasnev probleem iga olemasoleva peakomplekti puhul, peab loodav VR mäng hoidma kasutaja näo temperatuuri kontrolli all. See saavutatakse töös loodud mängu puhul piirates mänguperioodide pikkust, et saaks peakomplekti kohendada kasutaja vajaduse järgi. Kuna mängu nauditavuse jaoks on ka oluline mängija kontroll ja valikuvabadus mängu üle, tuleb mängusessioonide pikkust hallata kaudselt. Selle töö raames loodud mängu puhul on lisatud rahulik „vahetase” mängu menüüdega iga muusikapala ehk taseme läbimise järel, kus ei toimu aktiivselt mängu tegevus ja kus on lihtne teha paus või lõpetada sessioon.

4. Implementatsioon

„Labour and Duty” disain on selles töös kesksel kohal, aga sama oluline on disaini realiseerimine lõplikus mängus, mille saavutamiseks on kasutusel mitmed tarkvaralahendused ja tööriistad. Alapeatükis 4.1 on kirjeldatud mängu loomisel kasutatud rakendused ja tööriistad ning peatükkides 4.2 ja 4.3 on välja toodud loomeprotsess ja selles tehtud valikud mängu elluviimisel.

4.1 Tööriistad ja tehnoloogiad

Üks kõige tähtsamaid tööriistu, mis oli vajalik selle töö jooksul mängu loomiseks, oli Unity¹⁴ mängumootor. „Labour and Duty” tugineb Unity tööriistadele, alates kasutaja VR komplekti sisendite haldamisest 3D graafikani. Unity valiti selle töö jaoks, sest selle esitus ja mänguarenduse tööriistad on hästi dokumenteeritud ning lihtsustavad suure osa mängule vajaliku funktsionaalsuse loomist, mida muidu peaks mängu arenduse käigus nullist tegema. Olemasoleva mängumootori kasutamine võimaldab keskenduda töö põhiteemale, milleks on mängu disain ja kõrgetaseme implementatsioon¹⁵.

Peale Unity olid töö alguses alternatiivsed mängumootorid Godot¹⁶ ja Unreal Engine 5¹⁷. Lõpuks otsustati Unity kasuks selle tuttavuse tõttu, võimaldades keskenduda mängu disainile ning implementatsioonile ja säästa aega uue mängumootori kasutuse õppimise arvelt. Lisaks oli Unity modulaarsete süsteemide ja Unity Asset Store¹⁸ varade abil võimalik võrdlemisi kiirelt arendada „Labour and Duty” jaoks uusi mehaanikaid ja objekte.

Mängus esinevad 3D mudelid ja nende tekstuurid on kahest välisallikast. Peamiselt kasutati Unity Asset Store’i üles laetud tasuta saadaval olevaid mudeleid. Leitud kunstivara kohendas ja osa mudelitest koostas enda õppetöö raames Tartu Kunstikooli õpilane Olesja-Väsvy Soitu.

Mängu funktsionaalsust loovad skriptid on kirjutatud programmeerimiskeeles C#. Keele objektorienteeritud programmeerimise võimalused võimaldasid kirjutada kergelt taaskasutatavaid ja laiendatavaid skripte ning rakendada neis levinud programmeerimismustreid.

¹⁴ Unity mängumootorid <https://unity.com/>

¹⁵ Mängumootori kasutamise eelised <https://medium.com/@jaredehalpern/the-what-and-why-of-game-engines-f2b89a46d01f>

¹⁶ Godot mängumootor <https://godotengine.org/>

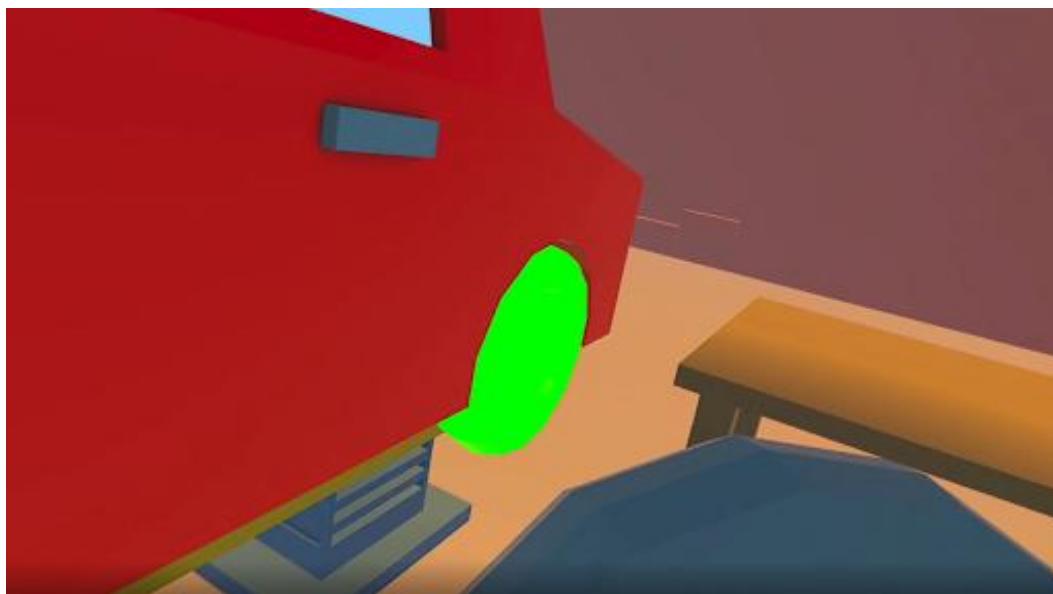
¹⁷ Unreal Engine 5 mängumootor <https://www.unrealengine.com/en-US>

¹⁸ Unity Asset Store <https://assetstore.unity.com/>

4.2 Mängija tegevused

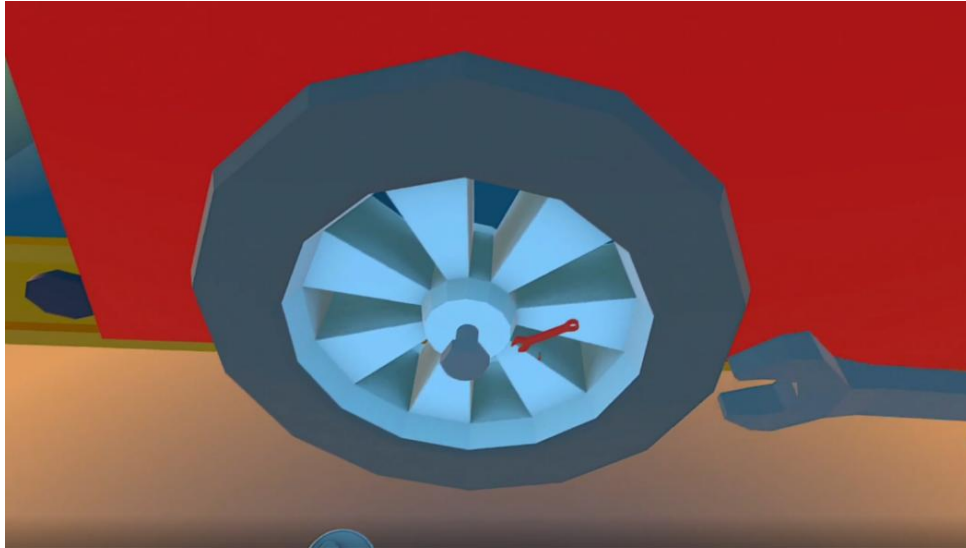
„Labour and Duty” võimaldab mängijale nelja liiki tegevusi: objektide või nende osade asetamine toodetavale objektile, haamriga naelte löömine, nutrivõtmega poltide keeramine ja keevitusmasinaga metalljuppide kokku keevitamine. Iga tegevuse jaoks on kasutusel sarnased indikaatorid, mis aja jooksul muutuvad värvuselt punasest roheliseks ning roheliseks minemise hetk on õige ajastuse näitamiseks. Lisaks kõigi tegevuste puhul peale keevitamise kasvab indikaator ajas, et „liikumise” kaudu mängijale rohkem välja paista ja ajastust tugevamalt näidata.

