

Romakustikk i øvingslokaler for skolekorps og risiko for hørselskader

Trine Erfjord Meling

Master i elektronikk

Innlevert: juni 2015

Hovedveileder: Odd Kr. Pettersen, IET

Medveileder: Tønnes Andreas Ognedal, Sinus AS

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for elektronikk og telekommunikasjon

Sammendrag

Den 9. mai 2014 skrev Stavanger aftenblad en artikkel om risiko for hørselskader ved korpsmusikk. Risiko var knyttet til dårlige øvingslokaler for skolekorps. På bakgrunn av dette engasjerte Sandnes kommune Sinus AS og Rogaland musikkråd for å kartlegge egnetheten til øvingslokalene for korpsene i kommunen. Standarden NS 8178:2014 “Akustiske kriterier for rom og lokaler til musikkutøvelse” ble utgitt i 2014. Standarden fastsetter kriterier for lydforhold og egenskaper for lokaler som benyttes til øving og framføring av musikk. Undersøkelsene i denne oppgaven vil bestå av å undersøke om standarden NS 8178:2014 tar i betraktning risikoen for hørselskader og hvilke lydnivåer som oppstår under øving med amatørmusikere.

For å kartlegge hvilke lydnivåer som oppstår i øvingslokalene ble lydnivået målt med håndholdt lydmåler og dosimetre under en korpsøvelse. I tillegg til de åtte øvingslokalene i Sandnes kommune ble det også gjennomført lydmålinger i et korpsøvingslokale ved Stavanger kulturskole. Dette korpset er et mer erfarent korps sammenlignet med de øvrige korpsene. Før og etter øvelse ble det gjennomført hørselstest på fire musikanter. Metoden som ble benyttet for å teste hørselen er NEWT-metoden utviklet ved SINTEF. Brukernes oppfattelse av øvingslokale ble kartlagt gjennom en spørreundersøkelse. Etterklangstiden i de fleste øvingslokalene er utført av Rogaland musikkråd, og gjengis i denne rapporten. Sinus AS utførte etterklangsmåling ved Stavanger kulturskole.

Ved flere av øvingslokalene ble det målt lydnivåer over varslingsgrensen på 92 dB. De kraftigste ekvivalentnivåene ble målt til 97 dB. Det ble ikke målt lydnivåer over absoluttgrensen på 99 dB. De øvingslokalene som tilfredstilte kravene i NS 8178:2014, var der hvor ekvivalentnivåene var lavest. Absorpsjonsarealet i øvingslokale har betydning for lydnivået som oppstår. Økende absorpsjonsareal minsker lydnivået. Ved å beregne lydnivået for et korps i de ulike øvingslokalene minker beregnet lydnivå med absorpsjonsarealet. Spørreundersøkelsen viste at 50 % av musikerne aldri opplevde ubehag grunnet høy lyd ved korpsøvelse, men 35 % opplevde ubehag ved spesielle musikkstykker. Et av øvingslokalene hvor 24 % av de spurte svarte at de ofte opplevde ubehag, var ikke et egnet øvingslokale for korpsmusikk i henhold til NS 8178:2014. Korpsplassering og instrumentsammensetning viste å ha innvirkning på risiko for hørselskade. Antall impulslyder over 130 dB var betraktelig større for dem som spilte trommer og var plassert i nærheten av trommer.

Fra undersøkelsene i denne oppgaven minsker NS 8178:2014 risikoen for hørselskader i øvingslokaler for korpsmusikk. Standarden har metode for å beregne lydnivået med gitt instrumentsammensetning og øvingslokalets akustiske egenskaper. Sammensetningen av instrumenter har stor betydning for lydnivået. Dersom korpset består av flere sterke instrumenter er det behov for et større absorpsjonsareal. Det er viktig å ta hensyn til det aktuelle korpset i utforming av egnet øvingslokale. Det oppstår høyere lydnivåer for amatørkorps enn for mer erfarne korps.

Abstract

9th of May 2014 “Stavanger aftenblad” wrote an article about the risk of hearing damage when playing in a marching band. The risk involved poor rehearsal rooms for school marching bands. Based on this, Sandnes kommune engaged Sinus AS and Rogaland musikkråd to identify the suitability of the rehearsal rooms. NS 8178:2014 “Acoustic criteria for rooms and spaces for music rehearsal and performance” was published in 2014. This standard determines criteria for acoustics and characteristics of rooms used for music rehearsal and performance. The studies in this thesis will consist of examining whether the NS 8178:2014 takes into consideration the risk of hearing damage and the sound levels that occur during rehearsal with amateur musicians.

To identify the sound levels that occur in rehearsal rooms, the sound levels were measured with a handheld sound level meter and dosimeters during a band rehearsal. In addition to the eight rehearsal rooms in Sandnes kommune, sound level measurements were also done in a rehearsal room at Stavanger kulturskole. This marching band is more experienced compared to those in Sandnes kommune. Before and after the rehearsal, a hearing test was done on four musicians. The method used to test the hearing was the NEWT method developed by SINTEF. Users’ perception of the rehearsal room was surveyed through a questionnaire. The reverberation time in most rehearsal rooms was done by Rogaland musikkråd and are presented in this report. Sinus AS has performed measurements of the reverberation time at Stavanger kulturskole.

The measured sound levels were above the warning limit of 92 dB in several of the rehearsal rooms. For some of the musicians the equivalent sound level was measured at 97 dB. There were not measured sound levels above the absolute limit of 99 dB. The lowest measured sound levels were in the rehearsal rooms where requirements of the NS 8178:2014 were met. The amount of absorption in a rehearsal room has an impact on the sound level. If the absorption increases, the sound level decreases. By calculating the sound level of a specific marching band in the various rehearsal rooms, the calculated sound level decreases when the absorption increases. The survey showed that 50 % of the musicians never experienced discomfort due to loud sound at rehearsals, but 35 % experienced discomfort when playing particular pieces of music. Among the musicians at one rehearsal room, 24% of the respondents replied that they often experienced discomfort. This rehearsal room was not suitable according to NS 8178:2014. A musician’s position in a marching band and composition of instruments showed to influence the risk of hearing damage. Number of impulse noises above 130 dB was significantly greater for those who played and were placed near the drums.

