

Produktutveckling av titlåda för Visual Reinforcement Audiometry

Emmy Carlsson (BME–20), Maja Eklund (BME–19)

Sammanfattning—Early diagnosis of hearing impairment in children is crucial to enable successful treatment, prevent further deterioration, and ensure proper development of speech and other cognitive abilities. One of the most commonly used methods for hearing assessment in young children is Visual Reinforcement Audiometry (VRA). The primary challenge with VRA is maintaining the child’s attention throughout the examination. This project aims to develop an engaging and functional visual reinforcement box, to capture the child’s interest while being easy for audiologists to use during the assessment. Conducted at the Department of Biomedical Engineering at LTH, Lund University, and in collaboration with audiologists at Skåne University Hospital (Lund), this project has resulted in a system featuring two visual reinforcement boxes. Each box contains a colorful parrot with a flapping motion that can vary in speed. These boxes facilitate the audiologists’ work with centralized controls for adjusting the speed and foot pedals that act as switches for lighting and the toy. The design process was iterative, incorporating valuable feedback from audiologists to optimize functionality and design. The final product has been evaluated and preferred over previous alternatives tested at the audiology clinic in Lund, successfully meeting the requirement specification.

I. INTRODUKTION

ATT undersöka hörseln hos barn är lika viktigt som det kan vara utmanande. Det finns många olika metoder med vilka man kan undersöka ett barns hörsel. Vissa metoder kan dock bara användas i vissa åldersspann. Vi vill utvidga detta spannet för en av de vanligare metoderna Visual Reinforcement Audiometry (VRA).

A. Betydelse av hörselundersökning

I Sverige föds cirka 200 barn med hörselnedsättning varje år. Det är av stor vikt att hörselnedsättningar upptäcks så tidigt som möjligt för att barnen ska få chansen till framgångsrik behandling och förhindra ytterligare försämring av sin hörsel. [1]

En stor del av språkinläringen sker genom att barnet överhör när människor i dess omgivning pratar. Detta har en inverkan på utvecklingen av hörselcortex. Det krävs att barn exponeras för ljudstimulans för att denna del av hjärnan ska utvecklas fullt ut. Hjärnan har en viss plasticitet som avtar

med åldern vilket styrker betydelsen av tidig upptäckt av hörselnedsättning. [2]

Det finns bevis som stödjer att tidig upptäckt och behandling av hörselnedsättning kan ha en signifikant positiv effekt på olika delar av språkutvecklingen. Språket innefattar förmågor som läsning, skrivning och tal och påverkar även andra kognitiva förmågor som minne, känslor och självmedvetenhet. I sin tur bidrar alltså ett välfungerande språk till en individs självuppfattning, sociala liv och förmåga till kommunikation med andra. Detta styrker syftet med projektet och vikten av att använda pricksäkra hörselundersökningsmetoder som möjliggör tidig diagnostik och därmed tidiga insatser. [3]

B. Undersökningsmetoder

Det finns en rad olika metoder för hörselundersökningar, och vilken som används kan bland annat bero på personens ålder eller vilken typ av hörselnedsättning det rör sig om.

Idag erbjuds ett så kallat OAE-test (otoakustiska emissioner) till alla nyfödda barn i Sverige vilket möjliggör tidig upptäckt av medfödda hörselnedsättningar. Testet utförs genom att en propp med en liten mikrofon och ljudsändare placeras i innerörat. Proppen skickar ut ljudstimuli som hårcellerna svarar på genom att skicka ett ljud tillbaka. Om detta ljud är mätbart är risken liten att barnet har en hörselnedsättning. Om det däremot inte är mätbart finns det en risk för hörselnedsättning, men det kan också röra sig om andra orsaker, som t.ex. att något sitter i vägen i hörselgången. Ofta kan detta bero på att testet gjorts lite för tidigt (inom 48 timmar efter födsel), och då utförs ett nytt test lite senare. Styrkan med detta test är att det är objektivt och resultatet är svårt att manipulera. [4]

Tonaudiometri och talaudiometri är två andra hörseltestmetoder. Vid tonaudiometri spelas toner upp vid olika frekvenser och intensiteter för att bestämma den lägsta ljudnivå som en person kan höra vid varje frekvens. Vid talaudiometri används talstimuli för att bedöma en persons förmåga att uppfatta och förstå tal vid olika ljudnivåer. Dessa metoder är subjektiva och kräver visst samarbete från patienten och är därför inte alltid optimala, speciellt inte för små barn. [4]

Auditory Brainstem Response som förkortas ABR (på svenska, hjärnstamsaudiometri) är en undersökning som används om det rör sig om hörselnedsättning orsakat av fel på hörselnerven, hjärnstammen eller cochlean. Elektroder fästs på hals, nacke och huvud för att kunna mäta nervimpulser samtidigt som klickljud och tonljud skickas genom hörlurar.