Objektide kokkupanek toimub „Labour and Dutys” automaatselt, mängija peab ainult haarama õige jupi ning selle viima kokku indikaatori asukohaga (vt Joonis 7). Kui käes hoitav jupp jõuab õigele positsioonile, lukustub see terviku külge ja mängija ei saa seda enam käes hoida. Selle tegevuse puhul on indikaatorid samal kujul kui nende kohale käiv jupp.



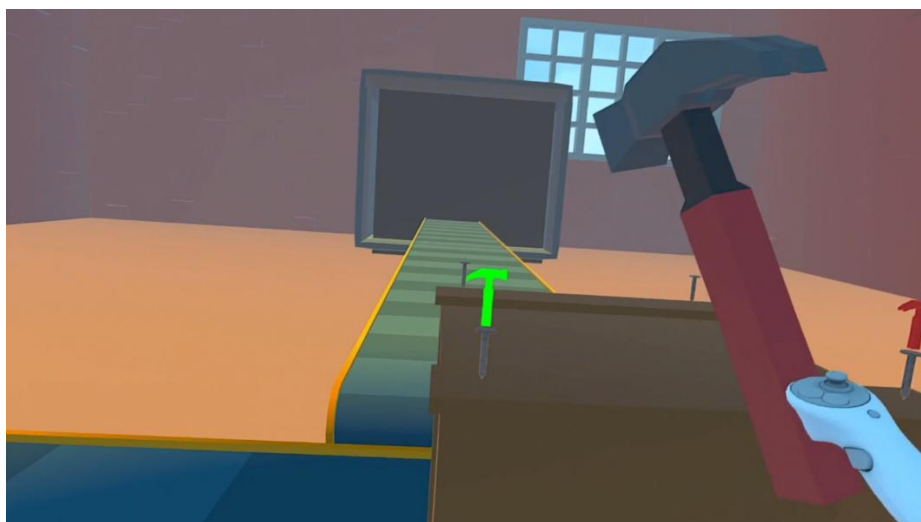
Joonis 7. Autole rehvi all panemine, objektide asetamise tegevuse näidis.

Poltide keeramise tegevus koosneb tegelikult kahest osast, mutrivõtme õigeaegsest õige nurga all poldi külge asetamisest ning seejärel õigeaegsest minimaalse nurga võrra õiges suunas keeramisest. Nende kahe sammu näitamiseks on kasutusel kaks eraldi indikaatorit eraldi kontrollitavate ajastustega (vt Joonis 8).



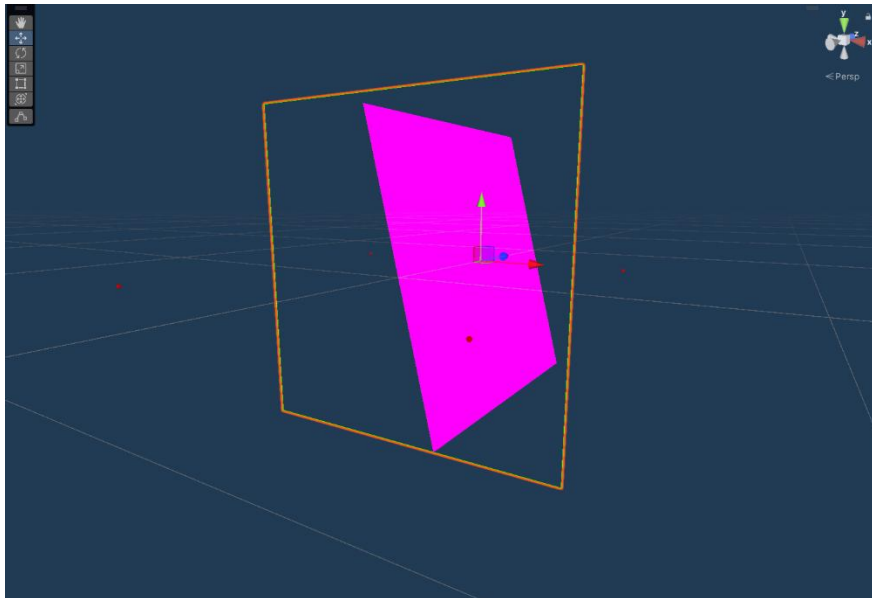
Joonis 8. Poldi keeramise indikaatorid ja mutrivõti.

Haamrilöökide tegevus on loodud väga sarnaseks päris eluga. Vaja on haamri pead lüüa naela pihta õiges suunas, õige nurga all ja piisava kiirusega, et nael kokku pandava objekti pinna sisse lüüa. Õige tööriista valimise tähtsuse rõhutamiseks pole võimalik teiste tööriistade ega objektidega naelu lüüa, mida on näha ka indikaatorite kuju järgi (vt Joonis 9). Iga nael võib vajada ühte või mitut lööki ning õnnestunud löögil liigub nael vastava vahemaa jagu pinna sisse.



Joonis 9. Haamrilöökide indikaatorid ja haamer.

Keevitamine toimub läbi muidu nähtamatu keevitusobjekti (vt Joonis 10), mille materjali on võimalik värvida keevitusmasina otsaga. Täpsemalt on tegemist omaloodud varjutaja (ingl *shader*) abil keevituspinna materjali tekstuuri värvimisega. See lähenemine võimaldab mängijal vabalt pinna ulatuses keevitada ning seejärel tema täpsust pinna pikslite värvi analüüsimisega hinnata. Oodatud keevitusjoont näitab eraldi sirg- või kõverjooneline indikaator (vt Joonis 11).



