

LJUDLOKALISERING MED HRTF

En undersökning om HRTFs effektivitet när
spelandet sker med ett öra

SOUND LOCALIZATION WITH HRTF

A study of HRTF's effectiveness when playing
with one ear

Examensarbete inom huvudområdet Medier, estetik
och berättande
Grundnivå 30 högskolepoäng
Vårtermin 2018

Jon Hagström

Handledare: Jamie Fawcus
Examinator: Anders Sjölin

Sammanfattning

Detta arbete undersöker om binauralt ljud i dataspel kan vara effektivt i förhållande till lokalisering då spelandet sker med ett öra. Syftet med det specifika problemområdet är att få en bredare kunskap om HRTF och lärdom om metodens för och nackdelar samt dess begränsningar. I detta arbete skapades en artefakt som testade spelares förmåga att lokalisera och följa efter ett osynligt ljud då lyssnandet skedde med endast ett öra. Artefakten hade två olika implementationsmetoder i form av HRTF och stereo. En urvalsgrupp deltog i undersökningen i form av ett speltest av artefakten samt deltagandet i kvantitativa och kvalitativa undersökningsmetoder, vilket också användes som underlag för att nå en slutsats. Vid ett framtida arbete kan denna studie fördjupas och leda till ett steg fram i spelutvecklingen med förhoppningen att göra fler inkluderande spel med hänsyn till människor med hörselnedsättningar.

Nyckelord: HRTF, ljudlokalisering, monaural lyssning, förstapersonsspel

Innehållsförteckning

1	Introduktion	1
2	Bakgrund	2
2.1	Binauralt lyssnande	2
2.2	Binauralt ljud	4
2.2.1	Binaural syntes	4
2.2.2	HRTF i spel	5
2.3	Att höra med ett öra	5
2.3.1	Det primära örat	6
3	Problemformulering	7
3.1	Metodbeskrivning	7
3.1.1	Undersökningsverktyg	7
3.1.2	Insamling av data	8
3.2	Diskussion	8
4	Genomförande	10
4.1	Ljudimplementation	10
4.2	Utveckling av spelet	11
4.3	Balansering av distans mellan ljudobjekt och spelare	13
5	Utvärdering	14
5.1	Presentation av undersökning	14
5.1.1	Kvantitativt resultat	14
5.1.2	Kvalitativt resultat	16
5.2	Analys	18
5.3	Slutsatser	19
6	Avslutande diskussion	20
6.1	Sammanfattning	20
6.2	Diskussion	20
6.2.1	Samhällelig nytta hos arbetet	21
6.3	Framtida arbete	22
	Referenser	23

1 Introduktion

Denna studie har undersökt om hur väl implementationsmetoden HRTF för dataspel fungerar i förhållande till lokalisering då spelandet sker med ett öra. Det skapade syftet att få en bredare kunskap om HRTF och lärdom om metodens för och nackdelar samt dess begränsningar. För att kunna mäta hur väl HRTF fungerar med ett öra genomfördes ett speltest där två implementationsmetoder ställdes mot varandra där den ena var HRTF och den andra var traditionell stereo. För att undersöka detta utvecklades en artefakt.

Artefakten fokuserade på lokalisering och förmågan att kunna följa efter ett ljud. Artefaktens syfte till studien var att hitta tendenser i huruvida HRTF fungerar bättre eller sämre då spelandet sker med ett öra i förhållande till lokalisering. Då testen i undersökningarna bestod av två delar, en genomspelning i HRTF och en i stereo var syftet att hitta olikheter och tendenser som kunde visa på att en metod generellt fungerade bättre då det kommer till att lyssna med ett öra.

För att kunna hitta dessa tendenser har en urvalsgrupp genomfört ett speltest där artefakten var till underlag. Prototypen är en variant på Följa John där spelaren skulle följa en osynlig ljudkälla som rörde sig på en horisontal bana. Efter speltestet fick testpersonerna delta i en kvalitativ intervju där upplevelsen av spelsessionen var den primära angreppspunkten, snarare än kvantitativ data.

2 Bakgrund

Då teknologin ständigt går framåt blir spelare mer och mer bortskämda med bra spel som både ser bra ut och på ett tekniskt plan fungerar bra. Även ljud i dataspel har visat tendenser på att hela tiden förbättras, i synnerhet har det prisbelönta spelföretaget som ligger bakom spelserien *Battlefield* (DICE, 2002-2018) år efter år mottagit priser för sin enastående ljuddesign. Tredimensionellt ljud har mer och mer blivit en standard i första och tredje-personsspel. Karen Collins menar att spelaren med hjälp av tredimensionellt ljud fått mer kontroll över ytan i spelet, och att man nästan tar för givet att ett objekt i ett spel som ger ifrån sig ett ljud kommer att låta på olika sätt beroende på var spelaren befinner sig i förhållande till distans. Detta beror på *spatialization* som betyder positionering i en tredimensionell miljö (Collins, K. s.49).

För att förhöja den tredimensionella världen och få den att uppfattas som ännu mer effektiv har en del spelföretag implementerat metoden *head-related-transfer-function* som vanligen förkortas HRTF (Gottlieb 2007, s.128). HRTF fungerar som är en binaural syntes som låter spelaren ha ännu mer kontroll över vad som händer i spelvärlden. Unikt för HRTF är att ljudkällor går att lokalisera bättre inte bara på ett horisontellt plan utan även på ett vertikalt plan vilket framför allt har underlättat för spelare i tävlingsinriktade spel där positionering och lokalisering är viktiga. HRTF är alltså en teknik för att på ett artificiellt sätt åstadkomma en bättre binaural lyssning i förhållande till distans, riktning och lokalisering (Gottlieb 2007, 128-129).

2.1 Binauralt lyssnande

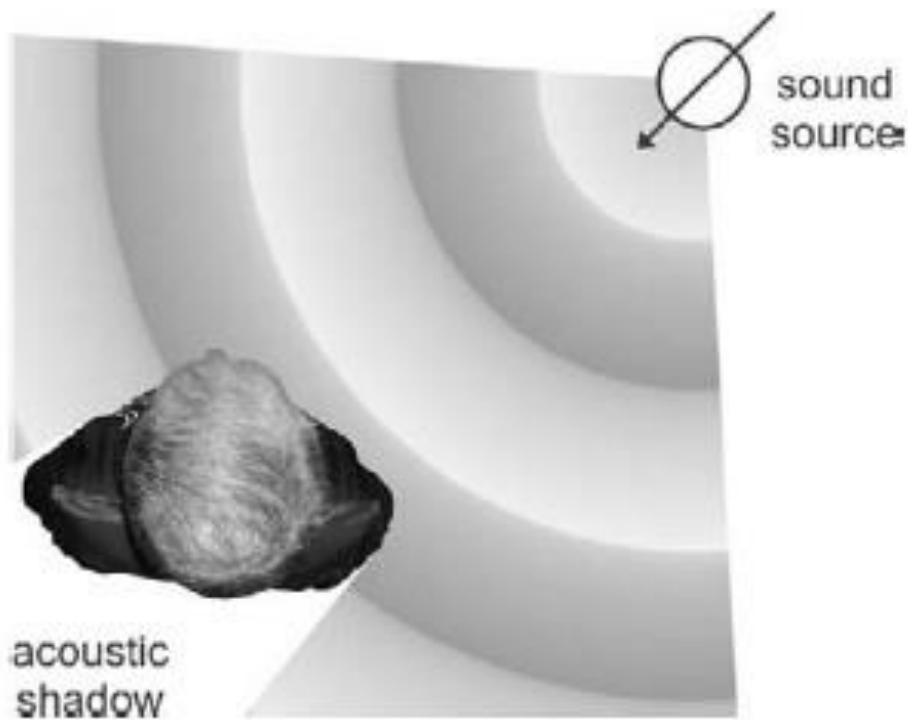
Ljud skapas av vibrationer. En våg bestående av komprimerade molekyler skapas som kan färdas genom medier såsom luft. När molekylerna träffar luftens molekyler uppstår ett tryck som leder till att ljud från ljudets källa uppstår. (Gottlieb 2007, s.18-19). Dessa ljudvågor kan ett mänskligt öra ta emot och behandlas med hjälp av komponenterna ytteröra, trumhinna, koklea och öronmussla (Huber & Runstein 2010, s.61-62).

Ur ett biologiskt perspektiv hör människor med två öron vilket gör att man tar emot två ljudkällor som träffar trumhinnorna olika starkt och inte exakt samtidigt. Detta skapar förmågan att kunna uppfatta ljudets position. Det går också att urskilja avstånd och storleken på ett ljud (Gardner, s.113). Uppfattningen av var ljudets källa är kallas för binaural lyssning (Huber & Runstein 2010, s.67-68).

Binauralt lyssnande gör det möjligt att höra ljud tredimensionellt. Det betyder att ljud kan lokaliseras vart som helst i 360 grader. Binauralt lyssnande i relation till lokalisering består av tre beståndsdelar som är interaural intensitet, interaural ankomsttid och fysiologi (Gottlieb 2007, s.36-38).

- Interaural intensitet mäter ljudets styrka när det når örat.
- Interaural ankomsttid mäter tiden det tar för ljudet att nå respektive öra.
- Fysiologi innefattar örats form vilket gör det möjligt för människor att fastställa ljudets position i 360 grader.

Den interaurala ankomsttiden styr den spatiala lokaliseringsförmågan där örat närmast källan hör ljudet först, inte bara först utan också starkast. Då de närmsta örat tagit emot ljudet skickas ljudet vidare till det andra örat med en liten fördröjning men också en nivåsänkning i amplitud vilket gör att fenomenet *akustisk skugga* uppstår (Schnupp, J, King, A, & Nelken, I. s. 178-179).



Figur 2.1 – Akustisk skugga som innebär förmågan att kunna lokalisera ljudets position då örat närmast källan tar emot högst amplitudnivå (Huber & Runstein 2010, s. 68).

Människan har antydningvis förmågan att höra ljud i frekvensspannet 20 Hz till 20.000 Hz. Dessa siffror är ett mänskligt genomsnitt. Förmågan att kunna höra ljud över 15.000 Hz försämras generellt med åldern. Anledningen till att personer hör olika höga eller låga frekvenser bättre eller sämre kan bero på gener, hälsa och hörselns skick i förhållande till hur mycket eller lite ett öra blivit utsatt för starka ljudsignaler (Huber & Runstein 2010, s. 30).