Inlämnat den 1 juni 2024

E mejladress: {em8525ca-s@student.lu.se, ma0777ek-s@student.lu.se}

Teknisk handledare: Josefin Starkhammar, LTH

Klinisk handledare: Nina Lindén, Carolina Anderberg, audionomer på audiologimottagningen, Skånes Universitetssjukhus, Lund

Engelsk titel: Product development of a box for Visual Reinforcement Audiometry

Det är ett relativt tidskrävande test som tar upp till en timme, och personen som undersöks behöver få lugnande eller till och med sövas, vilket medför vissa risker, för att hålla sig stilla under undersökningen. Fördelen är att detta test, precis som OAE, är objektivt och passar för dem som inte kan genomgå ton- eller talaudiometri. [4]

Ytterligare en vanlig hörselundersökningsmetod är VRA (Visual Reinforcement Audiometry). Denna metod ligger till grund för projektet och beskrivs vidare i nästa avsnitt.

C. VRA

Den undersökningsmetod som detta projekt baseras på är visuell belöningsaudiometri, förkortat VRA från engelskans Visual Reinforcement Audiometry. Tekniken utnyttjar Conditioned Orientation Reflex (COR), alltså betingad orienteringsreflex, som innebär att lokalisering av en ljudkälla sker reflexmässigt. Termen VRA introducerades år 1969 och innebar då att hörseln hos små barn skattades genom att utnyttja deras naturliga tendens att vända sig mot ljudkällor där sedan en visuell belöning visades för att behålla barnets uppmärksamhet. [5]

VRA har blivit en mer generell term som avser tekniker där någon typ av visuellt belöningsystem används. Idag är VRA den undersökningsmetod som föredras för barn från ca 6 månaders ålder. Den visuella belöningen som används består ofta av en leksak i en titlåda som hålls dold bakom ett mörkt plexiglas och som endast visas i samband med ett ljudstimuli i syfte att behålla barnets intresse. [5]

Poängen med VRA-testet är att undersöka hörseln hos barnet och avgöra vilka ljud av olika frekvens och intensitet som barnet hör. Testet utförs därför i ett ljudisolerat undersökningsrum för att undvika störningar orsakade av andra ljudkällor. Under VRA-testet får barnet sitta på en hög stol eller i en förälders knä, vänd framåt med en högtalare placerad på vardera sida, ofta i 90 graders vinkel. När ljudstimuli presenteras genom en av högtalarna vill barnet vrida sitt huvud mot ljudkällan om ljudet har uppfattats, och då visas den visuella belöningen, antingen på en bildskärm eller i form av en fysisk leksak i en titlåda, som sitter i nära anslutning till högtalarna. I detta fall är det en fysisk leksak då projektet riktar sig till undersökningar för de allra minsta barnen (från 6 månader upp till några år gamla). Detta beror på att barn under två år inte har fullt utvecklat 2D-seende och därmed är ett 3D-objekt att föredra. [1]

D. Tidigare arbete

Detta projekt har liknande utgångspunkt som ett tidigare projekt. Huvudfokus i det tidigare projektet var att ta fram en intressant leksak som hade ett optimalt rörelsemönster för att fånga ett barns uppmärksamhet. Den titlådan var integrerad med ett befintligt styrsystem, framtaget av STV AB. Styrsystemet tillhandahöll lådans strömförsörjning och styrde även dess lampor där lampornas attribut kunde ändras. För att möta de nya behov som finns idag har denna titlåda vidareutvecklats i detta projekt. [6]

E. Tes

Som tidigare nämnts är tidig upptäckt och tidiga insatser av stor vikt för att bidra till en positiv utveckling av en individs självuppfattning, sociala liv och förmåga till kommunikation med andra [3]. Då VRA är den föredragna metoden för att skatta barns hörsel är det av stor vikt att undersökningsmetoden fungerar för så många barn som möjligt. Vårt projekt ämnar därmed skapa en titlåda som är intressant nog att fånga intresset hos de väldigt små barnen samtidigt som lådan är tillräckligt lätt att hantera för audionomen under undersökningens gång.

F. Agenda

För att, på ett strukturerat och konkret sätt, ta sig an vårt har vi valt att behandla projektet som en designutmaning. Därmed följer arbetsgången en designprocess bestående av många olika delmetoder som alla ger varsitt delresultat innan det slutgiltiga resultatet nås.

II. METOD

Projektets arbetsgång baserades på Double Diamond-modellen (se figur 1), vilket gav projektet en övergriplig och lätthanterlig struktur. Modellen följer fyra faser, se A-D nedan [7]. Metoder från Ulrich och Eppingers *Product design and development* användes för att realisera modellens fyra faser [8].



