



MEDICINSKA FAKULTETEN

Lunds universitet

Avdelningen för logopedi, foniatri och audiologi
Institutionen för kliniska vetenskaper, Lund

Utvärdering av hörselskydds egenskapers påverkan på taluppfattningen i brus med hjälp av SiimpL

Rickard Larsson

Audionomutbildningen, 2015

Vetenskapligt arbete, 30 högskolepoäng

Handledare: Per Hiselius

Lunds Universitet
Medicinska fakulteten
Avdelningen för logopedi, foniatri och audiologi
Institutionen för kliniska vetenskaper, Lund

Arbetets art: Magisteruppsats, omfattande 30 högskolepoäng
Titel: Utvärdering av hörselskydds egenskapers påverkan på taluppfattningen i brus med hjälp av SiimpL
Författare: Rickard Larsson
Handledare: Per Hiselius
Datum: 2015-06-07
Antal sidor: 27

SAMMANFATTNING

Bakgrund: Ett av de vanligaste argumenten till att hörselskydd inte används i bullriga miljöer är att kommunikationen blir svårare. Det kan därför vara viktigt vid val av hörselskydd att de är så fördelaktiga som möjligt för att kunna kommunicera. Att med en bra metod kunna mäta skillnader för taluppfattning mellan hörselskydd med olika egenskaper skulle därför vara värdefullt.

Syfte: Att genom en ny testmetod utvärdera hur hörselskydd med olika egenskaper påverkar taluppfattningen i en bullrig miljö samt att vidare utvärdera SiimpL genom att använda högtalare som ljudkälla istället för hörlurar samt använda fysiska hörselskydd istället för simulerade hörselskydd.

Metod: Tre olika hörselskydd med olika egenskaper testades med hjälp av SiimpL (med två olika talnivåer, 55 dB(A), 65 dB(A)) och ett subjektivt test, i form av ett frågeformulär, för tolv normalhörande forskningspersoner. Varje normalhörande forskningsperson testades i två omgångar vid separata tillfällen. En forskningsperson med hörselnedsättning testades också med SiimpL, dock bara vid ett tillfälle.

Resultat: Resultaten visade signifikanta skillnader vid två jämförelser av olika hörselskydd med samma stimulering. Lågdämpande hörselskydd var signifikant bättre än hörselskydd med liknande egenskaper men med högre dämpning vid 55 dB(A) som talnivå. Hörselskydd med rak dämpning över frekvensområdet visade sig vara signifikant bättre än de lågdämpande vid 65 dB(A) som talnivå. Subjektivt test illustrerade att de lågdämpande skydden uppfattades vara fördelaktiga av forskningspersonerna. Bara ett resultat kunde uppmätas från hörselnedsatt deltagare med SiimpL.

Slutsats: Överdämpning antyds efter denna studie ha en betydande effekt på taluppfattningen vid mätningar med SiimpL. Mer forskning behövs för att kunna se hur personer med hörselnedsättnings taluppfattningsförmåga påverkas av hörselskydds olika egenskaper.

Sökord: hörselskydd, taluppfattning, SiimpL, bakgrundsbuller

Lund University
Faculty of Medicine
Division of Speech Therapy, Speech Pathology and Audiology
Department of Clinical Sciences, Lund

Sort of work: Master's Thesis, 30 credits

Title: Evaluation of hearing protection devices properties impact on speech perception in noise using SiimpL

Author: Rickard Larsson

Supervisor: Per Hiselius

Date: 2015-06-07

Number of pages: 27

SUMMARY

Background: One of the most common arguments for hearing protection devices not being used in noisy environments is the fact that communication becomes more difficult. It may therefore be important in the selection of hearing protection devices that is as advantageous as possible in order to communicate. With a good method to measure differences in speech perception between hearing protection devices with different properties would be valuable.

Objective: Through a new testing method to evaluate how hearing protection devices with different characteristics affect speech perception in noisy environments and to further evaluate SiimpL using speakers as the sound source instead of headphones and use physical hearing protectors instead of simulated.

Method: Three different earmuffs with different properties were tested using SiimpL (with two different speech levels, 55 dB (A), 65 dB (A)) and a subjective test, in the form of a questionnaire, for the twelve normal hearing research people. Every normal hearing research person was tested in two rounds on separate occasions. A research person with hearing loss were also tested with SiimpL, however, only on one occasion.

Results: The results showed significant differences in the two comparisons of different hearing protectors with the same stimulation. The low attenuation hearing protection was significantly better than hearing protectors with similar characteristics but with higher attenuation at 55 dB (A) speech level. Hearing protectors with straight attenuation over the frequency range was found to be significantly better than the protectors with low attenuation at the 65 dB (A) speech level. The subjective test illustrated that the protectors with lower attenuation were perceived as beneficial by the research subjects. Only one result could be measured from the hearing impaired participants with SiimpL.

Conclusion: Suggested by this study, too much attenuation have a significant effect on speech understanding in measurements with SiimpL. More research is needed to understand how the speech intelligibility of people with hearing loss is influenced by the different characteristics of hearing protectors.

Keywords: hearing protectors, speech perception, SiimpL background noise

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	1
1.1. Buller, hörselnedsättning och arbetsplats	1
1.2. Biverkningar av buller vid sidan av hörselnedsättning	1
1.3. Hörselskydd	2
1.4. Taluppfattningstester i buller	4
1.4.1. MRT	4
1.4.2. QuickSIN	4
1.4.3. HINT	5
1.5. SiimpL	5
1.6. Syfte	6
1.7. Frågeställningar	6
2. METOD	6
2.1. Position	6
2.2. Signaler	7
2.3. Utrustning och inställningar	8
2.4. Kalibrering	9
2.5. Forskningspersoner och rekrytering	9
2.6. Tillvägagångssätt SiimpL	10
2.7. Analys av SiimpL	10
2.8. Subjektivt test	11
2.8.1. Utrustning och metod	11
2.8.2. Analys av subjektivt test	12
2.9. Testtillfällen i detalj	12
2.9.1. Tillfälle 1	13
2.9.2. Tillfälle 2	14
2.9.3. Hörselnedsatt forskningsperson	14
2.10. Etiska överväganden	14
3. RESULTAT	15
3.1. Jämförelser mellan hörselskydd	15
3.1.1. Resultat från parvisa T-test	16
3.1.2. Resultat hörselnedsatt	17
3.2. Skillnad mellan resultat från olika tillfällen med SiimpL	17
3.3. Resultat subjektiva mätningar	19
3.3.1. Bedömning av tydlighet och naturlighet av tal med fyra olika ljudfiler	19
3.3.2. Rangordning av hörselskydd	19
4. DISKUSSION	20

4.1. Resultatdiskussion	20
4.1.1. Resultat från SiimpL med normalhörande forskningspersoner	20
4.1.2. Subjektivt test.....	21
4.1.3. Hörselnedsatt forskningsperson	21
4.2. Val av hörselskydd	22
4.3. Metoddiskussion	22
4.3.1 Ordmaterial	23
4.3.2 Forskningspersoner	23
4.3.3. Inlärningsseffekt	23
4.4. Framtida forskning	24
4.5. Slutsats.....	25
6. TACK	25
7. REFERENSLISTA.....	26

BILAGOR:

1. Information till deltagare
2. Medgivandeblankett
3. Ordlista och instruktioner
4. Ordlista till SiimpL
5. Testschema
6. Checklista
7. Subjektivt test, frågor
8. Resultat mellan olika tillfällen
9. Resultat från frågor om tydlighet och naturlighet, subjektivt test

1. INLEDNING

1.1. Buller, hörselnedsättning och arbetsplats

Buller definieras i Arbetsmiljöverkets författningssamling som icke önskvärt ljud och det omfattar både hörselskadligt och störande ljud. I Sverige har Arbetsmiljöverket satt upp undre och övre insatsvärden vid buller på arbetsplats för att fastslå regler som talar om när insats är nödvändig för att minska bullerexponeringen. Det undre insatsvärdet talar om när arbetstagare på en arbetsplats måste erbjudas lämpliga hörselskydd, medan om bullret blir lika med eller överskrider det övre insatsvärdet så måste arbetsgivaren utreda orsakerna och vidta åtgärder för att minska bullerexponeringen. Det undre insatsvärdet i Sverige för daglig bullerexponering är 80 dB och det övre insatsvärdet är 85 dB (Arbetsmiljöverket, 2005). Daglig bullerexponering definieras som; ”Ekvivalent A-vägd ljudtrycksnivå normaliserad till en åttatimmars arbetsdag. Omfattar allt buller på arbetsplatsen, inklusive impulsbuller” (Arbetsmiljöverket, 2005, s. 6).

Buller och brus kan påverka hörseln i form av en ändring av hörtröskeln. Denna ändring kan vara både temporär och permanent. Generellt har ett högfrekvent brus större påverkan på hörtröskeln än vad ett lågfrekvent brus med samma intensitet har. Hur stor förändring man får på hörtröskeln som följd av buller eller brus kan skilja sig mellan olika individer. För att undvika att hörseln påverkas av bullret/bruset så får inte ljudnivån på bullret/bruset vara för högt. För att en temporär försämring av hörtröskeln krävs ca 75-80 dB SPL för ett bredbandigt brus (Gelfand, 2009).

Basner (2015) beskriver att ca 7 procent av USA:s totala befolkning utsätts för skadliga nivåer av buller på sin arbetsplats. Vidare hade det observerats, mellan åren 2000-2008, att hos de som arbetade i starkare ljudnivåer av buller än den generella befolkningen i USA var prevalensen av arbetsrelaterad hörselnedsättning ca 18 procentenheter högre. Högst risk för hörselnedsättning på arbetsplats var inom gruvarbete och arbete inom träindustri. Även för professionella musiker är hörselskador ett stort problem. Vid mätningar har det uppmätts ett medelvärde på 91-102,8 dB(A) vid musikala framträdanden. Av de som löpte störst risk av exponering av höga ljudnivåer i en orkester, nämligen de som spelade på horn, rapporterades en användning av hörselskydd hos enbart 18 procent.

Meister m. fl. (2013) undersökte om kognitiva förmågor, till exempel arbetsminne, kan vara kopplat till hur en person uppfattar tal i brus. De fann i studien att de yngre personerna presterade bättre än de äldre under testandet även om båda grupperna bestod av personer utan hörselnedsättning. De fann en signifikant korrelation mellan att prestera sämre på tester av arbetsminne med en sämre prestation av taluppfattning i brus.

1.2. Biverkningar av buller vid sidan av hörselnedsättning

Förutom hörselnedsättning så har exponering av buller en stor påverkan på hälsan och det vardagliga livet. En enkel faktor som att ljudet upplevs störande kan ha stort inflytande på människors humör och sinnesstämning. Att buller kan försvåra kommunikation är en av de största problemen. Det påverkar inte enbart på det viset att man kanske inte hör vad som sägs utan det sätter också press och krav på såväl talare som lyssnare. Talaren kan behöva höja rösten för att höras vilket kan leda till att rösten slits mycket och leder till permanenta problem med rösten. Starkt bakgrundsbuller är en miljömässig riskfaktor för röststörningar

tillsammans med exempelvis förorenad luft och damm (Hammarberg, Södersten och Lindestad, 2008)

För lyssnaren så kräver en tuff kommunikationsmiljö mer koncentration och de fysiska förutsättningarna (exempelvis avstånd mellan talare och lyssnare) kan behöva förbättras för att möjliggöra kommunikation. Att hålla koncentrationen uppe under till exempel en arbetsdag i bullrig miljö som kräver kommunikation kan vara mycket jobbigt och leda till trötthet. Kommunikation i dålig akustisk miljö kan leda till stress för båda aktörerna pga alla dessa krav (National Institute of Deafness and Other Communication Disorders, 2015). Tinnitus kan orsakas av vistelse i en bullrig miljö genom att bullret skadar hårceller i cochlean som för vidare ljud till hjärnan. Detta är en av de vanligaste orsakerna till tinnitus. Tinnitus kan vara ett tecken på att en hörselnedsättning också är närvarande. I de flesta fall orsakar inte tinnitus någon större förändring av den drabbades livskvalitet medan det för en del får en stor inverkan. Det kan exempelvis leda till depression, ångest, sömnsvårigheter, koncentrationssvårigheter och utmattning. Arlinger (2013) beskriver att flertalet rapporter visar att tinnitus till följd av bullerexponering inte alltid kommer med en samtidig hörselnedsättning utan kan även uppstå som ensamt symptom.

1.3. Hörselskydd

Som tidigare nämnt så finns det regler i Sverige för när arbetstagare skall erbjudas lämpliga hörselskydd. För att uppfylla detta så måste arbetsgivaren ha kunskap om vilka hörselskydd som är lämpliga för den specifika akustiska miljön. Det finns en mängd olika hörselskydd med olika egenskaper. Därför är det viktigt att det finns metoder för att kunna utvärdera hur hörselskyddens egenskaper påverkar deras nytta i akustiska situationer som kräver att hörseln skyddas.

Vanligast förekommande är hörselskydd i form av kåpor eller proppar. Hörselkåpor täcker hela öronen och består av en yttre del av hård plast som täpper till mot huvudet med hjälp av en mjuk plastkudde, en så kallad tättningsring. Insidan av kåpan består av material för att absorbera ljud. Hörselkåpor kan monteras på hjälm eller bäras av användaren med hjälp av en nackbygel eller en hjässbygel. Det är viktigt att kåporna sitter tätt runt öronen för att förhindra att ljud läcker innanför kåporna (Gelfand, 2009).