From investigations in this task, NS 8178:2014 decreases the risk of hearing loss in rehearsal rooms for marching bands. NS 8178:2014 has a method for calculating the sound level produced in a room, when given instrument composition and

the acoustic characteristics of the room. If the marching band consists of several powerful instruments, a larger amount of absorption is necessary. It is therefore important to consider the composition of the marching band in the design of a suitable rehearsal room. It occurs higher sound levels for amateur bands than for more experienced marching bands.

Forord

Denne rapporten er skrevet i forbindelse med masteroppgave våren 2015 ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, ved institutt for elektronikk og telekommunikasjon.

Oppgaven er skrevet i samarbeid med Sinus AS i Stavanger.

Jeg ønsker å rette en stor takk til Tron Tronstad som har veiledet meg på vegne av NTNU og SINTEF. Gjennom gode tilbakemeldinger og egne erfaringer har han bidratt til at jeg kunne gjennomføre min masteroppgave på best mulig måte.

Jeg vil også gi en stor takk til alle ansatte ved Sinus AS som har bidratt til hjelp og veiledning. Spesielt vil jeg takke Tønnes A. Ognedal for en interessant oppgave og gode innspill underveis.

Takk til Sandnes kommune for å fremme en viktig problemstilling og alle de involverte i korpsene som gjorde det mulig å gjennomføre undersøkelsene i denne oppgaven.

Til slutt vil jeg takke mine gode medstudenter for gode diskusjoner og innspill.

Trine Erfjord Meling

10. juni 2015

Innhold

1	Introduksjon	1
2	Bakgrunn	3
2.1	Romakustikk	3
2.1.1	Lydnivå	3
2.1.2	Etterklangstid	5
2.2	Menneskets øre og hørsel	6
2.2.1	Ørets oppbygning	6
2.2.2	Hørselsskader	7
2.2.3	Audiometri	8
2.2.4	New early warning test (NEWT)	9
2.3	NS 8178:2014 “Akustiske kriterier for rom og lokaler til musikk- utøvelse”	9
2.3.1	Akustisk lydsterk musikk	10
2.3.2	Etterklangstid	11
2.3.3	Beregning av lydnivå	13
2.4	Grenseverdier og anbefalinger	14
2.4.1	Arbeidstilsynsloven	14
2.4.2	Musikkanlegg og helse, veiledning til arrangører og kommuner	15
3	Relatert arbeid	17
3.1	Musikers lydbelastning og hørselsslidelser	17
3.2	Midlertidig terskelskift ved høy musikk	18
3.3	Lydbelastning hos musikere i symfoniorkester	19
4	Utførelse	21
4.1	Korps- og rombeskrivelse	21
4.2	Spørreundersøkelse	22
4.3	Hørselstest	23
4.4	Lydnivå målt med dosimeter og lydmåler	24
4.5	Beregninger	24
4.5.1	Konvulsjon ved beregning av 30 minutters ekvivalentnivå . .	24
4.5.2	Midlet impulsnivå	25
4.5.3	Dose	25

4.6	Utstyrliste	25
5	Resultater	27
5.1	Målt ekvivalent lydnivå og impulslyd	27
5.1.1	Austrått skole	28
5.1.2	Hana skole	30
5.1.3	Bogafjell skole	31
5.1.4	Soma-Stangeland skole	33
5.1.5	Sandved skole	34
5.1.6	Trones skole	36
5.1.7	Riska ungdomskole	38
5.1.8	Lura skole	39
5.2	Beregnet og målt lydnivå i diffus feltet for korpene i øvingslokalene	41
5.3	Hørselstest	42
5.4	Etterklangstid	45
5.5	Spørreundersøkelse	50
6	Diskusjon	55
6.1	Tilfredstilles de romparametriske kravene satt i NS 8178:2014? . . .	55
6.2	Øvingslokale og lydnivå	57
6.3	Absorpsjonsarealet og lydnivå	58
6.4	Korpsstørrelse og lydnivå	60
6.5	Korpsplassering og lydnivå	61
6.6	Brukernes oppfattelse av øvingslokale	63
6.7	Usikkerhet	65
7	Konklusjon og anbefalinger	67
8	Videre arbeid	69
	Bibliografi	69
A	Korpsplassering	I
B	Dosimeterplassering	VII
C	Faktoren T/T_m for øvingslokalene	IX
D	Romforsterkning	XI
E	Effekttall for et utvalg instrumenter	XIII
F	Spørreundersøkelse	XV

Tabeller

2.1	Kjente lydnivåer målt i desibel	4
2.2	Verdens helseorganisasjons kategorisering av hørselen	9
2.3	Øvingsrom til akustisk, lydsterk musikk	11
2.4	Anbefalte krav til lydnivå i publikumsareal	15
4.1	Informasjon om øvingslokalene, antall musikere totalt i korpset og antall tilstede under målingene	22
4.2	Utstyrliste	25
5.1	Høyeste impulsnivå målt ved musikerne ved Austrått skole	29
5.2	De 10 høyeste impulsnivåene målt ved Austrått skole	30
5.3	Høyeste impulsnivå målt ved musikerne ved Hana skole	31
5.4	De 10 høyeste impulsnivåene målt ved Hana skole	31
5.5	Høyeste impulsnivå målt for musikerne ved Bogafjell skole	32
5.6	De 10 høyeste impulsnivåene målt ved Bogafjell skole	32
5.7	Høyeste impulsnivå målt ved musikerne ved Soma-Stangeland skole	34
5.8	De 10 høyeste impulsnivåene målt ved Soma-Stangeland skole	34
5.9	Høyeste impulsnivå målt ved musikerne ved Sandved skole	36
5.10	De 10 høyeste impulsnivåene målt ved Sandved skole	36
5.11	Høyeste impulsnivå målt ved musikerne ved Trones skole	37
5.12	De 10 høyeste impulsnivåene målt ved Trones skole	37
5.13	Høyeste impulsnivå målt ved musikerne ved Riska ungdomskole	39
5.14	De 10 høyeste impulsnivåene målt ved Riska ungdomskole	39
5.15	Høyeste impulsnivå målt ved musikerne ved Lura skole	40
5.16	De 10 høyeste impulsnivåene målt ved Lura skole	41
5.17	Beregnet lydnivå for korpset i øvingslokalene	41
5.18	Hørselstest	43
5.19	Målt etterklangstid, T [s], i øvingslokalene sammen med gjennomsnittlig etterklangstid for oktavbåndene 500 og 1000 Hz	45
5.20	Resultat fra spørreundersøkelsen spørsmål: Tenk på lyden når du øver i korpset. har du opplevd ubehag grunnet høy lyd under øvelse? Svarene er kategorisert etter øvingslokale	51

