

Kandidatnummer: 10024, 10004, 10017

Hørselsomsorg i Tanzania

Hva kan tilbys skolebarn med hørselstap når høreapparat er utenfor rekkevidde og klasseromakustikken er utfordrende?

Bacheloroppgave i Audiologi

Mai 2020

Hørselsomsorg i Tanzania -

Hva kan tilbys skolebarn med hørselstap når høreapparat er utenfor rekkevidde og klasseromakustikken er utfordrende?

Hearing care in Tanzania -

What can be offered to hearing-impaired schoolchildren when hearing aids are out of reach and classroom acoustics are challenging?

Bacheloroppgave i audiologi

05.05.2020

Norges teknisk- naturvitenskaplige universitet (NTNU)

Fakultet for medisin og helsevitenskap (MH)

Institutt for nevromedisin og bevegelsesvitenskap (INB)

Studieprogram for audiologi (AUD)

BAU2017

Kandidatnummer: 10024, 10004, 10017

Sammendrag

Bakgrunn: I Tanzania og mange andre lavinntektsland er det utfordrende å etablere infrastruktur som kan tilby og tilpasse høreapparater som overholder tilfredsstillende standard. Man ønsket i denne studien å se på alternative løsninger som ikke er avhengig av like store ressurser som høreapparat. Disse løsningene skal kunne tilbys skoleelever med hørselstap, og på den måten bedre elevenes sjanse for å få fullført utdannelsen sin. Det som ble undersøkt var effektiviteten til en samtaleforsterker med retningsbestemt mikrofon, et system for trådløs overføring av lyd (RM-system) og det å være nære den som snakker.

Metode: Elever med milde til moderate hørselstap ($n = 3, 3, 2$) ved tre forskjellige skoler i Kilimanjaroregionen i Tanzania gjennomgikk en tale i støy-test på swahili med og uten hørselshjelpemidler. Testen foregikk i klasserom med kontrollgrupper ($n = 40, 25, 35$) i tillegg til forsøkspersonene med hørselstap. Det ble utført måling av etterklangstid, bakgrunnsstøy og Speech Transmission Index som resultatene kunne vurderes mot.

Resultat: Det å bruke samtaleforsterker med retningsbestemt mikrofon viste ingen bedring sammenlignet med tilstanden uten hjelpemiddel ($p = 0,54$). Tilstanden med RM-system og det å flytte seg fram til lydkilden viste begge signifikant bedring ($p < 0,001$) sammenlignet med tilstanden uten hjelpemiddel. RM-systemet viste best resultater og ga alle forsøkspersonene fullt utbytte. Det å flytte seg fram til lydkilden ga resultater som, for alle unntatt én, var på høyde med kontrollgruppens resultater ved den gjeldende skolen. De akustiske målingene viste utfordrende lytteforhold for alle som oppholder seg i klasserommene ved alle skolene.

Konklusjon: For at de tiltakene som ga gode resultater skal fungere, er elevene med hørselstap avhengig av innsats fra lærerne. Opplysningsarbeid rettet mot lærere rundt hørselstap vil derfor være viktig og nødvendig. Skal RM-systemet fungere som hjelpemiddel i Tanzania, er det avhengig av at det finnes måter å finansiere utstyret på og at det finnes muligheter for opplading og vedlikehold.

Abstract

Objective: There are challenges associated with establishing an infrastructure that can offer good quality hearing aids and hearing aid fitting in Tanzania and many other low-income countries. These authors wanted to look at alternative solutions that can be used to improve school children with hearing-impairments speech perception that doesn't dependent as much on this infrastructure. The efficiency of a personal amplifier with a directional microphone, a remote microphone system (RM-system) and the effect of being close to the person who is speaking was tested.

Design: Students with mild to moderate hearing loss ($n = 3, 3, 2$) from three different schools in the Kilimanjaro region in Tanzania participated in a hearing in noise-test in Swahili. Unaided conditions and using different personal amplification systems was tested. The test was performed in classrooms with a control group ($n = 40, 25, 35$) in addition to the test subjects with hearing-impairment. Reverberation time, background noise and Speech Transmission Index were also documented.

Result: The condition with a personal amplifier with a directional microphone didn't show any statistical benefit when compared with the unaided condition sitting in the classroom periphery ($p = 0.54$). Both the condition with the RM-system and the unaided condition in front of the sound source showed statistical benefit when compared with the unaided condition sitting in the classroom periphery ($p < 0.001$). All test subjects got highest possible scores when using the RM-system. Moving closer to the sound source led to test-scores on par with the control group average except for one subject. The acoustic measurements revealed challenging listening conditions for everyone occupying the classroom.

Conclusion: Because both solutions that gave good results require cooperation from the teachers, a good direction forward would be to work on raising teacher's awareness on hearing loss. To get the RM-system to work in Tanzania, solutions to the financial aspect needs to be in place in addition to solutions for charging batteries and repairment of the equipment.

Forord

Denne bachelorgruppen ønsker spesielt å takke Vinay Swarnalatha Nagaraj, Jon Øygarden og Tron Vedul Tronstad for god veiledning gjennom hele prosessen. Vi vil også takke Tone Øderud og SINTEF for å få lov til å være en del av prosjekt "I Hear You!". Lilian Beichumila var snill nok til å låne oss stemmen hennes i opptagelsen av taleaudiometrimateriale på swahili, og skal ha en ekstra stor takk for det. Vi vil også takke Open University of Tanzania og Patandi Teachers College of Special Needs Education for god hjelp og støtte gjennom hele oppholdet i Tanzania. Det har vært givende, spennende og lærerikt å jobbe med dette!

Innholdsfortegnelse:

1	INTRODUKSJON	1
1.1	Bakgrunn for prosjektet.....	1
1.2	Forskning som omhandler lytteforhold i afrikanske klasserom for elever med hørselstap.....	2
1.3	Problemstilling	3
2	METODE	3
2.1	Studiedesign	3
2.2	Deltakere og klasserom	3
2.3	Materialer	4
2.3.1	Tretallsprøve i støy på swahili	4
2.3.2	Høytalere og høytalerplassering.....	5
2.3.3	De forskjellige hørselshjelpemidlene	6
2.4	Prosedyrer.....	7
2.4.1	Akustiske målinger.....	7
2.4.2	Betatesting og stimulinivåer.....	9
2.4.3	Testforløpet	10
2.4.4	Behandling av resultater og statistiske analyser.....	11
3	ETISK GODKJENNING OG ANONYMISERING	11
4	RESULTATER	12
4.1	Beskrivelse av klasserommene og deltakerne	12
4.2	Etterklangstid, bakgrunnsstøy, STI og romradius	14
4.3	Kontrollgruppens resultater.....	14
4.4	Forsøkspersonenes resultater.....	16
5	DISKUSJON	18
5.1	Utbytte av samtaleforsterker	18
5.2	RM-systemer, en gullstandard.....	19
5.3	Være nærmere den som snakker og kursing av lærere.....	20
5.4	Utfordrende akustikk for alle	22
5.4.1	Speech Transmission Index.....	22
5.4.2	Etterklang og støy.....	24
5.5	Framtidsretning	25
6	METODEKRITIKK	27
6.1	Begrensninger i hørselsutredningen og mangel på screening av kontrollgruppene.....	27
6.2	Antall forsøkspersoner	27
6.3	Aldersvariasjon i kontrollgruppen.....	27

6.4	Innstilling av hjelpemidler	28
6.5	Antall svarenheter og test-retest-reliabilitet	28
6.6	Målepunkt for kalibrering av høyttalere.....	29
6.7	Måling av etterklang med T_{30}	30
7	KONKLUSJON	30
	LITTERATURLISTE.....	31
	VEDLEGG I – OM «I HEAR YOU!»	38
	VEDLEGG II – TALEAUDIOMETRIMATERIALET	39
	Innspillingen av taleaudiometrimateriale	39
	Beskrivelse av tretallsprøven som ble utviklet.....	41
	VEDLEGG III – SVARARK MAL	42
	VEDLEGG IV – STØYHØYTTALERENS FREKVENSPONS	43
	VEDLEGG V – OPPSTILLINGSPLOTT OG RESULTATKART.....	44
	Skole A.....	44
	Skole B.....	45
	Skole C	46
	VEDLEGG VI – DATABLAD FOR SAMTALEFORSTERKER	47
	VEDLEGG VII - SAMTYKKESKJEMA.....	48
	VEDLEGG VIII – FORSØKSPERSONENES AUDIOGRAMMER	52
	VEDLEGG IX – FREKVENSPLOT AV ETTERKLANGSTIDSMÅLINGER.....	53
	VEDLEGG X – FORSLAG TIL FREMSTILLING AV TALES SPREDNING I KLASSEROM TIL BRUK I KURSING AV LÆRERE.....	54

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn for prosjektet

Det er et stort udekket behov for tekniske hørselshjelpemidler i lavinntektsland. World Health Organization (WHO) (2018) oppgir at prevalensen for funksjonshemmende hørselstap blant barn i Afrika, sør for Sahara, er anslått til ca. 2 %. For voksne er tallet nærmere 6 %. Selv om det finnes flere eksempler på lovende initiativer med å få høreapparater og andre tekniske hørselshjelpemidler ut til befolkningen i lavinntektsland (World Health Organization, 2019, s. 14-20), er det fortsatt store behov. WHO (2016, s. 2) anslår at mindre enn 3 % av befolkningen i lavinntektsland får dekket behovet for høreapparater.

I WHO's (2004, s. 6, 16) retningslinjer for høreapparater og hørselstjenester i lavinntektsland, slås det fast at et høreapparattilbud består av fire kategorier som alle er avhengig av hverandre før tilbudet bryter sammen. Kategoriene er opplysning blant befolkningen, identifisering og utredning, forsyning av materialer og mulighet for oppfølging av brukere. Dette er en kompleks infrastruktur som krever store ressurser, og i mange land er det lang vei før dette er en realitet. Derfor ønsket forfatterne av denne oppgaven, i samarbeid med SINTEF-prosjektet «I Hear You!» (se **vedlegg I** for informasjon om «I Hear You!»), å se på alternative løsninger som ikke er like avhengig av audiologisk ekspertise og oppfølging som det et høreapparat krever, men som likevel kan hjelpe skolebarn med hørselstap. Det som ble testet var en samtaleforsterker med retningsbestemt mikrofon (heretter omtalt som bare «samtaleforsterker»), et RM-system¹ og det å flytte seg nærmere lyd-kilden uten hjelpemiddel. De tekniske hjelpemidlene som ble valgt kan justeres på av brukeren, og det kreves ikke tilpassing av fagpersonell med audiologisk kompetanse. Systemene er heller ikke låst til bare én bruker. Systemene bruker alminnelig hodetelefoner, noe som lettere kan repareres eller erstattes hvis det går i stykker og er mer robust enn et høreapparat.

En stor utfordring er at de fleste klasserommene i Kilimanjaroregionen har akustiske forhold som har negativ innvirkning på taleoppfattelse. Det er ikke tatt hensyn til etterklngen i rommene som ofte er konstruert av vegger og gulv av betong og med tak av bølgeblikk. I

¹ **RM-system** = Remote microphone system. Trådløs overføring av lydsignal fra en mikrofon festet på personen som snakker til en mottaker med en lyd-giver hos personen med hørselstap. Ofte kalt FM-system, men fordi FM begrenser seg til frekvens modulerte overføringssignaler, er det valgt å bruke en mer generell terminologi.

tillegg er klasserommene gjerne avhengige av å ha åpne dører og vinduer for å få gjennomtrekk i varmen, og mange skoler ligger langs trafikkerte veier og andre støyende omgivelser. Selv om retningsmikrofoner har potensiale til å bedre signal-støyforholdet (SNR) (Killion et al., 1998, s. 4; Valente, Fabry & Potts, 1995, s. 446), var det uvisst om de presterer godt nok under disse forholdene. Like usikkert var det hvordan disse akustiske forholdene påvirker graden av bedring av taleoppfattelse ved å flytte nærmere lydkilden. RM-systemet var et aktuelt hjelpemiddel å inkludere, fordi det i flere studier har vist seg å være det hjelpemiddelet som gir størst forbedring av taleoppfattelse (M. S. Lewis, Crandell, Valente & Horn, 2004, s. 432; Wolfe et al., 2013, s. 77), og var derfor nyttig å vurdere de andre resultatene opp mot.

For å teste hvordan bedringen av taleoppfattelsen ville være i disse forholdene med de forskjellige hjelpemidlene og forskjellige tiltakene, ble det utført tale i støy-test i frittfelt i tre forskjellige klasserom i Kilimanjaroregionen i Tanzania. Forsøkspersonene var elever med milde til moderate hørselstap, i tillegg til en kontrollgruppe i hvert klasserom. Fordi tale i støy-test på swahili ikke har vært å oppdrive, ble det utviklet en tretallsprøve på swahili med tilhørende støysignal. Akustikken ble kartlagt med etterklangstid-, bakgrunnsstøy- og Speech Transmission Index (STI)-målinger som resultatene av tale i støy-testen kunne vurderes mot. Detaljer omkring disse målingene blir nærmere forklart i **kapittel 2.4**.

1.2 Forskning som omhandler lytteforhold i afrikanske klasserom for elever med hørselstap

Det er få studier som tar for seg lytteforhold i afrikanske klasserom, både generelt og for elever med hørselstap. Men en studie av Uduku (2015) omhandler utforming og standarden i typiske afrikanske klasserom. Akustikken er nevnt, men det er mangel på akustiske måledata og fokuset er på å begrense lyden av tropisk regn. Det finnes noen publiserte artikler som setter søkelyset på støyforhold ved afrikanske skoler. En studie av Negesse (2018) omhandler det høye støynivået ved skoler i Etiopia og hva slags type støy som oppleves som det mest forstyrrende for elevene, men det mangler tall på lydnivåer. I en studie av Pillay og Vieira (2020) ble det målt bakgrunnsstøy ved 10 skoler i Sør-Afrika, men støy fra passerende fly blir rapportert som en av hovedstøykildene. Disse resultatene vil man mange steder ikke kunne bruke til sammenligning, og denne typen støy var ikke observert som hovedproblemet i Killimanjaroregionen. En studie av Tungaraza (2014) viser at mange lærere i Tanzania føler

de mangler kunnskap om hvordan de skal undervise barn med funksjonsnedsettelse, noe som kommer i tillegg til det generelle lave kunnskapsnivået omkring hørselstap i mange lavinntektsland som blant annet blir omtalt av Swanepoel og Clark (2018, s. 11).

1.3 Problemstilling

I denne oppgaven ønsket vi å undersøke følgende:

Hvordan påvirker ulik hørselsforbedrende intervensjon taleoppfattelsen til skolebarn med hørselstap i Tanzania i klasserom med utfordrende akustiske forhold?

2 Metode

2.1 Studiedesign

Denne studien benyttet seg av kvantitativ metode, og det ble foretatt et felteksperiment for å kunne måle utbytte av intervensjonen. Det var flere grunner til at det var ønskelig å foreta et felteksperiment. De akustiske forholdene ved skolene i Tanzania er annerledes enn det som er tilgjengelig i Norge, og det var nødvendig å foreta målinger for å kartlegge disse forholdene som resultatene skulle vurderes mot. Men kanskje enda viktigere så ville forsøkspersonene det er tilgang på i Norge allerede ha erfaring med forsterket lyd og hørselsrehabilitering i motsetning til målgruppen i Tanzania. Et felteksperiment har en svakere indre validitet enn et eksperiment utført i et laboratorium under kontrollerte omgivelser, noe som betyr at det er vanskeligere å trekke sikre konklusjoner om årsakssammenhenger. Men fordi et felteksperiment har en sterkere ytre validitet, er det lettere å konkludere med om funnene er generaliserbare (Ringdal, 2013, s. 128). I dette tilfelle vil det si, om utstyret vil være egnet til bruk av skoleelevene i Tanzania og gir disse elevene god nok bedring av taleoppfattelse.

2.2 Deltakere og klasserom

Ved alle skolene bestod forsøket av et lite utvalg forsøkspersoner og en større kontrollgruppe. Inklusjonskriteriet for forsøkspersonene var *mildt til moderat* hørselstap og både bilaterale og unilaterale tap ble inkludert. Fordi tilgangen på elever med hørselstap var liten, ble også elever som hadde hørselstap som grenset til mer betydelige tap inkludert. Det ble brukt WHO's (2020) definisjon av hørselstap som regnes fra høreterskler høyere enn 25 dB HL. Alle forsøkspersonene gikk i 5. klasse, og kontrollgruppene ble satt sammen av tilfeldige utvalgte elever som gikk på samme årstrinn. Denne aldersgruppen ble valgt for å sikre at elevene som

skulle betjene hørselshjelpemidlene var modne og selvstendige nok til å gjøre det på egenhånd, og det var viktig at elevene var gamle nok til å forstå testprinsippet. Grunnen til at et høyere klassetrinn ikke ble valgt, var fordi hjelpemidlene må kunne betjenes av barn i denne alderen for at de skal være aktuelle.

Forsøkspersonene ble otoskopert og gjennomgikk hørselscreening ved hjelp av luftledet rentoneaudiometri. Audiometeret som ble brukt var et batteridrevet Madsen Micromate 304 med Sennheiser HDA 200 hodetelefoner som kunne screene ned til -10 dB HL, men som ikke hadde mulighet til å maskere kontralateralt øre. Kontrollgruppen ble ikke otoskopert eller hørselsscreenet.

For å finne klasserom som skulle bli brukt til tale i støy-testen ved de aktuelle skolene, ble flere klasserom ved hver skole undersøkt og sammenlignet for å finne det klasserommet som var mest typisk for skolen. Det som ble vurdert var klasserommets størrelse, beliggenhet i forhold til andre klasserom og omgivelsesstøy.

2.3 Materialer

2.3.1 Tretallsprøve i støy på swahili

Det å skulle høre tale i bakgrunnsstøy er noe av det personer med hørselstap oftest rapporterer som utfordrende (Wilson, McArdle & Smith, 2007, s. 845). En tale i støy-test ble derfor valgt fordi det er en test som er velegnet til å bedømme hva slags utbytte personer med hørselstap får med forskjellig hørselshjelpemidler i støyende omgivelser, men er også egnet til å vurdere utbytte av retningsmikrofoner (Taylor, 2003, s. 42-43). Detaljene omkring taleaudiometrimaterialet og utviklingen er beskrevet i **vedlegg II**. Fordi det kan være utfordrende å jobbe med talemateriale på et ukjent språk, ble det valgt en tretallsprøve. Denne prøven har et begrenset antall tallord som var overkommelig for forfatterne å håndtere. En annen fordel med å bruke tretallsprøven i dette forsøket var at veldig mange tanzanianske skolebarn har forskjellige stammespråk som morsmål og swahili som andrespråk, og det var derfor en fordel å bruke et lett talemateriale. Tretallsprøven egner seg godt til både barn og personer som ikke har testspråket som morsmål (Øygarden, 2009, s. 67).