2.2 Binauralt ljud

Då vi har möjlighet att uppfatta ljud med två öron, alltså binaural lyssning har man sedan långt tillbaka försökt återskapa lyssningssessioner som skall ge en trovärdig känsla. En känsla av att ljudmiljön låter som den gör i verkligheten. 2007 släpptes videon *Virtual Barber Shop* (LovelyVirus 2007), som idag har över 26 miljoner visningar, där man med hjälp av en binaural inspelning återskapat miljön i en frissörsalong. I artikeln *Surrounded by sound: how 3D audio hacks your brain* (Lalwani, 2015) beskrivs det om hur en binaural inspelningsteknik skapar en såpass trovärdig illusion så det känns som att man befinner sig i en virtuell värld eller på den faktiska platsen. Lalwani demonstrerar hur inspelning sker med binaurala mikrofoner och vad som egentligen händer då illusionen uppstår. Binaural inspelning är en vidareutveckling på inspelning i stereo där man placerar två mikrofoner i en öronliknande miljö, i detta fallet ett huvud gjort av gummi. Syftet är att spela in ljudet utifrån människans hörsel och förhoppningsvis återspegla en miljö på ett trovärdigt sätt. Denna inspelningsmetod klassas som en speciell metod för att skapa en tredimensionell miljö (Horowitz, Looney 2014).

2.2.1 Binaural syntes

HRTF inom dataspel är fortfarande relativt nytt. Alex Riviere menar dock att inom VR – Virtual reality, kommer HRTF, eller snarare 3D-ljud, krävas att användas så spelare får en såpass stor inlevelse att upplevelsen känns som ett befinnande i en virtuell värld (Riviere, 2016). Denna artikel är relevant då det finns tydliga anspelningar på hur HRTF i framtiden förmodligen kommer bli en standard, åtminstone inom virtual reality.

William Gardners kapitel *Spatial Audio Reproduction: Toward Individualized Binaural Sound* (Gardner, 2004) går ännu mer ingående in på hur binauralt lyssnande sker, både i relation till kHz men också syftet att rekonstruera kroppens position i förhållande till överkropp och huvud. Detta kapitel går också djupare in på teorin bakom tekniken där en återskapning av ett mänskligt ansikte innehållande 15,000 element används för akustiska mätningar, för att sedan kunna identifiera hur ljud men också vilka frekvenser som sticker ut beroende på kroppens vinkel.

Vad som också menas med att ljud processeras binauralt är att även om det inte finns tillgång till att spela in binauralt så går det att på ett artificiellt sätt efterlikna generaliserade HRTF's. Rumsey och McCormik har teorier i sin bok *Sound and recording* (Rumsey, McCormik, 2009) som går ut på att det finns nackdelar och anledningar till att binauralt inspelade ljud inte fungerar lika bra i digitala medier, specifikt dataspel, då binaurala ljud skall upplevas individuellt. Som en alternativ lösning till detta har därför programvaror utvecklats för att på ett artificiellt sätt åstadkomma binauralt ljud.

Utvecklarna bakom *Counter-Strike: Global Offensive* (Valve Corporation. 2012) har laddat upp sin programvara *Steam Audio* (Valve Corporation. 2017-2018) gratis för nedladdning. Programvaran är ett paket med spatiala ljudlösningar för spelutvecklare med fokus på bland annat HRTF. De ha tagit fram generaliserade HRTF-inställningar för att åstadkomma

inlevelse i hur ljud uppfattas av spelaren i förhållande till spelarens huvud, öron och kroppsposition för att förhöja lokaliseringsförmågan i en 3D-miljö.

2.2.2 HRTF i spel

Ett flertal större spel i FPS-genren använder sig av binauralt ljud, alltså en HRTF-implementation. Spel som *Battlefield 4* (DICE, 2013) och *Counter-Strike: Global Offensive* (Valve Corporation, 2012). Det sistnämnda fick nyligen en uppdatering som gjorde att HRTF-inställningen i spelet inte längre var valfritt om man vill använda, man var tvungen. Dock har HRTF implementerats i flera iterationer till många spelares besvikelse då man återigen tvingats lära sig hur ljudet fungerar i förhållande till avstånd, material och vertikala ljudförändringar. Då detta spel är en populär E-sport blev detta kontroversiellt då i princip hela ljudbilden förändrades. Detta är en generell uppfattning då man vänder sig till utvecklarnas forum och sociala medier.

2.3 Att höra med ett öra

Då denna studie har undersökt hur implementationsmetoder fungerar vid lyssnandet med ett öra kan det vara relevant att funktionsnedsättningar med fokus på hörsel tas i aktning. Det finns olika anledningar till att ha nedsatt hörsel. Relevant för denna studien är nedsättningen SSD som står för *single-sided deafness*. Van Opstal (2016, s.395-396) menar att vid SSD tappar ena örat förmågan att höra helt och hållet och förlusten ligger på minst -70 dB. Detta kan bero på *presbyakusi* som är ett åldersrelaterat medicinskt tillstånd som gör att hörseln successivt försämras, framför allt drabbar ljud i de högre frekvensområdena. Personer med SSD helt tappar förmågan till binaural lyssning.

Dock finns det sätt att lokalisera ljud med det friska örat med hjälp av akustiska skuggan. Van Opstal menar att ljudkällans rörelse i det horisontala planet ger en antydning på att den proximala ljudnivån speglar sin intensitet. Dock kan antydning vara tvivelaktig då det generellt kan vara svårt för människor att uppfatta ljudkällans absoluta intensitet, även för människor med två funktionella öron (Van Opstal 2016, s.395-396).

Detta tas även upp i Cire's seminarie (Cire 2012) där SSD, med fokus på lokalisering, kopplas ihop med ITD som står för *interaural time difference*, som också styrks i artikeln *Contribution of Monaural and Binaural Cues to Sound Localization in Listeners with Acquired Unilateral Conductive Hearing Loss: Improved Directional Hearing with a Bone-Conduction Device* (Agterberg, Snik, Hol, Van Wanrooij & Van Opstal 2012). ITD, som alltså är tidsskillnaden då ljudet når båda öronen, hör ihop med ljudsignaler i de lägre frekvensområdena som blir mer framstående än de högfrekventa ljudsignalerna då det är enklare att uppfatta tidsskillnaden vid lägre frekvensområden (Cire 2012).

Det kan också vara skillnad på personer med medfödd SSD och personer som plötsligt tappat hörseln på ena örat. Personer som tidigare haft binaural lyssning kan med hjälp av minnet komma ihåg hur lokalisering går till och även komma ihåg hur ett visst ljud låter beroende på

varifrån det kommer. Det kan handla om familjära akustiska omgivningar eller olika ljuds ljudstyrkor. Vissa ljud i de lägre frekvensområdena kan även kännas i kroppen som till exempel en explosion på en biofilm eller en baskage på en livekonsert. Personer med medfödd SSD har visat tendenser att de på ett bättre sätt kan lokalisera ljud med hjälp av en *bone-conduction device* som är en mer utvecklad hörapparat än föregångaren *bone anchored hearing aids* (Agterberg, Snik, Hol, Van Wanrooij & Van Opstal 2012).

SSD har inte bara begränsningar som stereolyssning och lokalisering. Cire's studie visar också på en försämring kroppens balans och den socialt kommunikativa förmågan. Det finns också säkerhetsrisker med SSD i det vardagliga livet så som logistik och transport, då man vid SSD har en sämre förmåga att lokalisera ljud i till exempel trafiken (Cire 2012). Då hörseln också fungerar som ett komplement till synen gör det att synen blir allt mer viktig för personer med SSD. Rumsey och McCormick (2009) skriver att den normala ordningen är att först höra ljudkällan och sedan förlita oss på att synen identifierar källan för att ge oss total information av händelsen.

2.3.1 Det primära örat

Acoustical Society of America (2017) genomförde en studie där man ville ta fram vilket som är människans primära öra. Enligt forskarna uppfattar barn information som delges i höger öra betydligt bättre. Detta beror enligt forskarna på att ljud som går in i det högra örat, behandlas på den vänstra sidan av hjärnan där tal, minne och språkutveckling sitter. I denna studie fick även 41 personer i åldrarna 19-28 genomgå samma test, där skillnaden mellan vänster och höger öra inte var lika markant. Detta beror på att då vi människor åldras utvecklar vi vår lyssningsförmåga. Därför resulterade studien med ett genomsnitt på en 8 procentig förbättring då lyssnandet skedde på höger öra. Värt att poängtera är att testet som genomfördes handlade om att lyssna på uppgifter och komma ihåg dem, något som kan vara relaterat till minnet likaväl som hörseln. Dock finns det tydliga tendenser som visar på att det högra örat har en bättre förmåga att ta upp information och uppgifter.

3 Problemformulering

Då beröringspunkten handlar om hur väl eller inte väl HRTF, alltså *Head-related-transfer-function*, fungerar krävs en genomgång i vad HRTF innebär och hur det används i dataspel. Ämnet för studien är ännu mer inriktad och den primära frågan handlar om hur HRTF gynnar eller inte gynnar spelare som spelar med ett öra. Ett sidospår skulle kunna utvecklas där studien också testas på hörselskadade. Dock kan denna vidareutveckling av studien troligen bara visa tendenser och snarare få studien att framstå som otrovlig då medicinska angreppspunkter krävs när det handlar om funktionsnedsättningar. Därför fokuserar denna studie endast på hur två olika implementationsmetoder fungerar när spelandet sker med ett öra.

Inspirationen till frågeställningen hämtades från ett foruminlägg (FxShaders 2017) där en spelare beskriver sin hörselnedsättning, och hur spelandet med hjälp av det implementerade HRTF-systemet blivit bättre. Personen i fråga var döv på ena örat och hade innan uppdateringen svårt att lokalisera var motståndarna befann sig. Tack vare HRTF beskrev personen upplevelsen som banbrytande. Detta leder till den primära frågeställningen:

Hur väl fungerar HRTF när spelandet sker med ett öra?

Syftet med frågeställningen var att få en bredare kunskap om HRTF och lärdom om metodens för och nackdelar samt dess begränsningar.

3.1 Metodbeskrivning

3.1.1 Undersökningsverktyg

Den artefakt som utvecklats är ett FPS-spel där spelaren med hjälp av hörseln skall följa efter ett rörligt osynligt objekt. Objektet ger ifrån sig ett ljud av rinnande vatten. Man kan säga att spelet liknar den sociala leken Följa John. Artefakten är uppdelad i tre delar där den första delen är en representation av ljudet i sig och dess två implementationsmetoder – stereo och HRTF. Den andra delen är Följa John-spelet med stereo-implementering. Den sista delen fungerar likadant som den andra med skillnaden att implementationen sker med HRTF. Prototypen är utvecklad i *Unity* och HRTF implementerades med hjälp av *Steam Audio* (Valve Corporation, 2017-2018)

Prototypen har ingen implementerad grafik utan använder sig av fyrkanter med få färger. Detta för att inte skapa ett störande moment eller något som får försökspersonerna att fokusera på något annat än prototypens ljudläggning.