Det finns både aktiva och passiva hörselskydd. De aktiva hörselskydden kan aktivt manipulera insignaler efter inställningar på hörselskydden och medan de passiva har en bestämd dämpning som passivt dämpar all insignal. Dämpningens storlek i passiva hörselskydd är alltid samma oavsett insignal. John, Grynevych, Welch, McBride och Thorne (2014) visar resultat som säger att hörselkåpor är populärast att använda på bullrig arbetsplats eftersom de beskrivs som lätta att använda. Totala användandet av hörselskyddsutrustning bland de deltagare, som enligt Nya Zeelands regler om hälsa och säkerhet överskred säkerhetsgränserna för bullernivå, uppgick till ca 90 procent medan 10 procent använde aldrig hörselskyddsutrustning.

Aktiva hörselkåpor kan tillåta användaren att själv justera hur ljud skall låta. Detta genom att aktiva hörselskydd skickar ut en motfas för att dämpa inkommande ljud och på så sätt är möjliga att reglera. Nivåberoende hörselskydd, som också kan ses som aktiva hörselskydd, använder inte en motfas för att kunna dämpa men anpassar sig efter omgivningen. De är vanligen försedda med mikrofon, förstärkare samt högtalare och används främst för att dämpa

impuls ljud. Man kan med aktiva hörselskydd behålla eller förstärka omgivningsljud vilket gör det till populära hörselskydd för jägare och militärer. Aktiva hörselskydd kan även ha funktioner som bluetooth och möjligheter till radiokommunikation med hjälp av mikrofoner och AUX-ingång.

Dämpning över olika frekvenser kan skilja sig mycket mellan olika hörselskydd. Det finns bland annat hörselskydd som dämpar betydligt mer i diskanten än vad de gör i basen men det finns också de hörselskydd som har en mer jämn och rak dämpning över frekvenserna (ungefär lika mycket dämpning vid hela frekvensspektrat). I en studie från Lunds Universitet så jämfördes taluppfattningen för normalhörande och hörselnedsatta med hjälp av simulerade hörselskydd som hade dessa olika egenskaper. Detta gjordes med Lennart Magnussons CD-skiva "Tal i brus". Författarna fann i denna studie indikationer på att hörselskydd med rak dämpning var fördelaktigt för taluppfattningen i brus hos de hörselnedsatta forskningspersonerna. För de normalhörande var fördelarna med raddämpande hörselskydd inte lika påtagliga (Jadner, Olofsson & Åkerfeldt, 2005).

För att förhindra påverkan på hörseln i en bullrig miljö så är bårtiden av hörselskydd viktig. Effekten av hörselskyddets dämpning sjunker mycket efter att de har tagits av från öronen även om det bara rör sig om några minuter i ett brus motsvarande 85 dB(A) över 8 timmar. (Irle, Rosenthal & Strasser, 1999). Irle, m. fl. (1999) fann i sin studie att om ett hörselskydd med 30 dB mätning tas av 3,75 minuter av 1 timma i ett brus med 106 dB ljudstyrka så förändras hörselskyddets dämpningseffekt avsevärt. Det visade sig att hörselskydden i detta experiment enbart klarar av att dämpa 12 dB istället för 30 dB till följd av den minskade bårtiden.

Davis (2008) skriver att det är främst två anledningar till att hörselskydd inte används; de ökade svårigheterna att kommunicera med andra samt att de kan vara obekväma att ha på öronen. Detta innebär att förutom påverkan på taluppfattningen, är komforten mycket viktig för hörselskydd då obekväma hörselskydd används mer sällan och gör på det viset mycket mindre nytta. Faktorer som kan påverka komforten är exempelvis kåpornas storlek, vikt och passform. Att hitta lämpliga skydd kräver således både att användaren trivs med hörselskydden samt att hörselskyddens egenskaper optimerar kommunikationsförmågan utan att dämpa för lite.

I och med att det är vanligare med hörselnedsättning, av de som är i arbetsålder, hos personer som exponeras för buller på arbetsplatsen så är det mycket intressant att kunna utvärdera hörselskyddens effekt på taluppfattning även för hörselskadade (Basner, 2015).

Candido Fernandes (2003) fann att hörselskydd sänker taluppfattningsförmågan vid en stimulering bestående av enbart talljud i tyst miljö. Hörselkåporna sänkte även taluppfattbarheten med brus närvarande då signal-brus-förhållandet (SNR) ≥ 0 dB. Taluppfattningen förbättrades med hörselkåpor då SNR var -5 dB eller -10 dB. Förmågan att uppfatta tal berodde enligt Candido Fernandes på hur många dB hörselskyddet dämpade över de olika frekvenserna.

Abel, Alberti, Haythornthwaite och Riko (1982) undersökte taluppfattningen i brus med hörselskydd hos både normalhörande och hörselnedsatta testdeltagare samt personer som antingen talade flytande engelska eller ej. Detta gjordes genom att forskningspersonerna fick upprepa enstaviga ord genom olika brus och med olika hörselskydd på sig. De kom fram till att inte vara talande i språket, i detta fallet engelska, som används i testet påverkar

uppfattningen av tal i brus negativt. Ett talvägt brus påverkade taluppfattningen mer negativt än ett vitt brus. De fann inte att antalet korrekta ord som uppfattades, hos de normalhörande, påverkades av om de bar hörselskydd i form av proppar eller kåpor. Även om dämpningen skiljde sig mellan de olika hörselskydden innebar det inte någon stor skillnad för taluppfattbarheten för de normalhörande. Dock var skillnaden mer märkbar hos de med hörselnedsättning som uppvisade sämre förmåga att uppfatta tal i brus om hörselskyddens dämpning ökade.

1.4. Taluppfattningstester i buller

Det finns en mängd olika taluppfattningstest som används världen över för att utvärdera hörselskydds påverkan på taluppfattningen. Tre av de mer kända och vanligt förekomna är; Modified Rhyme Test (MRT), Quick Speech-in-Noise Test (QuickSIN) och Hearing in Noise Test (HINT). En nackdel med dessa test är dock att testdeltagarens egna förmåga att uppfatta tal i brus förblir en påverkande faktor under testandet. Det vill säga att resultaten kan påverkas om testdeltagarna är olika bra på att uppfatta tal i brus och kan då ge missvisande resultat vad gäller påverkan från hörselskydden. Generellt är syftena med dessa test inte att utvärdera hörselskydd specifikt.

1.4.1. MRT

Modified Rhyme Test (MRT) är ett vanligt förekommande taluppfattningstest i amerikanska militären och industrier. Det består av 50 set av enstaviga ord där varje set består av 6 ord. Dessa set är indelade genom att 25 av de testar den första konsonanten och 25 set testar den sista konsonanten i orden. Exempel på ord ett set som testar uppfattningen av den sista konsonanten innehåller är "bus, but, bug, buff, bun, buck". Resultat anges i procent och beräknas med hjälp av det totala medelvärdet av antal korrekt uppfattade ord av testdeltagarna (Duncan & Aarts, 2006).

MRT är vanligt förekommande men har även fått en del kritik. Kritiken har då handlat om att det bara är enstaviga ord som används samt att metoden fokuserar på en "konsonantförvirring" för att beräkna taluppfattbarhet. Vid arbete i militär eller industri med mycket bakgrundsbuller så maskeras konsonanter ibland bort men man kan ändå klara att förstå innebörden av ordet/meddelandet. Med detta i åtanke kan man diskutera hur bra det är att använda en metod som helt fokuserar på uppfattning av konsonanter för att bedöma förmågan att uppfatta vad som sägs genom brus (Duncan & Aarts, 2006).

MRT och andra tidiga taluppfattningstest har även fått kritik vid testning inom det militära, som de till en början var ämnade för. Detta bland annat eftersom militära kommandon inte är fonetiskt balanserade och att man inte kan få ledtrådar ur en kontext. Denna kritik ledde till att *Callsign Acquisition Test* (CAT) togs fram av US Army Research Laboratory (Blue, Ntuen & Letowski, 2004).

1.4.2. QuickSIN

QuickSIN är en mätning som baserar sig på Speech in Noise (SIN) Test men är framtagen för att vara snabbare och förbättrad (Killon, Niquette, Gudmundsen, Revit och Banerjee, 2004).

Ett syfte med testet var att skapa en audiologisk möjlighet att mäta resultatet med SNR istället för en procentsats andel rätt ord. Talet som används utgörs av meningar från Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE, 1969) (Wilson, McArdle och Smith, 2007).

QuickSIN utvecklades av Etymotic Research och blev tillgänglig år 2001. 18 listor med sex meningar i vardera utgör QuickSIN och talas av en kvinnlig röst. Talnivån hålls konstant på 70 dB HL för lyssnare med tonmedelvärde (TMV) ≤ 45 dB HL och bakgrundsbruset består av *4-talker babblers* dvs babbel bestående av 4 simultana talare. När en lyssnare har TMV > 45 dB HL läggs talnivån på en ”stark men okej nivå”. Bruset varieras genom att minska i 5 dB-steg från +25 till 0 SNR. QuickSIN använder både enstaviga och tvåstaviga ord.

Under testet skall lyssnaren upprepa meningarna, i vilka det finns nyckelord som ger poäng vid korrekt repeterat. I varje mening finns fem nyckelord vilket innebär att en lista kan ge en maxpoäng på 30. Resultatet beskrivs som den skillnad av SNR som krävs för att en person med hörselnedsättning skall kunna korrekt identifiera orden i jämförelse med en normalhörande (Duncan & Aarts, 2006).

1.4.3. HINT

HINT utvecklades hos Hearing Aid Research Laboratory in the Department of Human Communication Sciences vid the House Ear Institute och blev tillgängligt i början på 1990-talet. HINT skapades för att minska de brister som upplevdes med tidigare tester för taluppfattning i brus. Den är adaptiv genom att ljudstyrkan på talstimulit ändras beroende på hur personen som testas svarar medan ett talvägt brus hålls konstant på 65 dB(A). Talstimulit utgörs av en manlig talare och består av antingen 25 listor med 10 meningar vardera eller 12 listor med 20 meningar i vardera. Meningarna är anpassade för att vara jämlika vad gäller svårighet, längd, tydlighet och fonetisk fördelning.

1.5. SiimpL

Testmetoden som används i denna uppsats är Speech intelligibility impact level (SiimpL). Syftet med SiimpL är att testa hörselskydds egenskapers påverkan på taluppfattning i brus utan att testpersonens egna förmåga att uppfatta tal i brus är en påverkande faktor. Detta görs genom att SiimpL inte använder några specifika värden som gränser för att bedöma hur ett hörselskydd påverkar taluppfattningen. Med SiimpL jämför man istället resultaten mellan olika hörselskydd eller med mätningar utan hörselskydd. Genom att använda en specifik talnivå och låta brusnivån variera beroende på om testdeltagaren uppfattar de presenterade orden eller ej håller sig SNR relevant till den talnivån som används (Hiselius, Edvall & Reimers, 2015).

I och med att man jämför resultaten med varandra för att bedöma hörselskydden undviker man påverkan från testpersonernas egna förmåga att uppfatta tal i brus, som är fallet i många andra taluppfattningstest med brus. Det är därför mycket intressant och värdefullt att med hjälp av SiimpL utvärdera hörselskyddens olika egenskapers påverkan på taluppfattningen. Edvall och Reimers (2014) beskrev och utvärderade SiimpL i sin studie. De tittade på faktorer som inlärningseffekt, tidsåtgång och möjligheten att mäta skillnader i taluppfattning med olika hörselskydd med hjälp av SiimpL. De använde sig av simulerade hörselskydd i

hörtelefoner. Ljudstimuleringen presenterades alltså i hörtelefoner med effekt av simulerade hörselskydd. För att vidare utveckla och utvärdera SiimpL så användes fysiska hörselskydd och ljudstimuleringen presenterades genom högtalare i denna studie. Detta för att skapa en mer realistisk situation med verkliga hörselskydd.

Edvall och Reimers (2014) fann vid undersökningar om inlärningseffekten med SiimpL en viss inlärningseffekt. De beskriver att inlärningseffekten generellt inte var stor men att den bör tas i beaktande. De testade deltagare med SiimpL fem gånger om dagen, fem dagar i streck och fann en viss inlärningseffekt under dessa tester men förbättringen mellan de efterföljande testomgångarna avtog efter den tredje testomgången. De fann ingen signifikant skillnad mellan testomgång ett och två eller ett och tre och med detta ingen direkt inlärnings effekt mellan de första testomgångarna.

1.6. Syfte

Att genom en ny testmetod utvärdera hur hörselskydd med olika egenskaper påverkar taluppfattningen i en bullrig miljö, samt att vidare utvärdera SiimpL genom att använda högtalare som ljudkälla istället för hörlurar samt använda fysiska hörselskydd istället för simulerade hörselskydd.

1.7. Frågeställningar

Hur stor påverkan har en rak dämpningsegenskap hos hörselskydd på taluppfattningen i bullrig miljö hos normalhörande?