Figur 1. Schematisk bild som beskriver hur en Double Diamond-process går till. [7]

A. Discover

Discover-fasen går ut på att bredda kunskapen om problemet, det viktiga är att samla kunskap på ett sätt som leder till faktisk förståelse istället för antaganden. [7]

Projektet inleddes med informationssökning för att skapa en bild av utgångsläget. Ett viktigt steg i denna inledande fas var att undersöka vilka faktiska behov som produkten skulle tillgodose. Informationssökningen gjordes primärt genom en intervju med Carolina Anderberg och Nina Lindén, audionomer vid Skånes Universitetssjukhus (Lund). För att även finna de latent behoven och observera befintliga produkter, kompletterades intervjun med ett studiebesök på audiologimottagningen vid Skånes Universitetssjukhus (Lund). Informationssökningen kompletterades sedan med en skrivbordsundersökning.

B. Define

Under Define-fasen bearbetas den information som samlades in under Discover-fasen. Informationen behandlades för att konkretisera den. Målet med fasen var att formulera ett avgränsat, lösningsbart problem. [7]

Första steget i Define-fasen var att skapa en problemformulering som specificerar vilket problem som är ämnat att lösas. [8]

Detta följdes av en behovsspecifikation som gjordes enligt den struktur som Ulrich och Eppinger tagit fram. De kundbehov som framkom under Discover-fasen listades i en tabell och rankades utifrån deras relativa betydelse för produkten. Rankningskriterierna som användes framgår av tabell I nedan. [8]

Tabell I
FÖRKLARING AV RANKNING

Nr	Kriterier
1	Egenskapen är oönskad. Jag skulle inte överväga en produkt med denna egenskap.
2	Egenskapen är inte viktig, men jag skulle inte ha något emot att ha den.
3	Egenskapen skulle vara trevlig att ha, men är inte nödvändig.
4	Egenskapen är mycket önskvärd, men jag skulle överväga en produkt utan den.
5	Egenskapen är avgörande. Jag skulle inte överväga en produkt utan denna egenskap.

Med utgångspunkt i behovsspecifikationen skapades sedan en kravspecifikation där de högst rankade behoven (de som fick en fyra eller femma i rankning) omformulerades från subjektivt beskrivna behov till objektivt mätbara krav. Kraven rankades sedan efter den relativa betydelsen för produkten. Rankningskriterierna som användes framgår av tabell II nedan. För kraven angavs även vilka mätvärden som var acceptabla för produkten. För att hitta dessa gränsvärden utfördes benchmarking där lämpliga mätvärden sattes utifrån liknande produkter. [8]

Tabell II
FÖRKLARING AV RANKNING

Nr	Kriterier
1	Måttet är inte kritiskt och behöver inte uppfyllas
2	Måttet är av mindre betydelse och kan utelämnas
3	Måttet är av mindre betydelse men skulle vara bra att inkludera
4	Måttet är av större betydelse och skulle vara bra att inkludera
5	Måttet är kritiskt och måste uppfyllas

C. Develop

Under Develop-fasen undersöktes olika möjligheter till en lösning baserad på de krav som togs fram under föregående fas. [7]

För att ta sig an det komplexa problemet bröts det ner i mer hanterbara subproblem. Detta gjordes genom att skapa frågeformuleringar med utgångspunkt i de viktigaste behoven från behovsspecifikationen. Utifrån frågorna hölls sedan en brainstorming-session där möjliga lösningar på subproblemen

söktes. Dessa lösningar kombinerades ihop till tre olika konceptidéer. [8]

D. Deliver

Under Deliver-fasen utvärderades de olika lösningarna. De som inte ansågs vara tillräckligt bra förkastades, och den bästa lösningen vidareutvecklades och utvärderades. [7] De tre koncepten från Develop-fasen jämfördes sedan med en existerande lösning (så kallad benchmark) i en konceptutvärderingsmatris (Concept Scoring Matrix). Det koncept som erhöll högst rank från matrisen fördes vidare till prototypskapande. [8]

För att visualisera prototypskapandet gjordes först en CAD-modell av konceptet i programmet Solid Edge med syfte att undersöka dimensioner på produkten och underlätta prototypskapandet. Prototypen byggdes på samma sätt och med samma material som den slutgiltiga produkten, med skillnaden att vissa komponenter inte fästes permanent. Prototypen byggdes även i vissa avseenden med två olika versioner av en komponent för att kunna utvärdera vilken version som var att föredra.

E. Iterate

Prototypen testades sedan av personalen som jobbar med barn på audiologimottagningen vid Skånes Universitetssjukhus (Lund). Detta gjordes genom att prototypen ställdes i ett undersökningsrum för att simulera förhållandena under en verklig hörselundersökning. Audionomerna fick sedan fylla i en utvärderingsenkät som innehöll frågor om prototypen och dess funktionalitet. Svaren från enkäten sammanställdes och utvärderades. Designprocessen itererades och en ny prototyp skapades utifrån den feedback som audionomerna gav.