6.1	Akustisk kapasitans for øvingslokalene og antall musikere tilstede under undersøkelsene	57
B.1	Oversikt over hvilke instrument musikerne med dosimeter spiller, for hver av skolene	VIII
C.1	Faktor T/T_m	IX
C.2	Avvik for faktoren T/T_m ved øvingslokalene fra kravet i NS 8178	X
E.1	Effekttall k for et utvalg instrumenter	XIV

Figurer

2.1	Filterkarakteristikk for A- og C-vektet lydnivå	5
2.2	Menneskets øret	6
3.1	Audiogram for sangeren i Drake-Lee sitt studie om terskelskift. Audiogrammet er rekonstruert.	18
3.2	Audiogram for bassgitaristen i Drake-Lee sitt studie om terskelskift. Audiogrammet er rekonstruert.	19
3.3	Målinger ved fremføringer og gruppe øvelser. Figuren viser måleteknikker, gruppe lokasjon og typiske måleresultater. Sirklene viser fastpunkt måling og firkantboksene viser dosimetermålinger	20
4.1	Bruker grensesnitt for hørselstesten utformet i Matlab	23
5.1	Eksempel på forskjellen mellom 1 minutters ekvivalentnivå og 30 minutters ekvivalentnivå	28
5.2	Ekvivalentnivået for de forskjellige musikerne ved Austrått skole	29
5.3	Ekvivalent nivået for de forskjellige musikerne ved Hana skole	30
5.4	Ekvivalentnivået for de forskjellige musikerne ved Bogafjell skole	32
5.5	Ekvivalentnivået for de forskjellige musikerne ved Soma-Stangeland skole	33
5.6	Ekvivalentnivået for de forskjellige musikerne ved Sandved skole	35
5.7	Ekvivalentnivået for de forskjellige musikerne ved Trones skole	37
5.8	Ekvivalentnivået for de forskjellige musikerne ved Riska ungdomskole	38
5.9	Ekvivalentnivået for de forskjellige musikerne ved Lura skole	40
5.10	Romforsterkning for øvingslokalene	42
5.11	Audiogram for musiker 1 ved Riska ungdomskole	44
5.12	Audiogram for musiker 1 ved Trones skole	44
5.13	Audiogram for musiker 2 ved Trones skole	45
5.14	Relativ etterklangstid (T/T_m) ved Austrått skole	46
5.15	Relativ etterklangstid (T/T_m) ved Hana skole	46
5.16	Relativ etterklangstid (T/T_m) ved Bogafjell skole	47
5.17	Relativ etterklangstid (T/T_m) ved Soma-Stangeland skole	47
5.18	Relativ etterklangstid (T/T_m) ved Sandved skole	48
5.19	Relativ etterklangstid (T/T_m) ved Trones skole	48

5.20	Relativ etterklangstid (T/T_m) ved Riska ungdomskole	49
5.21	Relativ etterklangstid (T/T_m) ved Lura skole	49
5.22	Relativ etterklangstid (T/T_m) ved Stavanger kulturskole	50
5.23	Tenk på lyden når du øver i korpset. Har du opplevd ubehag grunnet høy lyd under øvelse?	51
5.24	Trommer: Tenk på lyden når du øver i korpset. Har du opplevd ubehag grunnet høy lyd under øvelse?	52
5.25	Kornett: Tenk på lyden når du øver i korpset. Har du opplevd ubehag grunnet høy lyd under øvelse?	53
5.26	Hvor ofte bruker du ørepropper/hørselsvern under øving/opptreden?	53
6.1	Gjennomsnittlig etterklangstid i forhold til nettovolum for øvingslokalene ved de ulike skolene.	56
6.2	Midlet ekvivalent lydnivå for øvingslokalene plottet mot absorpsjonsarealet i øvingslokale	59
6.3	Beregnet lydnivå for Riska ungdomskole plottet mot absorpsjonsarealet til alle øvingslokalene	60
6.4	Midlet ekvivalent lydnivå målt ved øvingslokale plottet mot antall musikere i øvingslokalene	61
6.5	Maksimal ekvivalent lydnivå målt ved øvingslokale plottet mot antall musikere i øvingslokalene	61
6.6	Antall C_{peak} over 128 dB og 130 dB kategorisert etter hvilket instrument musikeren spiller og sitter i nærheten av	62
6.7	Antall C_{peak} 110 dB kategorisert etter hvilket instrument musikeren spiller og sitter i nærheten av	63
A.1	Korpsplassering for Austrått skolekorps under øvelse ved Austrått skole.	I
A.2	Korpsplassering for Hana skolekorps under øvelse ved Hana skole.	II
A.3	Korpsplassering for Bogafjell skolekorps under øvelse ved Bogafjell skole.	II
A.4	Korpsplassering for Stangeland skolekorps under øvelse ved Stangeland skole.	III
A.5	Korpsplassering for Sandved skolekorps under øvelse ved Sandved skole.	III
A.6	Korpsplassering for Sandnes skolekorps under øvelse ved Trones skole.	IV
A.7	Korpsplassering for Hommersåk skolekorps under øvelse ved Riska skole.	V
A.8	Korpsplassering for Lura skolekorps under øvelse ved Lura skole.	V
A.9	Korpsplassering for Stavanger musikkorps av 1919 under øvelse ved Konservatoriet i Stavanger.	VI