Hur stor påverkan har talnivån och mängden dämpning från hörselskydden på taluppfattningen för normalhörande i bullrig miljö?

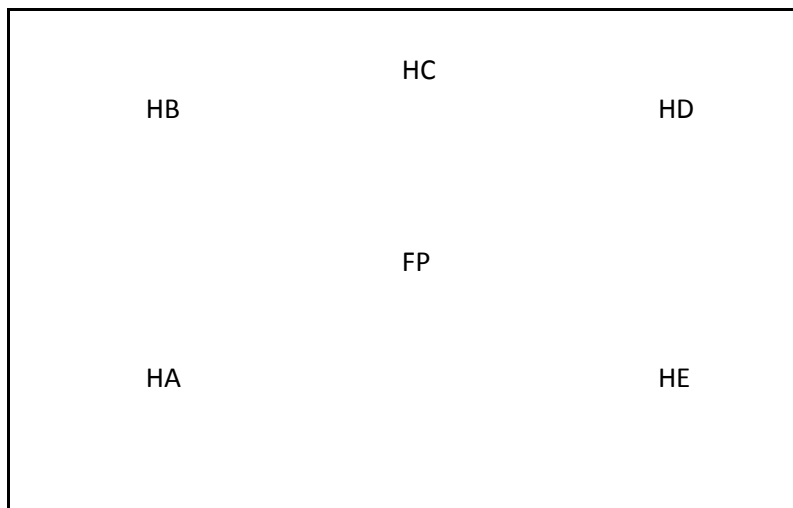
Stämmer resultat från mätningar med SiimpL överrens med hur talet uppfattas subjektivt av normalhörande användare?

Kan man från mätningar med SiimpL utförda på en hörselnedsatt testdeltagare hitta några indikationer om påverkan från hörselskydden på taluppfattningen för personer med hörselnedsättning?

2. METOD

2.1. Position

Vid mätningarna med SiimpL användes fem högtalare utplacerade runt om testpersonen. En högtalare placerades rakt framför testpersonen, två placerades bakom och de sista två placerades framför testpersonen på var sin sida om högtalaren rakt framför. Figur 1 beskriver dessa positioner. Ett tangentbord var placerat på ett bord framför deltagaren.



Figur 1. Placering av högtalare (HA, HB, HC, HD och HE) samt forskningsperson (FP) under testande med SiimpL.

Testpersonen placerade sig på en stol i mitten av högtalarna med huvudet i samma höjd som högtalarnas membran och stolen riktad framåt rakt mot högtalare HC. Rummet som användes var ett grupprum på sjukhusområdet i Lund. Rummet var rektangulärt, bredden ca 3 m och längden ca 5 m. Taket hade absorbenter för att minska reflektioner. Stolar och bord i rummet som inte användes för mätningen placerades längs väggar för att minimera reflektioner. En vägg var täckt med gardiner som hängde från taket till golvet. Ett fönster, som hölls stängt genom all testning, med gardiner hängandes på båda sidor var placerat rakt bakom HC.

Högtalaren som är placerad rakt framför testpersonen (HC) producerade enbart tal. De övriga fyra högtalarna producerade enbart brus. Alla högtalare var placerade på ett avstånd av 2 meter från forskningspersonen. Samtliga högtalares membran var riktade rakt mot forskningspersonens huvud.

2.2. Signaler

Två olika ljudfiler som programmerats i Matlab användes för mätningarna med SiimpL. Den ena vid namn ttt3 använde sig av en talnivå på 55 dB(A) och bruset hade en maxnivå på 80 dB SPL medan den andra ljudfilen (ttl3) använde en talnivå på 65 dB(A) och bruset kunde med denna ljudfil nå en styrka på maximala 90 dB SPL. Anledningen till att just dessa talnivåer användes var att det är dessa som tidigare har testats och utvärderas med SiimpL (Edvall & Reimers, 2014). En demoljudfil (demo) användes för att ge deltagarna en chans att få lyssna på alla ord med testets talare i en situation med tillräckligt högt SNR för att orden utan problem skulle kunna uppfattas. Denna spelades upp innan mätningarna med SiimpL påbörjades. Vid en uppspelning av demofilen lästes ordlistan, se figur 2, upp två gånger, från Alpha till Eight. Detta gjordes för att testdeltagarna skulle få en uppfattning om hur talmaterialt lät och hur orden uttalades innan mätningarna startade.

Talet i dessa tester bestod av 25 ord hämtade från CAT som utvecklades av *U.S. Army Research Laboratory*. CAT består av 18 tvåstaviga ord och sju enstaviga siffernamn som används för kommandon i USA:s armé. CAT används där för att kunna kommunicera i olika utmanande akustiska förhållanden (Blue, Ntuen & Letowski, 2004).

Alpha	Oscar	One
Bravo	Papa	Two
Charlie	Quebec	Three
Delta	Tango	Four
Echo	Victor	Five
Foxtrot	Whiskey	Six
Hotel	X-ray	Eight
Kilo	Yankee	
Lima	Zulu	

Figur 2. De 25 ord från CAT som användes vid testningen med SiimpL.

Orden presenteras av en syntetiserad röst och benämns som *Will* i programmet *Acapelabox* där denna röst är skapad. Will representerar en amerikansk-engelsk talare. Det är en mansröst men har en högre grundtonsfrekvens för att rösten skall bli en blandning mellan en typisk mansröst och en typisk kvinnorröst. Detta gjordes genom att parametern *Voice Shaping* ökades med 10. Talets hastighet är anpassat till att låta så naturligt som möjligt.

Det brus som används är ett lågfrekvent bredbandigt brus som är baserat på en blandning av Brownian brus och rosa brus. Brownian brus har mest energi i låga frekvenser och bidrar på så sätt till en betoning i bruset på de låga frekvenserna.

2.3. Utrustning och inställningar

- Audiometer *Otometrics MADSEN Astera²* som användes vid hörseltest.

Till SiimpL användes följande utrustning:

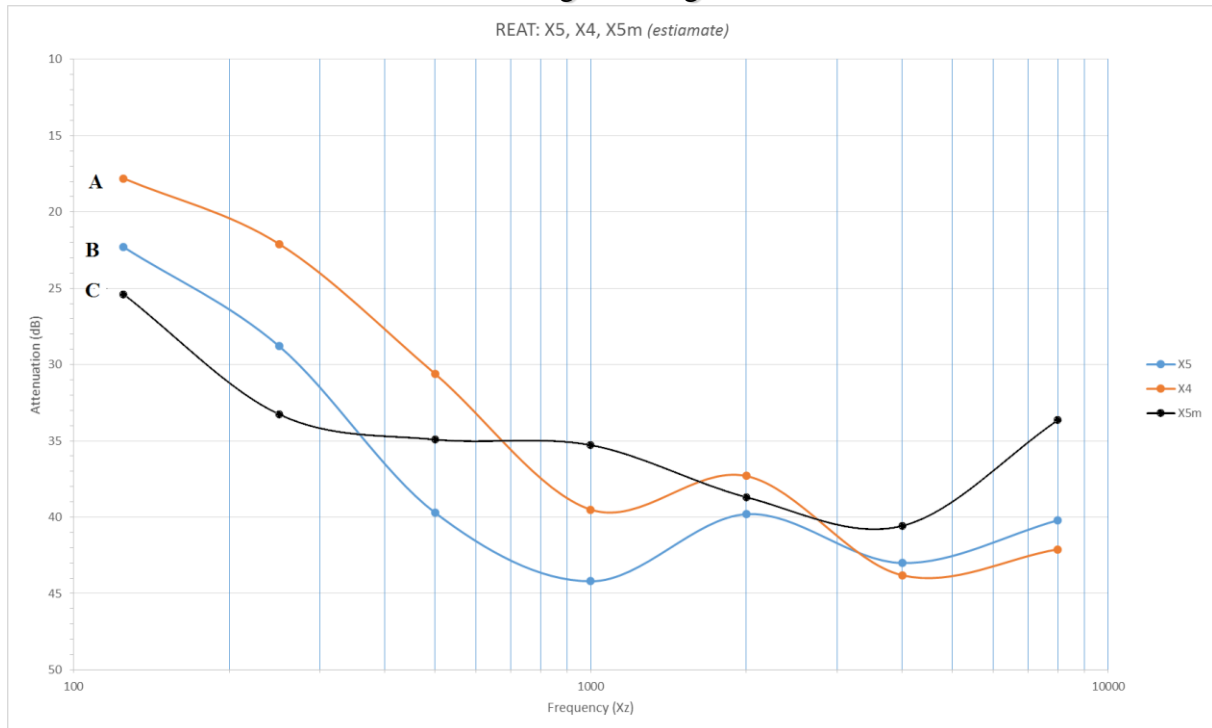
- Fem stycken *Equator Audio Research D8* högtalare, sensitivity -10 dBV och boundary inställt på 2.
- Ett tangentbord med alla tangenter som inte har någon funktion för testet borttagna.
- *HP ENVY 15-j160no Notebook PC*. Beats-funktionen var avstängd. Volym = 45 procent.
- En *t.racks DL 2/918 Delay Line Controller* för att skapa ett icke korrelerat brus genom tidsfördröjning mellan högtalarna.
- *3M Peltor Integrating Sound Level Meter type HML 115* för kalibrering. Kalibrering utfördes för Leq (dB).

Hörselskydd:

- *3M Peltor X4* (benämns i denna studie som "A")
- *3M Peltor X5* (benämns i denna studie som "B")
- *Modifierade 3M Peltor X5* (benämns i denna studie som "C")

Hörselskydd A och B hade officiella värden för dämpningen, dvs att värdena hade mätts upp i ett laboratorium. C hade en uppskattad kurva som har framtagits genom fyra Real Ear Attenuation at Threshold (REAT) - mätningar för hörselskydd B och C. Dessa hade utförts på en testdeltagare. Därefter räknades skillnaden ut mellan dessa och adderades sedan på hörselskydd B:s kurva.

Dessa hörselskydd valdes för att kunna jämföra tre vanligt förekommande hörselkåpor med olika karaktäristik för att kunna besvara frågeställningarna.



Figur 3. Hörselskyddens dämpning i dB (y-axel) i relation till frekvenser (x-axel). Hörselskydd A = orange, B = blå och C = svart.

2.4. Kalibrering

Kalibrering utfördes med hjälp av *3M Peltor Integrating Sound Level Meter type HML 115* och utfördes med jämna mellanrum över de två månaderna som mätningarna utfördes. Talnivån kalibrerades till ca 55 dB(A) för ttt3 och 65 dB(A) för ttl3. Även bruset kalibrerades samtidigt.

2.5. Forskningspersoner och rekrytering

Till denna studie testades både normalhörande forskningspersoner samt en forskningsperson med hörselnedsättning. Forskningspersonen med hörselnedsättning testades med förhoppningar av att kunna av resultaten se någon indikation av skillnad vid taluppfattning med de olika hörselskydden då det skulle vara ett intressant resultat både för denna och framtida studier.

Totalt testades 12 normalhörande forskningspersoner, med tonmedelvärde över fyra frekvenser (TMV) ≤ 20 dB HL, samt en forskningsperson med bilateral hörselnedsättning, TMV = 46 dB HL bilateralt. Alla deltagare i studien rekryterades från uppsatsförfattarens bekantskapskrets och hade svenska som modersmål. Alla deltagare hade goda kunskaper i engelska. Åldrarna bland de normalhörande varierade mellan 21 till 27 år (MV= 23,83), forskningspersonen med hörselnedsättning var en 80 årig man som använde hörapparater bilateralt dagligen. Av de normalhörande deltagarna var sju kvinnor och fem var män. Medelvärden av TMV bland de normalhörande var för höger öra; -1,08 dB HL (SD= 2,91) och för vänster öra; -2,92 dB HL (SD= 2,84).

De tolv normalhörande forskningspersoner testades med SiimpL vid två olika tillfällen vardera (= 24 tillfällen totalt). Forskningspersonen med hörselnedsättning testades endast vid ett tillfälle.

2.6. Tillvägagångssätt SiimpL

Testdeltagarna fick till uppgift att lyssna efter ord från CAT-listan som presenterades genom brus. Till sin hjälp hade deltagarna en ordlista, se bilaga 4, och tangentbordet med enbart de användbara tangenterna för testet kvar. Ord presenterades i bursts tillsammans med bruset. Varje burst varade ca 3 sekunder och innehöll två ord. Forskningspersonerna skulle med hjälp av tangentbordet trycka på de bokstäver eller siffror som symboliserade de ord som de tyckte sig höra. Vilka tangenter som symboliserade de olika orden visas också i bilaga 4. Om forskningspersonerna inte hade uppfattat ett eller båda orden kunde de använda mellanslag istället för det icke uppfattade ordet/orden. Efter att deltagarna hade matat in två tecken med tangentbordet behövdes "enter" tryckas ned på tangentbordet för att nästa burst med två nya ord skulle presenteras. Det innebar att det inte fanns någon tidsbegränsning för att svara.