III. RESULTAT

Resultatet följer samma indelning av rubriker som i den ovan beskrivna metoden.

A. Discover

Efter besöket på audiologimottagningen vid Skånes Universitetssjukhus (Lund) och intervju med audionomerna fick vi en grund för att kunna skapa oss en uppfattning om vilka behov produkten skulle tillgodose.

Intressant leksak är av stor vikt vid en VRA-undersökning då barnet behöver kunna behålla uppmärksamheten utan att tröttna. Detta, och även en leksak som har ett varierande och intressant rörelsemönster i olika hastigheter, var önskvärt enligt audionomerna. För att kunna utföra undersökningen behövde leksaken också vara dold vid inaktivitet och lådan skulle smälta in i omgivningen. Vi fick även se var tittlådan var tänkt att fästas i undersökningsrummet, i nära anslutning till högtalarna. En annan förutsättning för projektet var att två tittlådor skapades: en låda per högtalare.

Andra mer funktionella behov var att lådan skulle vara så lätt och liten som möjligt för att kunna monteras. Även långa sladdar och separat elförsörjning som inte var beroende av tidigare system var viktigt. Gällande belysningen var det önskvärt att kunna styra den separat från leksakens reglage,

men ändå på en platskoncentrerad styrcentral för att underlätta audionomens arbete. Ytterligare nödvändigheter för projektet var hållbar design och låda med möjlighet till underhåll.

B. Define

Utifrån den information som samlades in under Discover-fasen kunde följande problemformulering fastställas: Utveckla en titllåda som fångar intresset hos patienten samtidigt som den är funktionell och enkel att använda under undersökningen.

Behovsspecifikationen som skapades utifrån insamlad information i Discover-fasen listar 21 identifierade behov. De viktigaste behoven, som tilldelades en femma i rankningen, var: Leksaken i produkten ska vara intressant, sladdarna ska vara långa, leksaken måste vara dold när den inte används och det ska finnas två boxar. För att ta del av den fullständiga behovsspecifikationen se tabell III.

Utifrån behovsspecifikationen skapades en kravspecifikation som listar vilka krav produkten bör uppfylla, se tabell IV. Kraven har här försetts med mätvärden som produkten bör uppfylla och försetts med en rank. De viktigaste kraven, som tilldelades en femma i rankningen, var: Det ska finnas två boxar, sladdlängden ska vara 3 meter, leksaken ska vara intressant, leksaken ska vara dold när den inte används och produkten ska vara enkel att styra.

Tabell III
BEHOVSSPECIFIKATION

Nr	Behov	Rank
1	Produkten ska vara lätt	4
2	Produkten ska ta så lite plats som möjligt	4
3	Leksaken i produkten ska vara intressant	5
4	Sladdarna ska vara långa	5
5	Det ska gå att reglera hastigheten på leksakens rörelser	3
6	Det ska gå att variera intrycket av leksaken	4
7	Lampan som lyser upp leksaken ska gå att reglera separat från leksaken	3
8	Det ska gå att ändra färg på lampan	3
9	Systemet ska vara frikopplat från det STV-system som används idag	4
10	Elförsörjning via nätanslutning	3
11	Leksaken måste vara dold när den inte används	5
12	Ska kunna monteras på olika sätt	3
13	Det ska finnas två boxar	5
14	De två boxarna ska ha olika innehåll	3
15	Allt ska kunna styras på samma plats	4
16	Produkten ska vara tyst	3
17	Produkten ska vara hållbar	4
18	Det ska vara möjligt att utföra underhåll på produkten	3
19	Lådan ska smälta in i omgivningen	4
20	Produkten ska vara enkel att styra	4
21	Möjlighet till underhåll av produkten	4

Tabell IV
KRAVSPECIFIKATION

Nr	Behov	Krav	Enhet	Värde	Rank
1	1, 12	Vikt	kg	<3	4
2	16	Ljudnivå	dB	<40	3
3	13	Antal boxar	st	2	5
4	2, 12	Mått	mm (b,h,d)	350x250x200	4
5	4, 12	Sladdlängd	m	3	5
6	5, 6	Möjlighet att reglera leksaken	Ja/Nej	Ja	4
7	3	Intressant leksak	Ja/Nej	Ja	5
8	9	Frikopplad från STV	Ja/Nej	Ja	4
9	11	Leksaken döljs när den ej används	Ja/Nej	Ja	5
10	15, 20	Enkel att styra	Ja/Nej	Ja	5
11	17, 21	Möjlighet att utföra underhåll	Ja/Nej	Ja	4
12	19	Lådan smälter in i omgivningen	Ja/Nej	Ja	4

C. Develop

För att kunna söka efter lösningar på det komplexa problemet bröts det ner i följande delproblem:

- Hur kan vi göra så att produkten blir så lätt som möjligt och tar så lite plats som möjligt?
- Hur gör vi så att produkten är intressant för barn?
- Hur ska vi utforma styrenheten för att göra produkten lätt att använda?
- Hur ska vi göra för att produkten ska smälta in i omgivningen?
- Hur gör vi produkten hållbar?
- Hur gör vi så att produkten får en säker strömförsörjning?