Tretallsprøven som ble utviklet, består av elleve tallord fra 0-10. Det blir lest opp tre og tre ulike tallord fra en lyd giver med fem sekunders mellomrom. Støysignalet blir avspilt fra en

annen lyd giver og består av talebabbel som er lest opp av samme person som leste inn tallordene. Talebabbel-støyen har dermed et Long Term Average Speech Spectra (LTASS) som har store likheter med tallordenes LTASS, og maskerer tallene godt. Talebabbelsignalet består av fem reverserte setninger som er lagt ovenpå hverandre med forskjellig starttidspunkt. Hver testliste består av 22 tretallsgrupper eller sammenlagt 66 tallord. Dette fører til en test-retest-reliabilitet med et standardavvik på ca. 6 prosentpoeng hvis forsøkspersonen scorer 50 % på testen, og hvor standardavviket blir noe mindre ved både høyere og lavere score (Gelfand, 1998, s. 1098). Det var generert flere versjoner av testlistene hvor rekkefølgen av tallordene er var forskjellig. Elevene tok derfor ikke samme testliste mer enn en gang. Elevene noterte de tallene de hørte på et svarark for hånd. Svararket som ble brukt kan sees i **vedlegg III**.

2.3.2 Høytalere og høyttalerplassering

Taleaudiometrimaterialet ble avspilt gjennom en NTi-Audio TalkBox, en høyttaler som er utviklet for å etterligne talekarakteristikken til et menneske. Høyttaleren har en flat frekvensrespons innenfor ± 1 dB mellom 100 Hz og 10 kHz (NTI Audio, u.å.) ved 66 dB SPL, målt ved 0,5 meter. Talesignalhøyttaleren ble plassert i midten av rommets bredde, pekende ut mot elevene, i en avstand på 1,3 meter fra tavlen på Skole B og 1,5 meter fra tavlen på Skole A og C. Høyttaleren var 1,35 meter fra gulvet. Plasseringen forsøkte å etterligne en lærer som står i midten foran tavlen i klasserommet. Mikrofonen til RM-systemet ble hengt på høyttaleren med en avstand på omkring 30 centimeter fra sentrum av høyttalerelementet. En bag med tøy ble stablet opp under høyttaleren for å simulere en torso som mikrofonen hang utenpå.

Babbelstøysignalet ble avspilt gjennom en bærbar konsumerradio av merke MusicBaby IPA-318, med mulighet for tilkobling av ekstern lydkilde. Frekvensresponsen varierer ± 6 dB mellom 160 Hz og 16 kHz målt med rosa støy i 1/3 oktavbånd ved 66 dB LA_{eq} (A-veiet ekvivalent lydtryknivå for en bestemt periode) i en avstand på 0,5 meter.

Frekvensresponsdiagram kan sees i **vedlegg IV**. Støyhøyttaleren ble plassert på gulvet i klasserommet, pekende mot tavlen, motsatt vei av talesignalhøyttaleren. Dette ble gjort for å få jevnest mulig spredning av babbelstøyen rundt i klasserommet. Begge høyttalerne var batteridrevne, noe som var nødvendig fordi mange av skolene ikke hadde strøm tilgjengelig. En grafisk fremstilling av klasserommet som viser høyttalerens plassering kan sees i **vedlegg V**.

Kalibrering av talesignalet og talebabbelen ble ved alle skolene foretatt med lydmåleren i samme posisjon; 1 meter i rett linje foran talesignalets lyd giver. I Norsk Standard NS-EN ISO 8253-3 (2012a, s. 3) presiseres det at pausene i talematerialet ikke skal være med når man måler lydtrykket av et talesignal. En lydfil av taleaudiometrimaterialet med pausene fjernet ble derfor brukt til kalibrering av talesignalets høyttaler, mens støyhøyttaleren ble kalibrert ved å avspille selve talebabbel-signalet. All kalibrering ble gjort med målinger over 1 minutt.

2.3.3 De forskjellige hørselshjelpemidlene

Samtaleforsterkeren som ble benyttet i dette forsøket ble valgt gjennom en utvelgelsesprosess, og det ble lagt vekt på å finne det systemet som undertrykket støy mest og ga best taleoppfattelse. Tre forskjellige systemer med retningsbestemt mikrofon fra forskjellige produsenter ble prøvd ut. Alle tre forfatterne prøvde de forskjellige hjelpemidlene på tale i støy-testen som skulle bli brukt, i frittfelt, fra ca. 5 meters avstand. Testen ble utført både med simulert hørselstap med propper i ørene og med naturlig hørsel. Avgjørelsen ble tatt ved subjektiv vurdering og det var enstemmig hvilken modell som ga best resultater.

Samtaleforsterkeren som ble valgt har muligheten til å justere lyden med en enkel volum- og tonekontroll, begge deler i 5 dB trinn. Utstyrets forsterkning med de supra-aurale hodetelefonene som ble brukt er 42,5 dB ved 1 kHz og et inngangssignal på 60 dB SPL. Samtaleforsterkeren har også en innebygget kompressor med 3:1 ratio, som begynner å virke når inngangsvolumet er 75 dB SPL. Frekvensrespons og direktivitetsindeks kan sees i **vedlegg VI**. Samtaleforsterkeren ble lagt på pulten til eleven, pekende mot talesignalhøyttaleren.

Det ble antatt at kvalitetsforskjeller mellom forskjellige RM-systemer ville spille mindre rolle i dette forsøket, og det ble derfor bare prøvd ut et system. RM-systemet sender lydsignalet over 2,4 GHz fra sender til mottaker og har en enkel volum- og tonekontroll som kan justeres i 5 db trinn. Forsterkningen til RM-systemet med de supra-aurale hodetelefonene som ble brukt, var ved 1 kHz og et inngangssignal på 60 dB SPL, 42,5 dB.

Forsøkspersonene fikk utlevert hørselshjelpemidlene dagen før forsøket, og elevene skulle bruke hjelpemidlene så mye som mulig i vanlig undervisning i løpet av denne dagen. Elevene byttet på å bruke samtaleforsterkeren og RM-systemet. Målet var at de skulle kjenne utstyret så godt at de selv kunne innstille lyden som de ønsket å ha den. Det ble foreslått at det hovedsakelig var volumkontrollen forsøkspersonene skulle bruke, men hvis de ønsket å

justere på tonekontrollen kunne de få lov til det. Også under selve forsøket sto forsøkspersonene fritt til å endre innstillingene.

2.4 Prosedyrer

2.4.1 Akustiske målinger

2.4.1.1 Måling av etterklangstid

Etterklangen i et klasserom har direkte påvirkning på taleoppfattelsen (Crandell & Smaldino, 2000, s. 365) og ble derfor kartlagt. Dette gjøres ved måling av etterklangstid. Etterklangstid, også kalt T_{60} , er tiden det tar før lyden som henger igjen i et rom etter at en lyd har stoppet, har falt 60 dB (Brixen & Voetmann, 2004, s. 19). Målingene ble utført med WinMLS2004 programvare, Edirol UA-25EX lydkort, NTI-Audio Talkbox høyttaler, og en BSWA Tech MP201 omnidireksjonell mikrofon. Det ble brukt et sinus-sweep som lydsignal. Målingene fulgte teknisk prosedyre i henhold til Norsk Standard NS-EN ISO 3382-2 (2008, s. 6, 8, 10), hvor kravet blant annet er målinger ved 6 forskjellige kombinasjoner av høyttaler og mikrofonplasseringer. Resultatene fra disse målingene blir deretter midlet. Det er anbefalt å måle akustikken når det ikke oppholder seg personer i rommet, så målingene ble utført i klasserom uten elever. Etterklangstiden ble målt med T_{30} målinger, noe som vil si at man måler tiden fra der hvor lyden har falt 5 dB til der hvor lyden har falt 35 dB og beregner T_{60} ut fra dette (Norsk Standard, 2008, s. 6). Etterklangstidresultatene fra alle frekvenspunktene i 1/3-oktavnband mellom 125 Hz og 8000 Hz ble lagt sammen og midlet for å kunne oppgi etterklangstid for klasserommene med et tall. Etterklangstiden i norske klasserom skal være 0,6 sekunder for å regnes som Klasse D og $\leq 0,4$ sekunder for å regnes som Klasse A (Norsk Standard, 2019, s. 19).

2.4.1.2 Måling av Speech Transmission Index (STI)

I tillegg til etterklangstid ble det også foretatt STI-målinger. STI er et objektivt mål som forsøker å si noe om hvor gode forholdene er for overføringen av tale fra en kilde til en lytter med tanke på taleoppfattelse. Resultatene blir framstilt med et tall fra 0 til 1, hvor 0 er dårligst og 1 er best. En STI-måling bruker et signal som bygger på analyser av frekvensinnholdet i menneskers tale og hva slags modulasjonshastigheter (volumsvingninger) som forekommer i forskjellige frekvensbånd. Dette signalet blir avspilt gjennom det lydsystemet man ønsker å teste som skal bli brukt til å overføre tale, eller en lyd giver som forsøker å etterligne egenskapene til et menneske som snakker, hvis det man er interessert i er hvor godt akustisk

tale blir overført. Deretter fanger man opp lyden med en mikrofon som representerer lytteren og analyserer denne lyden. Ved blant annet å se på hvor redusert de dynamiske forskjellene i det modulerte signalet er blitt i de forskjellige frekvensbåndene, kan man beregne en STI-verdi. Det mikrofonen plukker opp av støy, etterklang og annen forvrengning av signalet som er forskjellig fra det som ble avspilt, blir tatt med i beregningen av verdien (Norsk elektroteknisk komite, 2011, s. 7, 10, 17-18). STI kan måles på forskjellige måter. En metode som heter Speech Transmission Index for Public Address Systems (STIPA) ble benyttet her. En fordel med denne metoden er at den er rask - hver måling tar ca. 15 sekunder å gjennomføre (Norsk elektroteknisk komite, 2011, s. 25). For at et klasserom i Norge skal regnes som klasse D, skal STI-verdien ikke være lavere enn 0,60. For at et klasserom skal regnes som klasse A, skal STI verdien være $\geq 0,80$ (Norsk Standard, 2019, s. 19).

STI-målingene ble foretatt ved fire plasseringer i hvert klasserom: Foran til venstre, foran i midten, bak i midten og bak til høyre, sett fra elevenes perspektiv. Det ble fulgt måleprotokoll for STIPA-målinger og resultatmidling i henhold til Norsk elektroteknisk komites standard NEK EN 60268-16 (2011, s. 26-33, 60). STIPA-testsignalet ble avspilt fra NTi-Audio TalkBox høyttaleren ved 60 dBA (1 meter), og den innebyggede STIPA-målefunksjonen i en Norsonic NOR-140 lydmåler ble brukt til å måle STI verdiene. STI-målingene ble gjort på dagtid i tomme klasserom, men med elever til stede på resten av skolen. STI-målinger kan bli korrigert med bakgrunnsstøyverdier hvis målingene er gjort i stillhet, men fordi målingene ble gjort i løpet av en vanlig skoledag under realistiske forhold, ble det ikke korrigert i ettertid. De fire målepunktene i hvert klasserom ble lagt sammen og midlet for å finne en sammenlagt verdi for hvert klasserom.

2.4.1.3 Måling av bakgrunnsstøy

Bakgrunnsstøy ble kartlagt i denne studien fordi det har en negativ påvirkning på taleoppfattelsen til både personer med normal hørsel og personer med hørselstap (D. Lewis et al., 2016, s. 1224). Bakgrunnsstøy ble målt i dB LA_{eq} og dB LC_{eq} (C-veiet ekvivalent lydtryknivå for en bestemt periode). I denne studien ble det benyttet 1 minutters målinger. Målingene ble gjort med Norsonic NOR-140 lydmåleren. Det ble foretatt mellom en og tre bakgrunnsstøymålinger i hvert klasserom på tidspunkt som var representative for hverdagslig omgivelsesstøynivå ved skolene. I klasserommene hvor det ble foretatt flere målinger er målingene midlet. Målingen ble utført uten elever til stede, men i løpet av en vanlig skoledag med naturlig mengde bakgrunnsstøy, og lydmåleren ble plassert tilfeldig nære sentrum av

klasserommet. Den referanseverdien som er mest aktuell å sammenligne med i kapitlet om lydforhold i klasserom i Norsk Standard NS 8175 (2019, s. 20), er å finne under “innendørs lydnivå fra utendørs lydkilder”. Kravet er ≤ 35 dB LA_{eq} for at klasserommet skal regnes som klasse D og ≤ 24 dB LA_{eq} for at klasserommet skal regnes som klasse A.

2.4.1.4 Utregning av romradius

Ved å bruke blant annet informasjon om klasserommene dimensjoner og tall fra etterklangsmålingene, ble romradiusen til de respektive klasserommene regnet ut. Romradius, også kalt kritisk avstand, er avstanden fra en lydkilde i et rom hvor lyden ikke lenger avtar med 6 dB ved hver avstandsfordobling som avstandsloven sier, men holder seg mer eller mindre konstant. Innenfor romradiusen vil det være mer direktelyd fra lyd giveren enn lyd som reflekteres av rommet, mens utenfor romradiusen vil det være den reflekterte lyden som dominerer (Brixen & Voetmann, 2004, s. 21). Det å finne klasserommets romradius var aktuelt fordi avstanden til lydkilden vil påvirke taleoppfattelsen, og bedringen av SNR vil være størst innenfor klasserommets romradius (Crandell & Smaldino, 2000, s. 366). Når etterklangstiden er kort, vil romradiusen være lengere vekk fra lydkilden. Hvis etterklangstiden er lang, vil romradiusen være nærmere lydkilden. Fordi etterklangstiden i et rom er forskjellig ved forskjellige frekvenser, er romradiusen i forskjellig avstand fra lydkilden ved forskjellige frekvenser. For å få én tallverdi på romradius for hvert klasserom, ble det i denne studien bare brukt klasserommene midlede etterklangstidverdi i utregningsformelen. Formelen som ble brukt var:

$$D_c = 0,056 \sqrt{\frac{V \cdot Q_s}{RT}}$$

Her er D_c = romradius i meter, V = rommets volum i m³, Q_s = lydkildens retningsfaktor og RT = etterklangstid (Brixen & Voetmann, 2004, s. 21). Det ble i denne studien brukt spredningsfaktoren til en menneskelig taler på $Q_s=2$.

2.4.2 Betatesting og stimulinivåer

I Norsk Standard NS-EN ISO 8253-3 (2012b, s. 15) som omhandler taleaudiometri, er det foreslått at tale i støy-tester i frittfelt skal ha et talesignal på 65 dB LC_{eq} og konkurrerende støy er foreslått å ligge på 60 dB LC_{eq}. Disse lydnivåene ble forsøkt under en betatesting på en av skolene i Kilimanjaroregionen, men det høye bakgrunnsstøynivået gjorde at dette måtte endres. Bakgrunnsstøyen ble målt til det samme lydnivået som babbelstøyen skulle legges på,

og det ble derfor bestemte å kalibrere til A-veiet signal i stedet for C-veiet, for å unngå støyenergien som gjerne er kraftigst i bassområdet. Talesignalet ble først satt til 60 dB LA_{eq} (1 meter), men dette virket svakt i forhold til bakgrunnsstøynivået, og ble derfor oppjustert til 65 dB LA_{eq}. Dette er 1 dB lavere enn det som er klassifisert som «hevet stemme» i Norsk Standard NS-EN ISO 9921 (2003, s. 7). Å bruke et volum på 65 dB LA_{eq} stemmer godt med funn av Bottalico og Astolfi (2012, s. 2825), Astolfi og Pellerey (2008, s. 166) og Sato & Bradley (2008, s. 2072) hvor læreres talevolum er målt til å ha et gjennomsnitt på 62,1 dBA (1 meter) i førstnevnte studie og 65,3 dBA (1 meter) i de to sistnevnte.

Ved å bruke +5 dB SNR mellom talesignal og konkurrerende støy som det blir foreslått i NS-EN ISO 8253-3 (Norsk Standard, 2012a, s. 15), ble det under betatestingen observert en «floor and ceiling»-effekt, hvor det var for lett for alle deltakerne å score 100 % på testen. Ved 0 dB SNR fikk mange av de med normal hørsel fortsatt for høy score, og ved -5 dB SNR var det noen med hørselstap som ikke klarte testen i det hele tatt. Det ble derfor vedtatt å spille halve testlisten ved 0 dB SNR og den andre halvdelen ved -5 dB SNR. «Floor and ceiling»-effekten oppstår fordi tretallsprøven er en lukket prøve med et lite utvalg ord og enkle ord, og den har derfor en svært bratt psykometrisk kurve (Øygarden, 2009, s. 9). Dette betyr at når man bruker dette audiometrimaterialet i støy, er det små variasjoner i SNR rundt terskelområde som skal til mellom det å få full score og det å ikke høre talesignalet i det hele tatt. Et eksempel på dette sees blant annet i en studie av Smits, Goverts & Festen (2013, s. 1698), hvor forfatterne fant at personer med normal hørsel scoret 90 % ved -5 dB SNR og 20 % ved -10 dB SNR på deres tretallsprøve i støy-test.

2.4.3 Testforløpet

Elevene fikk instruksjoner om testen på swahili av en lærer ved Skole A og B, og en distriktsrepresentant for utdanningsdepartementet ved Skole C. For å sikre at alle forstod testen ble det utført to korte prøverunder. For å få elevenes oppmerksomhet sier en innspilt stemme: “Test A, B, C, etc.” på swahili før testen starter. Forsøkspersonene utførte én testliste i hver tilstand. Først satt alle forsøkspersonene helt foran på en av de to første radene i midten foran talesignalhøytaleren uten hørselshjelpemidler. Så byttet forsøkspersonene plass med elever i kontrollgruppen: En forsøksperson flyttet bak i midten av klasserommet, en bak til høyre i klasserommet og en flyttet seg ut til venstre side på første benkerad, alle i ytterkanter av klasserommet. I disse sistnevnte posisjonene vekslet forsøkspersonene på å bruke de

forskjellige hjelpemidlene og å utføre testen uten hjelpemiddel. For kontrollgruppen (unntatt de som byttet plass med forsøkspersonene,) ga dette totalt fire testlister i samme lytteposisjon.