Begreper

Etterklangstid

tiden T det tar før lydtryknivået er minsket med 60 dB etter at lydkilden er skrudd av

Ensemblerom

øvingsrom for tre eller flere utøvere

Flutterrekko

periodisk gjentatte lydrefleksjoner, for eksempel mellom to parallelle, lydreflekterende flater

Akustisk lydsterk musikk

musikk som fremføres med akustiske instrumenter som slagverk, messingblåsere, piano, operasang og storband. Korps faller blant annet innenfor denne kategorien

Lydtryknivå

mål for styrken av lyd. I denne oppgaven vil målestørrelsen angis i enten A-veid tidsmidlet lydtryknivå eller C-veid impulsivå

Diffust lydfelt

grunnet mange refleksjoner jevner lyden seg ut over hele rommet og blir diffus

Direkte lydfelt

lydfelt hvor lydtryknivået bestemmes av den direkte utstrålingen fra kilden

Absorpsjonsareal

mål på mengden absorberende materiale i et rom

Romforsterkning

romforsterkningen G angir hvor mye lydnivået (i desibel) i et rom ligger over lydnivået som en gitt lydkilde ville gitt utendørs (fritt lydfelt uten lydrefleksjoner) i en avstand på 10 meter

Symboler

C_{peak}	C-vektet impulsnivå	dB
$C_{peak,midlet}$	C-vektet midlet impulsnivå	dB
L_p	Lydtrykknivå / lydnivå	dB
L_A	A-vektet lydtrykknivå	dB
$L_{A,eq}$	A-vektet ekvivalent lydtrykknivå	dB
$L_{A,eq,30min}$	A-vektet 30 minutters ekvivalent lydtrykknivå	dB
T	Etterklangstid	s
T_m	Gjennomsnittlig etterklangstid	s
T/T_m	Etterklangstid faktor	
A	Absorpsjonsareal	m ²
V	Volum	m ³
S	Overflateareal	m ²
G	Romforsterkning	
k_i	Effekttallet til instrument i	
n_i	Antall instrumenter i	

Kapittel 1

Introduksjon

Den økende mengden av høye lydnivå mennesker utsettes for, deriblant ulike former for musikk, er mye diskutert med hensyn til risiko for hørselsskader. Den økende risikoen for hørselsskader blant unge er en gjenganger i mediene. Årsakene som diskuteres er mange, deriblant økt bruk av hodetelefoner, høye lydnivåer på konserter og generelt mye støy gjennom hele dagen. Mange barn og unge utøver ulike former for musikk, deriblant korps. Under korpsspilling kan det oppstå høye lydnivåer som en utsettes for i lengre perioder, særlig blant “amatørmusikere”. Ved forsterket musikk kan volumet senkes på høyttalerne, mens for akustisk lydsterk musikk er justering av volum en større utfordring. Ved arbeidsplasser er det strenge krav for eksponering av støy i løpet av arbeidsdagen, men for barn og unge gjelder ikke de samme kravene.

I april 2014 ble standarden NS 8178:2014 “Akustiske kriterier for rom og lokaler til musikkutøvelse” utgitt [1]. Denne standarden gir krav til rom som brukes til forskjellig type musikkutøvelse. Standarden deler øvingslokalene inn etter deres funksjon og antall utøvere. Behovet for klang i lokalet, volum, romgeometri og romhøyde vil være forskjellig ved ulik musikkutøvelse. Musikklokalene er delt inn etter om utøveren er alene, mindre grupper eller i større grupper som kor, korps og andre ensembler.

Problemstillingen om høye lydnivåer blant barn og unge er mye omtalt i mediene. Stavanger Aftenblad skrev 9. mai 2014 en artikkel med overskriften “Advarer korps mot hørselsskader”. I artikkel blir det skrevet om høye lydnivåer under korpsøvelse ved Austrått skole og at risikoen for hørselsskader er stor. Ifølge Stavanger Aftenblad ble det målt lydnivåer mellom 95 og 100 desibel. Det ble også målt lydtopper på 112 desibel. Motivasjonen for denne oppgaven vil derfor være å undersøke om det er risiko for hørselsskader ved å spille i korps og om NS 8178:2014 legger til rette for å minske den eventuelle risikoen.

Oppgavebeskrivelse

På bakgrunn av denne problemstillingen og bekymringmelding fra foreldre ønsker Sandnes kommune å kartlegge romakustikken i åtte korpslokaler. Kommunen kontaktet akustikkfirmaet Sinus AS i Stavanger og Rogaland musikkråd for å bistå i kartlegging av akustikken i korpsøvingslokaler. Rogaland musikkråd har foretatt målinger av etterklangstid og bakgrunnsstøy, som vil bli brukt til sammenligning av krav satt i den nye standarden NS 8178:2014.

Denne oppgaven vil kartlegge lydnivåer som oppstår under øvelse med amatørmusikere og undersøke om standarden ivaretar risikoen for hørselsskade. Ved hjelp av en spørreundersøkelse vil brukernes oppfattelse av romakustikken i lokalene kartlegges. Det vil gjøres lydmålinger både med dosimetre plassert på musikerne og lydmåler plassert ulike steder i lokalet. For å undersøke risikoen for hørselsskader vil det gjennomføres hørselstest på et utvalg korpsmusikanter før og etter øvelse. I tillegg til korpsene i Sandnes kommune vil det bli målt lydnivå under øvelse ved Stavanger musikkorps anno 1919 som øver ved Stavanger kulturskole. Korpset ved Stavanger kulturskole er et mer erfarent korps i forhold til øvrige skolekorps.

Rapportens oppbygning

Denne rapporten er delt inn i åtte kapitler, introduksjon, bakgrunn, relatert arbeid, utførelse, resultater, diskusjon, konklusjon og anbefalinger og videre arbeid. I kapittel to er all nødvendig teori for beregninger og analyse av resultater beskrevet. Kapittel tre tar for seg arbeid som tidligere er gjort innenfor dette feltet. Utførelsen av lydmålingene, hørselstesten og spørreundersøkelsen er beskrevet i kapittel fire. Det vil også bli gitt en innføring i lokalene brukt som grunnlag i oppgaven. Resultatene fra undersøkelsene er presentert i kapittel fem og diskuteres i kapittel seks. Kapittel syv, er konklusjonen og eventuelle anbefalinger presentert. Til slutt vil videre arbeid rundt temaet kartlegges i kapittel åtte.