Under en brainstorming-session söktes olika lösningar till de olika delproblemen, se listan i bilagan. De olika lösningarna låg sedan till grund för utvecklandet av tre olika koncept:

- Koncept A - Hologrammet: Leksaken utgörs av ett hologram, hologrammet går att manipulera och specificera efter patientens specifika behov och preferenser och på så vis skapas en försäkran om att patientens intresse fångas. Lådan görs i plast eller glas för maximal insyn. Då hologrammet i sig är en ljuskälla behövs inget externt ljus. Hologrammet behöver en säker elförsörjning och drivs därför av nätström. Hologrammet styrs via en display, antingen via en dator eller en fristående display.
- Koncept B - Gosedjuret: Leksaken utgörs av ett gosedjur som kan utföra någon typ av enklare rörelse. Rörelsens hastighet kan justeras med hjälp av en motorhastighetsregulator. Lådan byggs i trä och isoleras för att minska effekten av det ljud som motorn i gosedjuret avger. Ett fönster av solfilmsbeklätt plexiglas gör att gosedjuret inte syns när produkten inte används. Ljus sätts på insidan av lådan för att lysa upp leksaken vid användning vilket gör att patienten kan se gosedjuret. En tryckknapp styr lamporna och ett vridreglage styr motorhastighetsregulatorn. Produktens elförsörjning kommer från batterier.
- Koncept C - Roboten: Leksaken utgörs av en robot som kan utföra mer komplexa rörelser. För att lådan ska se så bra ljuddämpning som möjligt byggs den i huvudsak i skumgummi. Ett fönster av solfilmsbeklätt plexiglas gör att roboten inte syns när produkten inte används. Ljus

som lyser både inåt och utåt placeras på lådans insida, ljuset kan då användas som en del i att fånga patientens uppmärksamhet istället för att endast ha i uppgift att göra roboten synlig. Roboten och lamporna styrs via olika tryckknappar som aktiverar olika rörelsemönster. Produktens elförsörjning kommer från batterier.

D. Deliver

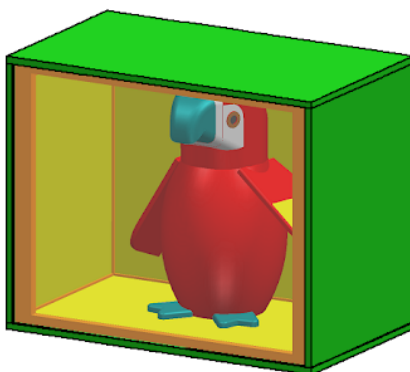
Utvärderingen av de olika koncepten gjordes genom att använda en konceptutvärderingsmatris. Enligt denna matris fick koncept B - gosedyret högst poäng och var således det koncept som fördes vidare. För detaljer kring matrisen se tabell V.

Tabell V
KONCEPTUTVÄRDERINGSMATRIS

Urvalkriterium	Vikter	Benchmark (STVs produkt)		Koncept					
		Rank	Viktat resultat	A Hologrammet		B Gosedyret		C Roboten	
		Rank	Viktat resultat	Rank	Viktat resultat	Rank	Viktat resultat	Rank	Viktat resultat
Lätt och liten	0,1	2	0,2	3	0,3	3	0,3	3	0,3
Lättstyrd	0,2	2	0,4	1	0,2	3	0,6	3	0,6
Hållbar	0,1	2	0,2	1	0,1	2	0,2	1	0,1
Intressant för barn	0,3	2	0,6	2	0,6	3	0,9	2	0,6
Insmältning i omgivning	0,2	2	0,4	1	0,2	2	0,4	2	0,4
Säker strömförsörjning	0,1	2	0,2	3	0,3	2	0,2	2	0,2
Totalt resultat		2		1,7		2,6		2,2	
Total rank		3		4		1		2	
Fortsätt?		Nej		Nej		Ja		Nej	

Det första steget i att realisera koncept B var att införskaffa ett gosedyr som kunde röra på sig. Ett gosedyr som audionomen redan var bekanta med var en papegoja som kunde flaxa med vingarna och vaggga. En röd papegoja fanns redan och en blå införskaffades efter utvärdering av vilken färgsättning som är bäst för patienter med färgblindhet.