Brusnivån ökade och minskade allt eftersom deltagaren svarade korrekt och inkorrekt. Väändpunkter bildades där brusnivån ändrades från ökande till minskande och vice versa. Testet pågick tills det att 16 väändpunkter hade registrerats. Av dem så sparades de tio sista som resultat medan de sex första kastades. Detta eftersom det har visat sig att genom detta sänks variansen. Om ett eller båda svaren i ett burst var felaktigt sänktes brusnivån med en randomiserad mängd mellan 1,4 och 2,1 dB till nästa burst. Var båda orden korrekta så hölls brusnivån kvar under nästa burst med. Var båda svaren korrekta även då ökade brusnivån ytterligare med 1,4-2,1 dB (Hiselius m. fl., 2015).

2.7. Analys av SiimpL

Resultat från SiimpL beräknas med hjälp av de väändpunkter som registrerats. Av dessa väändpunkter räknas ett medelvärde ut som representerar den nivå av bruset i dB där testdeltagaren precis klarade av att identifiera orden. Detta sparades i ett *Excel*-dokument på datorn som användes vid testningen. Resultaten exporterades därefter till programmet *IBM SPSS Statistics 22 (SPSS)*. Mängden resultat som exporterades var: 2 tillfällen x 12 forskningspersoner = 24 mätningar, för varje hörselskydd kombinerat med ttt3 och ttl3 vilket gav 24 mätningar x 3 hörselskydd x 2 talnivåer = 144 resultat. Det tillkom dessutom resultat från referensmätningarna (12 forskningspersoner x 4 mätningar = 48) och från en mätning med hörselnedsatt forskningsperson vilket innebär att det totala antalet mätningar som exporterades till *SPSS* som resultat var 193.

I SPSS utfördes Paired Samples t-test (parvisa T-test) för att analysera resultaten för att se om några signifikanta skillnader kunde hittas. För att det skulle vara relevanta jämförelser mellan resultat från ttt3, med 55 dB som talnivå, och ttl3, som använde 65 dB som talnivå, räknades 10 dB bort från varje resultat med ttl3 vid dessa jämförelser (65 dB – 55 dB = 10 dB skillnad mellan ttl3 och ttt3), detta eftersom det är SNR som är intressant. Resultaten bedömdes vara signifikanta vid $p < 0,05$.

2.8. Subjektivt test

Efter att testdeltagarna hade slutfört SiimpL-testerna under det andra tillfället så fick de ett frågeformulär att fylla i, se bilaga 7. Under detta subjektiva test fick deltagarna själva testa de olika hörselskydden i vilken ordning de ville och utan någon tidsbegränsning. Det subjektiva testet utfördes enbart med normalhörande forskningspersoner.

2.8.1. Utrustning och metod

Den första delen av frågeformuläret utgjordes av två olika frågor som upprepades fyra gånger (totalt $4 \times 2 = 8$ frågor). Dessa löd; ”Hur tydligt upplevdes talet i den bullersituation du just upplevde med de olika hörselskydden?” samt ”Hur naturligt lät talet i den bullersituation du just upplevde med de olika hörselskydden?”. För att besvara frågorna användes en 18 cm lång linje för varje frågeställning. Längst till vänster på dessa linjer representerades ytterligheterna ”Mycket otydligt” eller ”Mycket onaturligt” medan punkten längst ute till höger på linjerna representerade ”Mycket tydligt” eller ”Mycket naturligt”. Mitten representerade ”Ganska tydligt” respektive ”Ganska naturligt”.

För att besvara dessa frågor användes fyra ljudfiler samt alla tre hörselskydd som hade använts under SiimpL-testningen. Ljudfilerna bestod av brus och tal som presenterades samtidigt. Det tal som användes utgjordes av orden från figur 2 som presenterades liksom Demo i ordning från Alpha till Eight. För att spela upp filerna användes VLC med slinga aktiverad vilket innebar att den aktiva ljudfilen repeterades tills det att den stoppades manuellt. Tabell 1 visar information om de fyra ljudfilerna som användes. Ordningen som dessa presenterades i var olika för varje testdeltagare och visas i bilaga 5.

Tabell 1. Sammanfattning av de fyra olika ljudfilerna som användes till frågorna angående den upplevda tydligheten och naturligheten hos talet genom de olika hörselskydden från det subjektiva testet.

Ljudfil	Talnivå dB(A)	Brusnivå dB(A)	SNR dB(A)
1	65	65	0
2	65	75	-10
3	55	55	0
4	55	65	-10

För varje ljudfil besvarades både frågan om hur tydligt talet upplevdes samt hur naturligt talet lät. Hur talet lät för testdeltagaren utan hörselskydd antogs vara den naturligaste upplevelsen

av talet möjligt. För att svara på detta fick deltagarna växla fritt mellan alla hörselskydd under tiden de lyssnade på talet som presenterades genom bruset så att de kunde jämföra subjektivt hur tydligt och naturligt talen lät med hörselskydden. De fick godtyckligt placera ut varje hörselskydd på linjerna med hjälp av ett kryss samt en bokstav som symboliserade ett specifikt hörselskydd (X4 = A, X5 = B, modifierade X5 = C). Vid varje kryss kunde mer än en bokstav placeras, ett kryss kunde alltså representera mer än ett hörselskydd om testdeltagarna inte upplevde någon skillnad. När varje hörselskydd hade placerats på de två frågornas respektive linjer byttes ljudfilen till den efterföljande enligt testschemat i bilaga 5 och samma frågor upprepades för den nya akustiska situationen. Detta upprepades till den fjärde och sista ljudfilens frågor hade besvarats.

Vid den sista delen av frågeformuläret skulle deltagarna rangordna hörselskydden 1-3, där 1 = föredrog främst och 3 = föredrog minst, vid två angivna situationer. Den första frågan löd; ”Vilket hörselskydd skulle du föredra att använda om du vistades i en miljö med samma typ av bakgrundsljud som du nyligen har upplevt och har ett stort behov av att kunna kommunicera?”. Den andra frågan var likadan med undantaget att det nu rörde sig om att behovet av kommunikation var mycket mindre.

2.8.2. Analys av subjektivt test

Vid den första delen av frågeformuläret kunde hörselskydden få poäng i form av ett heltal mellan 1-9 beroende på var på linjen ett kryss med angivet hörselskydd hade placerats. För att analysera dessa svar användes en linjal. Linjerna var 18 cm långa vilket innebar att 1 poäng utgjordes av 2 cm på linjen. Mätningen gjordes från början längst till vänster på linjen till kryssets/kryssens mitt och räknades med en noggrannhet av millimeter. Det uppmätta värdet avrundades därefter till närmaste heltal och dividerades med 2 för att få fram en poäng som formade resultat. Medelvärden räknades ut för varje hörselskydd i kombination med de olika ljudfilerna med hjälp av *SPSS*. Högre poäng innebar att deltagarna upplevde att man kunde höra talet relativt tydligt eller naturligt, beroende på frågan, med hörselskydden. Möjlig maxpoäng var 9 och möjligt minimum var 1 poäng.

Poäng gavs även vid analysen av den sista delen av frågeformuläret. Det hörselskydd som föredrogs främst fick 3 poäng, det som föredrogs näst mest 2 poäng och det hörselskydd som föredrogs minst fick 1 poäng. Alla poäng fördes in i *SPSS* där medelvärden beräknades för de båda situationerna. Ett lågt medelvärde betydde att hörselskyddet föredrogs vid den specifika situationen. Som lägst möjligt resultat kunde ett hörselskydd få 1 poäng och som högst 3.

2.9. Testtillfällena i detalj

Inför varje testtillfälle kontrollerades förberedelser med hjälp av en checklista, se bilaga 6, för att ingenting skulle missas eller vara fel inställt vid mätningarna. Denna checklista kontrollerades även under tiden mätningarna utfördes och efter mätningar.

Efter att en forskningsperson hade testats färdigt kopierades de sparade resultaten till ett externt minne som backup.

2.9.1. Tillfälle 1

Vid det första tillfället fick forskningspersonerna till en början läsa igenom deltagarinformationen, se bilaga 1, för att ta del av vad detta projekt innebar och vad som förväntades av forskningspersonerna. I deltagarinformationen fanns också information om att man när som helst kunde välja att avbryta sitt deltagande. Efter att ha läst igenom informationen och fått eventuella frågor besvarade fick forskningspersonerna välja att skriva på en medgivandeblankett, se bilaga 2, där det intygades med underskrift att informationen hade uppfattats och att personen i fråga godtog sitt deltagande i detta projekt.

Det utfördes ett hörseltest på varje deltagare enligt den ascenderade metoden som beskrivs i Svenska audiologiska metodboksgruppen och Almqvist (2004) för att kontrollera forskningspersonernas TMV. Hörseltesterna utfördes i en ljudisolerad mätbox. Endast luftledning uppmättes. Innan varje hörseltest otoskopades deltagarna för att kontrollera att hörselgången och trumhinnans status var normal och att inget vax täckte hörselgången.

Efter att ett hörseltest hade utförts instruerades forskningspersonerna i hur mätningarna med SiimpL skulle gå till. Instruktionerna som gavs utgick från bilaga 3. Deltagarna fick då möjlighet att ställa eventuella frågor om några sådana kvarstod efter instruktionerna. Alla dessa frågor klargjordes innan testandet med SiimpL startade och deltagarna var fullt införstådda i hur mätningarna skulle gå till.

Ett testschema, se bilaga 5, följdes för varje forskningsperson. Testschemat talade om vilket av testen som skulle utföras först (ttt3 eller ttl3) samt i vilken ordning hörselskydden skulle testas, det vill sägas om en deltagares starttest var ttt3 och ordningen som hörselskydden testades: A, B, C så testades först A- ttt3 följt av B- ttt3 och C- ttt3. Därefter testades hörselskydden i samma ordning men med höjd talnivå (ttl3).

Innan mätningarna med hörselskydd startade så spelades demo upp följt av en referensmätning utan hörselskydd med ttt3. Denna referensmätning användes ej utan fungerade som en ”övningsmätning” för att deltagaren skulle få prova på mätningen en gång. Efter denna ”övningsmätning” spelades demofilen upp igen följt av en ny referensmätning, även denna med ttt3, vars resultat användes i uppsatsen. Detta gjordes för alla normalhörande deltagare.

Efter att den andra referensmätningen hade gjorts började mätningarna med hörselskydd enligt testschemat.

En paus mellan 5-15 minuter togs efter att tre mätningar med hörselskydd, det vill säga varje hörselskydd hade testats en gång, hade utförts för att deltagarna inte skulle bli trötta och inte kunna fokusera på uppgiften. Därefter byttes testet ut mot antingen ttt3 eller ttl3 beroende på vilket av dem som var starttest. När alla hörselskydd hade testats en gång med både ttt3 och ttl3 avslutades det första tillfället med ytterligare en referensmätning med ttt3 utan hörselskydd.

2.9.2. Tillfälle 2

Det andra tillfället som de normalhörande testades började med uppspelning av demofilen följt av en referensmätning med ttt3 utan hörselskydd. Därefter utfördes SiimpL på alla hörselskydd med både ttt3 och ttl3 enligt testschemat på samma sätt som under tillfälle 1. Testordningen var för varje forskningsperson var densamma under de båda tillfällena, både vad gäller starttest och hörselskydd. Även under det andra tillfället togs en paus på 5-15 minuter. När resultat hade sparats från alla mätningar med hörselskydd gjordes ytterligare en referensmätning utan hörselskydd med ttt3.

Därefter påbörjades de subjektiva testen som finns förklarade under ”Subjektivt test”. Ordningen som de fyra ljudfilerna för varje deltagare finns beskrivna i testschemat. När frågeformuläret var komplett ifyllt avslutades det andra testtillfället.

2.9.3. Hörselnedsatt forskningsperson

Forskningspersonen med hörselnedsättning testades enbart under ett tillfälle. Innan mätningarna med SiimpL startade fick deltagaren läsa informationen om studien och skriva på en medgivandeblankett. Därefter utfördes otoskopering av båda öronen följt av ett luftledningstest, med hörlurar och utan hörapparater, på samma sätt som det gjorde för de normalhörande.

När den hörselnedsatta forskningspersonen hade fått SiimpL förklarat och var fullt införstådd i hur mätningarna gick till utfördes två referensmätningar utan hörselskydd eller hörapparater med ttt3 (55 dB talnivå). Före det spelades demofilen upp en gång. Då inget resultat kunde registreras från de två första referensmätningarna, eftersom forskningspersonen inte kunde identifiera orden, beslöts det att göras en referensmätning utan hörselskydd men med ttl3 för att öka talnivån till 65 dB. Resultat från denna mätningen sparades och användes vid analys. Alla mätningar utfördes utan hörapparater.

Hörselskydd A och C testades med ttl3 men gav inga resultat. Därför höjdes volymen på datorn till 100 procent och kalibrerades. Talnivån kalibrerades till 73 dB och bruset till 93 dB. Vid kalibreringen användes hörselskydd. Efter denna kalibrering testades hörselskydd A och C återigen men gav återigen inga resultat och beslut togs då om att avbryta mätningarna. Vid varje mätning som inte gav resultat var SNR positiv när mätningen avbröts.