Kontrollskemat för prototypen använder WASD för rörelse av avatarens kropp, och musen för att styra avatarens huvud.

Försökspersonerna spelade prototypen med on-ear-hörlurar. Dock användes bara den högra hörluren då speltestet skulle spelas med ett lyssnande öra. Spelsessionen genomfördes i

samma kontrollerade miljö varje gång med en deltagare åt gången. Villkoren var samma för samtliga deltagare under speltestet. Alla deltagare använde samma utrustning.

3.1.2 Insamling av data

Målgruppen bestod av personer i åldrarna 20-35 med datorspelvana. Detta mest på grund av tillgänglighet och logistik, men också då det fanns en risk att prototypen kunde ha en för hög svårighetsgrad för oerfarna spelare. Detta undersöktes i en mindre pilotstudie. Minimiantalet testpersoner var på förhand satt till 10, och totalt 10 personer deltog.

För att få reda på hur den tänkta urvalsgruppen upplevde speltestet genomfördes en kvalitativ studie, specifikt en ostrukturerad intervju som passar bra i samband med till exempel ett observerat speltest (Östbye, 2003, s. 102-103). Fokus var på öppna frågor som gav testpersonen möjlighet att fritt få berätta om upplevelsen, istället för att ställa ledande frågor. Målet med den ostrukturerade intervjun var att försöka efterlikna ett samtal istället för en session där frågor ställs och frågor besvaras. Metodverktyget under intervjun var anteckningar som skrivs digitalt samt en ljudupptagare (Östbye, 2003, s. 109).

Samtliga försökspersoner fick innan speltestet reda på förutsättningarna för deltagandet, både när det gällde prototypens upplägg men också intervjuens struktur. Deltagarna fick reda på att all data och deras deltagande var totalt anonymt och att vikten av deltagandet och den insamlade data var en del av en vetenskaplig studie på högskolenivå. Varje deltagare fick reda på att de när som helst under speltestet eller intervjuens gång kunde avbryta och ångra sitt deltagande. Efter speltestet och intervjun kommer försökspersonerna få frågan om den insamlade data får användas som underlag i studien.

Dessa riktlinjer grundas i informationskravet, samtyckeskravet, konfidentialitetskravet och nyttjandekravet (Östbye, 2003, s. 126-128).

3.2 Diskussion

Eftersom frågeställningen "Hur väl fungerar HRTF när spelandet sker med ett öra?" är relativt specificerad kan det vara svårt att få fram bra data med en kvantitativ studie, då studien fokuserade på försökspersonernas upplevelse. En enkät hade säkerligen fungerat som komplement men hade kanske också varit överflödigt då studien primärt fokuserade på upplevelse istället för mätbar data i form av tid, prestation eller precision. Då spelprototypen är såpass linjär kan det vara svårt att mäta prestation. Detta var dock värt att ha i åtanke och problematisera då det visade sig att viss kvantitativ data behövs för att styrka den kvalitativa intervjun.

Då speltestet genomfördes med en hörlur var tanken att försökspersonen själv skulle få välja vilket öra som testet skulle genomföras med. Detta valdes dock bort då det fanns en risk att försökspersonerna under speltestet hade med detta i åtanke istället för att neutralt spela igenom prototypen.

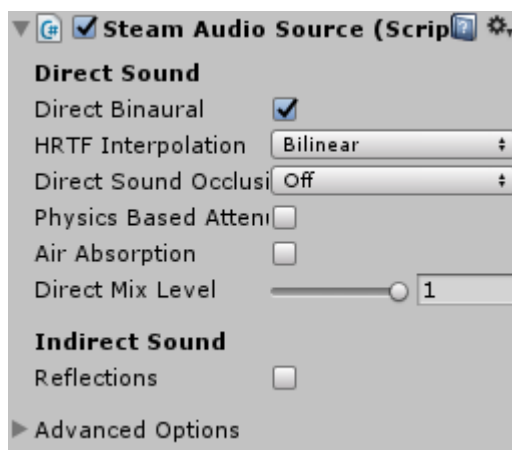
Studien kan vara intressant och till nytta för framtida spelutvecklare som vill göra mer inkluderande spel med fokus på funktionsnedsättningar, och specifikt i det här fallet hörselnedsättning. Huruvida studien pekar på att HRTF fungerar bättre än en traditionell stereo-ljudläggning då spelandet sker med ett öra, även om det bara är en marginell förbättring, kan vara en viktig del då HRTF fortsätter att växa inom dataspel. Värt att ha i beaktning är också att studien kan visa att HRTF inte alls fungerar bättre med ett öra än vad en stereo-ljudläggning gör. Detta kan potentiellt bero på en ovana att spela med ett öra, en ovana med HRTF eller att HRTF endast gynnar spelare som spelar med två öron.

4 Genomförande

4.1 Ljudimplementation

Utvecklandet av prototypen grundades i inspiration från *Counter-Strike: Global Offensive* (Valve Corporation. 2012), i synnerhet då det kommer till förstapersonskameran, rörselschemat och ljudimplementationen. Valve släppte 2017 sin ljudmotor *Steam Audio* (2017) gratis för allmänheten som en plugin för populära spelmotorer däribland *Unity3D* (2016) som används för denna artefakt.

Pluginen kan med hjälp av enkla inställningar filtrera ljudobjekt för att uppnå HRTF på ett artificiellt sätt. Denna plugin applicerades på det ljud som skulle vara binauralt. Occlusion är också integrerat i *Steam Audio* (2017) men valdes bort till denna artefakt då spelbanan saknar väggar eller andra objekt som kan påverka ljudets resväg till spelaren.



Figur 4.1 – Binaurala inställningar på ljudobjektet

För att bygga upp en kontext där spelet skall utspela sig skapades en rad andra ljudeffekter som inte skulle använda sig av HRTF (Horowitz, Looney 2014, s.15). I detta fall handlade det om miljöljud och karaktärljud. Dessa ljudeffekter skapades i Cubase 5 (Steinberg 2009) och implementerades senare in i spelet med hjälp av FMOD (Firelight Technologies 2018). Miljöljudet består av en rumston som är inspelningen av ett naturreservat med en extra pålagd vind. Karaktärljuden är fotsteg och landningsljud där underlaget kan uppfattas som gräs.

4.2 Utveckling av spelet

I spelmotorn skapades en tom bana rektangulär bana med väggar. Sedan lades funktioner för spelaren till med hjälp av färdiga assets. Funktionerna var rörelser i form av att röra sig framåt, bakåt, vänster och höger. Dessa funktionerna tilldelades WASD-tangenterna som brukar vara förekommande i FPS-spel på PC. Funktionen för att kunna hoppa togs till en början bort för att rikta mer fokus på ljudlokalisering med musrörelser. Efter en del speltestande blev det tydligt att spelet kändes statiskt och att det enda spelaren gjorde var att hålla inne gå framåt-knappen. Hoppfunktionen lades därefter tillbaka för att mer efterlikna traditionella FPS-spel.

I ett senare skede togs de fyra väggarna på banan bort, eller de sänktes till marken tills de bara blev synliga. Detta för att miljöljud, karaktärs ljud och ljudkällan som spelaren skall följa har gestaltats som en utomhusmiljö möjligtvis i en skog, och i en skog finns generellt sett inga väggar. De låga väggarna som finns kvar har syftet att markera var spelaren kan och inte kan röra sig.

När banan och karaktärsfunktionerna var satta skapades ett tomt spelobjekt som skulle innehålla ljudobjektet spelaren skulle följa efter. Med hjälp av HRTF-pluginen fungerade det omedelbart att få ett artificiellt binauralt ljud. Nu var det bara en fråga om vad för sorts ljud som skulle användas. Fyra olika ljud testades. Det första var en digital lågfrekvent ljudsignal och den andra var också en digital ljudsignal, dock en högfrekvent. Båda dessa ljud innehöll för lite information i ljudspektrat och var svåra att kunna urskilja större skillnader med HRTF-filtreringen. Det tredje ljudet för test var en röst då vi människor hör röster före naturljud, musik och trafik (Chion 1994, s.6). Här kunde man höra hur HRTF arbetade men det blev aldrig helt tydligt i förhållande till lokalisering. Det gick att uppfatta varenda ord som nyhetsuppläsaren sade, men sällan var det enkelt att lokalisera. Kanske berodde detta på att rösten tog flera korta pauser vilket avbryter flödet och arbetet med att lokalisera ljudet. Dock fungerade en röst bra, vilket ledde till att organiska ljud blev prioriterade i urvalsprocessen. Det fjärde ljudet som testades var ett organiskt vattenljud. Detta ljud fungerade överlägset bäst då det kommer till förändring beroende på spelarens position i förhållande till ljudets källa. Det rinnande vatten-ljudet fungerade också bra i kontexten tillsammans med naturljud och karaktärens fotstegsljud i gräs.

Då ljudeffekten var utvald blev det dags att få in spellogik för att få prototypen spelbar. Ljudkällan i prototypen rör på sig med hjälp av ett simpelt script som med inspiration hämtades från en video (Kinan 2016). I spelmotorn placerades olika kontrollstationer ut, till vilka ljudkällan skulle förflytta sig mellan. Dessa kontrollstationer var tomma spelobjekt som sedan fick det simpla scriptet på sig som enkelt förklarar talade om var nästa kontrollstation fanns. Ljudkällan i sig fick också ett script där uppdraget var att hitta nästa kontrollstation i hierarkin. Därför färdas ljudkällan runt på banan till 10 olika kontrollstationer i ordningen 1 till 10, se figur 4.2.

Det uppstod ett problem med denna lösningen då det kom till framtida speltest. Eftersom varje speltestare skulle spela igenom banan två gånger, en med HRTF och en med stereo, så fanns det en risk att spelaren lärde sig ljudkällans förflyttningar om den färdades på samma sätt båda genomspelningarna. En lösning på detta var att ändra var kontrollstationerna befann sig på vilket resulterade i att ljudkällan tog olika vägar på båda banorna.

För att undvika att framtida speltestare blir förvirrade av att spela ett nytt spel med bara en hörlur, och dessutom ha ett uppdrag, så skapades en introduktionsbana för varje implementationsmetod. Denna introduktionsbana hade syftet att låta spelaren lära sig hur ljudet lät samt hur det lät från olika håll med respektive implementationsmetod. Syftet med introduktionsbana var också att låta spelaren bli bekväm i kontrollerna och få en inblick i hur ljudkällan rör sig samt dess hastighet. Introduktionsbanan hade samma premiss som det riktiga testet med skillnaden att spelaren såg ljudkällan i form av en kub. Kuben färdades kronologiskt mellan kontrollpunkterna 1 och 10. När kuben stannat var introduktionen färdig, och spelaren skulle då ställa sig på en vita platta i 2 sekunder för att det riktiga testet skulle starta. I det riktiga testet var kuben osynlig och spelaren skulle istället följa efter den med hjälp av hörseln.