En prototyp ritades i CAD med utgångspunkt i papegojornas storlek. Detta resulterade i att ritningar skapades som sedan kunde följas för att skapa en fysisk prototyp, se figur 2.



Figur 2. CAD-modell, skapad i Solid Edge, som visar hur prototypen konstruerats.

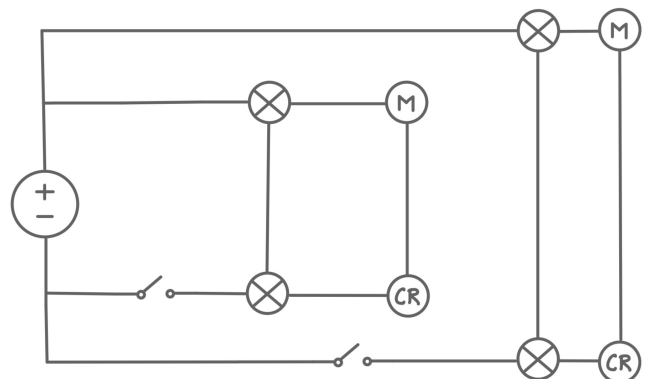
Två lådor byggdes enligt ritningen från CAD-modellen. Väggarna sågades ut ur en 6 mm MDF - skiva och sammanfogades med hjälp av trälistor, närmare detaljer ges i figur 3. Lådornas lock gjordes avtagbara för att möjliggöra underhåll av produkten. Lådorna spraymålades svarta för att de skulle smälta in bland den i övrigt svarta utrustning som finns i undersökningsrummet. Lådornas väggar kläddes i skumgummi för att minska styrkan på det motorljud som läckte ut ur lådan. Plexiglasen som täcker lådornas framsidor förseddes med solfilm.



Figur 3. Prototypen under tillverkning.

En styrbox byggdes där strömbrytare och vreden till motorhastighetsregulatorerna kunde fästas, samt där batterier och kopplingsplintar kunde inneslutas. Styrboxens topp och botten sågades ut ur en 6 mm MDF skiva och sidorna skapades av höga trälistor.

De båda lådorna parallellkopplades till samma strömkälla bestående av 3 AAA-batterier. Till varje låda hörde en strömbrytare som seriekopplades till de två LED-slingorna som fästes på lådans insida för att lysa upp papegojan. Över de två lamporna parallellkopplades en krets innehållande motorhastighetsregulatorn och papegojans motor, detta för att papegojan skulle börja flaxa samtidigt som lamporna tänds utan att audionomen ska behöva trycka på två knappar. En schematisk bild av kretsen presenteras i figur 4.



Figur 4. Kretsschema som beskriver hur elen kopplats i produkten.

E. Iterering

Efter att den första prototypen testats av personalen på audiologimottagningen vid Skånes Universitetssjukhus (Lund) fick de svara på en utvärderingsenkät. Enkäten innehöll enkla graderingsfrågor på en skala från 1 till 5, ja- och nej-frågor, samt en öppen fråga i fritext.

Ett genomgående önskemål bland nästan alla svarande (5 av 6) var att lådorna skulle styras med pedal istället för med tryckknapp, och att strömkällan skulle bytas från batterier till nätström (4 av 6). Av samtliga svarande önskades också mer belysning i lådan. I fritext framkom även att gradering på vreden som styr leksakernas rörelse hade varit bra.

F. Slutgiltig produkt

För att möta de nyfunna behoven och nå förbättringar med den nya prototypen dubblerades antalet LED-slingor i respektive låda, batteridosan byttes ut till en nätkabel, graderingar ritades ut på styrboxen och de båda tryckknapparna byttes ut till varsin pedal. Den slutgiltiga produkten visas nedanför av figur 5.



Figur 5. Tittlådorna placerade i ett undersökningsrum på audiologimottagningen.

För att säkerställa att den nya prototypen uppnått önskade förbättringar fick audionomerna testa den ytterligare en gång och svara på en ny utvärderingsenkät med liknande frågor som den första. Av den nya utvärderingen framkom att den slutliga produkten var att föredra framför alla föregående produkter. Belysningen i lådan var nu tillräckligt stark och bytet till pedal var mycket uppskattat.