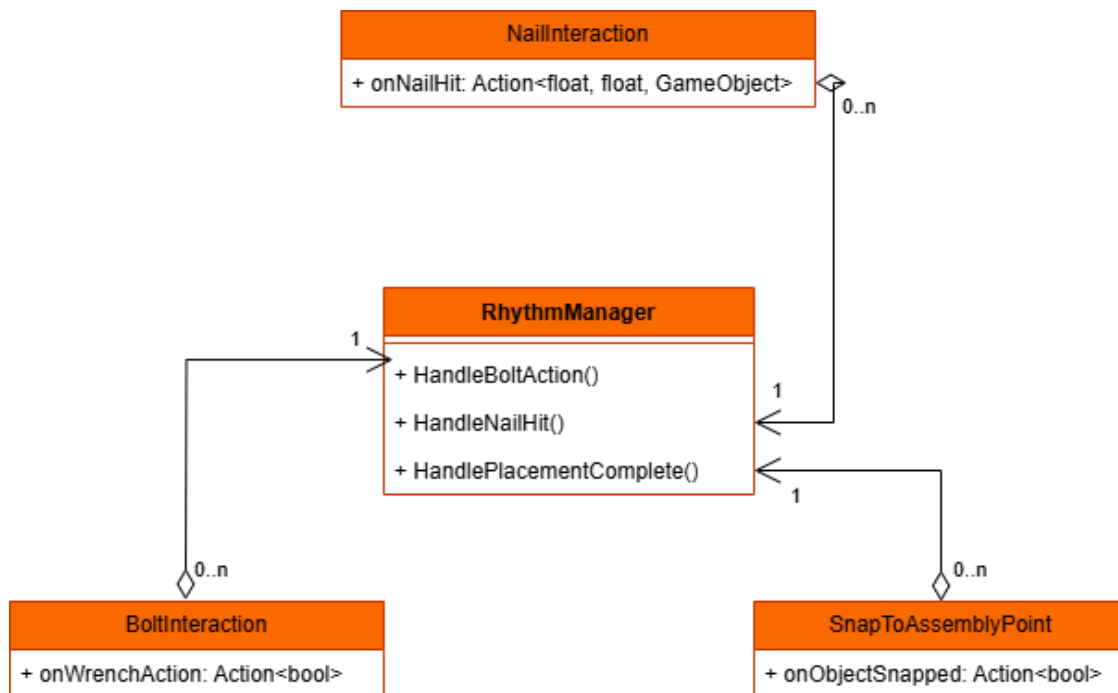
Joonis 10. Keevitusobjekt ja keevituspind Unity vaates.



Joonis 11. Keevitusjoone indikaator ja keevitusmasin.

Mängija peab tasemete läbimiseks sooritama kõiki mainitud tegevusi õigete ajastuste, kiiruste ja muude tingimustega. Iga tegevuse jaoks ajastust ja mängija edukust eraldi jälgida oleks keeruline ja viiks kergelt aja sünkroonsuse vigadeni. Selle asemel on kasutusel üks rütmi halduse klass ning vaatleja muster (ingl *observer pattern*). Mustri põhiidee on ühes klassis

teisest klassist signaali ootamine, et siis saadud info põhjal vastav seesmine funktsioon käivitada [8]. „Labour and Duty” puhul on see muster implementeeritud C# programmeerimiskeelde sisse ehitatud *Action*’ite abil. Iga tegevuse jaoks edukal sooritamisel luuakse „sündmus”, mille jaoks on ühes keskses halduse klassis eraldi kuulajad (ingl *listener*) ja nende poolt käivitavad funktsioonid vastavate muudatuse ellu viimiseks objektide asukohtades, skooris ja muus (klassidiagramm Joonisel 12).



Joonis 12. Sündmuste ja kuulajate UML diagramm.

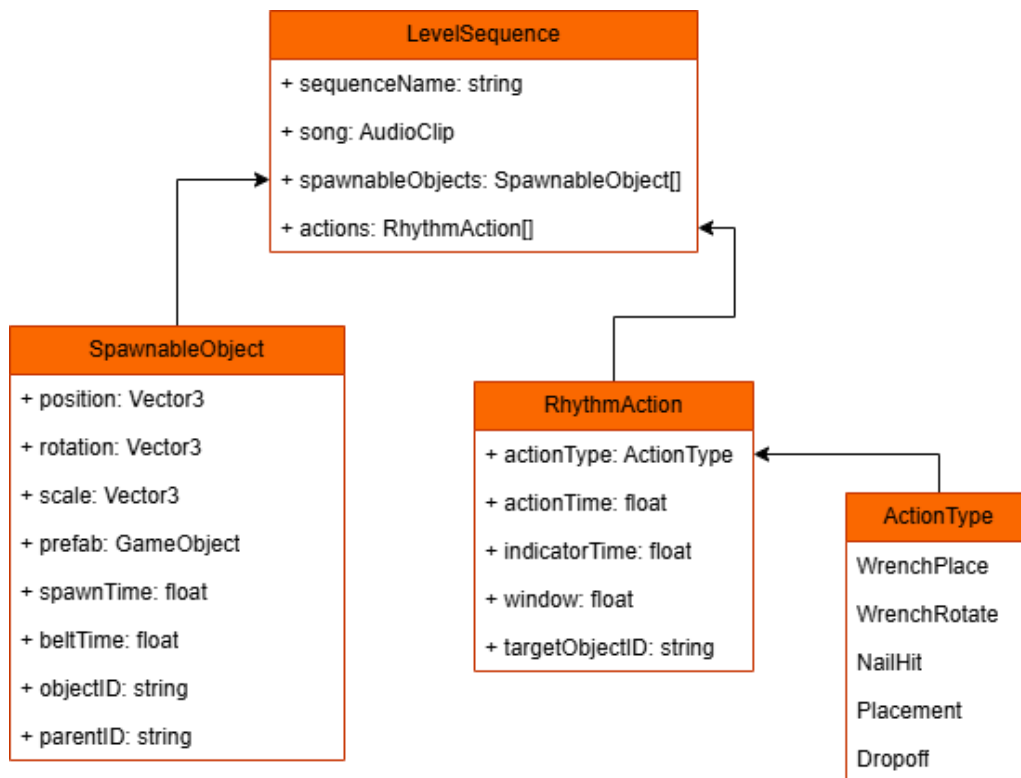
4.3 Rütm ja muusika

Töö jooksul valminud mängu tasemetes kõlav muusika on leitud Pixabay¹⁹, mis on kunstiplatvorm, kus on tasuta saadaval erinevad video- ja heliteosed, millest on „Labour and Dutys” kasutatud paar muusikateost. Teosed valiti nendes esinevate rütmide ning kasutatud löökpillide või muu rütmi helitugevuse järgi, et mängija kindlalt tajuks ja keskenduks rütmile.

Erinevalt enamikest teistest rütmimängudest nii virtuaalreaalsuses kui ka arvutimängude vallas, on „Labour and Duty” tasemetes tegevused jagatud üksikutesse järjenditesse (klassidiagramm Joonisel 13), mille vahel on tegevusteta aega ühe kokku pandava objekti liinilt lahkumiseks ja järgmise saabumiseks. Objektid ja tegevused ei tule pidevalt nagu „Beat Saberi” puhul, vaid tasemed koosnevad järjest käivitavatest intensiivsetest tegevuste järjenditest,

¹⁹ Pixabay <https://pixabay.com/>

mille vahel on mängijal aega hinge tõmmata ja järgmiseks seeriaks valmistuda, näiteks õige tööriist kätte võttes.



Joonis 13. Järjendite ja nende sisu UML klassidiagramm.