Kapittel 2

Bakgrunn

Dette kapitlet dekker den nødvendige bakgrunnsinformasjonen for å analysere måleresultatene og videre vurderinger i denne oppgaven. Først vil relevante romakustiske parametre som etterklangstid, lydnivå og absorpsjon vil først presenteres. Deretter vil menneskets hørsel og ulike hørselskader forklares. Dette for å danne en forståelse for hvordan hørselen fungerer, og hvordan og hvorfor den skades. Relevante deler av standarden NS 8178:2014 “Akustiske kriterier for rom og lokaler til musikkutøvelse”, som er grunnlag for oppgaven, vil legges frem. Til slutt vil gitte grenseverdier og anbefalinger presenteres som vil benyttes til sammenligning med resultater fra undersøkelsene.

2.1 Romakustikk

Romakustikk innebærer lydens oppførsel i et rom, både de objektive og subjektive aspektene. Det betyr at romakustikk omfatter alt fra hvordan lyden brer seg i rommet til hvordan lyd oppfattes av en tilhører. “God akustikk” avhenger av bruksområdet et rom har, og det finnes lovgivninger og anbefalinger for hvordan akustikken i ulike rom bør være. Det vil i dette delkapitlet bli presentert noen viktige romparametre som er nødvendig for det videre arbeidet.

2.1.1 Lydnivå

Lyd er elastiske molekylsvingninger i luft, væske eller faste stoffer. Lydtransmisjonen gjennom luften fører til små trykkvariasjoner rundt det statiske lufttrykket [2]. Desto større lufttrykket er, desto kraftigere oppfattes lyden. Lydtrykket angis i måleenheten Pascal, Pa, men det er vanlig å uttrykke lydtrykket ved desibel, lydtrykknivået L_p . Desibelskalaen har sitt nullpunkt ved nedre hørselsterskel, 0 dB. Lydtrykknivået kan uttrykkes på flere måter, et eksempel er gitt i ligning 2.1.

$$L_p = 20 \cdot \log \frac{p_1}{p_0} \quad (2.1)$$

Her er p_0 referanselydtrykket på $20 \mu \text{ Pa}$ og p_1 er lydtrykket som skal defineres som lydtrykknivået. Noen kjente lydnivå er gitt i tabell 2.1 [3]. En økning på 10 dB vil for et menneske oppfattes som en dobling i volum.

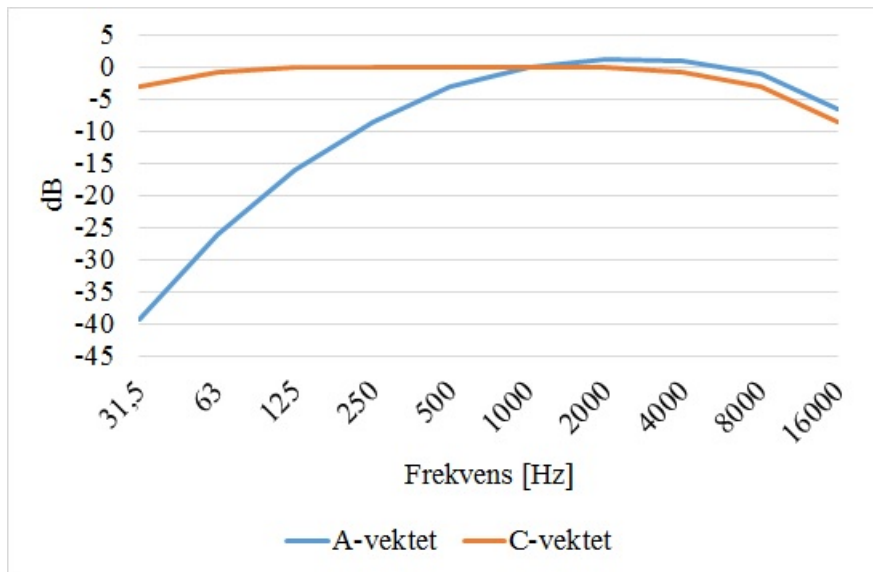
Tabell 2.1: Kjente lydnivåer målt i desibel

Desibel [dB]	Situasjon
0	Det laveste hørselen kan oppfatte
10	Rasling av blader
35	En stille stue i byområde
60	Alminnelig samtale
75	Lastebiler, busser
85	Støygrense på arbeidsplasser
110	Hodetelefoner med høy styrke
120	Ørets smertegrense, moderne kinoer
140	Jetfly, risiko for at trommehinnen brister

Når lyden brer seg, skapes det lydfelt. I prinsippet skilles det mellom to lydfelt, fritt felt og diffust felt. Et fritt felt beveger seg uten innvirkning av refleksjoner. I et direkte lydfelt bestemmes lydtrykknivået av den direkte utstrålingen fra kilden. Det diffuse feltet karakteriseres ved at lydtrykket er det samme overalt i lydfeltet og at lyden har en helt tilfeldig retningsfordeling (kommer fra alle retninger). Formelen for lydnivået i det diffuse lydfeltet er gitt av formel 2.2. L_w er lydeffektnivået, og er et målt på energien fra en lydkilde. A er absorpsjonsarealet i rommet.

$$L_p = L_w + 10 \log \frac{4}{A} \quad (2.2)$$

Ved måling av lydnivået, i for eksempel et rom, er det praktisk å ha et objektivt mål som kan sammenlignes med den måten den menneskelige hørselen oppfatter lyd på. Det er derfor oppstått flere vektingsfilter. Det mest brukte målet på miljøstøy er A-vektet lydtrykknivå (L_A). A-vektet lydnivå representerer menneskets hørsel. Ulike frekvenser oppfattes forskjellig for menneskeøret. A-vekting tilegner derfor en vektning til hver frekvens relatert til sensitiviteten til øret ved den aktuelle frekvensen. Mennesket hører veldig godt frekvensene rundt stemmeleie (125-8000 Hz), mens lavere og høyere frekvenser reduseres av øret [4].