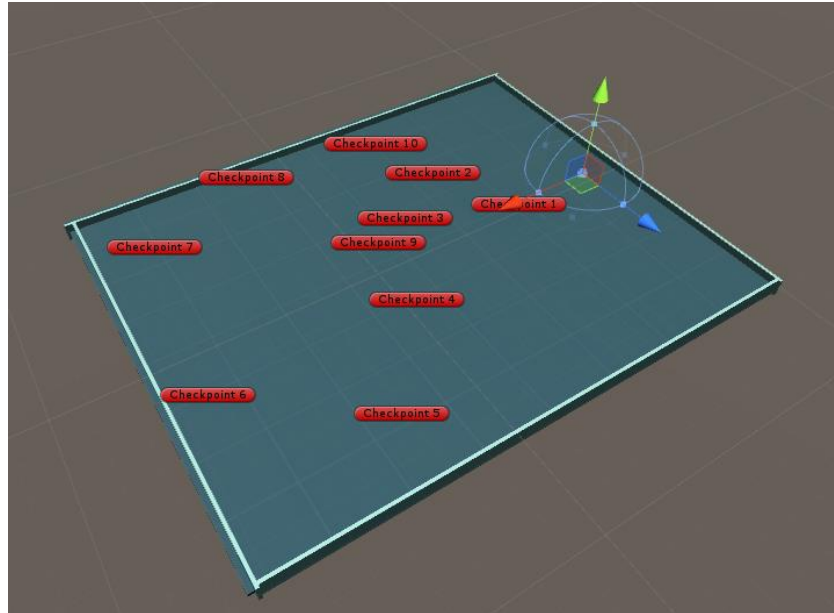
Den primära anledningen till introduktionsbanorna var också att låta spelaren lära sig hur HRTF filtrerar ljudet beroende på var spelaren var i förhållande till ljudkällan, och för att identifiera frånvaron av HRTF-filtrering på stereoljudet. Det enda som stereoljudet ändrade på beroende på var spelaren är i förhållande till ljudkällan var volym och panorering, medan HRTF även gjorde en EQ-filtrering som kunde ge illusionen av att ljudkällan figurerade vertikalt.

Sammanfattningsvis har alltså fyra banor skapats, två med HRTF och två i stereo. För att dessa banor skulle kunna spelas i en logisk ordning skapades en huvudmeny där alternativen Starta Test 1, Starta Test 2 och Avsluta fanns med där Test 1 är HRTF och Test 2 är stereo. Väljer man att starta Test 1 så startar introduktionsbanan som fullföljs och sedan avslutas med att spelaren ställer sig på den vita plattan. Detta gäller även för starta stereo-alternativet. I menyn finns också instruktioner för hur spelet fungerar och hur testet kommer genomföras.

I brist på programmeringsfärdigheter har artefakten ett övergripande problem som innefattar en tydlig antydning på att testet är färdigt. I menyn står det beskrivet att testet är färdigt då ljudkällan slutat röra på sig, vilket kan vara svårt att veta då spelaren inte ser ljudkällan (förutom i introduktionsbanorna). Lösningen på detta problem blev tidtagning. HRTF-banan är 2.05 minuter lång och stereo-banan är 2.08 minuter lång. På så sätt vet den som håller i speltestet när den osynliga ljudkällan nått kontrollpunkt 10 och testet är färdigt.

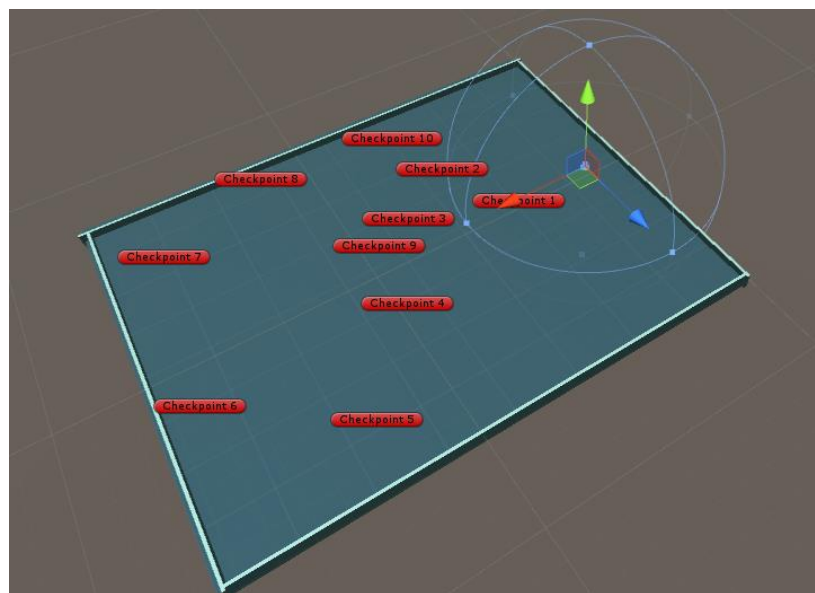
4.3 Balansering av distans mellan ljudobjekt och spelare

Till en början användes 20 som min/max-värde i distans kopplat till volym. Detta gjorde det dock svårt att hitta ljudet igen då det med detta värde ofta ledde till att ljudets källa hamnade utanför spelarens lyssningsområde, se figur 4.2.



Figur 4.2 – Min/max-distans med ett värde på 20, samt visuellt markerade kontrollstationer.

Lösningen blev att sätta värdet på 50, se figur 4.3. Den stora nackdelen med att använda 50 som värde var att det blev svårare att lokalisera ljudets exakta källa, men det skapade också fördelen att inte tappa bort ljudet lika lätt.



Figur 4.3 – Min/max-distans med ett värde på 50, samt visuellt markerade kontrollstationer.

5 Utvärdering

5.1 Presentation av undersökning

I denna studie har 10 personer i åldrarna 18-46 med varierad spelvana deltagit i en kvalitativ undersökning. Undersökningarna började med ett antal kvantitativa frågor rörande ålder, spelvana och lyssningspreferenser. Därefter genomfördes ett speltest som började med att testpersonen fick läsa igenom spelets förutsättningar som fanns att läsa i textform i spelets huvudmeny. När testpersonen läst färdigt kunde den ställa frågor om det var något i beskrivningen som var oklart. Hälften av testpersonerna fick spela igenom de två testen i ordningen Test 1 – Test 2, den andra hälften fick spela igenom de två testet i ordningen Test 2 - Test 1. Detta för att minska risken att testpersonerna tyckte att det gick bättre på det sista testet i förhållande till erfarenhet och igenkänning. Samtliga testpersoner spelade igenom artefakten med höger öra.

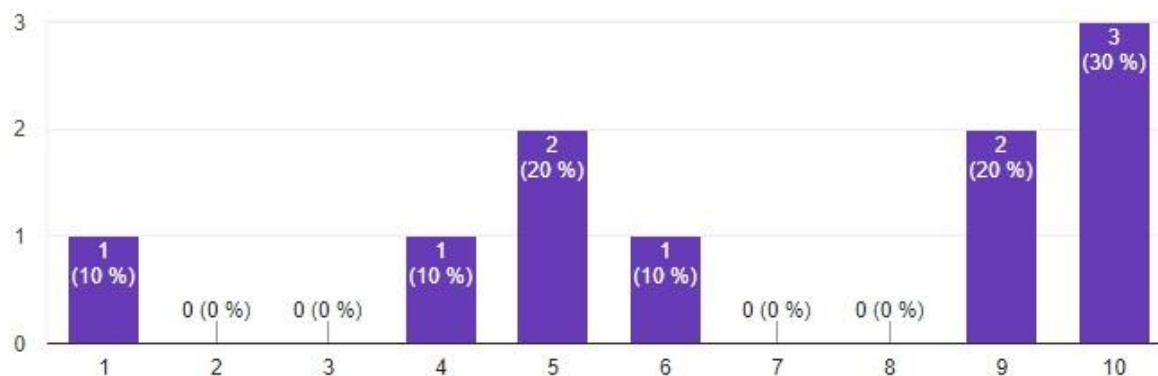
Varje speltest spelades in i form av ett gameplay-klipp med hjälp av ShadowPlay (Nvidia Corps 2018). Efter speltestet genomfördes en kvalitativ intervju med fokus på testpersonens upplevelse. Frågorna riktade in sig på om testpersonen upplevde skillnader mellan de olika testerna samt vilken metod de föredrog. Testpersonerna fick inte veta vilket test som använde vilken metod förrän efter intervjun, detta för att kunna utvinna ett så neutralt svar som möjligt. Testpersonerna fick också berätta om upplevelsen av att lyssna med bara ett öra och dela med sig av deras strategier för att lokalisera med ett öra. Intervjuerna finns sammanfattade och tillgängliga i Appendix A, med reservation för att alla testpersoner fått fler eller färre frågor än andra. Detta beror på att vissa svar och upplevelser behövde utvecklas. Dock har alla testpersoner svarat på samma utgångsfrågor.

Då speltestet inte involverade något prestationsmoment som till exempel tid, precision eller förmågan att klara av banan, användes de inspelade videoklippen mest som referens och återkoppling till intervjuerna.

5.1.1 Kvantitativt resultat

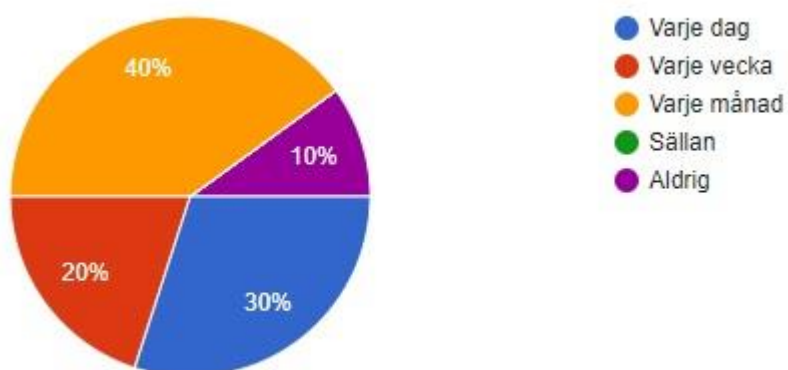
Då denna studie primärt fokuserar på utvinningen av kvalitativ data så saknas dokumentation av testpersoners prestation gällande speltestet. Testens syfte var att fokusera på testpersonernas upplevelse och inte deras prestation. Dock finns kvantitativ data gällande testpersonernas ålder, spelvana och lyssningspreferenser.