IV. DISKUSSION

A. Förbättringsmöjligheter

Den slutgiltiga produkten uppfyller många av de önskemål som ställts av audionomerna, men det finns vidare utvecklingsmöjligheter. Solfilmen skulle kunna vara ännu mörkare för att helt utesluta risken att patienten kan se leksaken innan lamporna tänds. I och med detta skulle belysningen kunna vara ännu starkare. Ett önskemål som audionomerna hade var

att ljuset hade fler variationsmöjligheter för att med hjälp av ändringar av ljuset kunna öka intresset för leksaken även efter det att patienten vant sig vid den. Ett sätt att variera ljuset på är att låta det pulsera med olika mönster och frekvenser. Ett annat sätt är att ändra färgen på ljuset. Även en del kosmetiska saker skulle kunna utvecklas för att ytterligare försäkra sig om att lådorna smälter in i omgivningen, exempelvis har produkten några sladdar som löper helt parallellt, intrycket av produkten hade blivit lugnare om dessa var samlade i en sladd. Ytan på lådan och styrboxen bör lackas för att förbättra hållbarheten och göra produkten lättare att rengöra. Reglagen på styrboxen kan upplevas lite små och pilliga att hantera, större vred med steg hade kanske underlättat användandet av styrboxen. Att ta fram en allmän lösning för montering av lådorna skulle göra det enklare att installera dem och säkerställa att de blev installerade på ett korrekt och hållbart sätt. Slutligen kan man konstatera att det bara tagits fram ett par lådor, fler skulle behövas för att utrusta hela avdelningen med tittlådor och därmed säkerställa att detta hjälpmedel finns tillgängligt för alla som behöver det.

B. Begränsningar

Undersökningarna och intervjuerna som ligger till grund för de antaganden som gjorts i utvecklingen av den här produkten har gjorts på endast en mottagning (audiologi mottagningen i Lund). Dessutom är antalet personer som har bidragit med sin kunskap och sina åsikter är lågt, de två enkäter som användes för informationsinsamling hade en svarsfrekvens på 6 respektive 3. Detta urval kan inte ses som representativt för branschen i stort och produktens specificitet är något som bör finnas i åtanke vid framtida användning och utveckling av produkten. I processen har vi inte haft direktkontakt med barn som är målgruppen för användningen av produkten, utan har förlitat oss på andrahandsinformation från audionomerna. Det går inte att utesluta att produkten skulle kunna förbättras med denna typ av kontakt. Produkten är inte heller ännu testad på barn på ett systematiskt vis, något som bör ske innan den tas i bruk.

C. Etik

Utvecklingen av en produkt som riktar sig mot sjukvård för barn ställer höga krav på att hålla en god etik genom arbetet. Barn i allmänhet är en sårbar grupp och de åldrar som denna produkt riktar sig mot är särskilt sårbara. Med detta i åtanke har barn inte direkt inkluderats i produktens utveckling utan expertis och insikter har hämtats från andra källor. Dessutom behandlas inga uppgifter om specifika individer utan endast generella observationer har använts, således kan ingen individ komma att identifieras. Anonymitet har varit viktigt även gällande informationsinhämtning av audionomerna på mottagningen. De båda enkäterna utfördes på papper, anonymt med intentionen att enskilda svar inte ska kunna kopplas till en individ.

Produkten i sig ämnar att möjliggöra utförandet av VRA på fler barn. Detta är viktigt då alternativet till VRA ofta är ABR (auditory brainstem response), då ABR är en mer invasiv metod då den kräver sövning av barnet. Att söva en

person medför alltid risker och kan öka stressen både för barnet och dess föräldrar. Ett sätt att minska dessa risker är att använda en annan metod som inte innebär att barnet behöver sövas, exempelvis VRA. Sövnig innebär även en ökad resursanvändning, både sett till personal och material. Kan undersökningen göras utan att använda dessa resurser kan de läggas på annan nödvändig vård.

VRA är en subjektiv undersökningsmetod och därmed finns det en risk att bedömningarna inte alltid blir likvärdiga och korrekta. Olika bedömare kan fatta olika beslut och det finns en risk att den mänskliga faktorn bidrar till att fel uppstår. Det finns även en risk att partiskhet påverkar bedömningen, liksom barnets allmäntillstånd. Vår produkt kan bidra till att barnet reagerar tydligare vilket kan underlätta bedömningen.

D. Hållbarhet

Det ökade användandet av VRA som produkten förhoppningsvis leder till kan vara en liten del i att minska miljöpåverkan från sjukvården. Den ökade resursförbrukningen som alternativa undersökningsmetoder kan innebära kan undvikas genom att använda den relativt resursnåla VRA-metoden. Anestesigaser är starka växthusgaser och dess användning och framställning bidrar till växthuseffekten [10]. Även andra typer av läkemedel som kan behöva användas vid sövnig har konsekvenser för miljön [9].

Under arbetets gång har vi även vidtagit åtgärder för att jobba på ett så hållbart sätt som möjligt. Vi har återanvänt delar av den gamla tittlådan, främst den ena papegojan. Vi använde även CAD för att rita upp lådan innan material inhandlades, något som ledde till att vi inte behövde köpa in material i överflöd. Användandet av CAD har på så vis ökat precisionen och minskat materialsvinnet. Vid val av strömkälla valdes att ansluta produkten till nätström istället för att använda batterier. En del i detta val var att undvika användningen av batterier eftersom de, om de inte återvinns ordentligt, kan leda till stor skada för djur och natur. Produkten är också byggd med tanken att det ska gå att utföra underhåll på den. Locket på tittlådan är därför öppningsbart och styrboxen har förslutits med skruvar, för att möjliggöra för öppning. Dessutom har kopplingsplintar använts för att förenkla bytet av sladdar och komponenter. När produkten nått slutet av sin livstid går det att sära på de olika materialen och återvinna dem på lämpligt sätt. Vissa delar skulle till och med kunna återanvändas i ett annat syfte, exempelvis skulle leksaken kunna användas som just en leksak.