Figur 2.1: Filterkarakteristikk for A- og C-vektet lydnivå

C-vekting følger derimot ørets frekvenssensitivitet ved veldig høye nivåer. Kurven er flat, se figur 2.1 [4], og inkluderer dermed flere lavfrekvente lyder enn A-vektet [5].

2.1.2 Etterklangstid

Etterklangstiden (T) er en parameter som karakteriserer et roms akustiske egenskaper. Den tiden det tar før en lyd er redusert med 60 dB i et rom defineres som etterklangstiden. Etterklangstiden avhenger av frekvens og vil derfor variere for ulike frekvensbånd. Rom og bygningers krav til etterklangstid varierer for ulike bruksområder. Etterklangstiden for et gitt rom er avhengig av rommets volum og absorpsjon gjennom Sabines formel. Ekspempel på beregning av etterklangstiden ved Sabines formel er gitt i ligning 2.3.

$$T = \frac{0,161 \cdot V}{A} \quad (2.3)$$

der V er rommets volum. Absorpsjonsarealet, A , til et rom er gitt av 2.4, der $\bar{\alpha}$ er den gjennomsnittlige absorpsjonskoeffisienten til rommet og S er overflatearealet.

$$A = \bar{\alpha}S \quad (2.4)$$

For et rom med lite absorpsjon, er Sabines formel en god indikator på forventet etterklangstid. Hvis et rom derimot består av mye absorpsjon vil denne formelen

være unøyaktig. I slike tilfeller benyttes Eyrings formel gitt av sammenhengen i 2.5[6].

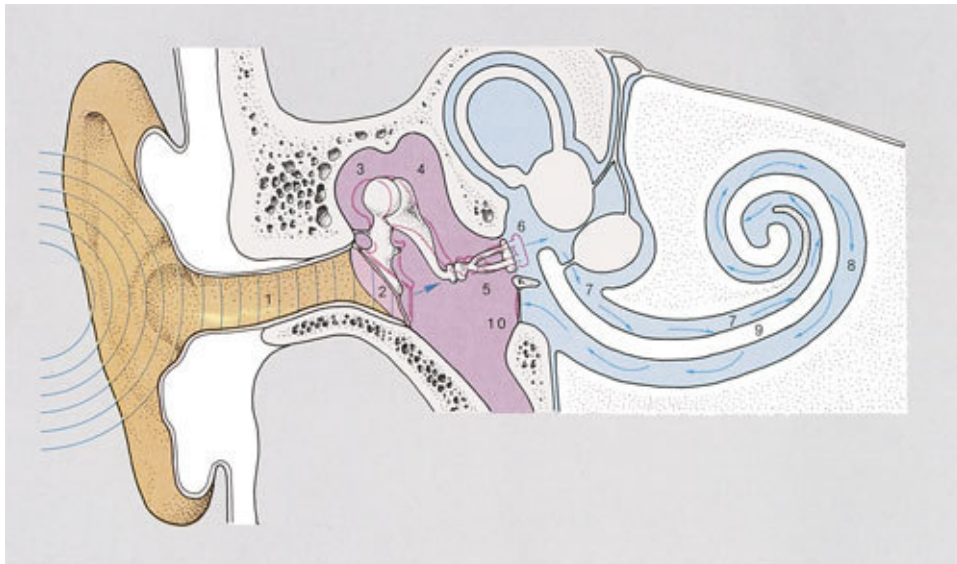
$$T = \frac{0,161 \cdot V}{-S \ln(1 - \bar{\alpha})} \quad (2.5)$$

2.2 Menneskets øre og hørsel

Hørselen er en av menneskets viktigste sanser. Det å kunne oppfatte at en bil kommer eller at en brannalarm går kan være livsviktig. Hørselen gjør det mulig for mennesker å omgås, kommunisere og samhandle. Menneskets evne til å høre er også med på å berike livene våre gjennom for eksempel musikk og lyder i naturen. Mange mennesker med hørselsproblemer føler seg isolert og deprimert. Det er derfor viktig å ta vare på hørselen. I dette delkapittelet vil ørets oppbygging og funksjon forklares, samt hvilke hørselslidelser som kan oppstå og årsaken for at de oppstår.

2.2.1 Ørets oppbygging

Menneskets øre består av tre hoveddeler, det ytre øret, mellomøret og det indre øret. En illustrasjon av øret er vist i figur 2.2 [7]. Den oransje delen illustrerer det ytre øret, lilla er mellomøret og den blå delen viser det indre øret.



Figur 2.2: Menneskets øret

Det ytre øret inkluderer øremuslingen (den delen av øret som er utenfor hodet) og

øregangen. I enden av øregangen (markert som 2 i figur 2.2) ligger trommehinnen som er overgangen til mellomøret.

Mellomøret består av hammeren, ambolten og stigbøylen. Mellomøret er også koblet til øretrompeten som går ned til den indre delen av nesen. Det er denne delen som gjør det mulig å ha samme lufttrykk på innsiden og utsiden av trommehinnen.

Det indre øret består av likevektsapparatet og sneglehuset. Likevektsapparatet er en av faktorene som kontrollerer balansen. I sneglehuset er det nervefibre som samler seg i hørselsnerven som fører hørselssignaler til hjernen. [8]

Når en lyd oppstår, fanges den opp av øremuslingen og føres inn til trommehinnen gjennom øregangen. Trommehinnen starter å vibrere og lydbølgene som da blir skapt overføres til de sammenhengende ørebenene, først hammeren, så ambolten og deretter stigbøylen. De mekaniske svingningene som dannes i ørebenene overføres til det ovale vindu. I nerveceller i det indre øret dannes det elektriske impulser som sendes til hjernebarken slik at vi oppfatter lyden [7].