I stapeldiagrammet (se figur 5.1) visas svar på testpersonerna egna uppfattning om erfarenhet av förstapersonsspel med hörlurar på en skala 1 till 10, där 1 är helt oerfaren och 10 är mycket erfaren. Diagrammet presenteras från vänster till höger där den undre raden är värdet och staplarna visar hur många som identifierat sig på respektive värde.



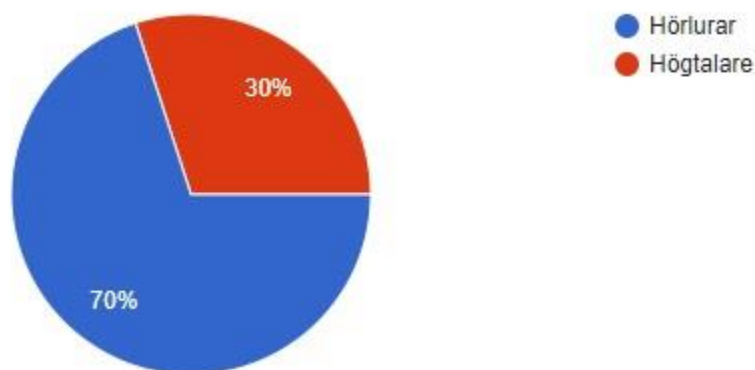
Figur 5.1 – Stapeldiagram över testpersoners erfarenhet av förstapersonsspel med hörlurar.

Varje testperson fick svara på hur ofta de spelar förstapersonsspel. Detta gjordes med fem olika svarsalternativ och testpersonerna fick välja vilket alternativ som bäst stämde överens, se figur 5.2. Svarsalternativen var varje dag, varje vecka, varje månad, sällan eller aldrig.



Figur 5.2 – Cirkeldiagram över hur mycket testpersonerna spelar förstapersonsspel.

Testpersonerna fick svara på om de primärt använder hörlurar eller högtalare när de vanligtvis spelar spel och 7 av 10 testpersonerna svarade att de primärt använder hörlurar, se figur 5.3.



Figur 5.3 – Cirkeldiagram över testpersonernas lyssningspreferens vid spelande.

Samtliga testpersoner svarade nej på frågan om de hade någon känd hörselnedsättning. Ingen nämnde heller lätt tinnitus, sämre hörsel på något av öronen eller andra tillstånd. Ingen testperson hade heller någon invändning på att de fick spela med höger öra under genomspelningen av artefakten.

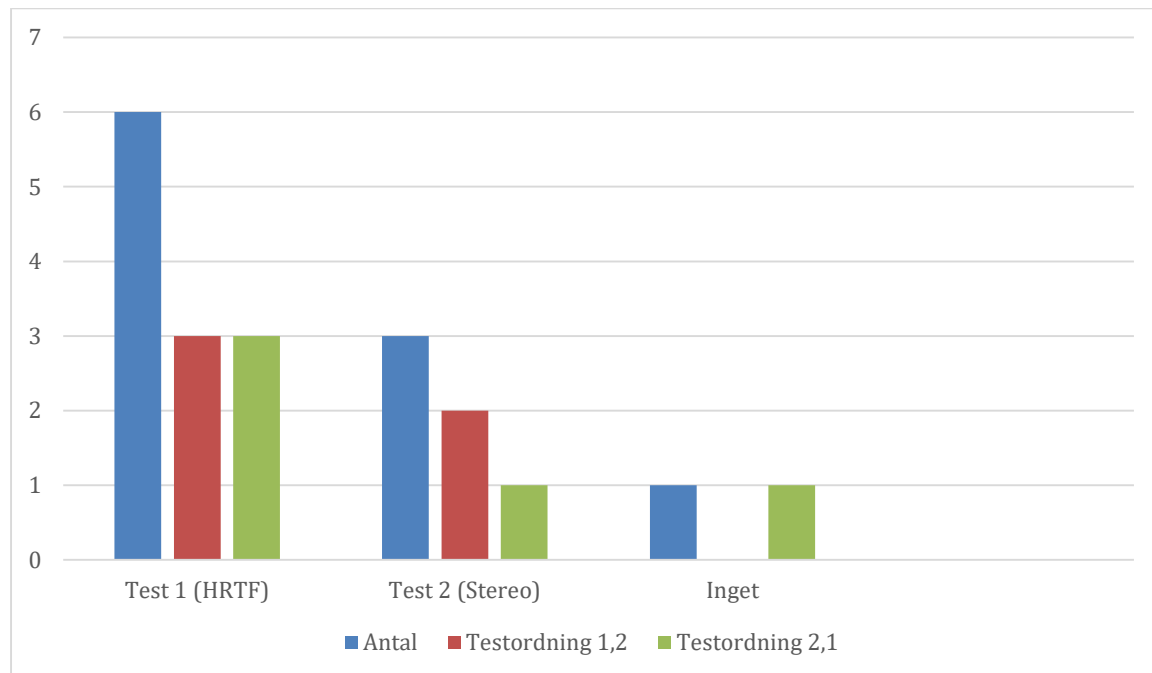
5.1.2 Kvalitativt resultat

I början av intervjun som ägde rum efter speltestet fick testpersonerna en öppen fråga i stil med *hur kändes det där?* Majoriteten svarade omedelbart att det var svårt och beskrev känslan av att lyssna med ett öra som konstigt, jobbigt och framför allt ovan. Två av testpersonerna hade en obehaglig upplevelse, inte tillräckligt för att de ville avsluta undersökningen utan beskrev upplevelsen som inte särskilt tillfredsställande. Majoriteten var slående överens om att lyssning oftast sker med två öron vilket här skapade en ovan känsla. Mer än hälften av testpersonerna tyckte att de vände sig att spela med ett öra efter en stunds spelande. Hälften av testpersonerna hörde ingen skillnad mellan de två testerna. Vissa av dem hade egna teorier om att det var mer eller mindre ljud på de olika testen, högre och lägre volym eller kortare och längre avstånd på ljudet. Den andra hälften upplevde skillnad mellan de två testerna varav tre av dessa upplevde skillnad i filtrering och den binaurala effekten, dock utan att beskriva det med den termen. De andra två testpersonerna som upplevde skillnad på de två metoderna hade svårt att peka på vad som var skillnaden, och började gissa om volymförändringar och avstånd.

Samtliga testpersoner tappade vid fler eller färre tillfällen bort ljudet och var tvungna att leta upp det igen. Det gick inte att hitta någon majoritet i vilken metod som ljudet försvann oftast i, utan ljudet försvann lika ofta. Detta grundas i de inspelade videoklippen med gameplay som togs upp under speltesten. Dock gick det att hitta en majoritet i att ljudet oftare lät än att det var tyst. När ljudet försvann för testpersonerna hade de snarlika metoder för att hitta ljudet igen. Den gemensamma nämnaren var att fortsätta röra sig och vrida runt kameran för att

återigen kunna lokalisera ljudet. När ljudet var närvarande hade testpersonerna olika strategier för att följa efter ljudet. Majoriteten snurrade runt på kameran mycket medan ett par andra testpersoner enbart lyssnade med höger öra, med andra ord så gick de i sidleds. Dessa strategier hade majoriteten av testpersonerna kommit på under introduktionsbanorna. Under intervjun som ägde rum efter speltestet fick testpersonerna frågan om hur introduktionsbanan mottogs. Samtliga testpersoner tyckte att introduktionsbanorna var tydliga och gav känslan av att de visste vad de skulle genomföra. En testperson såg dock en nackdel med introduktionsbanan i att man fick se ljudkällan i form av kuben och då förlita sig på den. När den sedan blev osynlig under det riktiga testet skapades en känsla av fritt fall. Denna testperson tyckte att introduktionsbanan gjorde det svårare att genomföra sin uppgift, även om instruktionerna och uppdraget upplevdes som självklara. De andra nio testpersonerna uppskattade introduktionsbanan och kunde då lära sig känna ljudet som de skulle följa efter från olika håll och vinklar. På de inspelade videoklippen med gameplay går det att fastställa att majoriteten av testpersonerna använde introduktionsbanan på önskat sätt. Testpersonerna svepte runt kameran för att lyssna på ljudet från olika håll och de hade hög inlevelse och koncentration. Dock var det två testpersoner som endast genomförde introduktionsbanorna genom att bara följa efter kuben och kanske inte lade så mycket fokus på att lyssna på ljudet, vilket också visade sig i den efterföljande intervjun där de medgav att båda testen var lika svåra. Samtliga testpersoner läste dock igenom introduktionstexten med förutsättningar och upplägg som fanns i huvudmenyn.

Den centrala frågan om ställdes under intervjun efter speltestet var vilken av genomspelningarna som det var lättast att följa efter ljudet i och varför. Denna fråga ställdes ofta i slutet på intervjun och det övergripande svaret presenteras i figur 5.4.



Figur 5.4 – Stapeldiagram över vilken metod de föredrog och vilken ordning testpersonerna spelade i.

Enligt stapeldiagrammet som presenteras i figur 5.4 går det att urskilja att sex av tio testpersoner föredrog HRTF som metod då lyssnandet skedde med ett öra. Av dessa sex var det fyra testpersoner som beskrev att ljudet var lättare att följa i test 1 medan de andra två

enbart tyckte att de inte tappade bort ljudet lika ofta i test 1. Dessa två testpersoner spelade igenom testen i ordningen 2,1. Av de tre testpersoner som svarade att test 2 var lättast att följa efter ljudet i, var det två av dessa som spelade igenom testen i ordningen 1,2 och anledningen till deras svar var att de kände att de hade blivit bättre på spelet den andra gången. Alltså hade det inte med ljudet att göra. Den testperson som tyckte att test 2 var enklast att följa efter ljudet i, med testordning 2,1, hade anledningen att det var lättare att avgöra avstånd och att det var en större skillnad på ljudet på det döva örat – med andra ord så upplevde denna testperson att test 2 var lättare på grund av saknaden av filtrering. En av tio testpersoner tyckte att båda testen var lika svåra.

5.2 Analys

Den enda testpersonen som tyckte att båda testen var lika svåra hade svarat 4 av 10 i erfarenhet av förstapersonsspel. Hen använde till vardags primärt högtalare och spelade förstapersonsspel varje månad - med andra ord en relativt oerfaren spelare. Hälften av testpersonerna svarade varje månad eller aldrig på hur ofta de spelar förstapersonsspel. Samtliga av dessa beskrev aldrig skillnaden mellan de två testerna i form av egenskaper och termer som kan kopplas till skillnader mellan stereo och HRTF. Den andra hälften svarade varje dag eller varje vecka på frågan om hur ofta de spelar förstapersonsspel, och samtliga föredrog test 1 med implementationsmetoden HRTF. Detta resultat visar tendenser på att erfarenhet och spelvana har en stor betydelse, även när det kommer till hur ljud projiceras i dataspel. Kan detta bero på att faktumet att lära sig kontroller och ovana att spela dataspel faller bort? En van spelare behöver förmodligen inte en så lång stund på sig att förstå hur man gör och vad man skall göra.