5. Testimine

Testimine on vajalik igasuguse tarkvara kvaliteedi parandamiseks ja probleemide uute vaatenurkade alt leidmiseks²⁰. Tagasiside saamiseks „Labour and Duty” disaini ja implementatsiooni osas viidi läbi mängu testimine. Selle peatüki esimene alapeatükk 5.1 kirjeldab testimisel kasutatud meetodikat, alapeatükk 5.2 analüüsib testimisel saadud tulemusi ja tagasisidet ning alapeatükk 5.3 kirjeldab tagasiside põhjal tehtud parandusi ja tulevikuplaane.

5.1 Testimismetoodika

Üks valminud testimise põhjustest selle lõputöö raames oli varem püstitatud eesmärkide täitmise hindamine. „Labour and Duty” arendamisel olid eesmärgid luua originaalne mäng ning seejuures pakkuda mängijatele head kasutajakogemust. „Labour and Dutyt” testiti viie testijaga. See on piisav kogus inimesi, et leida enamik probleeme kasutajakogemuses [9]. Testijad olid kõik varem kokku puutunud virtuaalreaalsusmängudega, et vältida tehnoloogia uudsuse mõju mängu enda originaalsuse hinnangule.

Igale testijale korraldati individuaalne mängusessioon, kus mängijad esimest korda nägid ja said proovida „Labour and Dutyt” ning selle kahte olemasolevat muusikapala ning seotud taset. Nad läbisid mängu tollaegse sisu lõputöö autori ülevaatusel, et vahetult näha, kuidas mängijad mängu mehaanikate ja ideega suhestuvad. Lisaks tehti ekraanisalvestused iga mängija sessioonist koos mängu heliga, mida hiljem analüüsiti mängijate kogemuse ja rütmitunnetuse hindamiseks. Mängusessioonide alguses tutvustati mängijatele käepulte ja nende kasutamist mängu kontekstis. Pärast algust ei aidatud mängijaid ja nad pidid ise mehaanikatest ja võimalikest mängu tegevustest aru saama.

Pärast mängu mõlema olemasoleva taseme mitu korda läbimist ja enda jaoks sobival tasemel mängust aru saamist, lõpetati mängusessioonid küsimustiku täitmisega. Küsimustik sisaldas küsimusi mängijate varasema kogemuse, nende mängukogemuse ja mängu originaalsuse kohta. Lisaks vastati iga mehaanika originaalsuse ja kogemuse teemal küsimustele. Küsitluse tulemused võimaldasid hinnata mängu edukust ning milliseid mängu osi oleks vaja lisada või muuta.

²⁰ Testimise eelised <https://www.computer.org/resources/importance-of-software-testing>

5.2 Tulemused

Varem mainitud küsitluse täitmisel vastasid testijad erinevatele küsimustele enda harjumuste ja kogemuste ning „Labour and Duty” kohta. Alampeatükk 5.2.1 toob välja testijate senised kogemused rütmimängude ja virtuaalreaalsusega. Alampeatükid 5.2.2 kuni 5.2.4 analüüsivad testijate tagasisidet erinevate „Labour and Duty” aspektide kohta.

5.2.1 Testijad

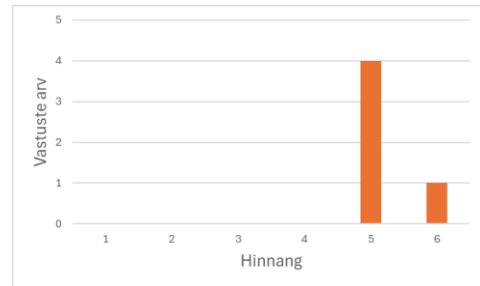
Tagasiside küsimustiku vastuste põhjal on teada, et mängu proovinud viis testijat olid kõik vähemalt korra proovinud virtuaalreaalsuse rakendust ning kõik peale ühe olid teinud seda korduvalt. Rütmimängudega oldi vähem tuttavad, viiest testijast ainult kaks vastasid, et mängivad vähemalt korra kuus rütmimänge. Siiski olid kõik viis vähemalt ühte rütmimängu varem mänginud ehk olid tuttavad žanri idee ja oodatava mängukogemusega. Testijad olid mõlemast žanrist varasemalt enim tuttavad mängudega „Beat Saber” ja „Geometry Dash”²¹. Lisaks oli enamik testijatest varem vähemalt mingil määral kogenud virtuaalreaalsusega seonduvat halba enesetunnet ning ülekuumenemist. Seega oli testijatel piisav kogemus, et hinnata „Labour and Duty” mängukogemust ja originaalsust.

5.2.2 Originaalsus

Üks antud lõputöö eesmärkidest oli luua uus kogemus virtuaalreaalsusmängude kogumis. Valminud mängu uudsuse hindamiseks küsiti mängijatelt nii mängu idee kui ka üksikute mehaanikate uudsuse kohta. Küsimused keskendusid testijate arvamustele ja kogemustele ehk kas vaadeldavad mängu osad olid uudsed nende jaoks individuaalselt. Mõlemal teemal küsimustele vastati kuue palli skaalal, kus hinnang „1” vastas arvamusele „väga tavaline” ja „6” vastas arvamusele „väga uudne”. Kuue palli skaala valiti, et vältida neutraalse valiku andmist testijatele, näiteks „3” viie palli skaalal. Neutraalse valiku puudumine sundis testijaid pikemalt vastuste üle mõtlema, et lõpuks anda ikka vähemalt kergelt positiivne või negatiivne hinnang igale küsimusele, mille põhjal saaks siis mängu täiendada.

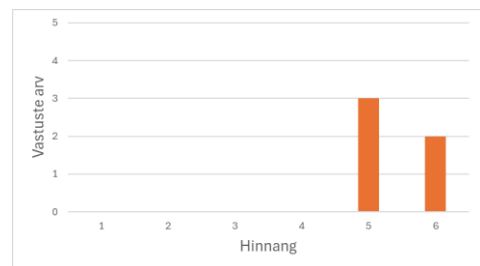
²¹ Geometry Dash https://store.steampowered.com/app/322170/Geometry_Dash/

Mängu idee ja žanrite kombinatsioon oli testijate jaoks küllaltki uudne keskmise hinnanguga 5.2 palli (vt Joonis 14). Eriti paistis testijatele silma tootmisliini temaatika ja laiem võimalike tegevuste valik. Lisaküsimuses vastasid kõik testijad, et nad polnud varem „Labour and Duty” sarnast mängu näinud ega mänginud. Seega õnnestus testijatele pakkuda uut mängukogemust.



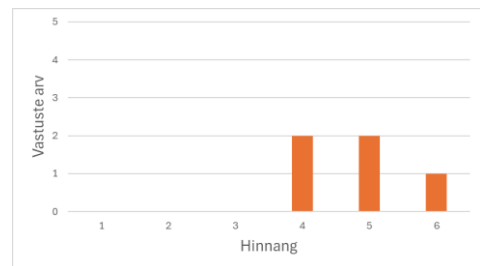
Joonis 14. Hinnangud mängu idee uudsusele.