2.2.2 Hørselsskader

De vanligste hørselsslidelsene oppstår grunnet aldring eller overeksponering av høye lydnivåer. Andre årsaker til nedsatt hørsel er [9]:

- Infeksjon i mellomøret
- Etter en hodeskade
- Trommehinnen sprekker
- Infeksjon i fosterstadiet
- Bivirkning av enkelte medikamenter
- Som følge av enkelte kreftbehandlinger

Det finnes ulike typer hørselsnedsettelse og er kalt nevrogen-, mekanisk- og kombinert hørselstap. Nevrogen eller sensorinevral hørselstap er den vanligste typen hørselstap. Denne typen oppstår grunnet skadede eller manglende hårceller i sneglehuset. Som forklart i 2.2.1 er det hårcellene som overfører lyd til hjernen. Disse cellene kan for eksempel ødelegges når de utsettes for høye lydnivåer. Med et slik hørselstap vil det ofte være vanskelig å skille tale fra støy, noen høyfrekvente lyder forsvinner og en må ofte be folk om å gjenta det de sier [10]. Denne typen hørselsskade er som oftest permanent og karakteriseres som enten mild, moderat, omfattende eller alvorlig. Dersom problemer i ytre øret eller mellomøret gjør at lyden hindres, kalles nedsettelsen for mekanisk hørselstap. Noen årsaker til denne typen hørselstap er opphopning av ørevoks eller betennelse i mellomøret. I noen tilfeller er ikke denne typen hørselstap varig. Kombinert hørselstap er en kombina-

sjon av både nevrogen og mekanisk hørselsnedsettelse. For å undersøke om man lider av et hørselstap, utføres en hørselstest kalt audiometri.

En vanlig hørselslidelse er tinnitus, også kalt øresus. Tinnitus innebærer at personen hører en lyd som produseres i personens eget hørselssystem. Dette er en tilstand som oppstår når samarbeidet mellom hjernen og øret ikke fungerer optimalt. En årsak til at tinnitus er dersom en har blitt utsatt for en støyskade [11]. En annen hørselslidelse som ofte forekommer sammen med tinnitus, er hyperakusis. Denne lidelsen gjør at personen er overfølsom for lyd. Selv om personen med denne lidelsen utsettes for normal lydstyrke, vil det oppleves som smertefullt. Denne lidelsen kan oppstå dersom man utsettes for sterk lyd. Det kan enten komme plutselig eller gradvis [12].

2.2.3 Audiometri

Audiometri er en test som undersøker hvor god hørselen er. Det er en psykoakustisk test der en testperson og en testleder undersøker personens hørselsterskel for frekvensene mellom 125 og 8000 Hz. Det brukes et instrument kalt audiometer for å gjennomføre slike tester [13]. Testpersonen utstyres med øreklokker som plasseres riktig med tanke på høyre og venstre øre og skal tette godt rundt personens øre. Det avtales mellom testleder og testpersonen hvordan oppfattelse av signal skal foregå. Dette foregår som regel ved håndbevegelse eller trykknapp. Personen som det utføres hørselstest på bør også være vendt bort fra undersøkelseutstyret slik at personen ikke oppfatter når det gis et lydsignal. Rommet hvor undersøkelsen foregår bør være skjermet for eventuell støy og uvedkommende lyder.

Den vanligste frekvensen å starte testen på er 1000 Hz, som er en lett frekvens å gjenkjenne. Etter dette er det to måter å gå frem på. Frekvensene testes i rekkefølgen 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz, 8000 Hz, 500 Hz, 250 Hz, 125 Hz. Denne metoden tester ett øre av gangen. Den andre metoden tester først høyre øre i rekkefølgen 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz, 8000 Hz. Deretter går en over til venstre øre med 6000 Hz og tester frekvensene i synkende rekkefølge. Det byttes så over til høyre øre og frekvensene fra 250 Hz opp til 1000 Hz testes. Lydsignalene skal ha en varighet på 1-2 sekunder.

Tabell 2.2: Verdens helseorganisasjons kategorisering av hørselen

Grad	Gradering	Intervall
Grad 0	Ingen	25 dB eller mindre
Grad 1	Lett	26-40 dB
Grad 2	Barn	31-60 dB
	voksen	41-60 dB
Grad 3	Alvorlig	61-80 dB
Grad 4	Kraftig	81 dB eller mer

Lydstyrken skal først være slik at en med sikkerhet hører signalet og en starter gjerne med lydstyrke 20 dB. Dersom personen ikke er i stand til å høre dette nivået økes det til 30 eller 40 dB, eventuelt mer dersom det er nødvendig. Styrken senkes så med 10 dB helt til personen ikke lenger hører tonen. Når personen ikke lenger hører tonen økes styrken med 5 dB til personen igjen hører tonen. Tonen er regnet som hørt når personen minst har hørt den to ganger. Det finnes ulik grad av hørselsnedsettelse, tabell 2.2 viser de forskjellige graderingene basert på verdens helseorganisasjon (World Health Organization – WHO) [14]

2.2.4 New early warning test (NEWT)

Støyrelaterte hørselstap er en sensorieural hørselsskade som starter ved de høye frekvensene (typisk 3-6 kHz) og utvikler seg gradvis som et resultat av kronisk utsettelse for høye lydnivåer. En nylig studie viser utviklingen og kalibreringen av en metode for en automatisk audiometrimålemetode kalt new early warning test (NEWT metoden). Denne metoden ble utviklet for å detektere hørselstap i et tidlig stadiet hos mennesker som utsettes for regelmessig støy i arbeidslivet. Studien viste at standardavviket for NEWT og tradisjonell audiometri (PTA) er begge innenfor 5 dB [15].

NEWT metoden bruker en datamaskin, lydkort, en trykknapp og hodetelefoner til å gjennomføre en hørselstest. Når hørselstesten er startet, testes hørselsterskelen automatisk ved frekvensene 3, 4 og 6 kHz. Testpersonen gir signal med trykknappen når en lyd er hørt.