Testordningen visade sig ha en stor betydelse, speciellt då det kom till ovana spelare. Betydelsen kan delas upp i två generella kategorier där ovana spelare påverkades av testordningen och vana spelare inte påverkades av den. Med andra ord kan det finnas tendenser att de vana spelarna, som tyckte HRTF var enklast att följa efter ljudet i, inte påverkades av testordningen. Denna tendens baseras på figur 5.4 där fyra av de sex testpersoner som svarade test 1 hade testordningen 1,2. Detta kan också styrkas av det inspelade videoklippen med gameplay från speltesten, att en del av testpersonerna hade lättare för spelet i det andra testet.

I figur 5.3 som är ett cirkeldiagram över testpersonernas lyssningspreferens då det kommer till spelande med hörlurar eller högtalare, svarade 7 av 10 personer att hörlurar användes primärt. Av dessa sju testpersoner så svarade sex av dem att test 1 var att föredra. Alltså använde samtliga testpersoner, som tyckte att test 1 med HRTF fungerade bäst, primärt hörlurar när de spelade dataspel. Här går det att hitta ett mönster i hur spelare normalt konsumerar ljud i dataspel. Om man primärt använder hörlurar kan man kanske enklare dra nytta av HRTF då lyssnandet sker med ett öra. Det går kanske dock inte att dra allt för stora slutsatser då andra faktorer också väger in så som erfarenhet och spelvana.

5.3 Slutsatser

Denna studie hade som mål att ta reda på HRTF's effektivitet då lyssnandet skedde med ett öra. För att sätta HRTF i perspektiv jämfördes metoden med en mer förekommande metod som är en stereo-ljudläggning. Frågeställningen till denna studie var:

- *Hur väl fungerar HRTF när spelandet sker med ett öra?*

Det finns en tendens att en HRTF-ljudläggning är mer effektiv än en stereo-läggning då lyssnandet sker med ett öra baserat på att en majoritet av de tio testpersonerna föredrog HRTF framför stereo. Detta baseras på fler faktorer än att majoriteten av testpersonerna själva uttryckte att HRTF fungerade bättre då det kom till lokalisering av en osynlig ljudkälla med endast ett öra. Faktorer som spelvana, erfarenhet och hur vana testpersonerna var att spela med hörlurar vägs in i slutsatsen. Dock är majoriteten inte slående då 6 av 10 personer föredrog HRTF, och om man bryter ned det ännu mer så var det endast 4 av 10 personer med testordningen 1,2 som tyckte test 1 var enklast att följa efter ljudet i. Dessa fyra testpersoner uppfattade skillnad på de olika testen och kunde åtminstone nämna en egenskap i testet med HRTF som beskriver minst en av HRTF's egenskaper, som också stämde överens med Horowitz beskrivning av metoden (Horowitz, Looney 2014). Dessa testpersoner beskrev alltså skillnader i filtrering, omfång eller ljudets 3D-egenskaper. Testordningen räknas in i detta eftersom två av de tio testpersonerna som föredrog HRTF, gjorde det endast för att de upplevde att deras prestation blev bättre under testets gång. Alltså hade det inte med ljudets projicering att göra.

Denna tendens styrks också av att endast 2 av 10 tyckte att ljudprojiceringen med stereo fungerade bättre. Detta kan kanske bero på att stereo har ett mer tydligt av- och på-läge, i att om spelaren är nära ljudet och kameran är riktad framåt eller åt ljudets håll så kommer det ljud. I HRTF däremot hör spelaren ljud när den är nära det oavsett om det är framför, bakom, till vänster eller höger om spelaren eftersom HRTF strävar efter att fenomenet *akustisk skugga* skall uppstå (Schnupp, J, King, A, & Nelken, I. s. 178-179).

Samtliga testpersoner tyckte överlag att det var svårt att lokalisera ljud med endast ett öra, som egentligen är den enda gemensamma nämnaren. Huruvida det är lättare med höger öra än vänster öra är okänt då undersökningen endast genomfördes på höger öra, som Acoustical Society of America (2017) vill hävda är det primära örat. Det går dock förmodligen att dra en slutsats av att människor med två fungerade öron och en vana med binaural lyssning har svårare att lokalisera ljud med endast ett öra än med två.

6 Avslutande diskussion

6.1 Sammanfattning

Denna studie har undersökt HRTF's effektivitet då spelandet skett med endast ett öra. HRTF utgår från en standardisering av hur människans binaurala hörsel fungerar, detta kallas för binaural syntes. Undersökningen fokuserade specifikt om HRTF's effektivitet då det kommer till lokalisering av en osynlig ljudkälla då spelandet sker med endast ett öra. Detta grundades delvis på tidigare forskning om *Single Sided Deafness* som innebär att ett öra förlorar minst -70dB i volym (Van Opstal 2016, s.395-396). Inspirationen till denna studie hämtades från en spelare som led av SDD och hade positiva erfarenheter av HRTF i spelet *Counter-Strike: Global Offensive* (Valve Corporation. 2012). Detta ledde fram till följande frågeställning:

- *Hur väl fungerar HRTF när spelandet sker med ett öra?*

För att undersöka detta skapades ett förstapersonsspel där spelaren skulle följa efter ett osynligt objekt med hjälp av hörseln, med ett öra. Spelet jämförde två metoder, HRTF och stereo och en testgrupp på 10 personer deltog i en kvalitativ undersökning. Undersökningen gav kvantitativ data i form av spelvana, erfarenhet av förstapersonsspel och om testpersoner i vanliga fall använder hörlurar eller högtalare. Dessa kvantitativa svar kopplades samman med svar från kvalitativa intervjuer och styrktes av inspelat gameplay-material. Studien gick ut på att utvinna testpersoners upplevelse av speltestet snarare än deras prestation.

Undersökningen visade tendenser på att en ljudläggning med HRTF är mer effektivt än en ljudläggning med stereo då det kommer till lokalisering med endast ett öra. Den tydliga slutsatsen var att samtliga testpersoner hade svårt att lokalisera ljud med ett öra, oavsett implementationsmetod.

6.2 Diskussion

Innan undersökningen genomfördes kunde det ha varit en fördel att ta reda på om potentiella testpersoner hade någon känd hörselnedsättning. Om så var fallet skulle de inte kvalificera för att få genomföra studien med risk för en för stor påverkan gällande trovärdighet, då alla testpersoner inte hade haft samma förutsättningar. Som tur var hade samtliga testpersoner uppfattningen av att deras hörsel inte var nedsatt. Denna aspekt tas med på grund av trovärdighet. Vidare hade studien eventuellt kunna dra nytta av att testas på människor med en hörselnedsättning, specifikt en hörselnedsättning som påverkar människans förmåga till binaural lyssning som till exempel SSD, single sided deafness. Och andra sidan riktades istället fokus till människor med, i deras bedömning, perfekt hörsel. Samtliga testpersoner i undersökningen svarade nej på frågan om de hade någon känd hörselnedsättning. Tur i oturen skapar detta en mer trovärdig studie då samtliga testpersoner hade likvärdiga förutsättningar då det kommer till förmågan att kunna använda hörseln. Samtliga testpersoner hade också samma förutsättningar då det kom till den utrustning som användes. Samma dator, skärm, styrdon och hörlurar användes till varje speltest på alla testpersoner.

Vidare kan det vara svårt att dra slutsatser av resultat då undersökningsresultatet inte visar på en tydlig majoritet. Och andra sidan undersöker inte studien huruvida HRTF är bättre än stereo, utan snarare en frågeställning som handlar om HRTF's effektivitet då lyssnandet sker

med endast ett öra. För att kunna svara på detta kanske inte en jämförelse mellan två metoder hade behövts, utan det hade kanske kunnat räcka med en artefakt som gick in mer djupgående på HRTF's olika funktioner och dess möjligheter i en mängd olika sorters ljud. Med andra ord finns det en problematik i att artefakten endast testas en ljudeffekt. Det hade kanske kunnat vara en fördel att undersöka fler ljud i andra frekvensområden då olika frekvensområden har olika IDT, *interaural time difference* (Cire 2012). Eftersom ljudet av de rinnande vattnet som testades i denna studie primärt är ett högfrekvent ljud, vilket och andra sidan visade sig fungera bäst av de tester som gjordes under utvecklingen då det kommer till hur den binaurala syntesen blir framträdande, hade man också kunnat addera ett mer lågfrekvent ljud. Antingen hade artefaktens utformande kunnat vara att testpersoner endast får testa HRTF med fler olika sorters ljud. Eller så hade artefakten kunnat behålla samma upplägg med en jämförelse med två olika metoder, men med fler och olika egenskaper i ljuden. Dock hade då studien eventuellt behövt vara av en mer kvantitativ sort där testpersoner under speltestets gång fått svara på hur lätt eller svårt specifika ljud var att lokalisera. Detta hade kunnat ge en högre trovärdighet till svaret på frågeställningen, även om den jämförelse testpersonerna gjorde mellan de två metoderna gav ett trovärdigt svar fast från en annan vinkel.

Samtliga testpersoner fick frivilligt delta i studien och fick under undersökningens gång när som helst avbryta. Testpersonerna blev också medvetna om att inga personuppgifter dokumenterades och deras medverkande hade syftet att vara en del av en större undersökning där deras personliga prestation, intervjumaterial och de inspelade gameplay videoklippen endast använde för att utvinna data för studiens syfte. Varje testperson fick innan undersökningen frågan om de gav sitt godkännande att intervjuerna spelades in med en ljudupptagare, samt att de fick reda på att inspelningen inte skulle publiceras. Med andra ord genomfördes hela studien med anonyma testpersoner. Samtliga testpersoner fick under den kortare kvantitativa intervjun som ägde rum innan speltestet frågan om de hade någon känd hörselnedsättning.

6.2.1 Samhällelig nytta hos arbetet

Denna studie skulle kunna användas eller genomföras igen då det kommer till marknaden för inkluderande spel. Specifikt skulle denna produkt kunna användas för att utvinna data i hur dataspel kan utvecklas för människor med hörselnedsättning. Kan HRTF vara en bättre lösning än stereo då det kommer till lokalisering om man till exempel lider av SSD eller andra hörselnedsättningar? I många filmer finns ofta valet att använda undertexter för personer med hörselnedsättningar, där ljudeffekter och händelser beskrivs med ord. Spelet *Marvinter* (Högskolan i Skövde. 2017) är utvecklat så att det är möjligt att spela utan ljud eller grafik. Detta spel är ett peka och klicka-spel som primärt är inriktat för barn.