2.10. Etiska överväganden

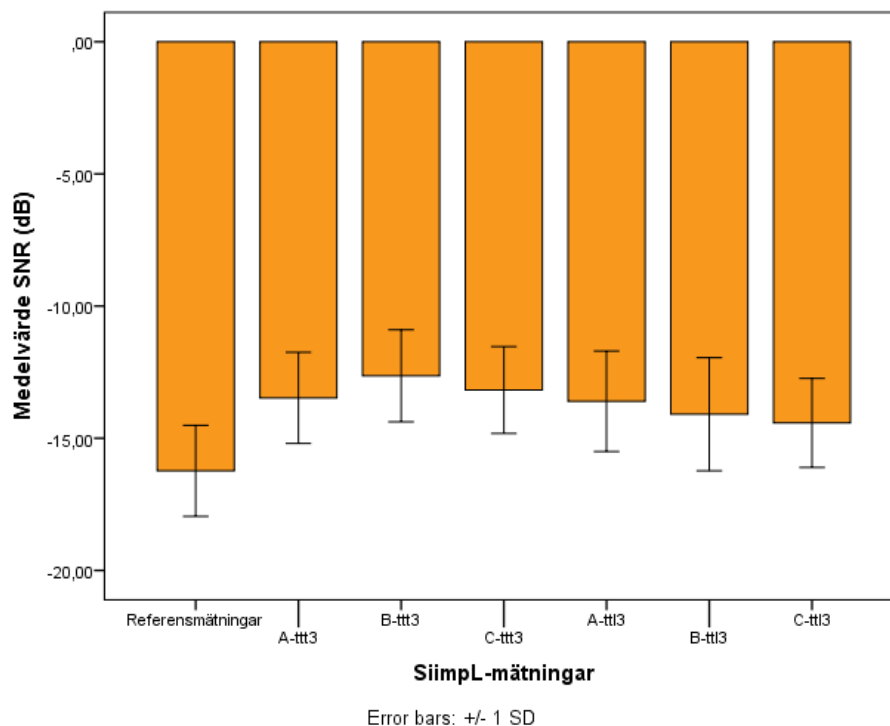
Denna studie har godkänts av den Etiska kommittén vid avdelningen för logopedi, foniatri och audiologi, institutionen för kliniska vetenskaper, Lunds Universitet. Alla deltagare har skrivit på en medgivandeblankett där de bekräftar att de har förstått vad studien går ut på, att de när som helst kan avbryta deltagandet utan några konsekvenser och ger sitt medgivande att delta i studien. Deltagarna fick innan de skrev på medgivandeblanketten, se bilaga 2, läsa igenom information, bilaga 1, om studien och ställa frågor om det var något som var oklart. Detta gjordes innan någon form av testande började vid första tillfället.

Deltagarna kodades innan mätningarna startade. Hur deltagarna hade kodats skrevs ner på ett papper och förvarades inlåst. Resultat från hörselprov skrevs ner på ett papper och förvarades inlåst. Forskningspersonerna förfrågades om de ville ha en kopia av sina audiogram.

3. RESULTAT

3.1. Jämförelser mellan hörselskydd

Figur 4 visar en överblick av resultaten från SiimpL genom medelvärden av SNR för referensmätningarna samt alla mätningar med hörselskydd.



Figur 4. Översikt av resultaten från SiimpL. Medelvärde av SNR (dB) för vändpunkterna (y-axel) och de olika mätningarna (x-axel). Strecken på staplarna symboliserar +/- 1 standardavvikelse.

Medelvärden av det SNR då forskningspersonerna precis klarade av att höra orden visas i tabell 2. Det visar att ett sämre SNR kunde tolereras vid referensmätningarna (SNR= -16,23). Alla mätningar med den högre talnivå tillät ett sämre SNR än vad den lägre talnivå tillät. Tabell 3 visar samma sak men medelvärden av brusnivåerna istället för medelvärdet av SNR. Överlag var skillnaderna mellan hörselskydden med samma talnivå som stimuli (tt3/tt13) relativt små, största skillnaden mättes till 0,84 dB. Den största skillnaden av SNR mellan hörselskyddens resultat över de båda stimuliner uppmättes till -1,78 dB (hörselskydd B, tt3 och C, tt13).

Tabell 2. Resultat uttryckt i SNR (dB) från mätningar med SiimpL. Antal mätningar samt standardavvikelse visas också.

	SNR.A.ttt3	SNR.B.ttt3	SNR.C.ttt3	SNR.A.ttl3	SNR.B.ttl3	SNR.C.ttl3	SNR.referens
Mean	-13,47	-12,63	-13,17	-13,60	-14,08	-14,41	-16,23
N	24	24	24	24	24	24	48
Std. Deviation	1,72	1,73	1,64	1,90	2,13	1,68	1,72

Tabell 3. Resultat uttryckt i medelvärde av brusnivå (dB) från mätningar med SiimpL. Antal mätningar samt standardavvikelse visas också.

	A.ttt3	B.ttt3	C.ttt3	A.ttl3	T9T10	T11T12	Referensmätningar
Mean	68,47	67,63	68,17	78,60	79,09	79,41	71,23
N	24	24	24	24	24	24	48
Std. Deviation	1,72	1,73	1,64	1,90	2,14	1,68	1,72

3.1.1. Resultat från parvisa T-test

Tabell 4 visar resultaten från de parvisa T-testerna mellan de olika hörselskydden vid både ttt3 och ttl3 samt resultat från de sammanräknade referensmätningarna. De översta siffrorna i varje cell visar p-värdet medan de kursiva siffrorna visar skillnaden mellan medelvärdena. Signifikanta skillnader markeras med fet stil på siffrorna.

Vid alla parvisa T-tester hittades en signifikant skillnad mellan resultat från mätningar med hörselskydd och de samlade resultaten från alla referensmätningar utan hörselskydd som sparades. En signifikant skillnad mellan resultat från mätningar med hörselskydd hittades vid fem olika parvisa T-tester.

Av mätningarna med ttt3 hittades signifikans vid parvisa T-test mellan hörselskydd A och B, $t(23) = -2,15$, $p = 0,043$. Med resultat från ttl3 fanns statistiskt signifikanta skillnader mellan hörselskydd A och C, $t(23) = -2,80$, $p = 0,010$.

Vid jämförelser av resultat mellan ttt3 och ttl3 upptäcktes tre statistiskt signifikanta skillnader, mellan B-ttt3 och B-ttl3 ($t(23) = -2,59$, $p = 0,016$), B-ttt3 och C-ttl3 ($t(23) = -3,68$, $p = 0,001$) samt C-ttt3 och C-ttl3 ($t(23) = -2,54$, $p = 0,018$).

Medelvärdena visar att generellt sett så kunde ett lite sämre SNR tolereras med en högre talnivå (ttl3) vid identifiering av orden. Den största skillnaden mellan medelvärden var 2,994 dB (mellan B-ttt3 och Referensmätning) medan den minsta skillnaden som förekom var 0,130 dB (mellan A-ttt3 och A-ttl3).

Tabell 4. Sammanfattning av resultat från parvisa T-tester. A, B och C indikerar hörselskyddet och följs av antingen ttt3 eller ttl3. Översta siffran visar signifikans (fet stil = signifikant skillnad, $p < 0,05$). Nedre siffran i varje ruta visar skillnad i medelvärde av resultaten (översta radens mätning – vänstra kolumnens mätning). * visar signifikant skillnad vid jämförelse mellan två hörselskydd med samma stimulering (ttt3/ttl3).

	A-ttt3	B-ttt3	C-ttt3	A-ttl3	B-ttl3	C-ttl3	Referensmätning
A-ttt3							
B-ttt3	0,043* 0,8						
C-ttt3	0,367 0,3	0,139 -0,5					
A-ttl3	0,832 -0,1	0,068 -1,0	0,436 -0,4				
B-ttl3	0,347 -0,6	0,016 -1,5	0,127 -0,9	0,216 -0,5			
C-ttl3	0,098 -0,9	0,001 -1,8	0,018 -1,2	0,010* -0,8	0,428 -0,3		
Referensmätning	0,000 -2,2	0,000 -3,0	0,000 -2,5	0,000 -2,1	0,016 -1,6	0,020 -1,3	

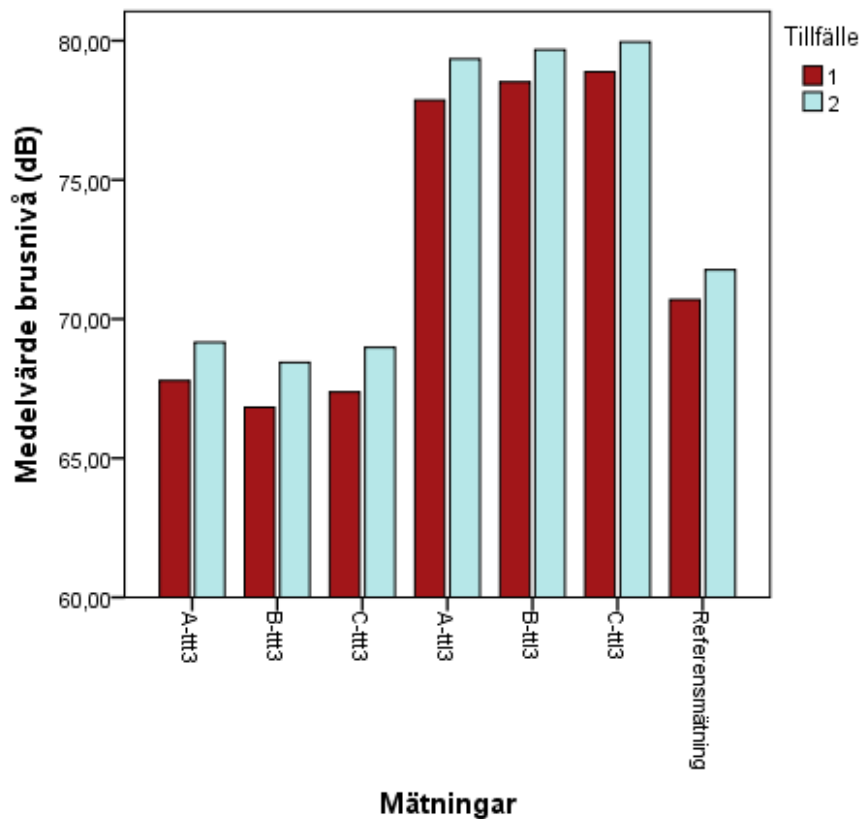
3.1.2. Resultat hörselnedsatt

Den slutförda mätningen med hörselnedsatt forskningsperson (ttl3, inga hörselskydd) resulterade i att medelvärdet av brusets uppmättes till 61,39 dB (SNR = 3,61 dB). Vid jämförelse av medelvärdet av SNR hos normalhörande vid referensmätningar (med ttt3) finner man en skillnad på 19,84 dB.

3.2. Skillnad mellan resultat från olika tillfällena med SiimpL

Diagrammet nedan (figur 5) visar en jämförelse mellan resultaten från tillfälle 1 och tillfälle 2. Det visar att generellt sett så klarade forskningspersonerna ett sämre SNR vid det andra tillfället.

I bilaga 8 syns resultat av parvisa T-test som utfördes av mätningar mellan tillfälle 1 och 2. När det gäller referensmätningarna är de två mätningarna från tillfälle 1 ihopräknat till en mätning (referensmätning, tillfälle 1) och samma sak gjordes för referensmätningarna vid tillfälle 2 (referensmätning, tillfälle 2).



Figur 5. Illustrerar resultaten från SiimpL och dess skillnad mellan mätningar från de olika tillfällena.

Bilaga 8 visar som ovan nämnt resultaten från parvisa T-tester för de olika tillfällen som mätningarna gjordes, exempelvis parvis T-test mellan tillfälle 1 och 2 för hörselskydd A med ttt3. En signifikant skillnad mellan tillfälle 1 och 2 hittades för fem mätningar. Den största signifikansen mellan de två tillfällena för ett och samma hörselskydd hittades för de modifierade hörselskydden (C) vid mätningar med ttt3, $t(11) = -2,67$, $p = 0,022$.

Tabell 5 illustrerar resultaten från parvisa T-tester mellan de fyra referensmätningarna som gjordes. Resultaten visar att forskningspersonerna presterade bättre vid de senare referensmätningarna. Det hittades signifikanta skillnader vid alla jämförelser mellan den första referensmätningen och de övriga tre mätningarna.

Tabell 5. Sammanfattning av resultat från parvisa T-tester. Översta siffran visar signifikans (fet stil = signifikant skillnad, $p < 0,05$). Nedre siffran i varje ruta visar skillnad i medelvärde av resultaten (översta radens mätning – vänstra kolumnens mätning). Referensmätning 1, tillfälle 1 = Den första referensmätningen vid det första tillfället.