2.4.4 Behandling av resultater og statistiske analyser

Alle resultater fra tale i støy-testen ble samlet i Microsoft Excel versjon 16.3/2016, og databehandling og statistisk analyse ble utført i samme program. Deltakernes resultater ble omregnet til prosent-score. For å finne ut om kontrollgruppenes score skilte seg fra hverandre på tvers av skolene, ble det foretatt en enveis variansanalyse, ANOVA. Resultatene fra hver av de fire gangene kontrollgruppen gjentok testlistene, ble brukt til å undersøke test-retest-reliabiliteten ved å regne ut standardavviket av testlistescore for hver deltaker, og videre bruke de verdiene til å regne ut gjennomsnitt av alle deltakernes standardavvik. Det ble regnet ut gjennomsnitt og standardavvik for kontrollgruppenes score ved hver skole, og et gjennomsnitt og standardavvik for kontrollgruppens score ved forskjellig plasseringer i klasserommet som resultatene til forsøkspersonene som satt ved samme plassering kunne sammenlignes med. Klasserommet ble delt opp i: Høyre og venstre side foran, midten foran, midten bak og høyre og venstre side bak. Inndelingene er tegnet inn på resultatkartene som kan sees i **vedlegg V**.

Forsøkspersonenes tilstand uten hørselshjelpemidler i ytterkanten av klasserommet ble sammenlignet med kontrollgruppens gjennomsnittsscore ved samme plassering i klasserommet og det samlede gjennomsnittet ved hver skole. Videre ble tilstanden med samtaleforsterker, tilstanden med RM-systemet og det å flytte seg fram til lydkilden sammenlignet med kontrollgruppens resultater ved samme plassering i klasserommet og kontrollgruppens sammenlagte gjennomsnitt ved de respektive skolene. Det ble regnet ut gjennomsnitt og standardavvik for alle forsøkspersonene på tvers av skolene i de forskjellige testtilstandene, og det ble foretatt en parett-test analyse av forsøkspersonenes resultater for å se om det var forskjeller mellom det å ikke bruke hjelpemiddel i ytterkantene av klasserommene og de respektive tiltakene. Signifikansnivå er satt til $p < 0,05$ ved alle statistiske analyser.

3 Etisk godkjenning og anonymisering

Dette prosjektet behandlet personopplysninger og krever dermed godkjenning fra Norsk Samfunnsvitenskapelig Datatjeneste (NSD) (Dalland, 2014, s. 101; Norsk

Samfunnsvitenskapelig Datatjeneste, 2019). Godkjenningen hos NSD har referansenummer: 58283. Prosjektet er også godkjent i Tanzania gjennom det Nasjonale institutt for medisinsk forskning og har der referansenummeret: NIMR/HQ/R.8a/Vol.IX/3009. Personopplysningene som ble samlet inn var rentoneterskler i forbindelse med hørsel screening, samt navn og alder. Skolene og elevene er anonymisert. Dokumentet som inneholdt personopplysninger, har kun vært i forfatterens og oppgavens veilederes besittelse.

Samtykke til å delta ble gitt av rektorene ved skolene på vegne av elevene som var med. Samtykkeskjema som ble brukt kan sees i **vedlegg VII**. Det ble også gitt et skriv til personene som fungerte som tolk, med informasjon og instruksjoner til deltakerne om hva som skulle foregå. I dette skrevet blir tolken bedt om å gjøre det klart for forsøkspersonene at deltagelse er frivillig, og at de kan trekke seg når som helst hvis de måtte ønske det.

4 Resultater

4.1 Beskrivelse av klasserommene og deltakerne

Tale i støy-testen ble gjennomført på tre skoler: Skole A, Skole B og Skole C. Det ble på Skole D utført betatesting av tale i støy-testen, og på Skole E var det planlagt å utføre tale i støy-testen, men det viste seg at alle forsøkspersonene vi skulle bruke, som angivelig hadde hørselstap, hadde fått spontan bedring eller fjernet ørevoks og fremmedlegemer som ga hørselstap. Det ble foretatt akustiske målinger på alle skolene. Oversikt over klasserommens dimensjoner er vist i **tabell 1**.

Tabell 1: Klasserommens fysiske mål.

	Bredde	Lengde	Høyde	Kubikk
Skole A	6,3 m	9,0 m	3,2 m	181 m ³
Skole B	7,7 m	9,8 m	2,8 m	211 m ³
Skole C	6,0 m	9,1 m	3,1 m, (4,0 m)	194 m ³
Skole D	7,2 m	18,2 m	2,7 m	354 m ³
Skole E	6,0 m	8,8 m	2,7 m	143 m ³

() = takhøyde under møne

Det var ønskelig med tre forsøkspersoner pr. skole, men ved Skole C var det bare to som oppfylte inkluderingskriteriene. Elev 2A, Elev 3B og Elev 1C hadde ensidig hørselstap. Forsøkspersonenes Pure Tone Average (PTA) kan sees i **tabell 2** og alle forsøkspersonene audiogrammer kan sees i **vedlegg VIII**.

Tabell 2: Forsøkspersonenes Pure Tone Average (PTA) med fire frekvenser fra 500 Hz til 4000 Hz.

		Høyre øre	Venstre øre
Skole A	Elev 1A	55	44
	Elev 2A	8	74
	Elev 3A	45	53
Skole B	Elev 1B	38	31
	Elev 2B	73	65
	Elev 3B	20	40
Skole C	Elev 1C	46	20
	Elev 2C	56	66

I klasserommene satt det gjerne opp til 4 elever pr. pultmodul, men under betatestingen ble det tydelig at selv med 3 elever pr. pultmodul gjorde den lille plassen det vanskelig for elevene å ikke se sidemannens resultater. Det ble derfor nødvendig å begrense dette ytterligere til 2 elever pr. pultmodul. Dette førte til et antall elever i kontrollgruppene på henholdsvis 40, 25 og 35 ved de forskjellige skolene. Ved alle skolene varierte alderen innenfor hvert klassetrinn og aldersspennet var derfor 9-15 år for kontrollgruppene og 10-14 år for elevene med nedsatt hørsel. Aldersspenn og fordeling av jenter og gutter er vist i **tabell 3**.

Tabell 3: Antall deltakere, kjønnsfordeling og aldersspenn i kontrollgruppene ved de forskjellige skolene.

	Kontrollgruppe (antall)	Fordeling jenter/ gutter	Alder (år)
Skole A	40	22/18	10-14
Skole B	25	5/20	9-15
Skole C	35	16/19	9-14
Totalt	100	43/57	9-15

4.2 Etterklangstid, bakgrunnsstøy, STI og romradius

Skole D hadde det største klasserommet og hadde den lengste etterklangstiden på 1,8 sekunder (**tabell 4**). Skole C hadde kortest etterklangstid på 0,8 sekunder. Selv om tale i støytesten ikke ble utførte ved Skole D og Skole E, er akustikkresultatene inkludert for å gi et bredere bilde av forholdene i Kilimanjaroregionen. Et frekvensplot av etterklangsmålingene kan sees i **vedlegg IX**.

Tabell 4: Resultater av akustiske målinger ved skolene.

	Bakgrunnsstøy dB LA _{eq}	Bakgrunnsstøy dB LC _{eq}	Etterklang	STI μ	Romradius
Skole A	52,2	56,9	1,3 s	0,42	0,9 m
Skole B	43,3	50,0	1,2 s	0,48	1,0 m
Skole C	47,8	51,1	0,8 s	0,56	1,2 m
Skole D	49,5	62,7	1,8 s	0,39	1,1 m
Skole E	55,0	60,9	0,9 s	0,45	1,0 m

Ved alle skolene varierte lydnivået mye i løpet av skoledagene. Skole B og Skole C skiller seg fra de andre tre skolene ved at de ligger lengre fra allfarvei og er lite påvirket av veistøy og annen støy som ikke kan relateres til skolen. Høyeste bakgrunnsstøynivå som ble målt i et klasserom var 62,9 dB LA_{eq} ved Skole E og laveste var 43,3 dB LA_{eq} ved Skole B.

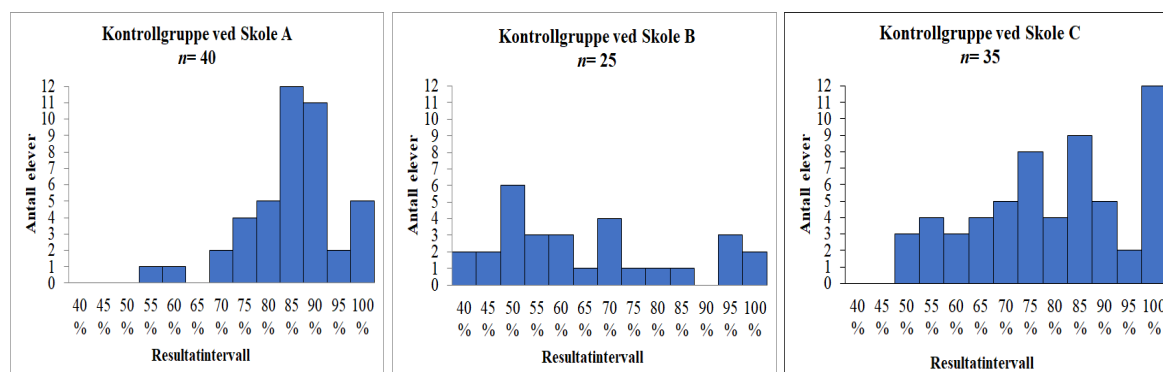
STI-målingene varierte fra laveste målte punkt på 0,32 ved Skole D til høyeste målte verdi på 0,65 ved Skole C. Sammenlagt på alle skolene lå 15 av 20 målte punkter under 0,5 og bare en måling lå over 0,6. Alle målingene som er foretatt ved de forskjellige målepunktene i klasserommene kan sees i resultatkartene i **vedlegg V**.

Romradiusen ble funnet til å være alt fra 0,9 meter til 1,2 meter. Ingen elever satt innenfor denne avstanden til talehøytaleren. Nærmeste elev ved skolene satt 0,8 meter utenfor denne avstanden ved Skole A, 1,3 meter utenfor ved Skole B og 0,3 meter utenfor ved Skole C.

4.3 Kontrollgruppens resultater

Kontrollgruppens fordeling av score ved de forskjellige skolene kan sees i **Figur 1** og et komplett kart over de forskjellige klasserommene med resultater fra der hvor deltakerne satt kan sees i **vedlegg V**. Som det kommer fram av **tabell 5** hadde kontrollgruppens resultater på

tale i støy-testen fra Skole A en gjennomsnittsscore på 82 % med et standardavvik (SD) på 10 og en variasjonsbredde på 52-100 %. Resultatene fra Skole B viste en gjennomsnittsscore på 62 % (SD19) med en variasjonsbredde på 36-96 % og Skole C hadde et gjennomsnitt på 79 % (SD15) med en variasjonsbredde på 50-100 %.



Figur 1: Fordelingen av kontrollgruppens score ved de forskjellige skolene.

Det kommer fram av **tabell 5** at kontrollgruppens score fra elevene som sitter foran på sidene og elevene som sitter bak på sidene, ikke skiller seg mye fra hverandre ved alle skolene. Scoren ved disse plassene har det dårligste gjennomsnittet på Skole B og C, men ikke på skole A. Ved Skole A er plasseringen i midten bak, plasseringen med lavest gjennomsnitt. Ved alle skolene har plasseringen i midten foran lydkilden den beste gjennomsnittsscoren og spredningen av score mellom individer er mye lavere her enn ved de andre plasseringene.

Tabell 5: Kontrollgruppens gjennomsnittsscore på tale i støy-testen sammenlagt ved de respektive skolene og gjennomsnittsscore ved forskjellig plassering i klasserommene.

	Gjennomsnitt, SD	Foran på sidene Gjennomsnitt, SD	Foran i midten Gjennomsnitt, SD	Bak i midten Gjennomsnitt, SD	Bak på sidene Gjennomsnitt, SD
Skole A	82 % ±10 n=40	81 % ±7 n=12	97 % ±2 n=6	76 % ±16 n=7	82 % ±7 n=12
Skole B	62 % ±19 n=25	54 % ±8 n=8	94 % ±3 n=5	68 % ±12 n=4	50 % ±10 n=7
Skole C	79 % ±15 n=35	73 % ±13 n=12	100 % ±0 n=5	93 % ±8 n=4	72 % ±11 n=10

Sammenligning av kontrollgruppens resultater på tvers av skolene viste statistisk signifikante forskjeller ($p < 0,001$) noe som gjorde at resultatene fra de tre forskjellige skolene ble holdt adskilt.

Test-retest-reliabiliteten ved å gjennomføre én av testlistene som består av 22 tretallsgrupper og 66 tallord, ble regnet ut til å ha et gjennomsnittlig standardavvik på 6,6 prosentpoeng.

4.4 Forsøkspersonenes resultater

Som vist i **tabell 6** var alle forsøkspersonenes score uten hjelpemiddel i ytterkanten av klasserommet lavere enn kontrollgruppens gjennomsnitt ved samme plassering i klasserommet og lavere enn kontrollgruppens samlede gjennomsnitt ved de respektive skolene. Forsøkspersonenes gjennomsnittscore i de forskjellige testtilstandene kan sees i **tabell 7** og var i testtilstanden uten hjelpemiddel i ytterkanten av klasserommet, 51 % (SD23).

Tabell 6: Forsøkspersonenes score i de forskjellige testtilstandene sammenlignet med hverandre og sammenlignet med kontrollgruppens gjennomsnittsscore ved samme plassering i klasserommet og kontrollgruppens sammenlagte score ved de respektive skolene.

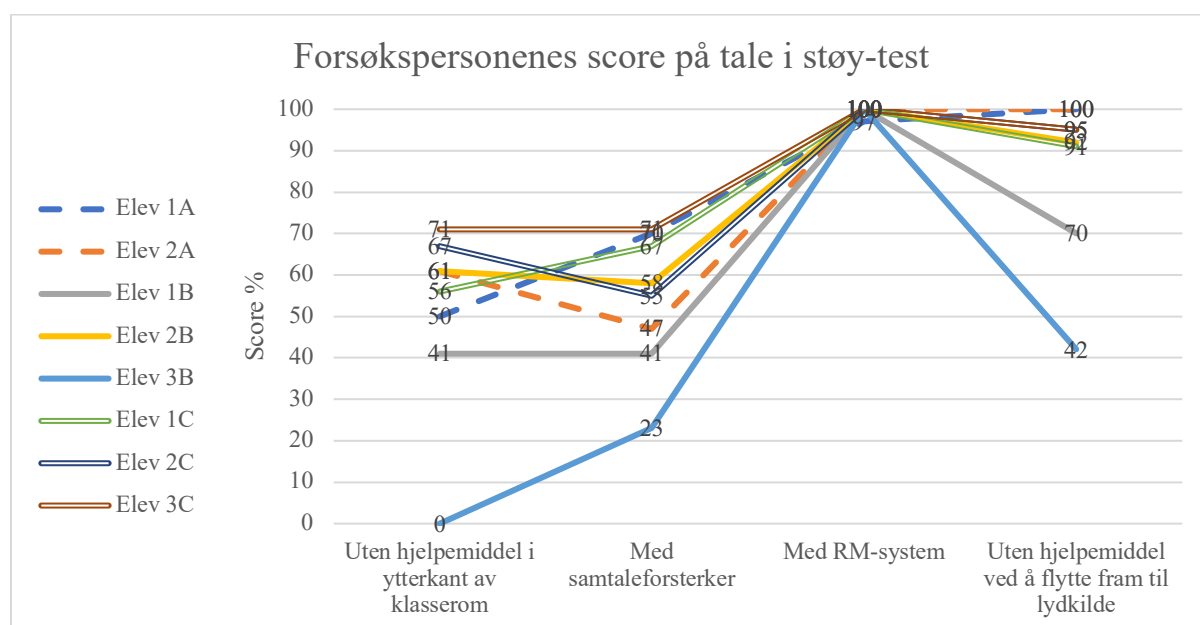
		Forsøkspersoner				Kontrollgruppe		
		Uten hjelpemiddel i ytterkanter av klasserom a)	Med samtaleforsterker i ytterkanter av klasserom a)	Med RM-System	Foran ved lydilden	I ytterkanter av klasserom Gjennomsnitt, SD a)	Foran ved lydilden Gjennomsnitt, SD	Sammenlagt ved skole Gjennomsnitt, SD
Skole A	Elev 1A	56 %	67 %	100 %	91 %	76 % ±16, n=7	97 % ±2 n=6	82% ±10 n=40
	Elev 2A	67 %	55 %	100 %	95 %	82 % ±7, n=12	97 % ±2 n=6	82% ±10 n=40
	Elev 3A	71 %	71 %	100 %	95 %	81 % ±7, n=12	97 % ±2 n=6	82% ±10 n=40
Skole B	Elev 1B	41 %	41 %	100 %	70 %	54 % ±8, n=8	94 % ±3 n=5	62% ±19 n=25
	Elev 2B	61 %	58 %	100 %	92 %	68 % ±12, n=4	94 % ±3 n=5	62% ±19 n=25
	Elev 3B	0 %	23 %	100 %	42 %	50 % ±19, n=7	94 % ±3 n=5	62% ±19 n=25
Skole	Elev 1C	50 %	70 %	97 %	100 %	93 % ±8, n=4	100 % ±0 n=5	79% ±15 n=35
	Elev 2C	61 %	47 %	100 %	100 %	71 % ±11, n=10	100 % ±0 n=5	79% ±15 n=35

a) indikerer at forsøkspersoner og kontrollgruppe som nevnes på samme tabellrad har sittet ved samme plassering i klasserommet.

Ingen av forsøkspersonenes score ved bruk av samtaleforsterker var bedre enn kontrollgruppens gjennomsnitt, verken sammenlignet med de elevene som satt ved samme plassering i klasserommene eller det sammenlagte gjennomsnittet ved de respektive skolene. Elev 1A, 3B og 1C, fikk noe bedret score med samtaleforsterkeren sammenlignet med score uten hjelpemiddel, men Elev 2A, 2B og 2C fikk lavere score med samtaleforsterkeren. Elev 3A og 1B fikk uendret score (**figur 2**). Dette betyr at alle forsøksobjektene ved samme skole

fikk ulik endring ved bruk av samtaleforsterker, både negativ, nøytral og positiv. Det samlede gjennomsnittet for forsøkspersonene i denne testtilstanden var 54 % (SD17). Fordi Elev 3B, 2A og 1C hadde asymmetriske og ensidige hørselstap, og fordi tap av binaural hørsel gjerne fører til behov for bedret SNR (Ruscetta, Arjmand & Pratt, 2005, s. 774), ble det undersøkt om dette hadde noen sammenheng med at så få testpersoner fikk utbytte av samtaleforsterkeren. Men som resultatene viser, så fikk to av tre med ensidig hørselstap bedring ved bruk av samtaleforsterkeren, noe som derfor avkrefter at det var en sammenheng.

Alle forsøkspersonene scoret 100 % med RM-systemer, unntatt Elev 1C som scoret 97 %. Dette gir et gjennomsnitt på 100 % (SD1). Dette er over kontrollgruppens gjennomsnitt ved de respektive skolene og på nivå med de i kontrollgruppen med høyest score ved alle skolene.