Denna studie hade kunnat vara relevant för vidare utveckling av inkluderande spel likt *Marvinter* (Högskolan i Skövde. 2017), fast för traditionella förstapersonsspel. Vissa spel har idag stöd för personer som är färgblinda vilket är ett stort steg för att dataspel skall kunna inkludera fler spelare. Med nyare metoder som till exempel HRTF skulle det vara möjligt att ännu mer kunna inkludera spelare som lider av någon form av hörselnedsättning.

6.3 Framtida arbete

Om detta arbete skulle fortsatt under en kortare tid så hade undersökningen genomförts med fler testpersoner och kanske med fler ljudeffekter för att få en bredare bild över vad HRTF är kapabel till. Om undersökningen genomfördes på fler personer hade dessa kunna delas in två grupper där en grupp enbart lyssnade med vänster öra och den andra gruppen enbart lyssnade med höger öra, för att eventuellt kunna urskilja någon skillnad i förhållande till det primära örat.

Om arbetet hade fortsatt under en längre tid hade den tänkta målgruppen inte varit personer utan hörselnedsättningar med varierande spelvana, utan snarare personer med hörselnedsättningar. Personer som led av en hörselnedsättning som på något sätt påverkade den binaurala ljudupplevelsen hade varit av intresse för att på riktigt få fram ett trovärdigt svar på frågeställningen:

- *Hur väl fungerar HRTF när spelandet sker med ett öra?*

Frågeställningen hade då kunnat ändras, bli bredare och rikta in sig på personer med hörselnedsättning som saknar binaural hörsel eller andra sorters hördelnedsättningar. Frågeställningen skulle kunna vara:

- *Hur väl fungerar HRTF på människor med hörselnedsättningar i förhållande till ljudlokalisering?*

Spelföretag skulle absolut kunna fortsätta på examensarbetet och driva resultatet vidare för att bygga fler kompletta spel, specifikt fler inkluderande spel. Om dataspel tenderar att växa i populärkulturen skulle det innebära att spelarantalet ökade, vilket förmodligen också betyder att personer med hörselnedsättningar kan räknas in i tillväxten.

Referenser

- Agterberg, M. J. H., Snik, A. F. M., Hol, M. K. S., Van Wanrooij, M. M. and Van Opstal, A. J. (2012). *Contribution of Monaural and Binaural Cues to Sound Localization in Listeners with Acquired Unilateral Conductive Hearing Loss: Improved Directional Hearing with a Bone-Conduction Device*, *Hearing Research*, 286(1-2), pp. 9–18. [2018-02-07]
- Acoustical Society of America. (2017). *Want to listen better? Lend a right ear*. ScienceDaily. www.sciencedaily.com/releases/2017/12/171206090611.htm [2018-02-07]
- Battlefield 4* (2013) [spel]. Utvecklare: EA Digital Illusions CE (DICE). Electronic Arts.
- Chion, M. (1994) *Audio-Vision: Sound on screen*. New York, NY: Columbia University Press
- Cire, G. (2012). *Understanding Single Sided Deafness: Evaluation and Treatment for Professionals*. <https://www.audiologyonline.com/articles/understanding-single-sided-deafness-evaluation-6829> [2018-02-05]
- Counter-Strike: Global Offensive* (2012) [spel]. Utvecklare: Valve Corporation. Sony Computer Entertainment.
- Firelight Technologies (n.d. - 2018). *Fmod* (Version 1.08.07) [programvara]. Tillgänglig: <https://www.fmod.com/download>
- FxShaders (2017). *HRTF and why its game changing for me*. [forum]. https://www.reddit.com/r/GlobalOffensive/comments/5mohf9/hrtf_and_why_its_game_changing_for_me/ [2018-02-08]
- Gardner, W.G. (2004). *Frontiers of Engineering: Reports on Leading-Edge Engineering from the 2004 NAE Symposium on Frontiers of Engineering. Spatial Audio Reproduction: Toward Individualized Binaural Sound.*, ss. 113–122.
- Gottlieb, G. (2007). *Shaping Sound in the Studio and Beyond: Audio Aesthetics and Technology*. Boston, MA,: Course Technology. ISBN 9781598637601.
- Horowitz, S. & Looney, S. (2014). *The Essential Guide to Game Audio: The Theory and Practice of Sound for Games*. Burlington. MA: Focal Press, ss. 89.
- Huber, D. M. & Runstein, E. R. (2010). *Modern Recording Techniques*. Oxford: Focal Press.
- Kinan Gh. (2016). *unity 5 how to make objects follow a path* [video]. https://www.youtube.com/watch?v=fKWTpi7oa_E [2018-04-03]
- Lalwani, M. (2015). *Surrounded by sound: how 3D audio hacks your brain*. <http://www.theverge.com/2015/2/12/8021733/3d-audio-3dio-binaural-immersive-rsound-times-square-new-york> [2017-12-16]

- LovelyVirus. (2007). *Virtual Barber Shop (Audio...use headphones, close ur eyes)* [video]. <https://www.youtube.com/watch?v=IUDTlvagjJA> [2018-02-08]
- Nvidia Corps. (2018). *ShadowPlay (Version 3.13.1.30)* [programvara]. Tillgänglig: <https://www.nvidia.com/en-us/geforce/geforce-experience/shadowplay/>
- Marvinter* (2017) [spel]. Utvecklare: Högskolan i Skövde. Sveriges Radio.
- Riviere, A. (2016). *Why VR will put Game Audio in the Spotlight*. http://www.gamasutra.com/blogs/AlexRiviere/20161012/283142/Why_VR_will_put_Game_Audio_in_the_Spotlight.php [2017-12-16]
- Rumsey, F. & McCormik, T. (2009). *Sound and recording*. 6. uppl., Oxford: Elsevier Ltd.
- Schnupp, J, King, A, & Nelken, I. (2011). *Auditory Neuroscience : Making Sense Of Sound*. Cambridge, Mass: The MIT Press, eBook Collection (EBSCOhost), EBSCOhost. [2018-02-06]
- Steinberg. (2009). *Cubase 5 (Version 5.1.1)* [programvara]. Tillgänglig: <https://www.steinberg.net/>
- Unity Technologies. (2015). *Unity3D (version 5.4.3)* [programvara] Tillgänglig: <https://unity3d.com/>
- Valve Corporation. (2017). *Steam Audio (Version 1.0)* [programvara]. Tillgänglig: <https://valvesoftware.github.io/steam-audio/>
- Van Opstal, J. (2016). *The Auditory System and Human Sound-Localization Behavior*. Oxford: Elsevier Ltd.
- Östbye, H., Knapkog, K., Helland, K., Ove Larsen, L. (2003). *Metodbok för medievetenskap*. Malmö, Liber.

Appendix A - Kvalitativt intervjusammanfattning

Testperson 1.

Ålder:

21

Kön:

Man

Har du någon känd hörselnedsättning?

Nej

Hur mycket erfarenhet av förstapersons-spel med hörlurar har du på en skala 1-10 där 1 är helt oerfaren och 10 är mycket erfaren?

9

Hur ofta spelar du förstapersons-spel (Varje dag, varje vecka, varje månad, sällan, aldrig)?

Varje månad

Använder du primärt hörlurar eller högtalare?

Hörlurar

Testordning 1,2

Vilken av genom-spelningarna var det lättast att följa efter ljudet i och varför?

Test 2. Det kändes som att när jag var på väg att tappa bort ljudet var det lättare att förstå var ljudet var på väg. När ljudet var borta i Test 1 var det totalt borta. Jag tappade bort ljudet oftast i Test 1.

Hörde du någon skillnad på de två testen?

Nej, möjligtvis kändes det som att det var mer ljud (omfång) i test 2.

Hur fungerade introduktionen?

Bra. Jag hade dock förstått konceptet ändå i och med att man gjorde den en gång på båda metoderna. Om man är ovan tror jag det hjälper.

Berätta om upplevelsen att lyssna med ett öra.

Det var svårt. Man försökte blunda och lyssna på ljudet, det är ovan att behöva lyssna med ett öra. Jag kände mig mer fokuserad än vid vanligt lyssnade. Det var inte obehagligt.

Hade du någon strategi för att följa efter ljudet?

Jag försökte höra när det var som starkast, och när det försvann snurrade jag runt på kameran för att lyssna mig till det igen.

Testperson 2.

Ålder:

28

Kön:

Man

Har du någon känd hörselnedsättning?

Nej

Hur mycket erfarenhet av förstapersons-spel med hörlurar har du på en skala 1-10 där 1 är helt oerfaren och 10 är mycket erfaren?

10

Hur ofta spelar du förstapersons-spel (Varje dag, varje vecka, varje månad, sällan, aldrig)?

Varje vecka

Använder du primärt hörlurar eller högtalare?

Hörlurar

Testordning 2,1

Vilken av genom-spelningarna var det lättast att följa efter ljudet i och varför?

Test 1. Jag hade lärt mig att känna igen ljudet bättre. Hur ljudet lät när det var framför mig och när det var vid sidan. I Test 1 tappade jag aldrig bort ljudet.

Upplevde du någon skillnad på de olika testerna?

I Test 2 tänkte jag inte på den dämpade effekten som jag gjorde i Test 1. Det var skillnad när man vände bort örat, vilket jag hörde i det andra testet Test 1.

Hur fungerade introduktionen?

Introduktionsbanan hjälpte till.

Berätta om upplevelsen att lyssna med ett öra.

Jobbigt. Första testet (Test 2) var riktigt jobbigt när man inte såg kuben. Det var väldigt ovanligt.

Hade du någon strategi för att följa efter ljudet?

I Test 1 var det dova ljudet på vänster sida, det höga ljudet var på höger. Jag följde det starka höga ljudet, jag gick hela tiden åt höger.

Övrigt:

När jag hade spelat igenom halva testet började jag känna mig illamående och varm. Detta på grund av head-bobbing-effekten. Detta gav mig en form av åksjuka. Det hade inget med ljudet eller lyssnandet med ett öra att göra. I Test 1 tittade jag inte på skärmen alls.

Testperson 3.

Ålder:

46

Kön:

Man

Har du någon känd hörselnedsättning?

Nej

Hur mycket erfarenhet av förstapersons-spel med hörlurar har du på en skala 1-10 där 1 är helt oerfaren och 10 är mycket erfaren?

6

Hur ofta spelar du förstapersons-spel (Varje dag, varje vecka, varje månad, sällan, aldrig)?

Varje månad

Använder du primärt hörlurar eller högtalare?

Högtalare

Testordning 1,2

Vilken av genom-spelningarna var det lättast att följa efter ljudet i och varför?

Test 2. Jag hade lärt mig hur spelet fungerade och kände att det gick bättre i Test 2.

Upplevde du någon skillnad på de olika testerna?

Nej, de var lika svåra.