	Referensmätning 1, tillfälle 1	Referensmätning 2, tillfälle 1	Referensmätning 1, tillfälle 2	Referensmätning 2, tillfälle 2
Referensmätning 1, tillfälle 1				
Referensmätning 2, tillfälle 1	0,015 -1,2			
Referensmätning 1, tillfälle 2	0,024 -1,2	0,895 0,1		
Referensmätning 2, tillfälle 2	0,010 -2,2	0,116 -1,0	0,050 -1,0	

3.3. Resultat subjektiva mätningar

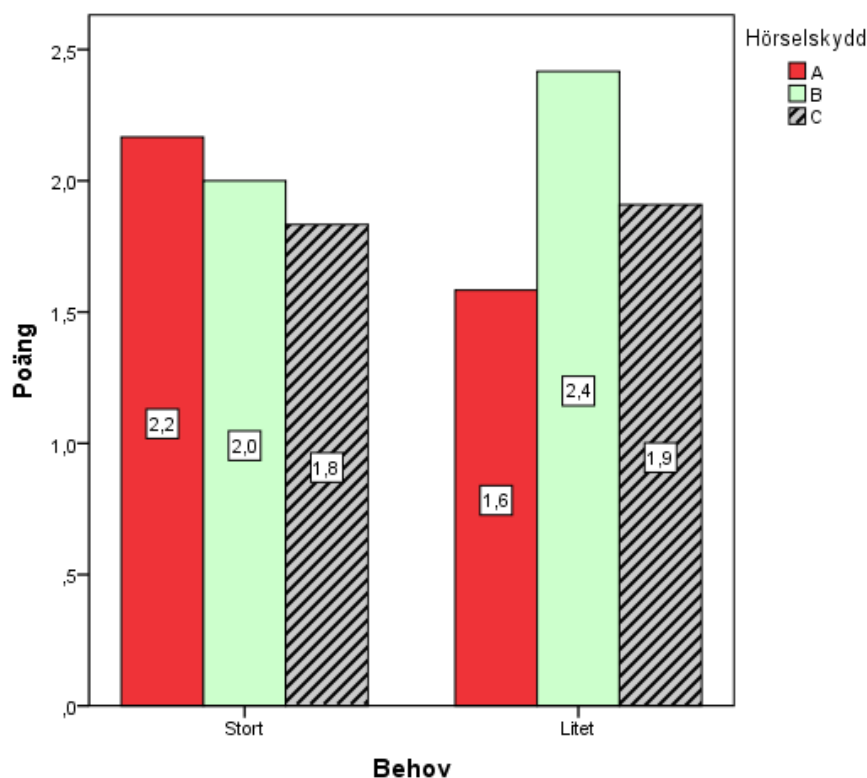
3.3.1. Bedömning av tydlighet och naturlighet av tal med fyra olika ljudfiler

Resultaten från frågorna om tydlighet och naturlighet redovisas med medelvärde, median och spann av poäng i bilaga 9. Hörselskydd A fick bäst (högst) medelvärde av poängen vid tre av fyra ljudfiler vad gäller tydlighet. Enbart vid talnivå = 65 dB och SNR = -10 fick hörselskydd A inte högst poäng, då fick istället hörselskydd C högst medelvärde, 5,17 poäng. Hörselskydd C fick med de övriga ljudfilerna lägst medelvärde av poängen vid frågor om tydlighet av talet. Medianen visade liknande resultat. Det högsta medelvärdet, vad gällde tydlighet, hittades med hörselskydd A i en lyssningssituation då talnivån = 65 dB och SNR = 0 dB (7,67 poäng). Det lägsta medelvärdet hittades med hörselskydd C när talnivå = 55 dB och SNR = -10 dB (4,50 poäng).

På frågorna om hur naturligt talet upplevdes med de olika ljudfilerna fick hörselskydd A högre poäng, räknat i medelvärde av svaren, än de övriga hörselskydd. Detta gällde vid samtliga ljudfiler som stimulering. Medianen visade samma resultat. Talet upplevdes ungefär lika naturligt i hörselskydd B och C som fick snarlika poäng i alla lyssningssituationer. Högsta medelvärdet, gällande naturligheten, hittades med hörselskydd A då talnivå = 55 dB och 65 dB med SNR = 0 dB (6,25 poäng). Det lägsta medelvärdet av poäng vid talets naturlighet fick hörselskydd C då talnivå = 55 dB och SNR = -10 dB (4,17).

3.3.2. Rangordning av hörselskydd

Resultaten vid rangordning av hörselskydd i två situationer med olika krav på kommunikation sammanfattas i figur 6 nedan. Ett värde närmare 3,00 antydde att det föredrogs oftare, ett högre medelvärde = föredrogs mer.



Figur 6. Medelvärden av poängen som tilldelades hörselskydden vid det subjektiva testet, frågor om vilket hörselskydd som föredrogs mest/minst vid litet och stort behov av kommunikation. Högre poäng = föredras mer.

Hörselskydd A skiftade från att föredras främst av hörselskydden när kommunikationsbehoven var stora (MV = 1,83) till att vara minst önskvärd då behoven av kommunikation var små (MV = 2,42).

4. DISKUSSION

4.1. Resultatdiskussion

Resultaten från SiimpL i denna studie indikerar på att en överdämpning har en större påverkan på taluppfattningen i brus snarare än vilka frekvenser som dämpas mest av hörselskydden.

4.1.1. Resultat från SiimpL med normalhörande forskningspersoner

Ingen signifikant skillnad hittades mellan hörselskydd B och C i resultaten från SiimpL med samma talnivå. Det hittades dock en signifikant skillnad mellan resultaten med hörselskydd A och C vid test med t13. Vid både ttt3 och t13 visade resultaten, mellan B och C, att det med hörselskydd C var något lättare att uppfatta orden genom brus, med både ttt3 och t13, men skillnaderna var mycket små (för ttt3 = 0,540 dB skillnad i medelvärde av brusnivån och för t13 = 0,328 dB skillnad). Istället hittades signifikanta skillnader mellan det mer lågdämpande skyddet (hörselskydd A) och hörselskydd B med ttt3 och mellan det mer lågdämpande skyddet och C med t13. Dessa resultat tyder på att vid stimulering med den lägre talnivån (55

dB(A), ttt3) var överdämpning ett problem för att uppfatta talet. Hörselskydd A och B har väldigt lik karaktäristik vid behandling av signaler, de båda dämpar mycket mer i diskanten än basen vilket indikerar på att skillnaden i resultat mellan de båda är en konsekvens av överdämpning.

När hörselskydden testades med 65 dB som talnivå visar resultaten lite utav motsatsen till testen med 55 dB. Här presterade forskningspersonerna sämst med de lågdämpande hörselskydden. Det kan tänkas att hörselskydds effekt på taluppfattning i brus är till stor del beroende på talnivå och dämpning. Man kan även tänka sig, trots att inga signifikanta resultat kan stödja detta, att ett hörselskydd med en jämnare dämpning är lite bättre än ett hörselskydd där basen dämpas mindre än diskanten. Detta eftersom hörselskydd C hade ett högre medelvärde än B med båda talnivåerna även om skillnaderna var väldigt små. Det är troligt att detta beror på att det lågfrekventa bruset släpps igenom lättare med A och B och maskerar talet.

4.1.2. Subjektivt test

Vid jämförelse mellan resultaten från SiimpL och subjektivt test ser man både likheter och skillnader. Vad gällde tydligheten av talet så bedömdes hörselskydd A vara bäst av deltagarna förutom då talnivån var högre (65 dB) och SNR = -10 dB då istället C fick högst poäng. Detta kan man tänka sig då A presterade bäst på låga nivåer och C presterade bäst på högre talnivå vid mätningarna med SiimpL.

Frågorna om hur naturligt talet lät genom hörselskydden visade att de flesta tyckte att det lät naturligast med hörselskydd A för alla fyra ljudfiler. Detta trots det att hörselskydd C har en mer jämn fördelad dämpning över frekvenserna. Detta kan dels antyda att ett hörselskydd med låg dämpning kan vara bättre på att behålla upplevelsen av ett ljudstimuli naturligt. Det kan också antyda att skillnaden inte är så stor för upplevelsen av ett ljud beroende på hur dämpningen ser ut över ett frekvensspektra.

Figur 6 visar att behovet av kommunikationen är en viktig faktor när det gäller vilket hörselskydd som föredras. Vid ett litet behov för kommunikation föredrogs under detta subjektiva test de mer högdämpande skydden. Hörselskydd A föredrogs då minst till skillnad mot då behovet av kommunikation var stort där hörselskydd A föredrogs främst. Det bidrar till en slutsats om att de lågdämpande hörselskydden upplevs vara fördelaktiga av användare vid kommunikation i bullrig miljö. Att de hörselskydd som dämpade mer föredrogs då behovet av kommunikation var lägre kan möjligtvis förklaras med att många då föredrar att få bort så mycket buller som möjligt snarare än att kunna uppleva talet tydligare.

Överlag verkar det som att mängden dämpning uppfattades av forskningspersonerna påverka talsignalen mer än dämpningens karaktäristik.

4.1.3. Hörselnedsatt forskningsperson

Resultatet från mätning med SiimpL med hörselnedsatt forskningsperson var ett viktigt resultat då det visade att anledningen till att forskningspersonen inte klarade att uppfatta orden, i de mätningar som inte ledde till något resultat, inte var bristande kunskap i engelska eller att orden var okända för deltagaren. Försök gjordes med 55 dB som talnivå för

referensmätning (ttt3) men den hörselnedsatta forskningspersonen klarade då inte att uppfatta orden även att brusnivån gick ner så mycket att det inte längre var relevant (mindre än 0 dB). Både hörselskydd A och C testades med ttt3 utan att ge resultat. De testades också efter att volymen hade höjts på datorn utan att ge resultat trots att brusnivån sänktes till under 0 dB. Det tyder på att hörselskydden kombinerade med hörselnedsättningen bildade en överdämpning och att det då inte var ett brus, eller dåligt SNR som gjorde orden svåra att identifiera.

Frågan kvarstår om hur hörselskyddens egenskaper påverkar taluppfattningen i brus då inga resultat kunde från dessa mätningar kunde noteras.

4.2. Val av hörselskydd

Som beskrivet i bakgrunden så skall arbetsgivare kunna erbjuda sina anställda lämpliga hörselskydd vid behov. Vilka hörselskydd som är lämpligast tycks bero mycket på situationen på arbetet. Denna studie visar att det är skillnad mellan hörselskydd vad gäller taluppfattning i buller. De skillnaderna är relativt små och de statistiska signifikanta skillnaderna som hittades mellan hörselskydd, var mellan lågdämpande och högdämpande, som hade mindre och mer dämpning i basen, samt mellan olika talnivåer. Vid lägre nivåer av tal, vilket i en verklig situation troligen uppkommer i en mindre bullrig miljö, talar både resultat från subjektiva testet och SiimpL för att hörselskydd med relativt låg dämpning är att föredra.

Vad gäller val av hörselskydd i högre nivåer av tal och buller visar denna studie på mer tvetydiga resultat. I och med att skillnaderna var relativt små från mätningar med SiimpL kan man diskutera huruvida man skall värdera dessa resultat mot de från subjektiva testet. Eftersom det är mycket viktigt, för att hörselskydden skall vara effektiva, att de används så mycket som möjligt skall användaren trivas med skydden. Resultaten från SiimpL talar för de modifierade Peltor X5 för att objektivt kunna uppfatta så mycket tal som möjligt. Men det faktum att frågorna från bilaga 7 talar om att upplevelsen av hur tydligt och naturligt talet hördes skiljde sig en del mot resultaten från SiimpL så kan frågan om inte hörselskydd som uppfattas bättre används mer än de som visar bättre resultat vid objektiva mätningar.

Noterbart är att med ttt3 visade inte resultaten, efter analyser med parvisa T-test, att hörselskydd C var signifikant sämre, vad gäller taluppfattning med SiimpL, än det hörselskydd (hörselskydd A) som visade bäst resultat. Genom detta visades hörselskydd C vara det enda hörselskyddet som aldrig var signifikant sämre än något annat hörselskydd under mätningarna med SiimpL.

4.3. Metoddiskussion

SiimpL fungerade under denna studie bra med högtalare och fysiska hörselskydd. Inga problem upplevdes med uppsättningen och det framkom inga synpunkter från forskningspersoner angående testmetoden. Det är viktigt att tänka på att hörselskydden som testas sitter tätt över öronen på forskningspersonen och bör kontrolleras av testledare. Instruktionerna uppfattades utan problem av deltagarna. Varje tillfälle, inklusive paus, pågick i ca 1,5 timmar. Av dessa uppskattas 1 timma ha använts till mätningar med SiimpL (inklusive förklaring av testmetod). Varje mätning med SiimpL tog, vid analys av medelvärdet för testtider, ca 295 sekunder = ca 4,9 minuter.

4.3.1 Ordmaterial

Eftersom SiimpL använder talmaterial från CAT så innebär det att de ord som kan presenteras under testet är begränsade och kända. Detta kan skapa både positiva och negativa konsekvenser. I och med att orden är kända och forskningspersonerna har tillgång till ordlistan utskrivet på papper under hela mätningen kan det bli lättare för deltagaren att uppfatta orden. Det är tänkbart att vikten av att kunna uppfatta varje talljud för att förstå vilket ord som presenteras minskas. Det kan räcka med att uppfatta delar av orden för att kunna utesluta tillräckligt många ord för att man ska kunna utgrunda vilket ord från listan som presenterades. Detta skulle kunna påverka resultaten, hur forskningspersonerna presterar med de olika hörselskydden. Framst skulle det kunna påverka resultaten vid jämförelse mellan Peltor X5 (B) och de modifierade Peltor X5 (C). Detta eftersom hörselskydd B dämpar betydligt mer i diskanten än i basen vilket innebär att lågfrekventa talljud släpps igenom mer än med hörselskydd C då basen dämpas ungefär lika mycket som diskanten. Det kan få till följd att de basljuden som släpps igenom med hörselskydd B kombinerat med en bestämd ordlista kan förbättra möjligheten att urskilja vilket ord som presenterades.