Figur 2: Forsøkspersonenes score på tale i støy-testen i de forskjellige testtilstandene. Forskjellig strektype indikerer forskjellig skoletilhørighet.

Det å flytte seg fram til lydkilden førte til at alle forsøkspersonenes score, unntatt Elev 3B, ble hevet opp over kontrollgruppens samlede gjennomsnitt ved sine respektive skoler. Gjennomsnittet i kontrollgruppen ved Elev 3Bs skole var 62 % og Elev 3B scoret 42 %. Det samlede gjennomsnittet for forsøkspersonene i denne testtilstanden var 86 % (SD20).

Sammenligning av forsøkspersonenes testtilstand uten hjelpemiddel i ytterkanten av klasserommet med tilstanden med samtaleforsterker, viste ingen forskjeller med en *p*-verdi på

0,54 (se **tabell 7**). Derimot viste utbyttet med både RM-system og å flytte seg fram til lyd-kilden signifikant forskjell fra tilstanden uten hjelpemiddel i ytterkantene av klasserommet med p -verdier på $< 0,001$. Fordi begge disse tiltakene ga positive resultater, ble tilstanden med RM-systemet og det å flytte seg fram til lyd-kilden sammenlignet. Dette ga en p -verdi på 0,09 og viste dermed ingen signifikant forskjell.

Tabell 7: Gjennomsnitt av alle forsøkspersonenes resultater i de forskjellige testtilstandene, og resultatene fra den statistiske analysen av tilstanden uten hjelpemiddel i ytterkanten av klasserommet sammenlignet med de andre testtilstandene.

	Gjennomsnitt, SD	p -verdi
Uten hjelpemiddel	51 % \pm 23	Ref.
Med samtaleforsterker	54 % \pm 17	0,54
Med RM- System	100 % \pm 1	$< 0,001$
Foran ved lyd-kilden	86 % \pm 20	$< 0,001$

5 Diskusjon

5.1 Utbytte av samtaleforsterker

I dette forsøket ga samtaleforsterkeren ingen bedring av taleoppfattelsen. Selv om retningsbestemte mikrofoner har potensiale til å bedre SNR (Killion et al., 1998, s. 4; Valente et al., 1995, s. 446), stemmer resultatene godt overens med at dette potensialet er størst når mikrofonen befinner seg der direktelyd fra lyd-kilden er kraftigere enn refleksjoner fra rommet, med andre ord, innenfor romradiusen (Ricketts & Hornsby, 2003, s. 474). I klasserom med så lang etterklangstid som det ble målt ved de gjeldende skolene, vil romradiusavstanden være så kort at det blir upraktisk å sitte innenfor dette feltet. Resultatene viser i tillegg at når forsøkspersonene satt nærme lyd-kilden uten hørselshjelpemidler, scoret seks av åtte over 90 %, som er på høyde med kontrollgruppens score ved samme plassering. Det betyr at utbytte ved plassering i klasserommet hvor det er mulig at retningsmikrofoner vil kunne ha en positiv effekt, viser allerede gode resultater uten hjelpemiddel. Bruken av samtaleforsterker løser ikke, i likhet med det å sitte nærme lyd-kilden uten hjelpemiddel, problemet med at taleoppfattelsen til eleven vil endre seg når læreren som snakker beveger seg rundt.

En mulig årsak til at utbyttet med samtaleforsterkeren var dårlig, kan være grunnet i at systemet bare har en mikrofon som sender denne lyden til begge ørene. Dette fjerner noen, men riktignok ikke alle egenskapene ved binaural hørsel som gir bedret taleoppfattelse i støy. Blant annet har Plomp og Mimpen (1979, s. 49) og Laurence, Moore og Glasberg (1983, s. 42) vist at selv om talesignalet og støyen kommer fra samme lydkilde og dermed vil være lik i begge ører, har personer med normal hørsel og personer med hørselstap fått henholdsvis 1,4 dB og 2,5 dB bedret høreterskel i støy når personene hører med begge ørene i motsetning til ett. Men med én mikrofon får man ikke utnyttet interaural tidsforskjell og interaural intensitetsforskjell som hørselssystemet bruker for å skille talesignalet man ønsker å høre fra støy. Dette er funksjoner som sammenligner lyden som treffer ett øre med lyden som treffer det andre øret for å analysere hvor lyden kommer fra. Hvis talesignalet og støysignalet kommer fra forskjellige vinkler, kan hørselssystemet bruke denne analysen til å fokusere på talesignalet og undertrykke støyen (Bronkhorst, 2015, s. 1475). Denne egenskapen har potensiale til å bedre taleoppfattelsen i støy ytterligere. Hvis elevene med hørselstap skal få utbytte av disse egenskapene ved hørselen, trenger hjelpemiddelet to mikrofoner som har en viss avstand fra hverandre, gjerne på hver side av hodet, slik at man også får utnyttet skyggeeffekten som hodet gir, noe som er en komponent i den interaurale intensitetsforskjellen (Bronkhorst, 2015, s. 1466). For å forbedre den binaurale hørselen til en person med hørselstap så mye som mulig, krever det at lyd giveren som sitter på høyre og venstre øre kan justeres individuelt. Dette gjelder spesielt for personer med asymmetrisk hørsel. Hvis et slikt hjelpemiddel skal være aktuelt for målgruppen i Tanzania, vil det derfor være nødvendig å se på løsninger for å få hjelpemiddelet tilpasset eller at systemet har teknologi som gjør at personen med hørselstap kan gjøre dette selv på en enkel måte.

5.2 RM-systemer, en gullstandard

Forsøket som ble utført viste at RM-systemet ga de beste resultatene. Dette samsvarer godt med resultater fra andre studier, blant annet en studie fra Lewis et al. (2004, s. 433), hvor utbyttet med RM-system, i likhet med vår studie, viste stor fordel sammenlignet med både tilstanden uten hjelpemiddel og med bruken av retningsbestemte mikrofoner. Det at gjennomsnittsscoren for alle åtte forsøkspersonene var 100 % (SD1) etter bare en skoledag med utprøving, viser at systemet er effektivt selv uten tilgang på personell med fagkompetanse som kan hjelpe med opplæring og tilpassing. Et RM-system er også den eneste av løsningene som ble prøvd ut hvor taleoppfattelsen ikke endrer seg med hvor læreren

befinner seg og i hvilken retning læreren snakker. Dette forsøket tok utgangspunkt i at en lærer står i midten foran hele klassen og snakker i samme retning hele tiden. I praksis er det lite sannsynlig at dette skjer. En lærer vil snakke mens vedkommende beveger seg rundt, henvender seg til forskjellige elever og vender seg om for å skrive på tavlen. Elevene som har plassert seg nærme læreren vil få endret graden av taleoppfattelse i alle disse situasjonene.

En ulempe med et RM-system, er at de hørselshemmede er avhengig av lærerens motivasjon til å bruke en mikrofon (Smart, Purdy & Kelly, 2018, s. 583). Dette vil trolig variere fra lærer til lærer. Et RM-system vil også bare forsterke lyden fra personen som bruker mikrofonen og ikke det som blir sagt av medelevene i klassen. Hvis systemet skal bestå av en ekstra mikrofon som kan sendes rundt til elevene, vil systemet bli enda mer komplekst enn det allerede er, og sjansen for en vellykket implementering vil sannsynligvis bli svekket. Det at et RM-system består av flere deler enn en samtaleforsterker, gjør systemet mer sårbart fordi flere deler kan gå i stykker og mistes.

Elev 3Bs score skiller seg fra de andre forsøkspersonenes score. I tilstanden uten hjelpemiddel var dette eneste deltaker som scoret 0 %, og Elev 3B var også den personen som scoret dårligst i posisjonen nærme lydskilden uten hjelpemiddel, men med RM-systemet scoret vedkommende 100 %. Eleven hadde et moderat ensidig hørselstap og var en av forsøkspersonene med det minste hørselstapet, noe som viser at vedkommende hadde større behov for bedre SNR enn de andre forsøkspersonene. Personer med auditiv nevropati kjennetegnes også med dette behovet (Apeksha & Kumar, 2017, s. 83), og som det vises i en studie av Johnston, John, Kreisman, Hall og Crandell (2009, s. 378) får denne gruppen stort utbytte av RM-systemer. I likhet med resultater fra denne studien, endret forsøkspersonenes score seg fra å være dårligere enn kontrollgruppen, til å bli bedre enn kontrollgruppens score. Som det vises med Elev 3Bs resultater vil det være en fordel at et hjelpemiddel kan hjelpe ved denne typen hørselspatologi også.

5.3 Være nærme den som snakker og kursing av lærere

Resultatene for alle åtte forsøkspersonene viste gjennomsnittlig bedring fra 51 % (SD23) til 86 % (SD20) ved å flytte seg fra ytterkantene i klasserommet til midten foran lydskilden. Selv om det er visse forskjeller i hvordan eksperimentene er utført, viser en studie av Noh og Park (2012, s. 429) tilsvarende resultater. Ved å flytte seg fra bak i klasserommet, 11 meter fra

lydkilden til 3 meter fra lydkilden, fikk deltakerne i denne studien en gjennomsnittlig bedring fra 48,9 % (SD17,9) til 81,7 % (SD9,0) på en tale i støy-test. Deltakerne i denne studien var alle elever med unilateralt hørselstap, rommet var større og etterklangstiden kortere, men dette viser likevel at man kan se tilsvarende bedring i forskjellige typer klasserom.

I en studie av Crandell og Smaldino (2000, s. 366) blir det påpekt at utenfor romradiusen i et klasserom holder taleoppfattelsen seg mer eller mindre konstant, noe de mener viser at potensialet for bedring av taleoppfattelsen da bare kan skje innenfor klasserommets romradius. Dette stemmer ikke overens med våre funn. I vårt forsøk satt ingen innenfor klasserommens romradius, og det var bedring ved å flytte seg fra ytterkantene i klasserommet til midten foran lydkilden både for forsøkspersonene og kontrollgruppen ved alle skolene. Dette samsvarer bedre med det Noh og Park (2012, s. 429) fant i sin studie, hvor scoren faller både hos elever med hørselstap og elever med normal hørsel på en tale i støy-test når deltakerne er utenfor romradiusen, og fortsetter å falle til avstanden er 3/4 av klasserommets lengde. Dette viser at elevene bør gjøre det de kan for å komme nærmest mulig lydkilden, og at det vil være bedring hele veien framover i klasserommet.

Det at kontrollgruppens gjennomsnittsscore på sidene foran er dårligere enn i midten bak ved Skole B og Skole C, viser at det ikke bare er avstanden mellom lydkilden og eleven som spiller en rolle, men også vinkelen lydkilden har i forhold til eleven. Ved disse skolene var avstanden fra talesignalhøytaleren til elevene på sidene faktisk to til tre meter kortere enn avstanden til elevene bak i klasserommet. Dette gjaldt ikke ved Skole A. Der var gjennomsnittsscoren høyere på sidene enn i midten bak. Det har ikke vært mulig å finne en forklaring på denne forskjellen annet enn mulige hørselsvariasjoner i kontrollgruppen eller måten støysignalet har spredt seg i rommet. Faktisk var STI-verdiene ved Skole A noe bedre bak i midten enn på sidene.

Selv om resultatene fra det å flytte seg fram til lydkilden ikke viste signifikant forskjell fra resultatene med RM-systemet i denne studien ($p = 0,09$), er det vanskelig å sammenligne hvordan disse to løsningene vil fungere i praksis. En stor fordel med løsningen med å være i nærheten av læreren som snakker, er at det ikke krever materielle ressurser, og det er ikke en utgift for elevene med hørselstap. Men en utfordring er at læreren vil bevege seg rundt og snakke i forskjellige retninger. Her vil opplysningsarbeid og opplæring av lærere være en viktig faktor. I en studie av Tungaraza (2014, s. 112-121) blir Tanzanias «The Persons with

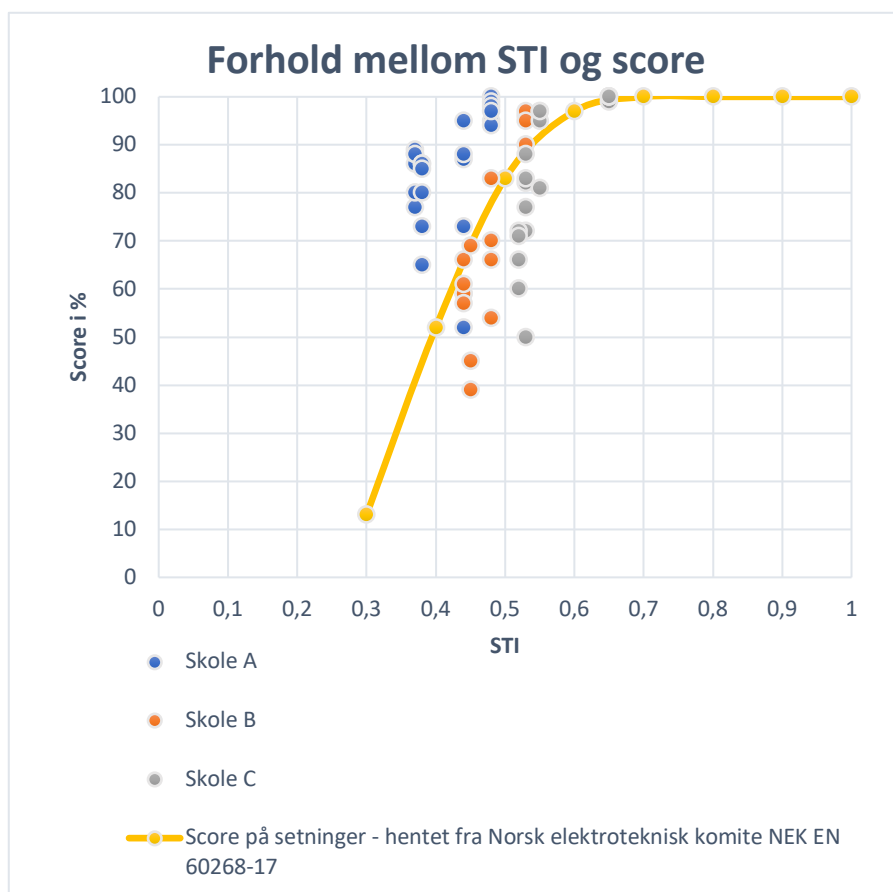
Diasbilities Act» fra 2010 nevnt som startpunktet for inkludering av personer med funksjonsnedsettelse i tanzanianske skoler. Intervjuene avslører imidlertid at selv om 85 % av 52 lærere fra ti forskjellige skoler og tre regioner i Tanzania hadde vært på seminarer som omhandlet inkludering av personer med funksjonsnedsettelse i skolen, var det mange som ikke fikk opplæring i hva de skulle gjøre og følte derfor at de kom til kort i undervisningen. Mange av lærerne følte de ikke hadde kunnskaper nok og flertallet av lærerne støttet ikke inkluderingsformen. Alle skolens rektorer oppga at lærerne ved skolene manglet trening for å kunne praktisere denne formen for inkluderende undervisning. Ingen av rektorene hadde fått opplæring i hvordan man skal inkludere og undervise personer med funksjonsnedsettelse. Dette, i kombinasjon med den lave generelle bevisstheten i befolkningen omkring hørselstap som rapporteres av blant annet Swanepoel og Clark (2018, s. 11), viser at opplæring av lærere og hvordan de skal forholde seg til elever med hørselstap, vil være nødvendig.

5.4 Utfordrende akustikk for alle

5.4.1 Speech Transmission Index

Figur 3 viser kontrollgruppens score på tale i støy-testen som funksjon av den STI-verdien som ble målt nærmest elevene og en kurve hentet fra Norsk elektroteknisk komite sin standard NEK-EN 60268-16 (2011, s. 51) som viser hvordan score på taleaudiometri med setninger som taleaudiometrimateriale forholder seg til STI-verdier. Elevenes avstand fra STI-målepunktet er mindre enn 2 meter og følger en oppdeling som kan sees på kartene over klasserommene i **vedlegg V**.

Selv om bare fem elever i kontrollgruppen satt ved plasser i et klasserom med en STI-verdi på 0,65, er gjennomsnittscoren på tale i støy-testen her 100 % med et standardavvik på 0. For alle plasser i klasserommene med lavere STI-verdier er gjennomsnittscoren lavere og det er større spredning av resultater. Dette samsvarer godt med det som nevnes i Norsk Standard NS-EN ISO 3382-3 (2012c, s. 14-15) og Norsk elektroteknisk komite sin standard NEK-EN 60268-16 (2011, s. 51), at det er forventet rask bedring av taleoppfattelsen for personer med normal hørsel, når STI-verdiene blir høyere enn 0,5.



Figur 3: Score på tale i støy-test sett i forhold til STI-verdi for 58 elever ved 3 skoler og eksempel på score på taleaudiometri utført med setninger som audiometrimateriale, hentet fra Norsk elektroteknisk komite NEK-EN 60268-16 (2011, s. 51).

I Norsk elektroteknisk komite NEK-EN 60268-16 (2011, s. 55-56) finnes det tabeller som viser korrigerede, oppjusterte STI-verdier for rom hvor det oppholder seg personer med forskjellige behov. En slik korrigeringsfaktor er ikke like enkel å lage for personer med hørselstap fordi det krever at man spesifiserer hva slags hørselstap man har med å gjøre. Det er utviklet en indikasjonstabell for hørselshemmede, men denne gjelder bare for aldersrelatert hørselstap. Det kan likevel være illustrerende å hente fram et eksempel fra denne tabellen. For en person med hørselstap og PTA på 30 dB HL er det anbefalt at STI verdiene økes fra 0,30 til 0,51 for at lytteforholdene skal kunne klassifiseres i kategorien “dårlig”. Bare Skole C av alle fem skolene nådde opp til denne kategorien. Og bare et STI-målepunkt ved denne skolen, helt framme i midten, 1,5 m fra lyd giveren, møtte kravet i Norsk Standard NS 8175 (2019, s. 19) for å kunne regnes som klasse D med en STI-verdi på $\geq 0,6$. Dette viser at ingen av skolene det ble gjort STI-målinger på hadde akustiske forhold som egner seg til undervisning verken for elever med normal hørsel eller elever med hørselstap.

I Norsk elektroteknisk komites standard NEK-EN 60268-16 (2011, s. 54) poengteres det at i rom med STI-verdier $< 0,46$, er høyttaleranlegg vanskelig å få til å fungere godt og er bare

egnet for enkle beskjeder og kjente ord. Tre av de fem klasserommene som ble målt, hadde gjennomsnitts STI-verdier lavere enn denne verdien. På Skole A og Skole E var det flere STI-målepunkter med verdier $\leq 0,38$ (**vedlegg V**). I standarden hevdes det at disse rommene ikke er egnet for høyttaleranlegg i det hele tatt. Resultatene av STI-målingene, i tillegg til det faktum at det ofte er begrenset tilgang på strøm på skolene, viser at lydutfjenningsanlegg ikke vil være et godt alternativ for å bedre taleoppfattelsen for elevene med hørselstap i disse klasserommene.