Hur fungerade introduktionen?

Introduktionsbanan fungerade bra, jag förstod vad jag skulle göra.

Berätta om upplevelsen att lyssna med ett öra.

Ovant men inte obehagligt.

Hade du någon strategi för att följa efter ljudet?

Jag snurrade mycket på kameran.

Testperson 4.

Ålder:

18

Kön:

Man

Har du någon känd hörselnedsättning?

Nej

Hur mycket erfarenhet av förstapersons-spel med hörlurar har du på en skala 1-10 där 1 är helt oerfaren och 10 är mycket erfaren?

5

Hur ofta spelar du förstapersons-spel (Varje dag, varje vecka, varje månad, sällan, aldrig)?

Varje månad

Använder du primärt hörlurar eller högtalare?

Hörlurar

Testordning 2,1

Vilken av genom-spelningarna var det lättast att följa efter ljudet i och varför?

Test 1. Det var bara under en kort stund som jag var utan ljudet. Jag var mycket mer oerfaren när jag gjorde Test 2 vilket gjorde att jag kände att det gick bättre i Test 1.

Upplevde du någon skillnad på de olika testerna?

Nej, inte egentligen.

Hur fungerade introduktionen?

Det fungerade bra, tydligt. Det blev lätt när man började spela efter att ha läst förutsättningarna.

Berätta om upplevelsen att lyssna med ett öra.

Lite ovanligt, det blir en lite konstig känsla i och med att man vill att ljudet skall flytta sig till vänster öra. Det försvårade det att det bara var på ett öra. Jag tycker inte det var obehagligt.

Hade du någon strategi för att följa efter ljudet?

Snurra runt mycket.

Testperson 5.

Ålder:

29

Kön:

Man

Har du någon känd hörselnedsättning?

Nej

Hur mycket erfarenhet av förstapersons-spel med hörlurar har du på en skala 1-10 där 1 är helt oerfaren och 10 är mycket erfaren?

10

Hur ofta spelar du förstapersons-spel (Varje dag, varje vecka, varje månad, sällan, aldrig)?

Varje dag

Använder du primärt hörlurar eller högtalare?

Hörlurar

Testordning 1,2

Vilken av genom-spelningarna var det lättast att följa efter ljudet i och varför?

Test 1, mycket lättare. Det kändes som att man hörde den på längre avstånd.

Upplivede du någon skillnad på de olika testerna?

Test 1 kändes mer dynamiskt. Det var inte bara höger och vänster, det kändes som 3D-ljud. Det var därför det var lättare att höra det på längre avstånd. När jag riktade det döva örat mot ljudet så hörde jag det ändå, eftersom ljud studsar. Så uppfattade jag det inte i Test 2, Test 2 kändes mer svartvitt.

Hur fungerade introduktionen?

Dom hjälpte till med att förstå vad ens uppgift var. Nackdelen med att man i introduktionsbanan såg ljudkällan var att man såg ljudkällan vilket skapade ett "fritt-fall" känsla. Det hade hjälpt om man aldrig fick se ljudkällan, för då hade man blivit direkt inslungad till att bara spela med hörseln. Man tar det grafiska för givet. Introduktionen gjorde det svårare för mig att utföra det jag skulle göra, dock förstod jag vad jag skulle göra, men övergången från syn till hörsel var svår. Introduktionen fick det att verka enkelt, vilket övergick till otroligt svårt då kuberna inte längre var synliga.

Berätta om upplevelsen att lyssna med ett öra.

Väldigt obehagligt, väldigt konstigt. Inte särskilt tillfredsställande. Jag kände inte att jag vände mig, det blev jobbigare och jobbigare. Man är ju van att använda två öron.

Hade du någon strategi för att följa efter ljudet? Jag försökte höra hur det lät i olika vinklar, kolla åt olika håll för att lära mig det. Detta lärde jag mig i introduktionsbanorna.

Testperson 6.

Ålder:

29

Kön:

Kvinna

Har du någon känd hörselnedsättning?

Nej

Hur mycket erfarenhet av förstapersons-spel med hörlurar har du på en skala 1-10 där 1 är helt oerfaren och 10 är mycket erfaren?

1

Hur ofta spelar du förstapersons-spel (Varje dag, varje vecka, varje månad, sällan, aldrig)?

Aldrig

Använder du primärt hörlurar eller högtalare?

Högtalare

Testordning 2,1

Vilken av genom-spelningarna var det lättast att följa efter ljudet i och varför?

Test 2. Det kändes som att jag hade lättare att avgöra avstånd och att det inte försvann lika lätt. I Test 1 försvann den plötligt.

Upplevde du någon skillnad på de olika testerna?

I Test 2 var det större skillnad när det lät lite och när det lät mycket i det döva örat. Jag upplevde att ljudvolymen minskade beroende på avstånd. I Test 1 kändes det inte som att avstånd spelade någon roll. I Test 2 tappade jag bort ljudet oftare.

Hur fungerade introduktionen?

Jag försökte i introduktionsbanorna att lära mig hur ljudet låter när jag ser den, så jag kunde ge mig en uppfattning i hur det låter när jag ser den inte ser den. Högre volym i höger.

Berätta om upplevelsen att lyssna med ett öra.

Det var väldigt konstigt. Det var svårt att inte kunna räkna med ljud i vänster öra. Det var inte obehagligt, man vände sig. Det var svårt.

Hade du någon strategi för att följa efter ljudet?

Jag svepte kameran för att lokalisera det och gick efter metoden som jag lärde mig i introduktionsbanan.

Testperson 7.

Ålder:

23

Kön:

Kvinna

Har du någon känd hörselnedsättning?

Nej

Hur mycket erfarenhet av förstapersons-spel med hörlurar har du på en skala 1-10 där 1 är helt oerfaren och 10 är mycket erfaren?

5

Hur ofta spelar du förstapersons-spel (Varje dag, varje vecka, varje månad, sällan, aldrig)?

Varje vecka

Använder du primärt hörlurar eller högtalare?

Hörlurar

Testordning 1,2

Vilken av genom-spelningarna var det lättast att följa efter ljudet i och varför?

Test 1. Det kändes inte som att ljudet var lika snävt (volym), det hördes i en större yta. I Test 2 försvann det helt.

Hur fungerade introduktionen?

Fungerade bra, de hjälpte till.

Berätta om upplevelsen att lyssna med ett öra.

Lite jobbigt, det var ingen bekväm känsla. Man är van att ha ljud i två öron. Men man vande sig.

Hade du någon strategi för att följa efter ljudet?

Jag försökte lyssna hur det lät från olika vinklar, detta lärde jag mig i introduktionsbanorna.

Testperson 8.

Ålder:

27

Kön:

Man

Har du någon känd hörselnedsättning?

Nej

Hur mycket erfarenhet av förstapersons-spel med hörlurar har du på en skala 1-10 där 1 är helt oerfaren och 10 är mycket erfaren?

9

Hur ofta spelar du förstapersons-spel (Varje dag, varje vecka, varje månad, sällan, aldrig)?

Varje dag

Använder du primärt hörlurar eller högtalare?

Hörlurar

Testordning 2,1

Vilken av genom-spelningarna var det lättast att följa efter ljudet i och varför?

Test 1. Det var enklare att avgöra utstreckningen i var ljudet befann sig. Det kändes som att var en tydligare filterskillnad i Test 1.

Upplevde du någon skillnad på de olika testerna?

I Test 2 kändes det som att skillnaden endast fanns i volym, att det blev svagare och starkare.

Hur fungerade introduktionen?

Jättebra. Det var precis det som behövdes. Att få se den och testa på och lära sig. Jag fick definitivt hjälp av den.

Berätta om upplevelsen att lyssna med ett öra.

Svårt. Man är så van att lyssna med två öron. Svårt att lokalisera. Jag vände mig lite efter en stund.

Hade du någon strategi för att följa efter ljudet?

Försöka vara så nära som möjligt. När jag tappade bort ljudet så hoppade jag i olika riktningar. Det kändes som att inget av testet tog hänsyn till avstånd så mycket utan det viktigaste var riktning.

Övrigt:

Test 1 var enklare men hade ett mer obehagligt ljud.

Testperson 9.

Ålder:

28

Kön:

Man

Har du någon känd hörselnedsättning?

Nej

Hur mycket erfarenhet av förstapersons-spel med hörlurar har du på en skala 1-10 där 1 är helt oerfaren och 10 är mycket erfaren?

10

Hur ofta spelar du förstapersons-spel (Varje dag, varje vecka, varje månad, sällan, aldrig)?

Varje dag

Använder du primärt hörlurar eller högtalare?

Hörlurar

Testordning 1,2

Vilken av genom-spelningarna var det lättast att följa efter ljudet i och varför?

Jag tappade bort ljudet på samma ställe på båda testerna. Test 1 gick det bättre i.

Upplevde du någon skillnad på de olika testerna?

Nej. Dock vet jag vad HRTF är och hörde att Test 1 kändes mer surround.

Hur fungerade introduktionen?

De hjälpte till. De lärde mig att följa ljudet i sidleds vilket jag inte hade tänkt på om introduktionen inte fanns.

Berätta om upplevelsen att lyssna med ett öra.

Det är svårt. Jag spelar mycket förstapersonsspel där man skall höra var fiender är, jag tror det kan vara en vanesak med att lyssna med ett öra. Själv är man så van att lyssna med båda öronen. Jag vande mig efter en stund.

Hade du någon strategi för att följa efter ljudet?

Jag följde den med det högra örat. Jag gick i sidleds.

Testperson 10.

Ålder:

27

Kön:

Man

Har du någon känd hörselnedsättning?

Nej

Hur mycket erfarenhet av förstapersons-spel med hörlurar har du på en skala 1-10 där 1 är helt oerfaren och 10 är mycket erfaren?

4

Hur ofta spelar du förstapersons-spel (Varje dag, varje vecka, varje månad, sällan, aldrig)?

Varje månad

Använder du primärt hörlurar eller högtalare?

Högtalare

Testordning 2,1

Vilken av genom-spelningarna var det lättast att följa efter ljudet i och varför?

Båda var lika svåra. Jag tappade bort ljudet på båda gångerna och det tog lika lång tid att hitta det igen. Mot slutet kände jag att jag blev bättre på att lokalisera.

Upplevde du någon skillnad på de olika testerna?

Jag hörde ingen skillnad.

Hur fungerade introduktionen?

Jag följde mest efter kuben.

Berätta om upplevelsen att lyssna med ett öra.

Det var svårt. Men det var inte obehagligt. Jag vände mig efter en stund, under Test 1.

Hade du någon strategi för att följa efter ljudet?

Jag tänkte först gå till mitten för att snurra runt och hittade det. Men när jag tappade bort det gick jag slumpmässigt för att hitta det igen.