Üksikute mehaanikaid hinnati üldiselt pigem uudsena, kuid oli märkimisväärseid erinevusi nende vahel. Kõige uudsemaks peeti tegevustest keevitamist, mille „värvimise” süsteem oli rütmimängus testijate jaoks uus kogemus. Keskmise hinnang keevitamisele oli 5.4 vt (Joonis 15), mis on kuue palli skaalal väga kõrge keskmine tulemus.



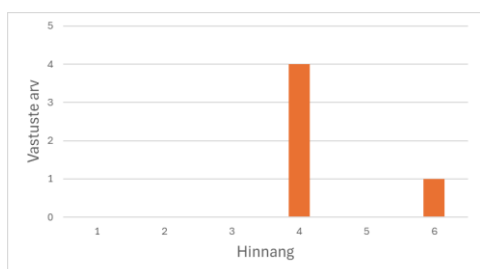
Joonis 15. Hinnangud keevitamise uudsusele.

Tugevalt uudsena hinnati ka objektide kokku panemise, „Labour and Duty” testimise ajal autole rataste alla panemise mehaanikat keskmise hinnanguga 4.8 (vt Joonis 16). Objektide ringi tõstmine ja haaramine pole virtuaalreaalsusmängudes haruldased tegevused²², seega uudseks tegi selle mehaanika just kasutus rütmimängus ja objekti teise külge kinnitamise eesmärk.



Joonis 16. Hinnangud objektide kokku panemise uudsusele.

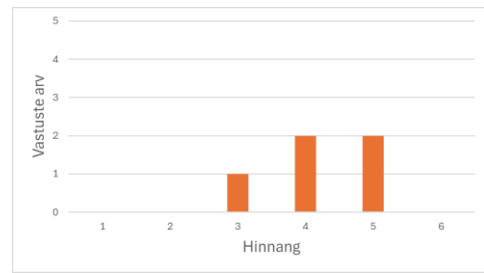
Poltide keeramist hindasid kõik testijad pigem uudsena, kuid seda kergelt. Kõik peale ühe testija andsid hinnanguks „4” ning keskmine hinnang oli 4.4 (vt Joonis 17). Kuna tegemist on üsna lihtsa ja loomuliku tegevusega, on arusaadav, et hinnangud olid võrdlemisi neutraalsed.



Joonis 17. Hinnangud poltide keeramise uudsusele.

²² Tegevused virtuaalreaalsuses <https://www.e-education.psu.edu/geogvr/node/937>

Ootuspäraselt hinnati kõige tavalisemaks või tuntumaks haamrilöökide mehaanikat. Testijad seostasid haamrilööke „Beat Saberi” valgusmöökkade löökidega, sest mõlemal puhul oli vaja käes oleva „tööriistaga” lüüa ette näidatud kohta teada olevas suunas. Suhtelist tuttavust on näha keskmises hinnangus 4.2 (vt Joonis 18). Keskmine hinnang on siiski nõrgalt uudsuse poole, kuna mängijad pidid lisaks löögi suunale ja täpsusele arvestama vajaliku jõu ehk kiirusega, mida on vaja, et nael materjali sisse lüüa. Selle nõude kaudu on tegevusele lisatud kaalutunnetus, sest liialt kerge löök ei liiguta naela.



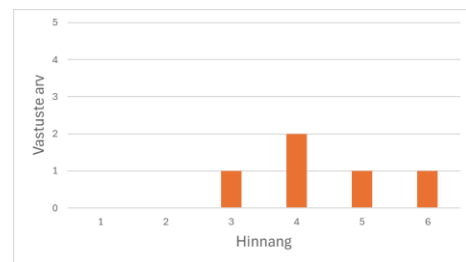
Joonis 18. Hinnangud haamrilöökide uudsusele

5.2.3 Mängukogemus

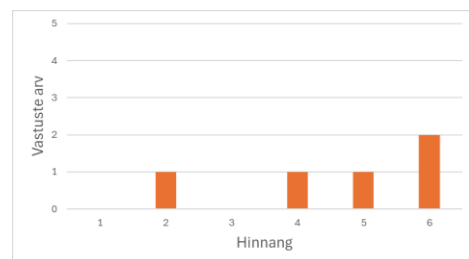
Teine põhiline osa „Labour and Duty” loomise eesmärkidest oli pakkuda mängijatele head kasutajakogemust, millest suur osa mänguna on mängukogemus. Iga mängus esineva mehaanika ja seotud nõutava tegevuse kohta oli küsimustikus hinnangu küsimus kuue palli skaalal, kus hinnang „1” vastas arvamusele „väga keeruline/ebameeldiv” ja hinnang „6” vastas arvamusele „väga intuitiivne/meeldiv”.

Objektide kokku panemise, „Labour and Duty” testversiooni kontekstis autole rataste alla panemise, tegevust hinnati mitmeti kuid üldiselt pigem hästi. Hinnangute keskmine oli 4.4 (vt Joonis 19). Testijate põhjendustes mainiti korduvalt, et mehaanika ja selle võimalused on huvitavad ja meeldivad, aga oli raske nõutud tegevusest ja enda edust või läbi kukkumisest algul aru saada. Võib öelda, et see tegevus oli meeldiv, kuid mitte intuitiivne.

Auto rataste poltide keeramisega kinnitamine oli tegevusena intuitiivne, kuna tegemist oli testijatele päris elus tuttava tegevusega. Hinnanguid alandas ja meeldivust vähendas testijate jaoks ajastuse ebaselgus, viies hinnangute keskmine 4.6 peale (vt Joonis 20).



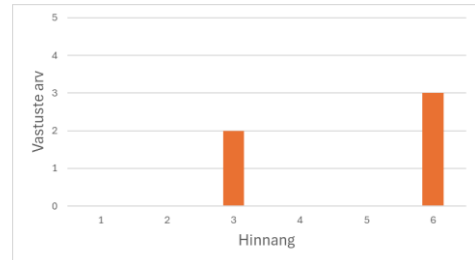
Joonis 19. Hinnangud objektide kokku panemise meeldivusele ja arusaadavusele.



Joonis 20. Hinnangud poltide keeramise meeldivusele ja arusaadavusele.

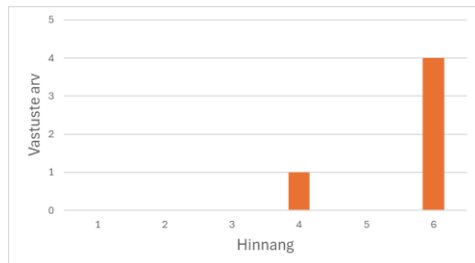
Testijaid tõid välja, et oli raske selle tegevuse puhul tajuda rütmi ja selle seost tegevuse ajastustega. Lisaks jäi mitmel korral nutrivõtme indikaator testijatel kahe silma vahele selle asukoha ja väikese suuruse tõttu ning oli raske aru saada, kas oldi keeramise katsel edukad.

Testijad said tänu oma „Beat Saberi” kogemustele kergelt ja kiirelt haamrilöökidest aru, mille tõttu anti sellele tegevusele kõrge keskmine hinnang 5.6 (vt Joonis 21). Mängijatele meeldis naela sisse löömisest saadav vahetu tagasiside ning rütmilisus. Lisaks oli haamri kasutamine testijatele päris elust tuttav tegevus, mis oli nende arvates küllaltki hästi virtuaalreaalsusesse üle kantud.