5.4.2 Etterklang og støy

Alle klasserommenes etterklangstid (0,8-1,8 sekunder) var lengre enn de 0,6 sekundene Norsk Standard NS 8175 (2019, s. 19) stiller som krav for at norske klasserom skal kunne regnes som klasse D. Skal det regnes som klasse A, skal etterklangstiden være $\leq 0,4$ sekunder. Alle skolenes bakgrunnsstøy (43,3 - 55,0 dB LA_{eq}) var høyere enn det standarden setter som høyeste verdi for bakgrunnsstøy på ≤ 35 dB LA_{eq} for å klassifiseres som klasse D og ≤ 24 dB LA_{eq} for å klassifiseres som klasse A (Norsk Standard, 2019, s. 20). 0,6 sekunder og 35 dB LA_{eq} blir også benyttet som høyeste grenseverdi i anbefalinger av WHO (1999, s. 61). Her poengteres det i tillegg, at klasserom som blir brukt av hørselshemmede skal ha lavere verdier.

Skole A og Skole C hadde tilnærmet likt grunnflatemål og begge bygningene hadde konstruksjon som lignet på hverandre med betongvegger og -gulv og bølgeblikktag. Det var likevel stor forskjell på etterklangstiden hvor Skole A hadde 1,3 sekunder og Skole C hadde 0,8 sekunder. Denne forskjellen kan også sees på STI-målingene som var gjennomsnittlig 0,42 ved Skole A og 0,56 ved Skole C. Den mest synlige forskjellen var at Skole C ikke hadde det samme senkede innvendige taket av huntonitplater som Skole A, men åpning opp til bølgeblikken og mønet. I Udukus (2015, s. 57) studie nevnes det at dette senkede taket legges for å dempe lyden av tropisk regn. Det nevnes også at åpninger opp til bølgeblikken ikke er å foretrekke fordi man prøver å unngå varmestrålingen fra metallplatene. En mulig fordel med åpningen til mønet, er at man unngår en parallell flate mellom gulv og tak, noe som reduserer etterklangstiden (Seep, Glosemeyer, Hulce, Linn & Aytar, 2000, s. 5-6). Dette kan være grunnen til de store akustiske forskjellene mellom de to klasserommene. Men de akustiske målingene er gjort i tomme klasserom, og forskjellen kan potensielt bli mindre når klasserommene er fylt med elever. I denne sammenhengen skal det også nevnes at klasserommene ofte er overfylte av elever. I følge Uduku (2015, s. 56) er det vanlig at

klasserom som er beregnet for 40 er fylt med 60 elever. Dette samsvarer med det forfatterne av denne oppgaven observerte, og det er heller et forsiktig anslag. Slike overfylte klasserom vil ha en effekt på både etterklang og bakgrunnsstøy.

Flertallet av skolene hvor det ble utført bakgrunnsstøymålinger lå nære trafikkerte veier. Fordi vinduer og dører må være åpne for å slippe inn luft, var det trafikkstøy i klasserommene selv på skolene som lå et stykke fra veiene. De åpne dørene og vinduene fører også til at man kan høre undervisningen som foregår i klasserommene i nærheten og støy fra elever som oppholder seg ute på skoleplassen. Dette samsvarer med det Negesse (2018, s. 57) fant i sin studie av 56 skoler i Etiopia, hvor det blir konstatert at støy er et problem ved alle skolene, og trafikkstøy og andre elever som snakker rapporteres som de mest forstyrrende lydildene. I følge Uduku (2015, s. 56-57) er det vanlig at klasserommene har åpne vinduer, og veldig mange skolebygninger i Afrika og andre lavinntektsland har siden midten av 60-tallet fulgt retningslinjer for klasseromkonstruksjon foreslått av United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), noe som fører til at man derfor kan forvente å finne likhetstrekk ved veldig mange skoler i Afrika.

I denne studien baserte målingene seg kun på om elevene klarte å oppfatte ordene i støy. Et annet viktig poeng er at selv om elevene oppfatter ordene, så har det akustiske miljøet innvirkning på hvor godt elevene presterer og hvor mye de husker av det de blir undervist i. Støy har i flere studier vist seg å ha negativ effekt på læring (Klatte, Bergstrom & Lachmann, 2013, s. 2; Osman & Sullivan, 2014, s. 1508).

5.5 Framtidsretning

Begge løsningene som ga bedring av taleoppfattelsen hos elevene med hørselstap krever samarbeid med elevenes lærere. En framtidig retning burde derfor være å bruke ressurser på å opplyse lærere og gi nødvendig kursing. Dette nevnes også i WHO's Guidelines for Hearing Aids and Services for Developing Countries (2004, s. 16-17) som et viktig arbeid som må gjøres for å kunne lykkes med hørselshjelp i utviklingsland. Et verktøy kan være å lage enkle, grafiske framstillinger av resultater fra for eksempel slike forsøk som det som er blitt utført gjennom dette prosjektet. Et forslag til en slik grafisk fremstilling, som i dette eksempelet viser fordelene av å sitte nærme læreren, kan sees i **vedlegg X**.

Vi observerte at Skole C sitt klasserom hadde bedre akustiske forhold enn klasserommet ved Skole A, dette til tross for samme konstruksjon og grunnflatemål, og med den eneste forskjellen at klasserommet ved Skole C ikke hadde senket innvendig tak, men var åpent til mønet. Et skritt videre ville være å undersøke om det faktisk var dette som var årsaken til at det var bedre akustikk og om hvor stor denne forskjellen er med fullsatte klasserom. Hvis endring av takets vinkel viser seg å kunne gi stor bedring av akustikken, er det potensiale for at eksisterende klasserom med denne formen kan modifiseres i forbindelse med renoveringsarbeid, for å unngå parallelle flater mellom gulv og tak. Her vil man kunne se på løsninger som tar hensyn til varmestråling fra blikkplatene, ventilasjon, demping av lyden av regn og som i tillegg gir bedret akustikk.

Det at forsøkspersonene i vår studie ikke fikk bedring av taleoppfattelsen med samtaleforsterkeren, men med de to andre tiltakene, kan være et tegn på at elevene har behov for bedret SNR mer enn de har behov for høyere volum. Her vil begrensning av støy ha positiv innvirkning. I en studie om støyforhold og akustikk ved skoler i Johannesburg av Pillay og Vieira (2020, s. 6), konkluderer forfatterne med at instansene som har ansvar for skoler i landet må inkludere detaljerte krav til skoler som skal bygges, både med tanke på akustikk, men også til plassering av klasserom for å begrense støy. En mulig vei fremover vil være å jobbe mot tilsvarende instanser i Tanzania, både når det gjelder nybygg, men også i forbindelse med renoveringsarbeider.

RM-systemet viste de beste resultatene i denne studien, og det vil derfor være nyttig å finne gode løsninger på hvordan dette kan implementeres i et bærekraftig hørselshjelpstilbud. Mangel på strøm i mange områder må tas i betraktning og det er nødvendig med løsninger for å få ladet utstyret. Det at smarttelefoner begynner å bli mer utbredt kan kanskje utnyttes. En telefon har tilgjengelig regnekraft, forsterkerdel til hodetelefoner og Bluetooth-protokoll til overføring av trådløse signaler. Kanskje kan man bygge på den teknologien som allerede brukes i handsfree-systemer, hvor læreren fester mikrofonen på øret, men at lyden sendes til eleven med hørselstap sin smarttelefon, hvor lyden blir forsterket.

6 Metodekritikk

6.1 Begrensninger i hørselsutredningen og mangel på screening av kontrollgruppene

Det var ikke tilgang på utstyr til å gjøre annet enn screening av forsøkspersonene. Det ble bare utført luftledet rentoneaudiometri uten muligheter for å maskere kontralateralt øre. Ved samtlige skoler var det vanskelig å finne stille omgivelser som egnet seg til screeningen, og bakgrunnsstøyen i lokalene som ble brukt ble målt til mellom 40 og 60 dB LA_{eq} (1 min.). Med en større utredning, som for eksempel kunne inneholde benledet rentone og taleaudiometri, ville det vært mulig å se på flere sammenhenger mellom utbytte av tiltakene og type hørselstap.

Kontrollgruppens hørsel ble ikke kartlagt. Dette ville tatt lang tid og gjort forsøket vanskelig å gjennomføre. Fordi det kan ha vært uoppdagede hørselstap i kontrollgruppen, er det nå en risiko for at kontrollgruppens resultater er lavere enn den ville vært hvis alle var screenet. Som det kommer fram i studie til Solvang et al. (2019, s. 5) vet vi at prevalensen for hørselstap er høy ved skolene i dette område.

6.2 Antall forsøkspersoner

Når effektene i et forsøk er store, kan man klare seg med færre forsøkspersoner (Ringdal, 2013, s. 135). Men selv om det i dette forsøket dreide seg om store effekter, ville det vært en fordel å ha hatt flere enn åtte forsøkspersoner. I tillegg ble forsøkene foretatt på tre forskjellige skoler, og det vil være ulikheter ved skolene som påvirker resultatene. Som det kommer fram i **kapittel 6.6** kan tale i støy-testen ha hatt forskjellig SNR ved de forskjellige skolene og akustikkforskjeller i klasserommene kan ha spilt en rolle. Det kan for eksempel være slike forskjeller ved skolene som gjorde at Elev 1B og Elev 3B ikke fikk like høy score som de andre seks forsøkspersonene av å flytte seg fram til lydkilden.

6.3 Aldersvariasjon i kontrollgruppen

Menneskers evne til å oppfatte tale i støy bedres i starten av livet, og er ikke ferdig utviklet før i ungdomsårene. I en studie av Wightman, Kistler og O'Bryan (2010, s. 276) ble det blant annet vist stor utvikling i denne evnen i årene mellom 6 og 12 år. Deltakerne i vår studie hadde et aldersspenn på 9-15 år, og det kan derfor ha vært forskjeller på tvers av

aldersgruppene som kan ha påvirket resultatene. Fordi kontrollgruppens resultater viste seg å være forskjellig ved de forskjellige skolene ($p < 0,001$), og fordi det var store forskjeller i score avhengig av hvor elevene satt i klasserommet, ble det ikke foretatt en analyse for å se etter forskjeller i score, verken på tvers av alder eller mellom kjønn. En sammenligning ville krevd færre variabler og flere deltakere med samme alder.

6.4 Innstilling av hjelpemidler

Ideen om å la elevene selv justere fritt på hjelpemiddelet var at dette skal være et hjelpemiddel som skal kunne brukes uten opplæring av fagpersonell, og resultatene fra tale i støy-testen skulle avsløre om utstyret ikke var lett nok å bruke. Det er likevel usikkert om tiden forsøkspersonene fikk med utstyret før forsøket ble gjennomført, var nok til at de lærte å bruke det godt nok. Det er også store sjanser for at det var forskjeller mellom hvor godt de forskjellige forsøkspersonene klarte å innstille hjelpemidlene. Ettersom utstyret hadde tonekontroll, kan det hende at resultatene var blitt annerledes hvis tonekontrollen var stilt i en fast posisjon nærmere de enkelte forsøkspersonenes hørselstap. Det ble observert at noen av forsøkspersonene hadde justert på tonekontrollen, men innstillingene ble ikke notert, og det ble ikke undersøkt om innstillingene var bevisst valgt. Hvis en løsning skal være avhengig av å være tilpasset elevenes hørselstap, må det i fremtiden finnes måter å få tilpasset hjelpemiddelet, enten av fagpersonell eller teknologi som gjør at brukeren selv kan gjøre dette.

6.5 Antall svarenheter og test-retest-reliabilitet

Forsøkspersonene ble testet med en testliste på 22 tretallsgrupper pr. tilstand, noe som gir 66 mulige svarenheter pr. testliste. I følge Gelfand (1998, s. 1098) fører dette til en reliabilitet med et standardavvik på ca. 6 prosentpoeng hvis forsøkspersonen scorer 50 % på testen og med et noe lavere standardavvik hvis scoren er høyere eller lavere enn 50 %. Det gjennomsnittlige standardavviket for kontrollgruppen i denne studien ble regnet ut til å være 6,6 prosentpoeng, og er et gjennomsnittlig standardavvik for alle, uavhengig av hva slags score deltakerne fikk. Det skal nevnes at to av deltakere i kontrollgruppen hadde standardavvik på ca. 30 prosentpoeng og en variasjonsbredde på over 60 prosentpoeng mellom de fire testlistene de gjennomførte. Dette var heldigvis unntak. Noen hadde også variasjonsbredde på 0 prosentpoeng. Det dette illustrerer er at, siden forsøkspersonene bare tok en testliste pr. tilstand, så vil det være noe usikkerhet rundt scoren forsøkspersonene har

fått i de forskjellige testtilstandene. Ifølge Gelfand (1998, s. 1098) må antall svarenheter doubles for at standardavviket skal komme ned på rundt 4 prosentpoeng, noe som betyr at testen fort kunne blitt lang. Det ble vurdert at det var nødvendig å ha korte testlister fordi forsøkspersonene skulle testes i fire forskjellige tilstander.

6.6 Målepunkt for kalibrering av høyttalere

Kontrollgruppens forskjeller i score på tvers av skolene var større enn forventet, noe som medførte at det ikke var mulig å slå sammen kontrollgruppens resultater på tvers av skolene. Spesielt skilte Skole B seg ut. Det kan være flere variabler som har hatt påvirkning, som for eksempel romakustikken, deltakernes konsentrasjon, eksterne forstyrrelser og variasjon i antall deltakere i klasserommene. En annen faktor kan også være måten høyttalerne ble kalibrert på som kan ha ført til noe forskjeller i tale i støy-testens SNR ved de forskjellige skolene. Dette kan ha skjedd fordi både talesignalhøyttaleren og støyhøyttaleren ble målt ved samme punkt 1 meter fra talesignalhøyttaleren. Romradiusen er forskjellig ved de ulike skolene. Dette betyr at det punktet hvor lydnivået fra talesignalhøyttaleren slutter å avta med 6 dB pr. avstandsfordobling, vil være ved forskjellig avstand fra høyttaleren. Hvis alle skolene hadde hatt romradius kortere enn der lydmåleren sto da talesignalhøyttaleren ble kalibrert, ville ikke dette vært noe problem, fordi lydnivået ville stabilisert seg før det nådde lydmåleren. Ved Skole C sto lydmåleren innenfor romradiusen og lydnivået vil derfor falle enda noen dB før det begynte å stabilisere seg i resten av klasserommet. Dette blir først et problem når lyden fra støyhøyttaleren tas med i betraktningen. Den sender lyden motsatt vei og har vært innom veggen før den treffer lydmåleren. Lydtrykket som blir målt fra støyhøyttaleren vil derfor ha rukket å stabilisere seg i større grad enn lydnivået fra talesignalhøyttaleren. Dette fører til at SNR i klasserommet vil være større ved Skole C. Selv om romradiusen var regnet ut til 0,9 meter ved Skole A og 1,0 meter ved Skole B og lydmåleren dermed stod på den teoretiske romradiusen ved skole A og 0,1 meter utenfor ved Skole B, er det muligheter for at lyden likevel ikke har stabilisert seg nok før den traff måleren. Det skal også poengteres at romradiusen som er regnet ut, bruker verdier fra et gjennomsnitt av frekvenspunktene i etterklangsmålingen. I realiteten vil romradiusen være ved forskjellig avstand fra lydkilden ved forskjellige frekvenser. En bedre løsning for å kalibrere høyttalerne ville på grunn av dette ha vært å ha lydmåleren i et punkt lengre fra høyttalerne, og kanskje ved flere målepunkter for å kontrollere at forskjellene ikke er var for store mellom klasserommene.

6.7 Måling av etterklang med T_{30}

Etterklangstiden T_{60} ble regnet ut fra en T_{30} måling. Selv om målinger hvor bakgrunnsstøyen økte fra det normale, ble forkastet, var det høye bakgrunnsstøynivåer. Det burde derfor vært foretatt T_{20} målinger i stede, hvor etterklangstiden T_{60} blir regnet fra der hvor etterklangen har falt 5 dB til 25 dB. Norsk Standard NS-EN ISO 3382-2 (2008, s. 4) anbefaler også å bruke T_{20} , blant annet på grunn av forekomsten av bakgrunnsstøy under feltarbeid. Det aller beste ville vært å ha foretatt målingene på nattestid, men det var ikke mulig å få til.

7 Konklusjon

Forsøkspersonenes resultater på tale i støy-testen med samtaleforsterkeren viste ingen forskjell sammenlignet med tilstanden uten hjelpemiddel når forsøkspersonen satt ved ytterkantene i klasserommet. Derimot viste både resultatene med RM-systemet og det å flytte seg frem til lydkilden signifikante forskjeller fra tilstanden uten hjelpemiddel, sittende i ytterkantene av klasserommet. Bruken av RM-systemet ga best resultater med en gjennomsnittscore på 100 % (SD1). Dette viser at utbytte av et RM-system er stort selv uten å ha fått tilpasset utstyret av fagpersonell. Det å flytte seg fram til lydkilden ga noe lavere gjennomsnittscore, men her var spredning av resultatene større. Begge tiltakene som ga gode resultater hevet taleoppfattelsen opp på nivå med kontrollgruppene for alle unntatt én.

Det å være nær lydkilden har fordel av å ikke kreve materielle ressurser og vil være kostnadsfritt for elevene med hørselstap, men tiltaket er avhengig av at lærerne har kunnskap om hørselstap. Tilsvarende gjelder for at bruken av et RM-system skal fungere. Her er eleven avhengig av at læreren tar på seg ansvaret med å bruke en mikrofon. Dette viser at kursing av lærere vil være et viktig framtidsrettet arbeid.

Det er ikke utelukket at en samtaleforsterker som tilpasses godt og som legger vekt på å utnytte binaural hørsel vil kunne gi bedret taleoppfattelse på en tale i støy-test, men både etterklangstiden og bakgrunnsstøyen på skolene i regionen, er en stor utfordring for dette hjelpemiddelet. Resultatene fra denne studien viser at det største behovet for elevene med hørselstap mest sannsynlig er bedring av SNR. Tiltak for å bedre akustikken og støyforholdene i klasserommene vil ikke bare hjelpe på dette punktet, men også gagne de andre elevene og lærerne som underviser. Det vil være en investering som holder i mange år og som ikke krever oppfølging.