Användandet av kända ord från CAT kan dock vara en fördel då det möjligtvis ger en mer realistisk lyssningssituation. I verkliga livet, i en diskussion så kan man tänka sig att man är mer förberedd att talaren presenterar ord som är relaterade till det pågående samtalsämnet. Detta skulle kunna innebära att situationen i en riktig situation med ett pågående samtalsämne kan liknas med SiimpLs testsituation på det sättet att orden som förväntas presenteras är begränsade.

4.3.2 Forskningspersoner

För att få mer relevanta resultat från SiimpL med hörselnedsatta skulle det krävas en större studie med fler krav vad gäller hörselnedsatta deltagare. Dels så skulle det vara intressant att utföra SiimpL med hörselskydd för olika hörselnedsättningar. I och med att det i denna studie bara var med en hörselnedsatt forskningsperson så kan inga slutsatser dras av detta. Forskningspersonen med hörselnedsättning i denna studie var 80 år när testen utfördes vilket kan ha haft en påverkan på resultatet. Det är möjligt att vissa kognitiva förmågor har försämrats något under åren och att det kan försämma taluppfattbarheten som Meister m. fl. (2013) visade. Samtidigt är det inte bara normalhörande och människor som har väldigt goda kognitiva förmågor som använder hörselskydd.

Det skulle ha varit intressant att utföra SiimpL med deltagare med olika hörselnedsättningar för att se om det finns vissa gränsvärden i audiogram som påverkar resultaten på testerna, exempelvis om deltagare som har mer eller mindre än ett värde, vad gäller hörselnedsättning, i diskanten klarar att uppfatta orden bättre eller sämre.

4.3.3. Inlärningsseffekt

Tabell 5 visar att forskningspersonernas prestationer blev bättre under de senare referensmätningarna i jämförelse med den första mätningen. Vid jämförelserna mellan de tre senare referensmätningarna sjönk dock signifikansen avsevärt. Det öppnar i alla fall för en diskussion huruvida inläring är en faktor vid mätningar med SiimpL. Vi såg också en

generell förbättring vad gäller för mätningarna från andra testtillfället i jämförelse med det första som illustreras i figur 5 och visas i bilaga 8.

Resultaten i denna studie styrker att en inlärningseffekt bör tas i beaktning. Till skillnad mot resultaten från Edvall och Reimers (2014) hittades här en mer direkt inlärningseffekt då signifikanta skillnader hittades redan mellan resultat den första referensmätningen som sparades och den andra. Vid både tillfälle 1 och 2 hittades signifikanta skillnader mellan den referensmätning som utfördes i början av testningarna med SiimpL och den referensmätning som utfördes i slutet.

För att utveckla SiimpL som testmetod så skulle det vara intressant att titta på denna aspekt i ett större perspektiv med flera omgångar av samma mätningar. I och med att signifikansen sjönk i jämförelserna med de tre senare referensmätningarna kan man tänka sig att inlärningseffekten stagnerar relativt snabbt.

4.4. Framtida forskning

I framtiden behövs göras fler studier med SiimpL för att utvärdera hörselskydds påverkan på taluppfattning hos personer med hörselnedsättning. Många arbetare i bullerutsatta yrken drabbas av hörselpåverkan. En av de största anledningarna till att inte hörselskydd används som beskrivet av Davis (2008) är att kommunikationen påverkas negativt. Det är därför viktigt att även utvärdera effekten på taluppfattningen för hörselnedsatta för att öka användningen och förebygga ytterligare negativ påverkan på hörseln från buller. Genom att med en studie använda SiimpL samt någon form av en ”medelvärdes- hörselnedsättning” för arbetare som har fått en hörselnedsättning till följd av bullerexponering på arbetsplatsen skulle man kunna få svar på vilka hörselskydd som skulle vara fördelaktiga för denna population.

Det är möjligt att vilka frekvenser som är mest nedsatta hos en hörselnedsatt spelar en stor roll för vilka hörselskydd som är optimala för kommunikation i buller. Dessutom kan man tänka sig att gravheten hos hörselnedsättningen kan spela en stor roll vid valet av hörselskydd. En teori är att vid en lätt diskantnedsättning så kan ett hörselskydd med liknande egenskaper som hörselskydd C vara fördelaktig för att dämpa bruset mer och på så sätt kunna uppfatta diskantljuden tydligare. Vid en gravare diskantnedsättning är det tänkbart att hörselskyddens dämpning gör det omöjligt för lyssnaren att uppfatta talljud med höga frekvenser trots att brus ej är närvarande och i sådana fall skulle man kunna se fördelar med att dämpa basen så lite som möjligt för att kunna utrona basljuden lättare och på så sätt kunna öka taluppfattbarheten.

För att vidare utvärdera hur hörselskydd med olika egenskaper påverkar signaler som ofta används i samband med buller skulle det vara intressant att utföra SiimpL men istället för att använda tal så skulle man kunna använda varningssignaler som presenteras genom brus. Förmågan att uppfatta varningssignaler i buller är väldigt viktigt på många industriarbetsplatser där man, av säkerhetsmässiga skäl, måste kunna uppfatta varningssignaler som till exempel tutanden från fordon och larm. Att ha optimala hörselskydd för detta skulle vara en stor fördel.

I denna studie användes ett lågfrekvent bredbandigt brus vid mätningarna med SiimpL. Det är tänkbart att resultaten skulle skilja sig något om SiimpL hade testats med exempelvis ett högfrekvent brus. En studie som testade dessa hörselskydd med SiimpL men använde ett antal

olika brus skulle därför vara mycket intressant. Man skulle då kunna jämföra resultat för olika brus och se hur prestationer med de olika hörselskydden påverkas av brusets karaktäristik.

4.5. Slutsats

Denna studie indikerar att överdämpning har en större påverkan på taluppfattning i brus med hörselskydd än skillnader mellan dämpning över ett frekvensspektra. Resultaten från SiimpL gav dock ingen signifikant skillnad som talade för att hörselskydd med jämn dämpning över frekvensspektrat skulle fungera sämre än något annat hörselskydd vid taluppfattning i buller. Därför är det svårt att dra någon slutsats

Frågorna som besvarades subjektivt av forskningspersonerna visade antydanden om att hörselskydd med lägre dämpning upplevs förändra talsignalen minst. Både tydligheten och naturligheten av talet upplevdes bättre med ett hörselskydd som hade mindre dämpning. Detta trots att basljud dämpas väsentligt mindre än diskantljud .

Mer forskning behövs för att kunna dra några slutsatser till hur de olika hörselskyddens egenskaper påverkar taluppfattbarheten hos personer med en hörselnedsättning.

SiimpL fungerade bra med högtalare och fysiska hörselskydd men det skulle vara intressant att vidare studera hur inlärningseffekten visar sig i mätningar med SiimpL.

6. TACK

Ett stort tack till alla forskningspersoner som deltog i denna studie. Tack till handledare Per Hiselius från 3M. Tack till avdelningen för logopedi, foniatry och audiologi vid Lunds Universitet för bidragande av lokal och förvaring av utrustning samt till 3M Värnamo som lånade ut utrustning till denna studie.

7. REFERENSLISTA

- Abel, S. M., Alberti, P. W., Haythornthwaite, C., & Riko, K. (1982). Speech intelligibility in noise: Effects of fluency and hearing protector type. *J. Acoust. Soc. Am*, *71*, 708-715.
- Arbetsmiljöverket (2005). Buller - Föreskrifter om buller samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna. *AFS 2005:16*.
- Arlinger, S. (2013). *Kunskapssammanfattning: Hörsel och hörselskador i arbetslivet*. Stockholm: Arbetsmiljöverket. Från <http://www.av.se/publikationer/rapporter/>
- Basner, M., Brink, M., Bristow, A., de Kluizenaar, Y., Finegold, L., Hong, J., Janssen, S. A., Klæboe, R., Leroux, T., Liebl, A., Matsui, T., Schwela, D., Sliwinska-Kowalska, M., & Sörqvist, P. (2015). ICBEN review of research on the biological effects of noise 2011-2014. *Noise & Health*, *17*, 57-82.
- Blue-Terry, M. & Letowski, T. (2011). Effects of white noise on Callsign Acquisition Test and Modified Rhyme Test scores. *Ergonomics*, *54*, 139-145. doi: 10.1080/00140139.2010.540354
- Candido Fernandes, J. (2003). Effects of hearing protector devices on speech intelligibility. *Applied Acoustics*, *64*, 581-590. doi:10.1016/S0003-682X(02)00141-X
- Davis, R. R. (2008). What do we know about hearing protector comfort? *Noise & Health*, *10*, 83-89.
- Edvall, N. & Reimers, D. (2014). *Speech intelligibility impact Level (SiimpL) - Beskrivning och utvärdering* (Magisteravhandling, Lunds Universitet, Avdelningen för logopedi, foniatry och audiologi Institutionen för kliniska vetenskaper).
- Gelfand, S. A. (2009). *Essentials of Audiology*. New York: Thieme.
- Hammarberg, B., Södersten, M. & Lindestad, P. Å. (2008). Röststörningar-allmän del. I Hartelius, L., Nettelbladt, U. & Hammarberg, B. (Red.), *Logopedi* (s. 245-263). Lund: Studentlitteratur
- Hiselius, P., Edvall, N. & Reimers, D. (2015). To measure the impact of hearing protectors on the perception of speech in noise. *International Journal of Audiology*, *54*, 3-8. doi:10.3109/14992027.2014.973539
- Irlle, H., Rosenthal, C. & Strasser, H. (1999). Influence of a reduced wearing time on the attenuation of hearing protectors assessed via temporary threshold shifts. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *23*, 573—584. doi: 10.1016/S0169-8141(98)00022-5
- Jadner, K., Olofsson, C. & Åkerfeldt, P. (2005). *Samband mellan taluppfattning och rak dämpning i hörselskydd* (Studentuppsats, Lunds Universitet, Avdelningen för logopedi, foniatry och audiologi Institutionen för kliniska vetenskaper).

- John. G. W., Grynevych, A., Welch, D., McBride. D, & Thorne P.R. (2014). Noise Exposure of Workers and the Use of Hearing Protection Equipment in New Zealand. *Archives of Environmental & Occupational Health*, 69, 69-80. doi: 10.1080/19338244.2012.732122
- Killon, M. C., Niquette, P. A., Gudmundsen, G. I., Revit, L. J. & Banerjee, S. (2004). Development of a quick speech-in-noise test for measuring signal-to-noise ratio loss in normal-hearing and hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Am.*, 116, 2395–2405.
- Meister, H., Schreitmüller, S., Grugel, L., Beutner, D., Walger, M. & Meister, I. (2013). Examining Speech Perception in Noise and Cognitive Functions in the Elderly. *American Journal of Audiology*, 22, 310-312. doi: 10.1044/1059-0889(2012/12-0067)
- National Institute of Deafness and Other Communication Disorders (2015). *Hearing and Balance: Tinnitus* [Faktablad]. Från <http://www.nidcd.nih.gov/health/hearing/Pages/Default.aspx>
- Svenska audiologiska metodboksgruppen & Almqvist, B. (2004). *Metodbok i praktisk hörselmätning*. ([2. uppl.]). Bromma: C-A Tegnér.
- Wilson, R. H., McArdle, R. A. & Smith, S. L. (2007). An Evaluation of the BKB-SIN, HINT, QuickSIN, and WIN Materials on Listeners With Normal Hearing and Listeners With Hearing Loss. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50, 844-856. doi: 1092-4388/07/5004-0844

BILAGOR

Bilaga 1.

Bästa deltagare.

Mitt namn är Rickard Larsson och studerar audiologiprogrammet på Lunds universitet. I samarbete med 3M Sverige, Värnamo skriver jag nu en magisteruppsats med Per Hiselius från 3M som handledare. 3M är ett globalt företag som arbetar med lösningar inom; konsument, elektronik och energi, hälsovård, industri samt skydd och grafiska system.

Jag skall i denna uppsats undersöka påverkan från egenskaper hos olika hörselskydd på taluppfattning med bakgrundsbrus. Med hjälp av data om hur man hör tal i brus med olika hörselskydd och nivåer på stimuli kan man beräkna denna påverkan. Idag har man inte tillräckligt underlag för en sådan beräkning då testpersonernas förmåga att uppfatta talljud oftast involveras, vilket innebär att man inte kan avgöra den faktiska påverkan från hörselskydden. Med hjälp av mätningar från en ny metod kan förhoppningsvis hörselskyddens påverkan på taluppfattningen testas korrekt. Med hjälp av detta arbete utvärderas denna metod ytterligare.

Test kommer att utföras vid två tillfällen och vid bara ett tillfälle hos personer med hörselnedsättning.

Första tillfället kommer att börja med att ett hörseltest för att kontrollera hörseln. Det är valfritt om man vill få reda på sina egna resultat från hörseltestet. Därefter kommer referensmätningar att utföras utan hörselskydd, och sedan kommer mätningar att göras med olika hörselskydd över öronen och utan hörselskydd. Vid mätningarna presenteras engelska ord i brus och forskningspersonen skall då upprepa ordet man uppfattar. Brusnivån kommer att justeras beroende på om svaret är rätt eller fel, på så vis att ljudnivån på bruset kommer att minska vid felaktigt upprepat ord och öka vid korrekt upprepat ord.