V. SLUTSATSER

Slutligen kan det konstateras att syftet med arbetet till stora delar har uppfyllts. Vi har skapat ett system med två tittlådor som uppfyller den satta kravspecifikationen. Lådan är att föredra framför de andra alternativ som audiologimottagningen i Lund testat. Dock finns det förbättringspotential och alla önskemål audionomerna har är ännu inte uppfyllda.

VI. EFTERORD

Stort tack riktas till våra kliniska handledare på audiologimottagningen i Lund, Nina Lindén och Carolina Anderberg. De har med stort engagemang, tålmod och kunnighet hjälpt och väglett oss i detta arbete via både mail och via besök på mottagningen. Vi vill även tacka hela audiologimottagningen i Lund för ert fina bemötande och hjälp med allt från att hitta rätt till att svara på enkäter. Tack riktas även till vår tekniska handledare Josefin Starkhammar som väglett oss genom projektets gång.

Alla praktiska moment har gjorts tillsammans med förenade krafter. Under rapportskrivandet har Emmy tagit huvudansvaret för introduktion och resultat medan Maja tagit huvudansvaret för metod och diskussion, det ska dock belysas att även detta har varit en högst kollaborativ process där båda bidragit starkt i samtliga moment.

REFERENSER

- [1] C. Anderberg, N. Lindén, Intervju 2024 Jan
- [2] A. Sharma, MF. Dorman, AJ. Spahr. "A sensitive period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants: implications for age of implantation." *Ear Hear.* 2002 Dec;23(6):532-9. doi: 10.1097/00003446-200212000-00004
- [3] E. Shojaei, Z. Jafari, M. Gholami. "Effect of Early Intervention on Language Development in Hearing-Impaired Children." *Iran J Otorhinolaryngol.* 2016 Jan;28(84):13-21. PMID: 26877999
- [4] Hörsellinjen "Hörselundersökningar". Online: <https://hrf.se/alltomhorsel/horsel-och-horselskador/horselundersokningar/oaec-screening> (Hämtad: 2024-05-07)
- [5] DL. Sabo "The audiologic assessment of the young pediatric patient: the clinic". *Trends Amplif* 1999 Jun;4(2):51-60. doi: 10.1177/108471389900400205.
- [6] A. Möller, E. Wallenberg "Förbättrad design av en tittlåda för att skatta hörsel hos yngre barn" 2023 Jun.
- [7] Design Council. "Framework for Innovation" Online: <https://www.designcouncil.org.uk/our-resources/framework-for-innovation/> (Hämtad: 2024-03-25)
- [8] K. Ulrich and S. Eppinger *Product Design and Development* Sixth Edition. New York: McGraw-Hill Education, 2016
- [9] Naturvårdsverket. "Läkemedel i miljön". Online: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/miljoforeningar/organiska-miljogifter/lakemedel-i-miljon/> (Hämtad: 2024-05-16)
- [10] A. Lindén-Søndersø, N. Nielsen and P. Bentzer. "Klimat-effekterna från anestesin kan minska" *Läkartidningen*, 42/2019 Online: <https://lakartidningen.se/klinik-och-vetenskap-1/kommentar/2019/10/klimat-effekterna-fran-anestesi-kan-minska/> (Hämtad: 2024-05-16)

BILAGA

Resultat av brainstorming:

- Materialval
 - Box i plast
 - Box skumgummi
 - Box i trä
 - Box i glas
- Leksakstyp
 - Hologram
 - Robot
 - Gosedjur med rörelse
- Belysning
 - Vitt ljus
 - Ljusslingor som ändrar färg
 - Lysa bara inåt
 - Lysa inåt och utåt
- Reglage
 - Dimmer
 - En hastighet
 - Isolering
 - Isolera lådan med tyg
 - Isolera lådan med skumgummi
 - Ha lådan oisolerad
- Lådans strömförsörjning
 - Driva på batteri
 - Driva på nätverksström
- Lådans öppning
 - Lådan öppnas endast ovanifrån
 - Lådan kan öppnas från sidor
 - Botten kan tas av
- Lådkonfiguration
 - Två leksaker i samma låda
 - Samma leksak i de två olika lådorna
 - Olika leksaker i de två olika lådorna
 - Liknande men olika leksaker i de två lådorna