Litteraturliste

- Akeroyd, M. A., Arlinger, S., Bentler, R. A., Boothroyd, A., Dillier, N., Dreschler, W. A., ... Kollmeier, B. (2015). International Collegium of Rehabilitative Audiology (ICRA) recommendations for the construction of multilingual speech tests. ICRA Working Group on Multilingual Speech Tests. *International Journal of Audiology*, 54, 17-22. <https://doi.org/10.3109/14992027.2015.1030513>
- Apeksha, K. & Kumar, A. U. (2017). Speech Perception in Quiet and in Noise Condition in Individuals with Auditory Neuropathy Spectrum Disorder. *The Journal of International Advanced Otology*, 13(1), 83-87. <https://doi.org/10.5152/iao.2017.3172>
- Astolfi, A. & Pellerey, F. (2008). Subjective and objective assessment of acoustical and overall environmental quality in secondary school classrooms. *Journal of Acoust Society of America*, 123(1), 163-173. <https://doi.org/10.1121/1.2816563>
- Bottalico, P. & Astolfi, A. (2012). Investigations into vocal doses and parameters pertaining to primary school teachers in classrooms. *Journal of Acoust Society of America*, 131(4), 2817-2827. <https://doi.org/10.1121/1.3689549>
- Brixen, E., B. & Voetmann, J. (2004). *Praktisk Elektroakustik*. Højbjerg: Musikforlaget Fog.
- Bronkhorst, A. W. (2015). The cocktail-party problem revisited: early processing and selection of multi-talker speech. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 77(5), 1465-1487. <https://doi.org/10.3758/s13414-015-0882-9>
- Byrne, D., Dillon, H., Tran, K., Arlinger, S., Wilbraham, K., Cox, R., ... Ludvigsen, C. (1994). An international comparison of long-term average speech spectra. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 96(4), 2108-2120. <https://doi.org/10.1121/1.410152>

- Crandell, C. C. & Smaldino, J. J. (2000). Classroom Acoustics for Children With Normal Hearing and With Hearing Impairment. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools, 31*, 362-370.
- Dalland, O. (2014). *Metode og oppgaveskriving* (5. utg.). Oslo: Gyldendal Norsk Forlag.
- Dietz, A., Buschermohle, M., Aarnisalo, A. A., Vanhanen, A., Hyyrynen, T., Aaltonen, O., ... Kollmeier, B. (2014). The development and evaluation of the Finnish Matrix Sentence Test for speech intelligibility assessment. *Acta Oto-Laryngologica, 134*(7), 728-737. <https://doi.org/10.3109/00016489.2014.898185>
- Gelfand, S. A. (1998). Optimizing the Reliability of Speech Recognition Scores. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 41*, 1088-1102.
- Holube, I., Fredelake, S., Vlaming, M. & Kollmeier, B. (2010). Development and analysis of an International Speech Test Signal (ISTS). *International Journal of Audiology, 49*(12), 891-903. <https://doi.org/10.3109/14992027.2010.506889>
- Johnston, K. N., John, A. B., Kreisman, N. V., Hall, J. W., 3rd & Crandell, C. C. (2009). Multiple benefits of personal FM system use by children with auditory processing disorder (APD). *International Journal of Audiology, 48*(6), 371-383. <https://doi.org/10.1080/14992020802687516>
- Killion, M., Schulein, R., Christensen, L., Fabry, D., Revit, L., Niquette, P. & Chung, K. (1998). Real-World Performance of an ITE Directional Microphone. *Hearing Journal, 51*, 1.
- Klatte, M., Bergstrom, K. & Lachmann, T. (2013). Does noise affect learning? A short review on noise effects on cognitive performance in children. *Frontiers in Psychology, 4*, 578. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00578>

- Laurence, R. F., Moore, B. C. J. & Glasberg, B. R. (1983). A Comparison of Behind-the-Ear High-Fidelity Linear Hearing Aids and Two-Channel Compression Aids, in the Laboratory and in Everyday Life. *British Journal of Audiology*, 17, 31-48.
- Lewis, D., Schmid, K., O'Leary, S., Spalding, J., Heinrichs-Graham, E. & High, R. (2016). Effects of Noise on Speech Recognition and Listening Effort in Children With Normal Hearing and Children With Mild Bilateral or Unilateral Hearing Loss. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 59(5), 1218-1232.
https://doi.org/10.1044/2016_JSLHR-H-15-0207
- Lewis, M. S., Crandell, C., Valente, M. & Horn, J. (2004). Speech Perception in Noise: Directional Microphones versus Frequency Modulation (FM) Systems. *Journal of the American Academy of Audiology*, 15, 426-439. <https://doi.org/10.3766/jaaa.15.6.4>
- Negesse, F. (2018). Noise Annoyance Reactions of Children in Primary Schools. *The Ethiopian Journal of Education*.
- Noh, H. & Park, Y. G. (2012). How close should a student with unilateral hearing loss stay to a teacher in a noisy classroom? *International Journal of Audiology*, 51(6), 426-432.
<https://doi.org/10.3109/14992027.2012.654855>
- Norsk elektroteknisk komite. (2011). *Sound system equipment, Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index* (NEK EN 60268-16).
- Norsk Samfunnsvitenskapelig Datatjeneste. (2019, 14. november). Personverntjenester. Hentet 30. mars 2020 fra https://nsd.no/personvernombud/meld_prosjekt/index.html
- Norsk Standard. (2003). *Ergonomi: Vurdering av talekommunikasjon* (NS-EN ISO 9921).
- Norsk Standard. (2008). *Akustikk: Måling av romakustiske parametere, Del 2: Etterklang i vanlige rom* (NS-EN ISO 3382-2).

- Norsk Standard. (2012a). *Akustikk: Audiometriske prøvingsmetoder, Del 3: Taleaudiometri* (NS-EN ISO 8253-3).
- Norsk Standard. (2012b). *Akustikk: Audiometriske prøvingsmetoder, Part 3: Taleaudiometri* (NS-EN ISO 8253-3).
- Norsk Standard. (2012c). *Akustikk: Måling av romakustiske parametere, Del 3: Åpne kontorlandskap* (NS-EN ISO 3382-3).
- Norsk Standard. (2019). *Lydforhold i bygninger, Lydklasser for ulike bygningstyper* (NS 8175).
- NTI Audio. (u.å.). TalkBox. Hentet 5. mars 2020 fra <https://www.nti-audio.com/en/products/talkbox>
- Osman, H. & Sullivan, J. R. (2014). Children's auditory working memory performance in degraded listening conditions. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 57(4), 1503-1511. https://doi.org/10.1044/2014_JSLHR-H-13-0286
- Pillay, D. & Vieira, B. (2020). Noise, screaming and shouting: Classroom acoustics and teachers' perceptions of their voice in a developing country. *South African Journal of Childhood Education*, 10. <https://doi.org/10.4102/sajce.v10i1.681>
- Plomp, R. & Mimpen, A. M. (1979). Improving the Reliability of Testing the Speech Reception Threshold for Sentences. *Audiology*, 18, 43-52.
- Ricketts, T. & Hornsby, B. (2003). Distance and Reverberation Effects on Directional Benefit. *Ear & Hearing*, 24(6), 472-484. <https://doi.org/10.1097/01.AUD.0000100202.00312.02>
- Ringdal, K. (2013). *Enhet og mangfold: Samfunnsvitenskapelig forskning og kvantitativ metode* (3. utg.). Bergen: Fagbokforlaget.

- Ruscetta, M. N., Arjmand, E. M. & Pratt, S. R. (2005). Speech recognition abilities in noise for children with severe-to-profound unilateral hearing impairment. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 69(6), 771-779. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2005.01.010>
- Sato, H. & Bradley, J. S. (2008). Evaluation of acoustical conditions for speech communication in working elementary school classrooms. *Journal of Acoust Society of America*, 123(4), 2064-2077. <https://doi.org/10.1121/1.2839283>
- Seep, B., Glosemeyer, R., Hulce, E., Linn, M. & Aytar, P. (2000). Classroom Acoustics: A Resorce for Creating Enviroments with Desirable Listening Conditions. Hentet fra <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED451697.pdf>
- SINTEF. (2017a, 6. desember). Et headset kan forandre liv. Hentet 29. mars 2020 fra <https://www.sintef.no/siste-nytt/-et-headset-kan-forandre-liv/>
- SINTEF. (2017b, 27. januar). I Hear You! Hentet 29.mars 2020 fra <https://www.sintef.no/en/projects/i-hear-you/>
- Smart, J. L., Purdy, S. C. & Kelly, A. S. (2018). Impact of Personal Frequency Modulation Systems on Behavioral and Cortical Auditory Evoked Potential Measures of Auditory Processing and Classroom Listening in School-Aged Children with Auditory Processing Disorder. *Journal of the American Academy of Audiology*, 29(7), 568-586. <https://doi.org/10.3766/jaaa.16074>
- Smits, C., Theo Goverts, S. & Festen, J. M. (2013). The digits-in-noise test: assessing auditory speech recognition abilities in noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 133(3), 1693-1706. <https://doi.org/10.1121/1.4789933>
- Solvang, I. E., Naalsund, K., Tønder, S., Hansen, G. S., Hagen, T. B., Mnyani, C., ... Øygarden, J. (2019). Prevalence of hearing impairment among primary school children in the Kilimanjaro region within Tanzania. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 130, 109797. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2019.109797>

- Swanepoel, D. & Clark, J. L. (2018). Hearing healthcare in remote or resource-constrained environments. *The Journal of Laryngology & Otology*, 133(1), 11-17.
<https://doi.org/10.1017/S0022215118001159>
- Taylor, B. (2003). Speech-in-noise tests: How and why to include them in your basic test battery. *The hearing journal*, 56, 40-43.
<https://doi.org/10.1097/01.HJ.0000293000.76300.ff>
- Tungaraza, F. D. (2014). The Arduous March toward Inclusive Education in Tanzania: Head Teachers' and Teachers' Perspectives. *Africa Today*, 61, 109-123. Hentet fra <https://www.jstor.org/stable/pdf/10.2979/africatoday.61.2.109.pdf>
- Uduku, O. (2015). Designing schools for quality: An international, case study-based review. *International Journal of Educational Development*, 44, 56-64.
<https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2015.05.005>
- United Nations Association of Norway. (2020, 28.01.2020). FN's bærekraftsmål. Hentet 29. mars 2020 fra <https://www.fn.no/Om-FN/FNs-baerekraftsmaal>
- Valente, M., Fabry, D. & Potts, L. (1995). Recognition of Speech in Noise with Hearing Aids using Dual Microphones. *Journal of the American Academy of Audiology*, 6, 440-449.
- Versfeld, N. J., Daalder, L., Festen, J. M. & Houtgast, T. (2000). Method for the selection of sentence materials for efficient measurement of the speech reception threshold. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 107(3), 1671-1684.
<https://doi.org/10.1121/1.428451>
- Wightman, F. L., Kistler, D. J. & O'Bryan, A. (2010). Individual differences and age effects in a dichotic informational masking paradigm. *Journal of Acoust Society of America*, 128(1), 270-279. <https://doi.org/10.1121/1.3436536>

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(4), 844-856.
[https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2007/059\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2007/059))

Wolfe, J., Morais, M., Neumann, S., Schafer, E., Mülder, H. E., Wells, N., ... Hudson, M. (2013). Evaluation of Speech Recognition with Personal FM and Classroom Audio Distribution Systems. *Journal of Educational Audiology*, 19. Hentet fra <http://www.edaud.org/journal/2013/7-article-13.pdf>

World Health Organization. (1999). *Guidelines for Community Noise*. Hentet fra <https://www.who.int/docstore/peh/noise/Comnoise-4.pdf>

World Health Organization. (2004). Guidelines for hearing aids and services for developing countries Hentet fra <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43066>

World Health Organization. (2016). *Improving access to assistive technology - Report by the Secretariat*. Hentet fra https://www.who.int/phi/implementation/assistive_technology/Improving_access_to_assistive_technology.pdf

World Health Organization. (2018). Prevention of blindness and deafness - estimates. Hentet 12. februar 2020 fra <https://www.who.int/pbd/deafness/estimates/en/>

World Health Organization. (2019). Global perspectives on assistive technology. Hentet 29. mars 2020 fra <https://apps.who.int/iris/handle/10665/330372>

World Health Organization. (2020, 1. mars). Deafness and hearing loss. Hentet fra <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>

Øygarden, J. (2009). *HiST taleaudiometri* Tapir Akademisk Forlag.

Vedlegg I – Om «I Hear You!»

Dette bachelorprosjektet er gjort i samarbeid med SINTEF og deres prosjekt «I Hear You!». Prosjektet har som mål å hjelpe barn med nedsatt hørsel i Tanzania og sikre disse barnas tilgang på en utdanning. Forskere i SINTEF har arbeidet med ideen siden 2012, men fikk i 2017 bevilget midler av Forskningsrådet og NORAD til et, i første omgang, fireårig prosjekt. «I Hear You!» jobber mot FNs bærekraftsmål 1, 3 og 4 som er 1: Utrydde alle former for fattigdom i hele verden, 3: Sikre god helse og fremme livskvalitet for alle, uansett alder, 4: Sikre inkluderende, rettferdig og god utdanning og fremme muligheter for livslang læring for alle (SINTEF, 2017a; United Nations Association of Norway, 2020).

Prosjektet har som betingelse at det som settes i gang skal være bærekraftig, og at det i fremtiden skal kunne fungere uavhengig av teknologi og eksperter fra den vestlige verden. Det er allerede utviklet et app-basert screeningverktøy, og videre skal det utvikles et helhetlig hørselsrelatert helsetilbud som skal kunne tilbys lokalt. Inkludert i dette er et opplæringstilbud om hørselsrehabilitering for lærere og lokale helsearbeidere (SINTEF, 2017b). Det siste punktet «I Hear You!» sin prosjektplan er å utvikle et teknisk hørselshjelpemiddel, eller alternativt, å inkorporere et allerede eksisterende produkt, hvis det finnes et som egner seg.

“I Hear You!” samarbeider med Deaf-Aid, Open University of Tanzania og NTNU.

Vedlegg II – Taleaudiometrimaterialet

Innspillingen av taleaudiometrimateriale

Innspillingen av taleaudiometrimaterialet fulgte kravene i Norsk Standard NS-EN ISO 8253-3 (2012a, s. 5-6) som omhandler taleaudiometri. Etterklangsmåling av rommet som ble brukt til innspillingen ble utført etter teknisk metode beskrevet i Norsk Standard NS-EN ISO 3382-2 (2012c, s. 8-9) om måling av romakustiske parametere. Etterklangen i rommet ble målt til under 0,3 sekunder mellom 125 Hz – 8000 Hz. Standarden påpeker at det skal være SNR på 40 dB mellom bakgrunnstøy og talen som blir innspilt. Bakgrunnstøyen i rommet ble målt til 19,5 dB LA_{eq} (1 min), men volumet på talen ble ikke målt. Oppleseren ble bedt om å snakke så naturlig som mulig og ved et volum tilsvarende alminnelig konversasjon.

Mikrofonen som ble brukt var en Neumann KM84 og ble valgt for sin flate frekvensrespons mellom 125 Hz og 8000 Hz. Samme mikrofon i nyere utgave er ofte brukt i innspilling av taleaudiometrimateriale (Dietz et al., 2014, s. 730; Holube, Fredelake, Vlaming & Kollmeier, 2010, s. 893). Mikrofonsignalet ble forsterket gjennom en AMS Neve 1073 uten filter aktivert. Den analoge til digitale konverteringen av lydsignalet ble gjort med en Apogee Symphony MK1 ved 48 kHz samplingsfrekvens og ved 24 bit. Lydredigeringsprogrammet som ble brukt var Avid Pro Tools 12. Mikrofonen ble plassert i 45° vinkel i det horisontale plan, i samme høyde og med en avstand på ca. 20 cm fra munnen. Dette er samme oppstilling som ble brukt av Byrne et al. (1994, s. 2111) og adoptert i utviklingen av International Speech Test Signal (ISTS) (Holube et al., 2010, s. 893). Avstanden ble valgt for å få minst mulig av romakustikken på opptaket og plasseringen av mikrofonen på siden, vinklet inn mot munnen, ble valgt for å unngå at man blåser på mikrofonmembranen.

Oppleseren var en kvinne fra Tanzania som snakker swahili. Taleren er født og oppvokst i Dar-es-Salaam. Det ble valgt en kvinne fordi en kvinnestemmes grunnfrekvens ligger midt imellom en barnestemme og en mannsstemme, noe som er i tråd med et argument til utviklerne av ISTS (Holube et al., 2010). En annen fordel med å bruke en kvinnestemme er at frekvensresponsen til høyttaleren som ble brukt faller raskt under 100 Hz (NTI Audio, u.å.). Dette passet godt med at oppleseren som ble brukt hadde gjennomsnittsgrunntone i 200 Hz område, med variasjoner mellom 140-250 Hz. En mannsstemmes grunntone vil ligge nærmere, og muligens utenfor, høyttalerens lineære frekvensområde.

Tallordene ble spilt inn i grupper av tre, det vil si 0-1-2, 1-2-3, ...8-9-10, 9-10-0. Dette ble gjort for å få en versjon av alle tallene uttalt både som det første tallet i tallordsgruppen, som det midterste tallet i tallordsgruppen og som det siste tallet i tallordsgruppen. Senere kunne disse tallene klippes opp, dupliseres og settes sammen i ønskede kombinasjoner. Denne metoden er foreslått av ICRA Working Group on Multilingual Speech Tests (Akeroyd et al., 2015, s. 19). Prosedyren ble gjentatt et par ganger for å ha noen versjoner å velge mellom. Det ble også innspilt en kort fortelling på ca. 1,5 minutter, som ble brukt til å generere babbelstøy. Oppleseren øvde på materialet før innspillingen startet. Det ferdig innspilte talematerialet gjennomgikk forsiktig og selektiv støyfjerning i iZotope RX4. Talesignalet ble ikke rørt, men lyder fra andre kroppsbevegelser enn tale, og lignende, ble fjernet. All tale ble filtrert med et 18 dB pr. oktav høypass FIR-filter ved 60 Hz for å minimere lavfrekvent støy.

Babbelstøyen ble generert ved å reversere lydfilen med den korte fortellingen og fjerne alle pauser. Lydfilen ble så duplisert 5 ganger og lagt over hverandre med forskjellig starttidspunkt. Long Term Average Speech Spectra (LTASS) av tallordene og talebabbelen ble analysert ved hjelp av Audacity og sammenlignet for å kontrollere at de ikke skilte seg for mye fra hverandre.