Joonis 21. Hinnangud haamrilöökide meeldivusele ja arusaadavusele.

Keevitamine oli testijate jaoks uus, kuid kiirelt mõistetav tegevus. Hinnangud ei olnud siiski kõik kõrgeimad, keskmine oli 4.8 palli (vt Joonis 22). Seda seetõttu, et keevitades ei ilmunud keevitusjoon alati sinna, kus oli testija käes oleva keevitusmasina ots. Ebatäpsus tekitas testijates segadust ja pahameelt, sest keevitus toimus nende jaoks ootamatus kohas. Kuna muidu hinnati keevitamise mehaanikat kõrgelt nii uudsuse kui ka meeldivuse osas, oli see üks tähtsamaid vigu, mida pärast testimist parandada.

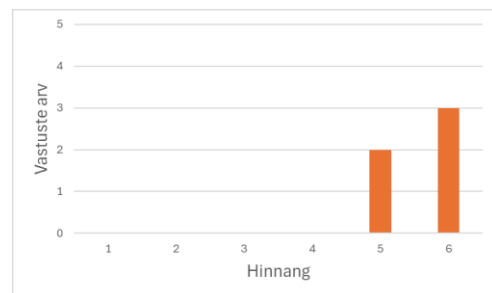


Joonis 22. Hinnangud keevitamise meeldivusele ja arusaadavusele.

5.2.4 Kasutajakogemus

Kuna „Labour and Duty” on mäng virtuaalreaalsuses, oli lisaks mängukogemusele oluline ka üldine kasutajakogemus ja mängija mugavus. Seejuures oli üheks eesmärgiks virtuaalreaalsusrakendustele omase küberiivelduse ja ülekuumenemise vältimine. Ka selles küsimustiku osas sai küsimustele vastata kuue palli süsteemis, aga selles osas hinnangute tähendused varieerusid küsimuste vahel.

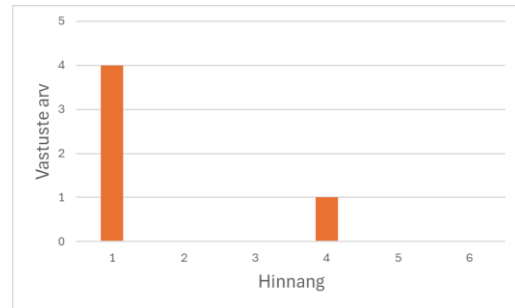
Üldise enesetunde küsimuse puhul hinnangule „1” vastas vastus „väga ebameeldiv” ja hinnangule „6” vastas vastus „väga meeldiv”. Kõigi testijate hinnangud enesetundele olid kõrged, keskmine



Joonis 23. Hinnangud üldisele enesetundele mängides.

hinnanguga 5.6 (vt Joonis 23). Seega võib öelda, et mängijatele hea kasutajakogemuse pakkumise eesmärk sai täidetud.

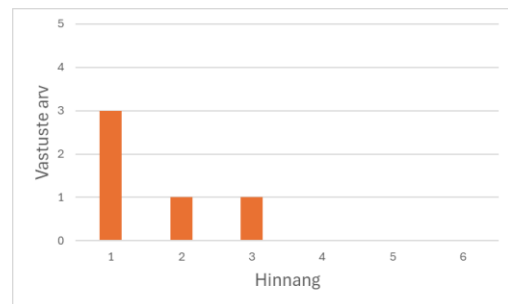
Lisaks üldisele enesetundele küsiti testijatelt täpsemalt, millisel määral nad kogesid küberiiveldust või muidu halba enesetunnet. Selle küsimuse puhul vastas hinnangule „1” vastus „üldse mitte” ja hinnangule „6” vastus „väga palju”. Küsimuse vastustest on näha, et enamikel testijatel polnud üldse halba enesetunnet (hinnang „1”) ning keskmine hinnang oli 1.6 (vt Joonis 24).



Joonis 24. Hinnangud, millisel määral tekkis halb enesetunne mängides.

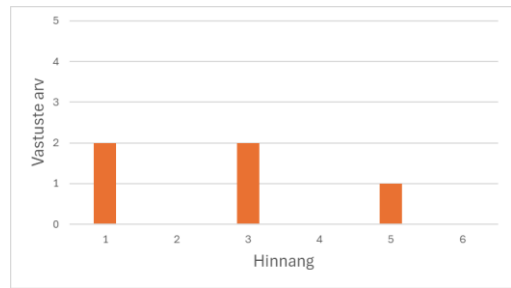
Testija, kes koges küberiiveldust testimise ajal, tõi välja põhjusena võimaluse liikuda käepuldi juhtkangiga. Seda puldiga liikumise võimalust kahjuks täiesti eemaldada ei saa, sest paljudel mängijatel ei oleks piisavalt ruumi päris elus kõiki vajalike vahemaid liikuda. Tulemuste põhjal on näha, et küberiivelduse vältimiseks tehtud disainisammud olid üsna edukad kasutajate halva enesetunde vältimisel.

Muude mõjutajate seas võib mängijal tekitada küberiiveldust mängu halb kaardisagedus või kehval tasemel graafika [10]. „Labour and Duty” visuaalne stiil on graafiliselt lihtne segu multikalikust ja tööstuslikust stiilist. Arvestades sellise stiili märkimisväärset kaugust realismist ja mängijate päriselulistest kogemustest, oli küsimustikus küsimus visuaalse stiili mõju kohta enesetundele. Küsimuse kuue palli skaalal vastas hinnangule „1” vastus „hea” ja hinnangule „6” vastus „ebameeldiv”. Skaala oli seatud nii, et madalam hinnang sellele küsimusele oleks parem, sest nii sai selgema vastuse, kas visuaalsel stiilil oli negatiivne mõju kasutajakogemusele. Küsimuse eesmärk ei olnud hinnata graafika kvaliteeti üldiselt, vaid hinnata potentsiaalset mõju kasutaja mugavusele ja üldisele kogemusele. Kuna ükski testija ei andnud hinnangut üle „3” ning keskmine hinnang oli 1.6 (vt Joonis 25), ei tekitanud lihtne visuaalne stiil märkimisväärset probleemi kasutajakogemusele.



Joonis 25. Hinnangud visuaalse stiili negatiivsele enesetunde mõjule.

Lisaks küberiiveldusele oli „Labour and Duty” disainis oluline mängija ülekuumenemise vältimine. Testijad vastasid küsimustikus, kui tihti neil esines mängides palavuse või ülekuumenemise tunnet. Hinnang „1” tähendas, et probleem esines „üldse mitte” ning hinnang „6” tähendas, et probleem esines „pidevalt”. Hinnangute keskmine oli 2.6, aga hinnangud olid võrdlemisi erinevad testijate vahel (vt Joonis 26). Kuna peamine moodus palavuse vältimiseks virtuaalreaalsus-seadmetega on mängusessioonide pikkuse piiramine, oleneb selles aspektis kasutajakogemus palju enam kasutajast ja nende pauside tegemise harjumusest kui kasutatavast tarkvarast. Mitu testijat ei võtnud peakomplekti üldse terve testimissessiooni silmade eest ära, kuigi neil oli selleks palju võimalusi taseme katsete vahel.