Under andra tillfället kommer fler mätningar att göras på samma sätt som under första tillfället men inget nytt hörseltest kommer att utföras.

Vid hörselnedsättning kommer dessa referensmätningar och mätningar med hörselskydd utföras endast vid ett tillfälle.

Ljudnivån kan komma att uppgå till 80 dB utan hörselskydd och 90 dB med hörselskydd. Stimuleringen kommer att vara som längst tre sekunder i följd. Man kan när som helst avbryta testningen.

Inga personnummer kommer att registreras. Namn kommer att kodas med en ID-siffra. Information om vilka namn som är kodat med vilket nummer kommer att förvaras inlåst.

Tack för din medverkan, den betyder mycket!

Med vänliga hälsningar Rickard Larsson

Vid frågor var vänlig kontakta:

Rickard Larsson, audiologiutbildningen, Lunds Universitet

Tel: 0736860033

Epost:rickard.larsson@hotmail.se

Per Hiselius, Ph. D.

Specialist Acoustics, 3M Personal Safety Division

Uppsatsledare

Epost:per.hiselius@mmm.com

Bilaga 2.

Medgivandeblankett

Samtycke till deltagande i projektet:

”Utvärdering av hörselskydds egenskaper på taluppfattningen i brus med användning av en ny metod”

Jag har tagit del av information om vad deltagande i projektet innebär och vet att jag när som helst kan avbryta deltagandet. Deltagandet är helt frivilligt.

Jag samtycker till att delta i projektet och vet att jag när som helst kan avbryta deltagandet.

Dagens datum:

Namnteckning:

Namnförtydligande:

Stort tack för deltagande!

Bilaga 3.

Detta är en test för att utvärdera förmågan att uppfatta tal i bullrig miljö.

Du kommer få höra två ord från en lista. Listan består av ord på **engelska**, och är antingen en **siffra** eller en **bokstav**. Om det är en bokstav kommer bokstaven utläsas enligt följande lista:

Alpha	A	Oscar	O	One	1
Bravo	B	Papa	P	Two	2
Charlie	C	Quebec	Q	Three	3
Delta	D	Tango	T	Four	4
Echo	E	Victor	V	Five	5
Foxtrot	F	Whiskey	W	Six	6
Hotel	H	X-ray	X	Eight	8
Kilo	K	Yankee	Y		
Lima	L	Zulu	Z		

Två olika ord kommer spelas upp tillsammans med ett **bakgrundsbrus**.

Observera att det **saknas** vissa **siffror** och **bokstäver**, t.ex. 7 och G. Listan på ord kommer finnas tillgänglig under testen.

De två orden kommer vara **slumpmässigt valda** från listan, d.v.s. alla kombinationer är möjliga:

Bokstav följt av siffra, siffra följt av bokstav, siffra följt av siffra eller bokstav följt av bokstav.

Under testet kommer nivån för bakgrundsbruset ändras både upp och ner. Testet kommer utföras för **olika typer av bakgrundsbrus**, och när man byter bakgrundsbrus kommer nivån på bruset troligen sjunka kraftigt. **Testet är alltså inte över förrän det blir helt tyst**, trots att man tryckt på "Enter".

1) **För varje ord skall du på tangentbordet skriva bokstaven eller siffran som motsvarar respektive ord enligt listan ovan.**

2) **Därefter skall du trycka på "Enter".**

("Back space"/"radera bakåt" går att använda om man råkar skriva fel)

Omedelbart efter du tryckt på "Enter" kommer två nya ord spelas upp. Du kan därför pausa testet genom att inte trycka "Enter".

Om du är osäker på ett ord skall du ändå försöka **gissa** vilket ordet var. Om du är så osäker att du **inte kan göra en rimlig gissning** skall du använda tangenten för **"mellanslag"** istället för den ena, den andra, eller båda orden.

Bilaga 4.

Alpha	A	Oscar	O	One	1
Bravo	B	Papa	P	Two	2
Charlie	C	Quebec	Q	Three	3
Delta	D	Tango	T	Four	4
Echo	E	Victor	V	Five	5
Foxtrot	F	Whiskey	W	Six	6
Hotel	H	X-ray	X	Eight	8
Kilo	K	Yankee	Y		
Lima	L	Zulu	Z		

- 1) För varje ord skall du på tangentbordet **skriva bokstaven** eller **siffran** som motsvarar respektive ord enligt listan ovan.
- 2) Därefter skall du trycka på "Enter". Om inga nya ord läses upp är **testet slut**.

Gissa om du är osäker.

Kan du inte gissa, använd **mellanslag** i stället för bokstaven/siffran.

Bilaga 5.

Testschema

Forskningsperson	Starttest	Ordning för test av hörselkåpa	Ordning för uppspelning av ljudfiler till frågor
TX1	ttt3	ABC ABC	65, 65-10, 55, 55-10
TX2	ttt3	ACB ACB	65, 55, 65-10, 55-10
TX3	ttt3	BAC BAC	55-10, 55, 65-10, 65
TX4	ttt3	BCA BCA	65-10, 55-10, 65, 55
TX5	ttt3	CAB CAB	65, 55-10, 65-10, 55
TX6	ttt3	CBA CBA	65-10, 55, 65, 55-10
TX7	tfl3	ABC ABC	55-10, 55, 65-10, 65
TX8	tfl3	ACB ACB	55-10, 65-10, 55, 65
TX9	tfl3	BAC BAC	65, 65-10, 55, 55-10
TX10	tfl3	BCA BCA	55, 65, 55-10, 65-10
TX11	tfl3	CAB CAB	55, 65-10, 55-10, 65
TX12	tfl3	CBA CBA	55-10, 65, 55, 65-10

A = Peltor X4 B = Peltor X5 C = Peltor X5 modifierade

Ljudfiler: 65/55 = talnivå -10 = -10 SNR

Bilaga 6.

TESTNING CHECKLIST

1. INNAN TEST

- Kontrollera volym på dator.
- Kontrollera högtalares position och volym.
- Eventuell kalibrering.
- Kontrollera pappersmaterial (ordlista audiogram).
- Starta upp och förbered audiometer.
- Kontrollera ljudet.
- Kontrollera att kod finns uppskrivet.

2. TESTNING

- Läsa igenom information och skriva på medgivandeblankett.
- Otoskopering och hörseltest.
- Förklara test och stäm av så att forskningspersonen har förstått allt.
- Kontrollera att hörselskydd sitter ordentligt på plats.
- Kontrollera testordning.
- Skriv i kommentatorsfältet vilket test (ttt3, ttI3)

3. EFTER TEST

- Kontrollera resultat.
- Kontrollera att alla papper finns kvar (audiogram, medgivandeblankett)
- Spara resultat på extern hårddisk.

Bilaga 7.

Hörselskydd:

A – 1 röd prickar

B – 2 röda prickar

C – 3 röda prickar

- 1. Var god placera ut de olika hörselskydden på linjerna där du tycker att de passar bäst. Markera med ett kryss på linjen och skriv hörselskyddets bokstav (A,B eller C) ovanför krysset. Fyra olika bullersituationer kommer att presenteras.**

1.a. Hur tydligt upplevdes talet i den bullersituation du just upplevde med de olika hörselskydden?

Mycket otydligt

Ganska tydligt

Mycket tydligt

Hur naturligt lät talet i den bullersituation du just upplevde med de olika hörselskydden?

Mycket onaturligt

Mycket naturligt

(talet låter mycket olikt mot
när man inte bär hörselskydd)

Ganska naturligt

(talet hörs på samma sätt
som när man inte bär hörselskydd)

1.b. Hur tydligt upplevdes talet i den bullersituation du just upplevde med de olika hörselskydden?

Mycket otydligt

Ganska tydligt

Mycket tydligt

Hur naturligt lät talet i den bullersituation du just upplevde med de olika hörselskydden?

Mycket onaturligt

(talet låter mycket olikt mot
när man inte bär hörselskydd)

Ganska naturligt

Mycket naturligt

(talet hörs på samma sätt
som när man inte bär hörselskydd)

1.c. Hur tydligt upplevdes talet i den bullersituation du just upplevde med de olika hörselskydden?

Mycket otydligt

Ganska tydligt

Mycket tydligt

Hur naturligt lät talet i den bullersituation du just upplevde med de olika hörselskydden?

Mycket onaturligt

(talet låter mycket olikt mot
när man inte bär hörselskydd)

Ganska naturligt

Mycket naturligt

(talet hörs på samma sätt
som när man inte bär hörselskydd)

1.d. Hur tydligt upplevdes talet i den bullersituation du just upplevde med de olika hörselskydden?

Mycket otydligt

Ganska tydligt

Mycket tydligt

Hur naturligt lät talet i den bullersituation du just upplevde med de olika hörselskydden?

Mycket onaturligt

Mycket naturligt

(talet låter mycket olikt mot
när man inte bär hörselskydd)

Ganska naturligt

(talet hörs på samma sätt
som när man inte bär hörselskydd)

2. Var god rangordna de tre hörselskydden i följande frågor (1 = föredrar helst, 3 = föredrar minst):

Vilket hörselskydd skulle du föredra att använda om du vistades i en miljö med samma typ av bakgrundsljud som du nyligen har upplevt och har ett stort behov av att kunna kommunicera?

1. _____

2. _____

3. _____

Vilket hörselskydd skulle du föredra att använda om du vistades i en miljö med samma typ av bakgrundsljud som du nyligen har upplevt och endast har behov av att kunna kommunicera ett fåtal gånger under en arbetsdag?

1. _____

2. _____

3. _____

Bilaga 8.

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pai r 1 ttt3, A, första tillfället - ttt3, A, andra tillfället	-1,37616	2,22984	,64370	-2,79293	,04061	-2,138	11	,056
Pai r 2 ttt3, B, första tillfället - ttt3, B, andra tillfället	-1,60969	2,53137	,73074	-3,21805	-,00133	-2,203	11	,050
Pai r 3 ttt3, C, första tillfället - ttt3, C, andra tillfället	-1,59679	2,07442	,59883	-2,91482	-,27877	-2,667	11	,022
Pai r 4 ttl3, A, första tillfället - ttl3, A, andra tillfället	-1,48423	2,01535	,58178	-2,76473	-,20374	-2,551	11	,027
Pai r 5 ttl3, B, första tillfället - ttl3, B, andra tillfället	-1,15667	2,71633	,78414	-2,88255	,56920	-1,475	11	,168
Pai r 6 ttl3, C, första tillfället - ttl3, C, andra tillfället	-1,06948	2,01540	,58179	-2,35000	,21104	-1,838	11	,093
Pai r 7 Referensmätningar, första tillfället - Referensmätningar, andra tillfället	-1,07724	1,75150	,35752	-1,81683	-,33765	-3,013	23	,006

Bilaga 9.

Subjektivt test

Medelvärden och medianer för poängen på frågorna om talets tydlighet och naturlighet genom de fyra ljudfilerna.

Tydlighet

	T65A	T65B	T65C
Mean	7,6667	7,4167	7,3333
Median	7,5000	7,5000	8,0000
Range	3,00	3,00	4,00

Fråga om tydlighet, 65 dB talnivå,
SNR = 0 dB, hörselskydd från vänster;
A, B och C.

	T6510A	T6510B	T6510C
Mean	4,7500	4,9167	5,1667
Median	4,5000	5,0000	5,0000
Range	6,00	5,00	5,00

Fråga om tydlighet, 65 dB talnivå,
SNR = -10 dB, hörselskydd från
vänster; A, B och C.

	T55A	T55B	T55C
Mean	6,5833	5,9167	5,8333
Median	7,0000	6,0000	6,0000
Range	5,00	6,00	5,00

Fråga om tydlighet, 55 dB talnivå,
SNR = 0 dB, hörselskydd från vänster;
A, B och C.

	T5510A	T5510B	T5510C
Mean	4,6667	4,5833	4,5000
Median	4,5000	4,0000	4,0000
Range	5,00	4,00	7,00

Fråga om tydlighet, 55 dB talnivå,
SNR = -10 dB, hörselskydd från
vänster; A, B och C.

Naturlighet

	N65A	N65B	N65C
Mean	6,2500	5,7500	6,0833
Median	6,5000	5,5000	6,0000
Range	7,00	6,00	6,00

Fråga om naturlighet, 65 dB talnivå,
SNR = 0 dB, hörselskydd från vänster;
A, B och C.

	N6510A	N6510B	N6510C
Mean	6,0000	5,2500	4,9167
Median	6,0000	5,0000	4,0000
Range	6,00	6,00	6,00

Fråga om naturlighet, 65 dB talnivå,
SNR = -10 dB, hörselskydd från
vänster; A, B och C.

	N55A	N55B	N55C
Mean	6,2500	5,4167	5,4167
Median	6,0000	5,0000	5,0000
Range	5,00	7,00	6,00

Fråga om naturlighet, 55 dB talnivå,
SNR = 0 dB, hörselskydd från vänster;
A, B och C.

	N5510A	N5510B	N5510C
Mean	5,4167	4,4167	4,1667
Median	5,5000	4,0000	4,0000
Range	3,00	5,00	6,00

Fråga om naturlighet, 55 dB talnivå,
SNR = -10 dB, hörselskydd från
vänster; A, B och C.