Tallordene ble lest inn med dynamiske volumforskjeller og tonefall som oppstår i naturlig tale. For å sikre at alle tallordene kunne høres like godt gjennom babbelstøyen, ble det foretatt testavspillinger gjennom samme type høyttaler og ved samme volum som skulle bli brukt under selve testingen av skoleelevene. Eneste forskjell var at talematerialet og babbelstøyen ble avspilt fra samme høyttaler. Dette ble gjort for å gjøre det så vanskelig som mulig å høre talesignalet gjennom støyen. Materialet ble først avspilt med omtrent 0 dB SNR mellom talesignalet og babbelstøyen. Ved subjektiv vurdering ble det vurdert om noen av tallordene forsvant i støyen. Hvis dette var tilfelle ble dette tallordet byttet ut med en annen versjon av tallordet som bedre kunne høres. For det meste var det det siste tallord i tallordsgruppen som ble for svakt, noe som er et kjent fenomen og forekommer naturlig i tale (Versfeld, Daalder, Festen & Houtgast, 2000, s. 1680). Kunne tallordet fortsatt ikke høres etter utskiftningen, ble volumet av det enkelte tallordet justert opp til det var like tydelig som resten av talematerialet. Avspillingen ble så gjentatt med økt babbelstøy, og tallordene som forsvant ble igjen justert. Denne prosessen ble gjentatt med økt babbelstøy helt til talesignalet ikke kunne høres i det hele tatt. Prosedyren ble gjentatt i forskjellige rom for å minske sjansen for at akustikken påvirket signal-støyforholdet.

Beskrivelse av tretallsprøven som ble utviklet

Denne tretallsprøven består av tallordene 0 til 10 og hver tallordsgruppe som blir opplest består av tre forskjellige tallord etterfulgt av en pause på 5 sekunder. På swahili er alle disse tallene tostavellesord unntatt tallet 0 som er et trestavellesord. I konstruksjon av tretallsprøver anbefaler ICRA Working Group on Multilingual Speech Tests (Akeroyd et al. 2015, s. 18) å bruke tall mellom 0-9 og velge tallord med et likt antall stavelser for å unngå at testobjektet klarer å gjenkjenne tallord på bakgrunn av antall stavelser. Trestavelles tallordet ble inkludert på tross av dette, fordi det bidro med to ekstra konsonanter som ellers ikke forekom i resten av materialet. Tallet 10 ble også lagt til, noe som ga ytterligere en konsonant. Sammenlagt økte dette antall konsonanter fra 7 til 10.

Hver testliste ble satt sammen av 22 tallordsgrupper. Det vil si at hvert tallord gjentas 6 ganger pr. liste: 2 ganger som første tallordet i tallordsgruppen, 2 ganger som det midterste tallordet i tallordsgruppen og 2 ganger som det siste talletordet i tallordsgruppen. Dette blir til sammen 66 mulige tallord og svarenheter pr. testliste. Testlistene ble delt i to med en pause, slik at elevene skulle få sjansen til å finne tilbake hvis de skulle miste tråden. Hver halve testliste, er kalt A, B, C osv. Tallordene ble satt sammen i vilkårlig rekkefølge og kombinasjoner som hadde potensiale til å gjøre det lettere for elevene, ble unngått, som for eksempel stigende rekkefølge og gjentakelse av samme tall.

Tretallsprøven var ikke validert før bruk som det anbefales i Norsk Standard NS-EN ISO 8253-3 (2012a, s. 7-8) og balansen mellom tallordenes volum ble justert utelukkende på tilbakemelding fra de tre involverte forfatterne.

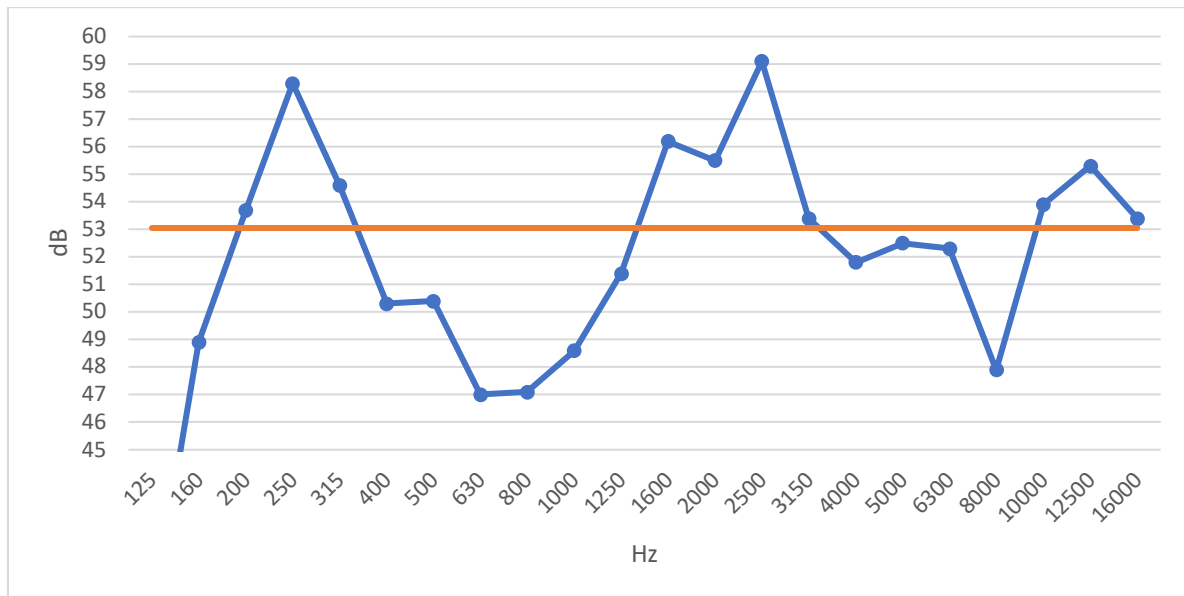
Vedlegg III – Svarark mal

Mvulana	Mischana	Umri	
Jaribio A			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
Jaribio D			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
Jaribio G			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
Jaribio J			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
Jaribio B			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
Jaribio E			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
Jaribio H			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
Jaribio K			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
Jaribio C			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
Jaribio F			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
Jaribio I			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
Jaribio L			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			

Rad	Plass	ID
-----	-------	----

Tretallsprøvens svarark. Jaribio betyr test på swahili, mvulana og mischana betyr jente og gutt, og umri betyr alder.

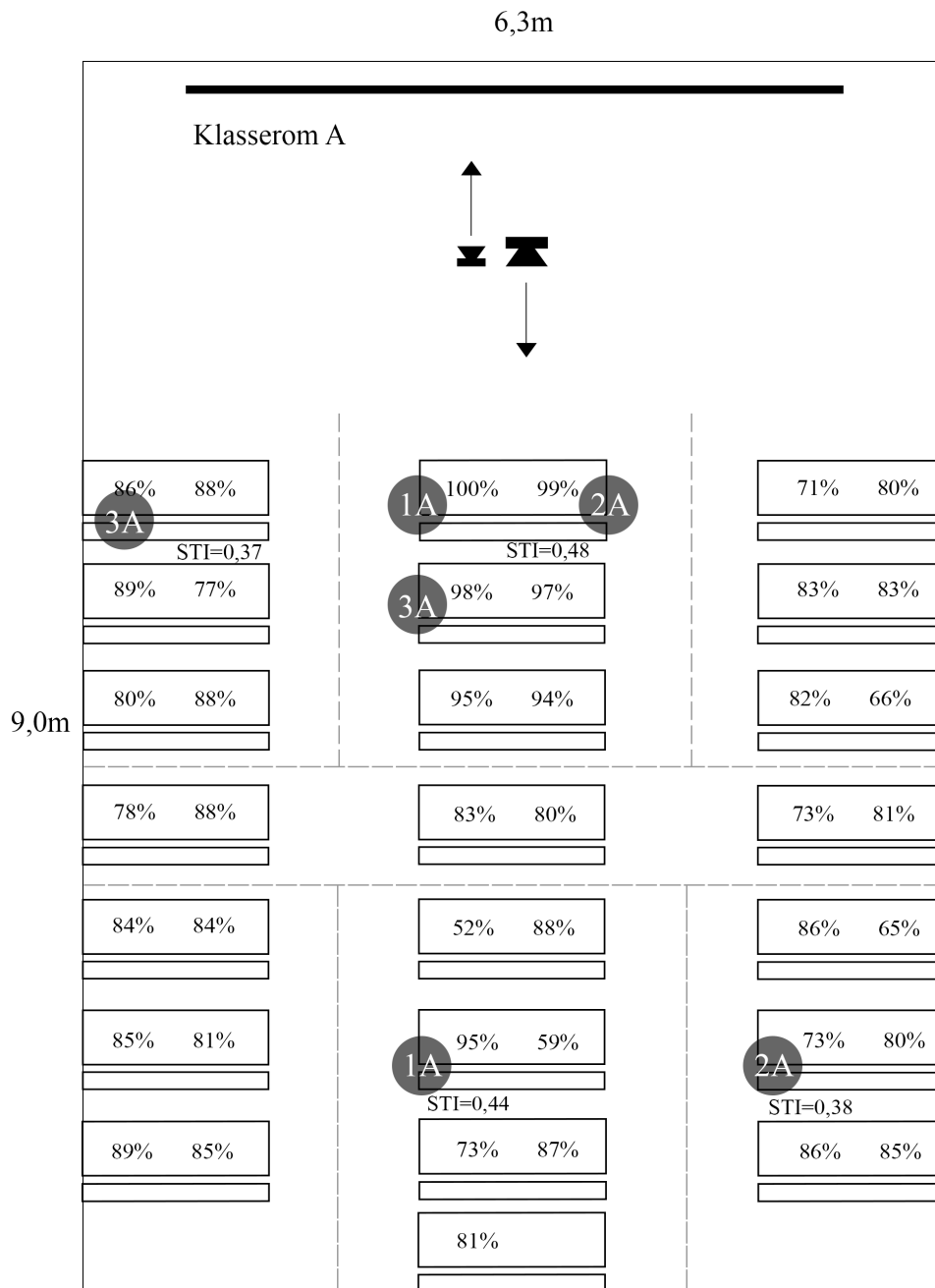
Vedlegg IV – Støyhøytalerens frekvensrespons



Støyhøytalerens (MusicBaby IPA-318) frekvensrespons målt med rosa støy i 1/3 oktaver ved 66 dB LAeq og ved 0,5 meter.

Vedlegg V – Oppstillingsplott og resultatkart

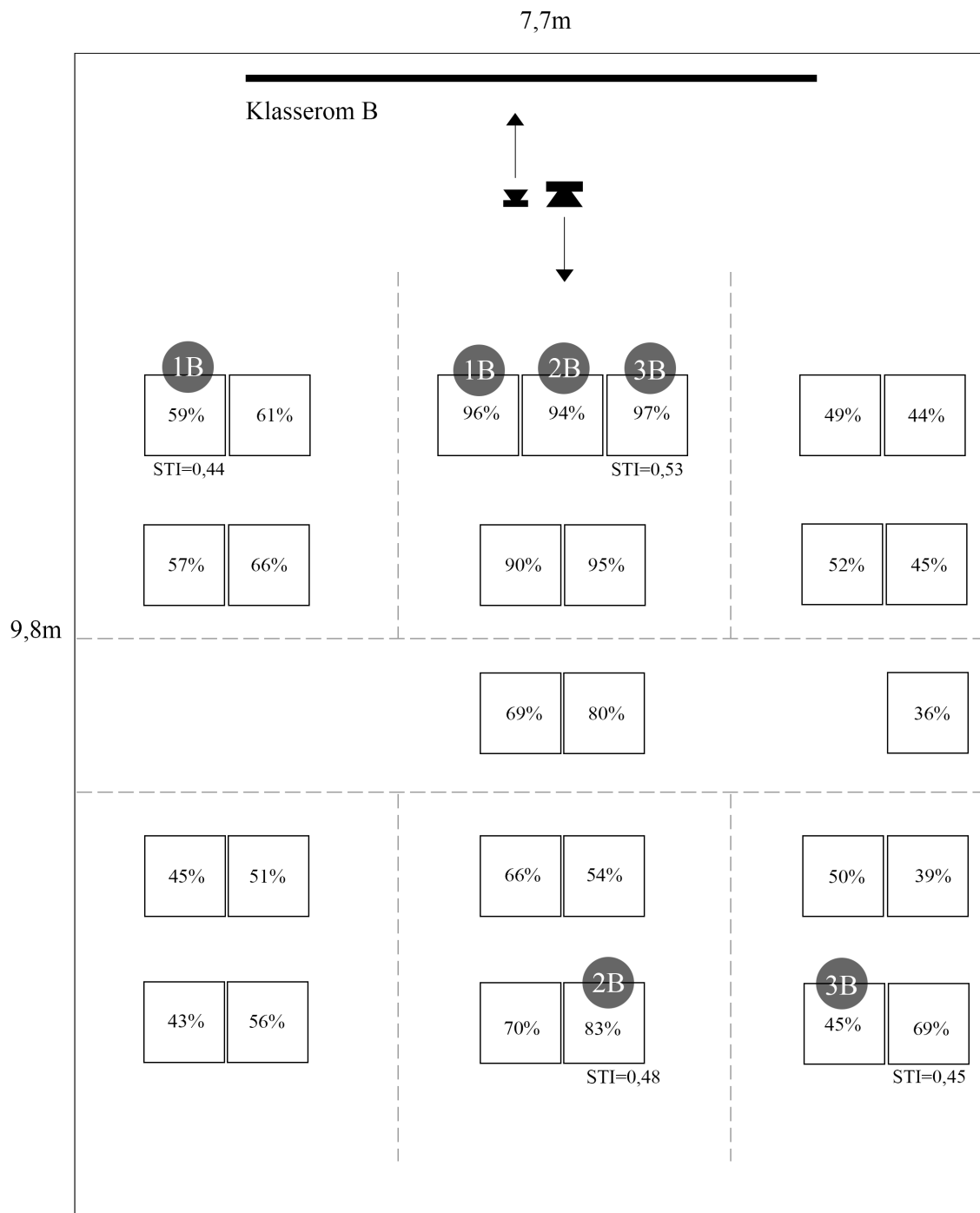
Skole A



Elev 1A	Elev 2A	Elev 3A	
56 %	67 %	71 %	-Ytterkant av klasserom uten hjelpemiddel
67 %	55 %	71 %	-Med samtaleforsterker
100 %	100 %	100 %	-Med RM-system
91 %	95 %	95 %	-Framme ved lydkilde uten hjelpemiddel

1A-3A = Forsøksperson med nedsatt hørsel. Stiplet linje viser oppdeling for gjennomsnitt og STI-målinger.

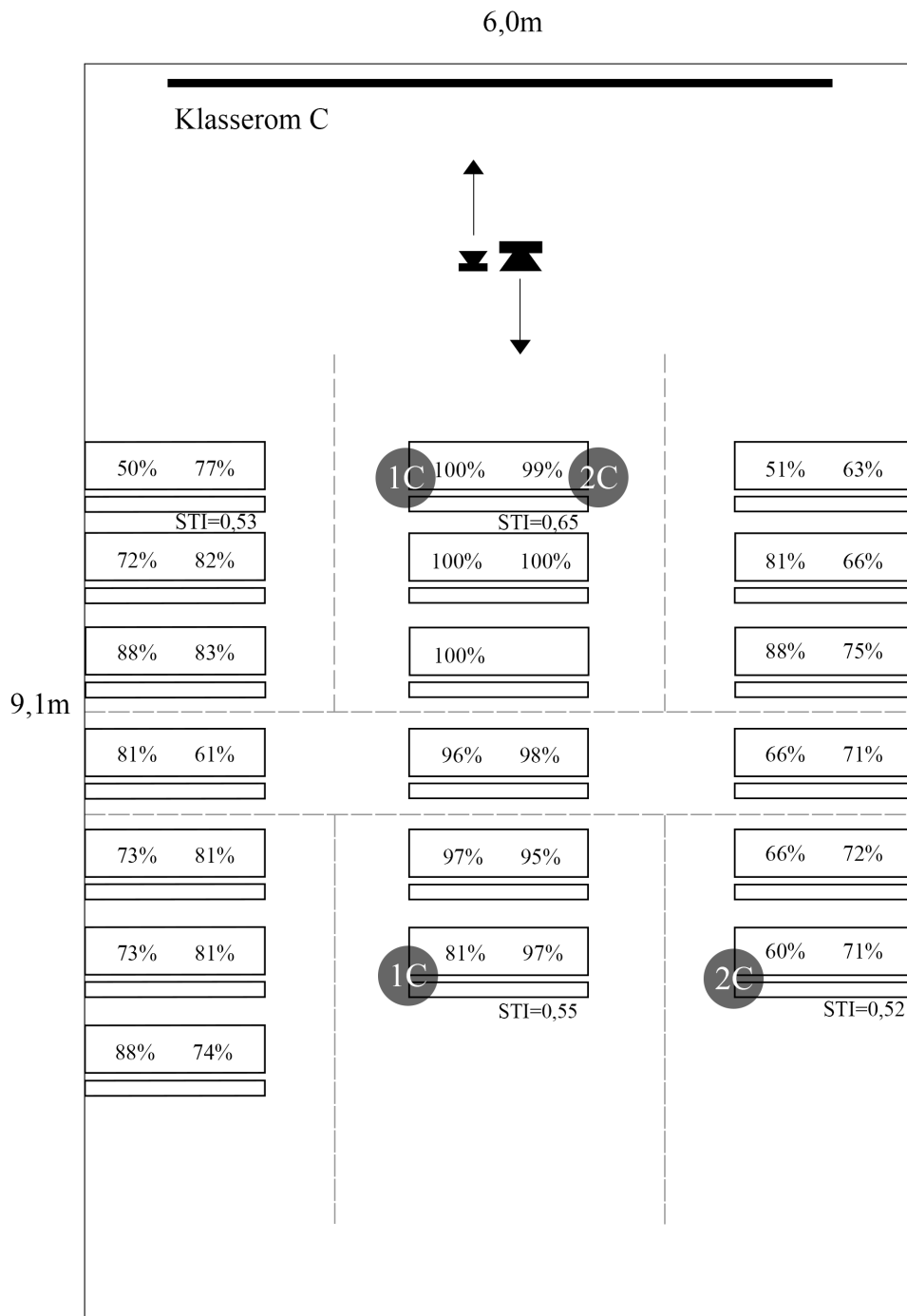
Skole B



Elev 1B	Elev 2B	Elev 3B	
41 %	61 %	0 %	-Ytterkant av klasserom uten hjelpemiddel
41 %	58 %	23 %	-Med samtaleforsterker
100 %	100 %	100 %	-Med RM-system
70 %	92 %	42 %	-Framme ved lydkilde uten hjelpemiddel

1B-3B = Forsøksperson med nedsatt hørsel. Stiplet linje viser oppdeling for gjennomsnitt og STI-målinger.