Joonis 26. Hinnangud, mil määral tekkis palavuse tunne.

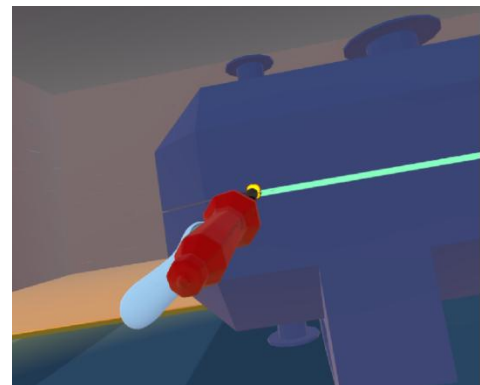
5.3 Parandused

Alampeatükis 5.2 toodi välja mõned testijatel ilmnunud probleemid. Mõned leitud probleemid ja disainivead on pärast testimist lahendatud, teised on jäänud koos lisandustega tulevikuplaanidesse. Nii hilised parandused kui ka plaanid „Labour and Duty” edasi arendamiseks on siinses alampeatükis välja toodud.

Olemasolevatest mängumehaanikatest oli üks populaarsemaid keevitamine, mille keskendumine täpsusele rütmimängus ning vaba käega „värvimise” võimalus olid testijatele uudsed ja huvitavad. Kahjuks mitmel testijal vähendas keevitamise meeldivust selle ebatäpsus, eriti keevituspinna äärtes (vt Joonis 27). Testimise tagasiside alusel parandati varem vigane keevitusjoone „värvimise” koordinaatide arvutus ning keevitamine on nüüd täpne ja märkimisväärselt sujuvam (vt Joonis 28).



Joonis 27. Keevitusjoon tekkimas märkimisväärselt keevitusmasina otsast kõrvale.



Joonis 28. Parandatud versioon täpse keevitamisega.

Poltide keeramise ning objektide asetamise mehaanikate puhul oli peamiseks mureks puuduv tagasiside mängijale nende edu või ebaedu kohta. Selleks, et vahetult mängijale üksiku tegevuse edu näidata ning lõpuks kogu taseme kohta hinnang anda, lisati „Labour and Duty” skoorisüsteem ja -tabloo (vt Joonis 29). Igale tegevusel määrati punktisumma ja tegevuste edukal läbi viimisel antakse sama kogus punkte mängijale. Mängija näeb jooksvalt, kuidas tal käimasoleva tasemega läheb.



Joonis 29. Uus skooritabloo.

Enamik muudatusi ja täiendusi „Labour and Duty” jaoks on planeeritud tulevikus tegemiseks, sest neid pole võimalik ajaliselt antud bakalauresusetöö raames ellu viia. Kõige tähtsamad mängu osad, millega edasi tegeleda, on:

1. tehaseruumi keskkonna parandused (parem valgustus, rohkem toomislainile omaseid objekte taustal jne);
2. korralik tasemete loomise keskkond (löövide või muu muusika omaduse põhine, mitte täpse aja põhine);
3. rohkemate tasemete loomine rohkemate rütmi- ja tegevuste muustritega;
4. mängija tagasiside täiendamine visuaalsete- ja heliefektidega;
5. skoorisüsteemi süvendamine ja skooritabloo stiili uuendamine;
6. indikaatorite nähtavuse ja selguse parandamine.

6. Kokkuvõte

Käesoleva lõputöö käigus valmis virtuaalreaalsuse rütmimäng „Labour and Duty”. Mängu loomisel olid põhilised eesmärgid uue mängukogemusega virtuaalreaalsumängude valiku rikastamine ning seejuures virtuaalreaalsuse omaste kasutajakogemuse raskuste vältimine või vähendamine. „Labour and Duty” ja selle mehaanikad disainiti ja implementeeriti nende eesmärkide järgi.

„Labour and Duty” disainis arvestati virtuaalreaalsuse probleemidega meediumina ja üritati neid tarkvara abil vältida. Mängu peamise keskkonna ja mängu käigu disainimisel välditi virtuaalreaalsusrakendustele erilist küberiiveldust ning mängusessioonide pikkuse haldamisega vähendati füüsiliselt aktiivsetes virtuaalreaalsusmängudes esinevat ülekuumenemist.

„Labour and Duty” jaoks valmis kahe tasemega demo versioon mängu testimiseks. Testijad vastasid küsimustikule küsimustega mängu uudsuse ja kasutajakogemuse kohta. Testimissessioonide ajal salvestati testijate mängukogemus ja tehti märkmeid nende tähelepanekute kohta. Nende märkmete ja küsimustiku vastuste põhjal hinnati varem püstitatud eesmärkide täitmise edukust. Testijate arvates olid mäng ja selle mehaanikad uudsed ning mängu kasutajakogemus oli halva enesetunde ning palavuse vältimise poolest hea. Testijate mängimise nautimist segasid puudujäägid mõnede mehaanikate ja neilt oodatavate tegevuste selguses ning puudulik tagasiside tegevuste õnnestumise või läbikukkumise kohta. Need probleemid said osaliselt lahendatud, kuid suures osas jäi nendega töö tulevikuplaanidesse.

Tahan eelkõige tänada enda juhendajat Daniel Naela, kelle abi lõputöö ja „Labor and Duty” loomisel mõlema lõplikku kvaliteeti parandasid. Suured tänud minu poolt ka „Labor and Duty” testijatele, ilma kelleleta oleks mul puudulik vaatenurk mängu sisule ja probleemidele ning ilma kelleleta ma poleks saanud head hinnangut loodud mängu eesmärkide täitmisele. Lisaks tänan kõiki, kes on teinud „Arvutimängude loomine ja disain” ja „Mängumootorid” kursused võimalikuks, sest tänu neile olid mul vajalikud teadmised „Labour and Duty” disainimiseks ja ellu viimiseks.

Viidatud kirjandus

- [1] J. Jerald. The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality. ACM Books Illustrated Edition. 2015.
- [2] PICO. Stand Alone VR and PC VR: What are the Differences?.
<https://www.picoxr.com/nl/blog/standalone-vr-pc-vr> (08.05.2025)
- [3] M. J. P. Wolf. The Medium of the Video Game. University of Texas Press. 2002.
- [4] K. S. Tekinbaş ja E. Zimmerman. Rules of Play: Game Design Fundamentals. The MIT Press. 2004.
- [5] H. Oh ja G. Lee. Feasibility of full immersive virtual reality video game on balance and cybersickness of healthy adolescents. Neuroscience Letters. kd 760. lk 2–4. 2021. doi: 10.1016/j.neulet.2021.136063.
- [6] P. Paal. Virtuaalreaalsuse seadmete uuring. Tartu Ülikool. 2021.
- [7] M. A. Rupp. Is it getting hot in here? The effects of VR headset microclimate temperature on perceived thermal discomfort, VR sickness, and skin temperature. Applied Ergonomics. kd 114. lk 1–2, 8. 2024. doi: 10.1016/j.apergo.2023.104128.
- [8] R. Nystrom. Game Programming Patterns. Genever Benning. 2014.
- [9] J. Nielsen. Why You Only Need to Test with 5 Users. Nielsen Norman Group.
<https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/> (10.05.2025)
- [10] Interaction Design Foundation - IxDF. What is Cybersickness in Virtual Reality?. The Interaction Design Foundation. <https://www.interaction-design.org/literature/topics/cybersickness-in-virtual-reality> (10.05.2025)

Lisad

I. Sõnastik

1. Mängumootor – kood või tarkvara, mida kasutatakse mängu arendamise alusena (Webopedia, 2024)
2. Küberiiveldus – sümptomid, mis võivad tekkida VR seadmete või konkreetsete rakenduste tõttu. Tavaliselt väljendub ajutise peapöörituse või iiveldusena. (EEVR, 2025)
3. Tekstuur – Arvutigraafikas sõrestikudelile rakendatud pilt, mis visualiseerimisel annab mudelile sellise välimuse, nagu oleks tal tekstureeritud pind. (Vallaste, 2025)
4. Varjutaja – 3-mõõtmelises arvutigraafikas väike programm või algoritmikomplekt, mis määrab ära objektide 3-mõõtmeliste pinnaomaduste kujutamiseviisi sõltuvalt valgusallikast, selle kaugusest ja valguse langemisnurgast. (Vallaste, 2025)
5. (Asendi) jälgimine – VR seadmete reaalse asendi pidev mõõtmine, et muuta virtuaalset asendit vastavalt vajadusele. (EEVR, 2025)

II. Mängu käivitamise juhend

Mängu käivitamine ühenduses arvutiga on lihtne, vaja on:

1. Ekstraheerida arhiivfail.
2. Avada kaust „/Build”.
3. Käivitada enda Quest peakomplekt ja selles Oculus Link.
4. Käivitada fail „Labour and Duty.exe”.

Mängu Quest seadmetele saamine ja iseseisvalt mängimiseks järgnev juhend on osaliselt tehtud veebilehe <https://vr-junkies.com/en/install-apk-files-on-meta-quest-2-oculus-quest-2/> põhjal:

1. Lae alla SideQuest tarkvara hiljem APK faili Quest seadmele laadimiseks <https://sidequestvr.com/>.
2. Kasuta enda Facebooki kontot või loo uus Oculus konto, et registreeruda Oculus arendajaks <https://dashboard.oculus.com/>.
3. Kui kasutad Windows arvutit järgnevateks sammudeks, lae alla Oculus ADB draiverid <https://developer.oculus.com/downloads/package/oculus-go-adb-drivers/>.
 - a. Pärast draiverite alla laadimist, ekstraheeri uus arhiivfail, tee paremklõps „android.winusb.inf” failil ja vali „install”.
4. Käivita *developer mode* enda peakomplektil.
 - a. Vajadusel installeeri Meta Horizon mobiilirakendus .
 - b. Käivita enda peakomplekt.
 - c. Ava Meta Horizon.
 - d. Ühilda Meta Horizon kaudu enda telefon peakomplektiga.
 - e. Rakenduses peakomplekti seadetes lülita sisse *developer mode*.
5. Käivita SideQuest rakendus oma arvutis.
6. Ühenda enda arvuti peakomplektiga USB kaabli abil.
7. Quest seadmes küsitakse luba USB debugimiseks, vajuta nupule „OK”
8. Nüüd peaks SideQuest rakenduses nurgas olema näha roheline täpp eduka ühenduse näitamiseks.
9. Üleval paremas nurgas SideQuest rakenduses on nupp „Install APK file from folder on computer”, vajuta sellele ja vali arhiivfailis „/Build” kaustas olev „Labour and Duty.apk” fail.
10. Pärast installeerimist võid kaabli lahti ühendada, minna rakenduste menüüs alalehele „Unknown sources”, kust saad käivitada „Labour and Duty” ilma arvutiga ühenduseta.

III. Mängujuhend

Mängu käivitades on mängija tehasehoones ja kohe ei juhtu midagi. Menüü avamiseks, kust soovitud taset alustada, tuleb vajutada menüü nuppu (juhistes täpsemalt). Avaneb menüüpaneel, kust saab sobiva taseme valida. Mängu tegevused tasemetes nõuavad tööriistade järgnevate juhiste abil õigesti kasutamist. Kuna mängul puudub sissejuhatus, on selles lisas ka mõned nõuanded alustamiseks.

- Kui tasemes esineb auto kokku panekut, on sellele tarvis rattad alla panna, mis vajaliku tegevuse ajaks ilmuvad paremal käel asuvale lauale. Neid rattaid saab nagu tööriistu kätte võtta, et need siis ette näidatud kohale tõsta.
- Keevitamiseks on lisaks õigele positsioonile vaja keevitusmasin käivitada (vt juhiseid).
- Kui ükskõik millise tegevuse indikaator aja lõppedes kaob, pole enam võimalik seda tegevust edukalt läbida ja peaks edasi liikuma järgmisele.

Juhised:

Vasak juhtkang (joystick)	Mängija tegelase liigutamine kangi suunas.
Parem juhtkang (joystick)	Mängija tegelase keeramine kangi suunas.
Haare mõlemal puldil (suurem päästik puldi küljel)	Tööriistast või objektist kinni hoidmine.
Valik mõlemal puldil (väiksem päästik puldi taga)	Menüüst taseme valimine, keevitusmasina käivitamine.
Vasak menüünupp (vasaku puldi juhtkangist all vasakul paiknev nupp)	Menüü avamine, taseme pausile panemine.
Parem menüünupp (parema puldi juhtkangist all paremal paiknev nupp)	Quest menüü avamine, kust saab mängu sulgeda.

IV. Mängu kood

„Labour and Duty” kood ja varad on leitavad Githubis aadressil <https://github.com/Joosep-Tamm/LabourAndDuty>

V. Testimissessioonide salvestused

Session 1	https://youtu.be/lKihVJgkTMc
Session 2	https://youtu.be/RVNbCsLW6Q
Session 3	https://youtu.be/HFuTRI2tErA
Session 4	https://youtu.be/lKOBbc_eGMk
Session 5	https://youtu.be/E8lZJu2icMQ

VI. Lisatud failid

Esitusele lisatud arhiivfailis on erinevad lisafailid järgneva struktuuriga:

- /Source – selles kaustas on „Labour and Duty” Unity projekti failid (kood ja varad jne)
- /Build – selles kaustas on „Labour and Duty” failid Windows arvutitega üle kaabli või muu ühenduse mängimiseks.
- /Testimine – selles kaustas on küsimustik ja testijate vastused
- Labour and Duty.apk – Android versioon mängust, mille saab varasema juhendi abil laadida Quest peakomplektile, et seda ilma arvutiga ühenduseta mängida
- demo.mp4 – video, mis demonstreerib „Labour and Duty” mängu sisu ja mängimist

Litsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Joosep Tamm,

(autori nimi)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose

Labour and Duty — tootmisliini rütmimäng virtuaalreaalsuses,

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on Daniel Nael,

(juhendaja nimi)

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.

Joosep Tamm

15.05.2025