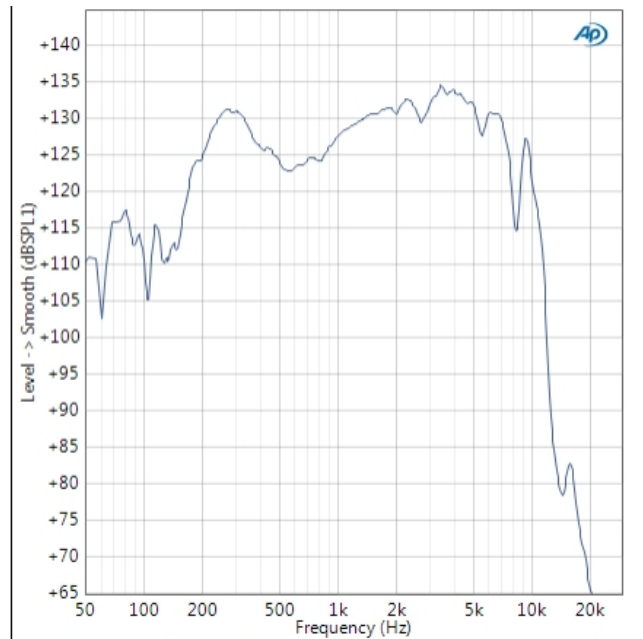
Skole C



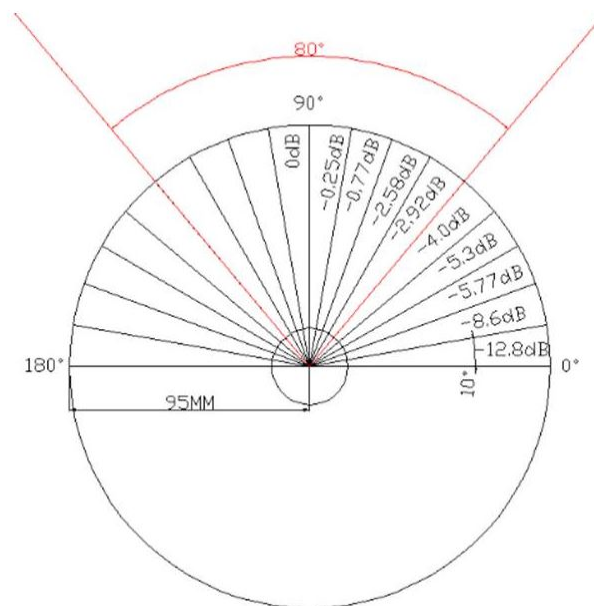
Elev 1C	Elev 2C	
50 %	61 %	-Ytterkant av klasserom uten hjelpemiddel
70 %	47 %	-Med samtaleforsterker
97 %	100 %	-Med RM-system
100 %	100 %	-Framme ved lydkilde uten hjelpemiddel

1C og 2C = Forsøksperson med nedsatt hørsel. Stiplet linje viser oppdeling for gjennomsnitt og STI-målinger.

Vedlegg VI – Datablad for samtaleforsterker



Frekvensrespons målt med et inngangssignal på 70 dB SPL.



Retningsmikrofonens direktivetsindeks.

Vedlegg VII - Samtykkeskjema

Are you interested in taking part in the research project:

“I Hear You”?

This is an inquiry about participating in a research project where the goal is to help hearing impaired children hear better in classrooms and teaching environments. This letter will give you information about the project and what participation will involve.

The projects purpose

Last year some researchers did a prevalence study of hearing impairment amongst school children in the Kilimanjaro region in Tanzania, Africa, using a new game-based screening application and a standard hearing assessment instrument. The next step in the research is to gather information about classroom acoustics and to try the efficiency of different amplification devices that can be worn by the children. The information will be used to see if it is possible to develop a sound amplification device that can help the hearing-impaired children.

Who is responsible for the research project?

The research is carried out by Bachelor of Science-students, studying audiology at the Norwegian University of Science and Technology (NTNU). The research is part of a project called “I Hear You!” initiated by a norwegian science institute, SINTEF. The students performing the research in Tanzania is: xxxxx, xxxxx and xxxxx.

SINTEF’s collaborative partners is:

- *Norwegian University of Science and Technology (NTNU)*
- *Open University of Tanzania (OUT)*
- *Patandi Teachers' College of Special Needs Education*
- *Research Council of Norway (NFR)*

About “I Hear You!”

The objectives of “I Hear You!” is to:

- Develop screening tools and new hearing devices appropriate for local communities in low-resourced settings.
- Develop a sustainable community-based model for hearing services in Tanzania.
- Develop Training programs for schoolteachers and local community health workers (CHW) in Tanzania.

The expected long-term objectives are:

- Increased enrollment and reduction in dropouts of children with hearing impairment in Tanzania.
- Improved learning outcome for children with hearing impairment in primary and secondary schools in Tanzania.

What does participation involve?

The children with hearing impairment will be asked to have their hearing assessed. This consists of an otoscopic examination, to make sure there isn't any abnormalities in the child's ear canal, and a hearing threshold test using a pure tone audiometer and a pair of headphones. The test is individual for each hearing-impaired child.

The speech recognition test will be conducted in a classroom with a speech signal, in Swahili, coming from a loudspeaker. The speech signal is composed of the numbers 0-10, and three numbers will be presented at a time. The children are to write down the numbers they can hear on a piece of paper provided by the researchers. The hearing-impaired children will use different personal hearing amplification devices with headphones. Children with normal hearing are to perform the test without devices. This test includes both the children with hearing impairment and children with normal hearing.

An interpreter will be used prior to, and during the different assessments to translate instructions given by the researchers and to translate any questions the children might have.

Participation is voluntary

Participation is voluntary. The participant can at any point withdraw the consent. It is important to note that none of the tests are expected to harm or distress the children.

Privacy policy

Anonymity is an integral part of this study and no personal data will be published.

Anonymous participant IDs will be used in place of the subjects' name. The students and the projects supervisor are the only people who will be able to access any personal data. The duty of confidentiality applies to all parties that handles the results.

Your rights

We will process your personal data based on your consent.

If the child can be identified in the collected data, you have the right to:

- View the child's personal data
- Request that the child's personal data is deleted
- Request that incorrect data is corrected

Based on an agreement with SINTEF, The Norwegian Centre for Research Data AS (NSD) has granted that the processing of personal data in this project is in accordance with data protection legislation.

Where can I find out more?

If you have questions about the project or want to exercise your rights, contact:

SINTEF via xxxxxx

NSD – The Norwegian Centre for Research Data AS, by email:

or by telephone:

Certificate of Consent from the Parent or Guardian

I have been invited as a parent or guardian to the child participating in research work in the “I Hear You” project. I have read the foregoing information, or it has been read to me. I understand a Child Assent is necessary for conducting the tests, and if my child is not willing to participate in this research, no assessments will be performed. I consent voluntarily for my child to participate as a participant in this study.

Name of Participant

Name of Parent or Guardian

I have received and understood information about the project “I Hear You” and have been given the opportunity to ask questions. I therefore consent to the following;

- for my child to participate in this project
- for my child to be assessed by the students
- that my child’s teacher may give information about my child prior to the assessments
- that the results of my child’s hearing can anonymously be used as a statistic after this project for follow-up studies

Date: (day/month/year)

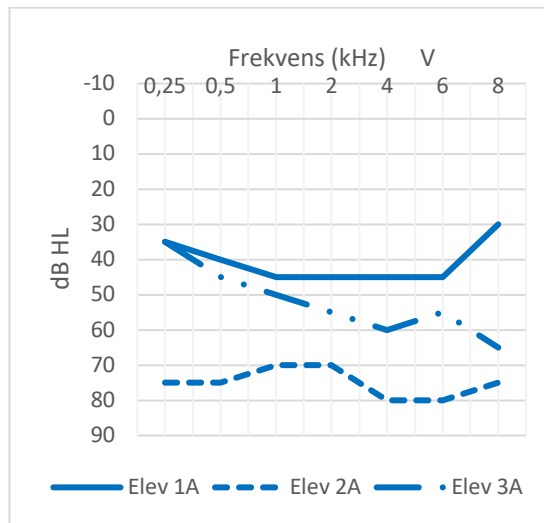
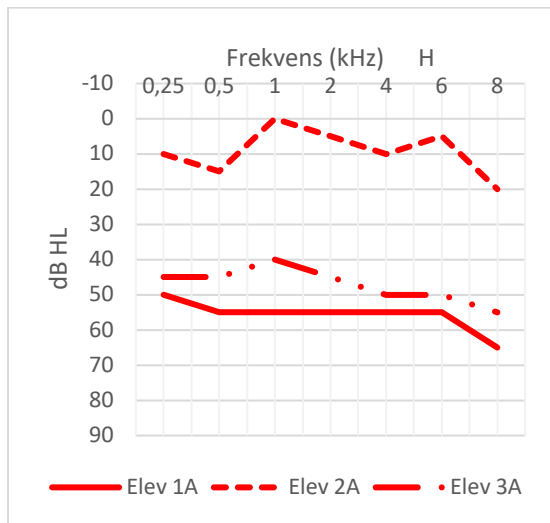
Signature of Parent or Guardian

I agree to all of the above that the children of _____ School can participate in the project “I Hear You”.

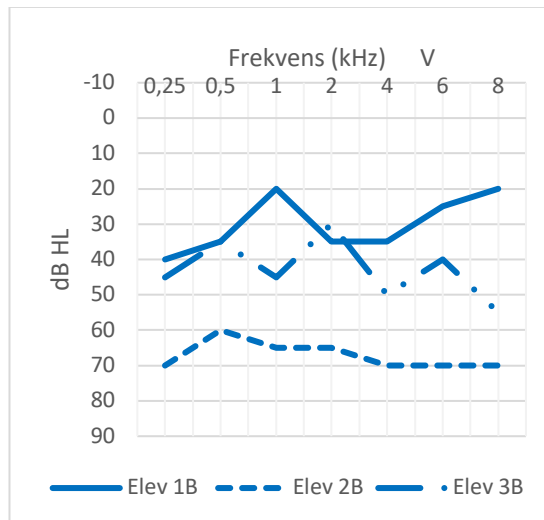
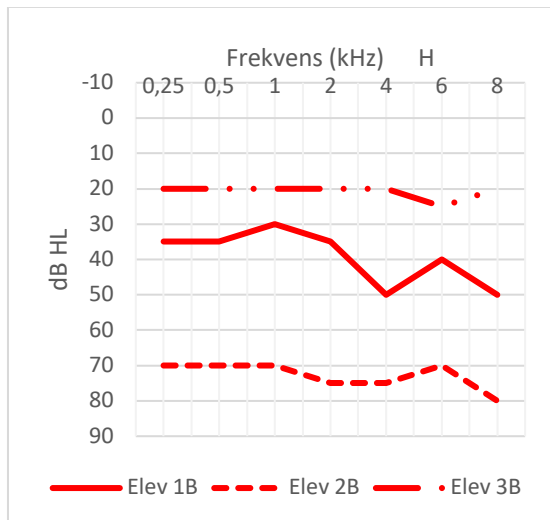
Date: (day/month/year)

Signature of Principal

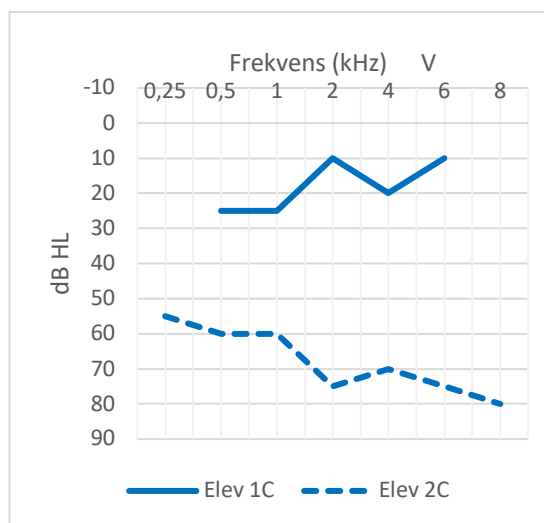
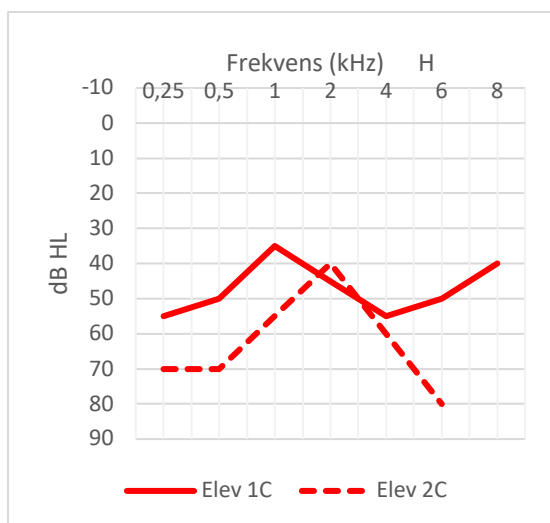
Vedlegg VIII – Forsøkspersonenes audiogrammer



Skole A

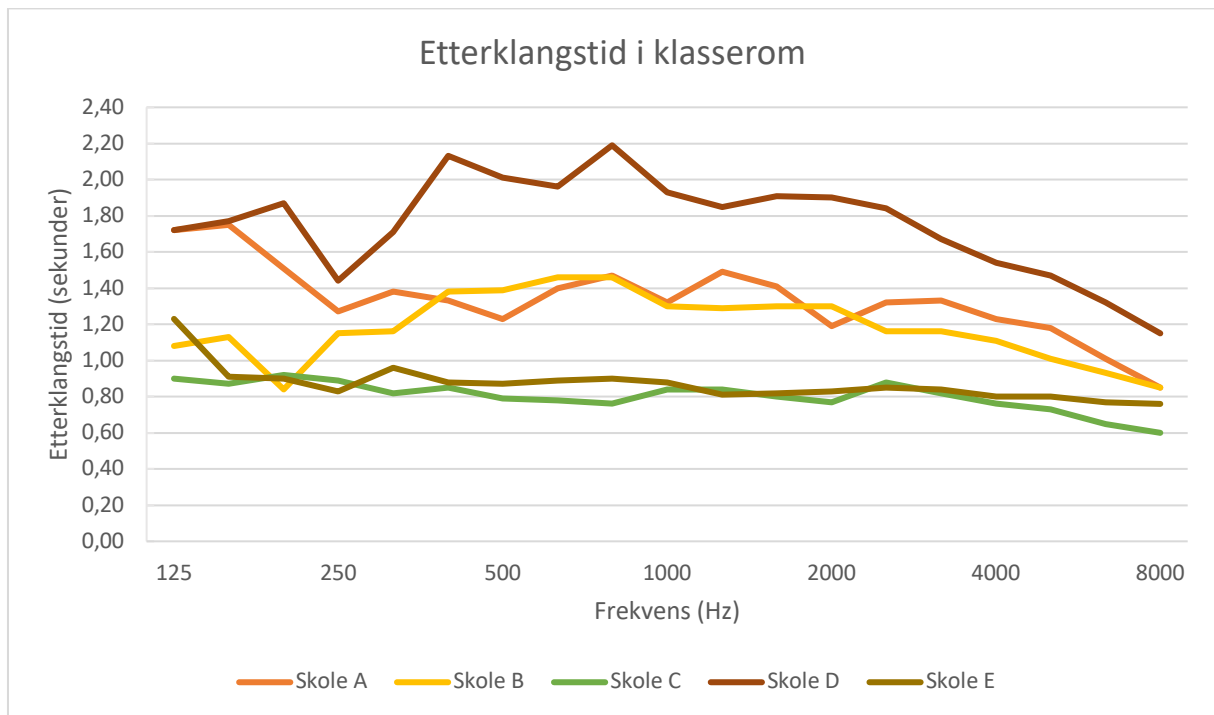


Skole B

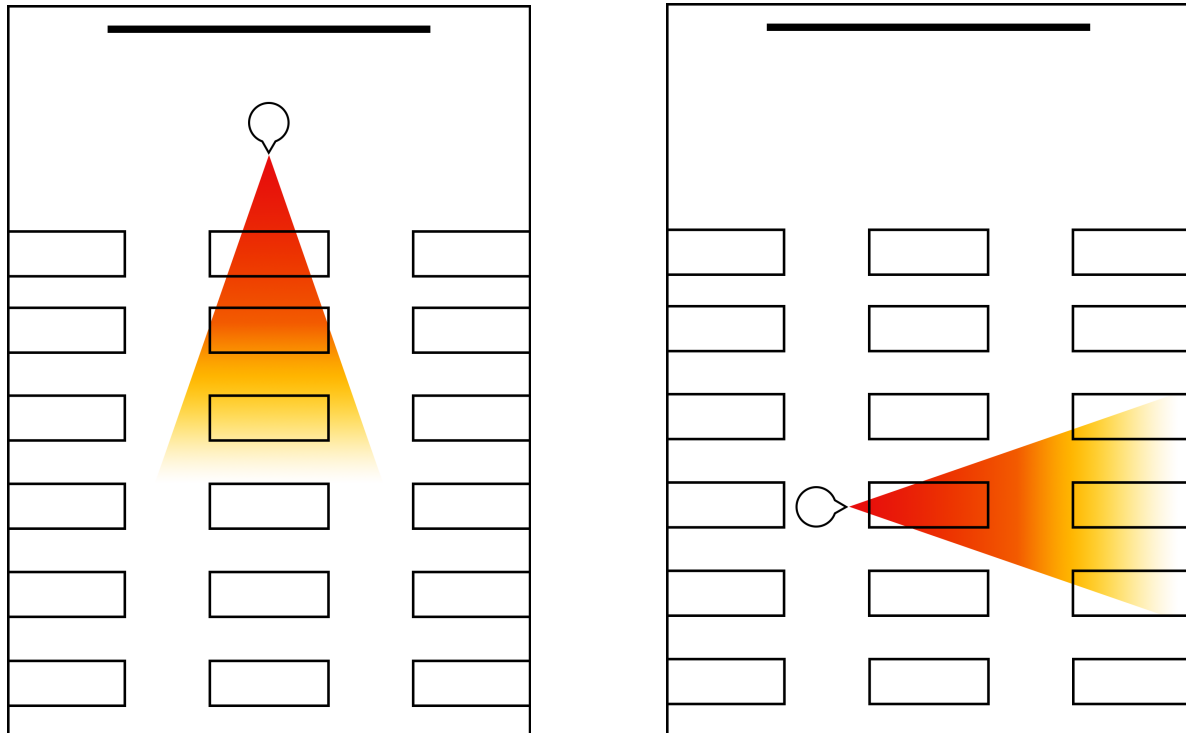


Skole C

Vedlegg IX – Frekvensplot av etterklangstidsmålinger



Vedlegg X – Forslag til fremstilling av tales spredning i klasserom til bruk i kursing av lærere



Forslag til fremstilling av hvordan en lærers tale sprer seg i et klasserom til bruk i kursing av lærere som skal undervise elever med hørselstap. Lagd med utgangspunkt i resultatene fra dette forsøket.