2.3 NS 8178:2014 “Akustiske kriterier for rom og lokaler til musikkutøvelse”

April 2014 lanserte Standard Norge en ny norsk standard, NS 8178:2014 “Akustiske kriterier for rom og lokaler til musikkutøvelse” [1]. Bakgrunnen for den nye

standarden var et ønske fra den norske musikkbransjen om standardiserte krav til forskjellige musikkrom. Grunnet forskjellige romakustiske behov deler standarden inn lokalene etter bruksområdet og antall utøvere. Rom og lokaler som brukes til musikkutøvelse deles inn i fem kategorier: øvecelle, lite ensemblerom, mellomstort ensemblerom, stort ensemblerom og konsertrom. De akustiske egenskapene er avgjørende for hvor godt et rom egner seg til ulike musikkutøvelser.

I henhold til standarden deles musikk inn i tre typer, forsterket, akustisk lydsterk og akustisk lydsvak musikk. Forsterket musikk innebærer musikk som formidles ved bruk av forsterker- eller SR-anlegg. Pop- og rockeband er musikktyper som faller innenfor denne kategorien. Dersom akustiske instrumenter som produserer kraftig lyd brukes, faller disse under kategorien akustisk lydsterk musikk. Brassband, storband og janitsjarkorps er grupper som tilhører denne kategorien. Akustisk lydsvak musikk innebærer instrumenter med svak lyd. I denne kategorien finnes sangkor, strykeorkester og vokalensembler. I denne rapporten vil det fokuseres på akustisk lydsterk musikk, nærmere bestemt korps.

2.3.1 Akustisk lydsterk musikk

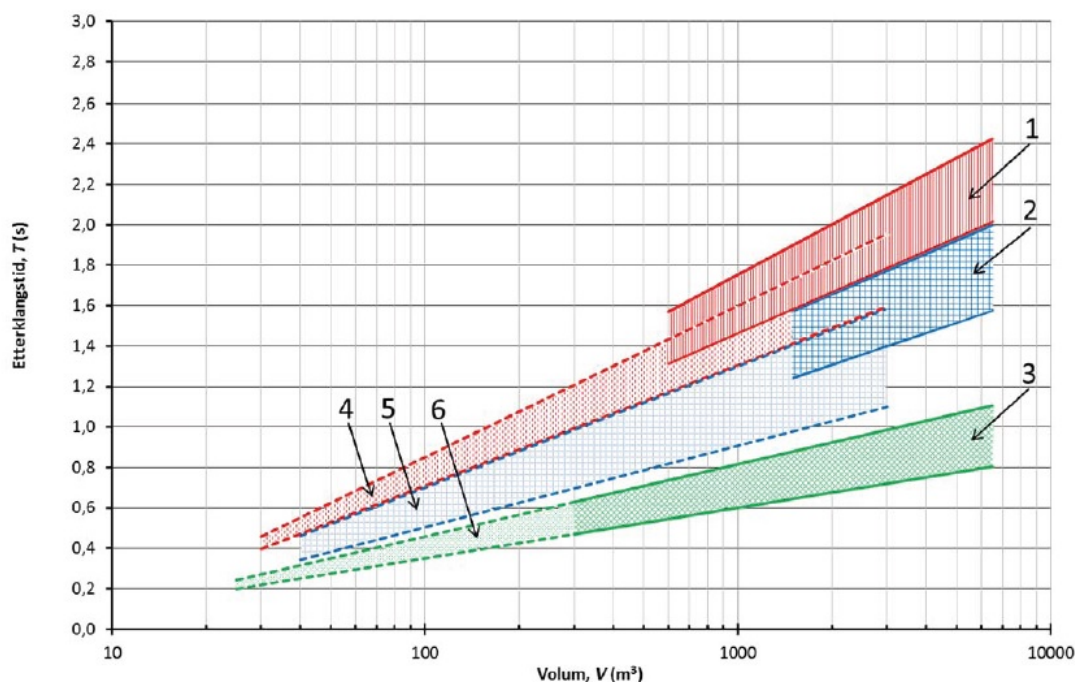
Akustisk lydsterk musikk er definert som musikk fremført med instrumenter som produserer kraftig lyd uten bruk av forsterker. Vanlige grupper innenfor denne kategorien er janitsjarkorps, storband, brassband og symfoniorkester. Behovet for volum og areal er avhengig av størrelsen på musikkgruppen. Tabell 2.3 gir en oversikt over påkrevde egenskaper til øvingslokaler for akustisk, lydsterk musikk. Øvingslokalene er inndelt i øvecelle, lite ensemblerom, mellomstort ensemblerom og stort ensemblerom. For et korps vil øvingslokalet i de fleste tilfeller være et mellomstort eller stort ensemblerom.

Tabell 2.3: Øvingsrom til akustisk, lydsterk musikk

Egenskaper	Øvecelle	Lite ensemblerom	Mellomstort ensemblerom	Stort ensemblerom
Antall utøvere	1-2	3-12	12-24	/ > 25
Netto midlere romhøyde \bar{h}	$\geq 2,7$ m	$\geq 3,5$ m	$\geq 4,5$ m	$\geq 5,0$ m
Nettovolum, NTV	≥ 40 m ³	≥ 60 m ³	≥ 360 m ³	30 m ³ / utøver og minst ≥ 1000 m ³ for janitsjarkorps, ≥ 1500 m ³ for brassband, ≥ 1800 m ³ for symfoniorkester
Nettoareal, NTA	≥ 15 m ²			≥ 120 m ² + 2 m ² per utøver
Romgeometri	Skråstilt vegg (unngå flutterekko)	Skråstilt vegg (unngå flutterekko)	Unngå lyd-fokusering, ekko og flutterekko	Unngå lydfokusering, ekko og flutterekko

2.3.2 Etterklangstid

Krav til etterklangstid for akustisk lydsterk musikk er gitt i figur 2.3 og 2.4. Lengste og korteste etterklangstid er gitt i figur 2.3 for forskjellige musikkformer i forhold til romvolum. Etterklangstiden i figuren er middelveiden ved oktavbåndene med senterfrekvens 500 og 1000 Hz. Middelveiden er gitt med vanlig møblering, men uten personer.



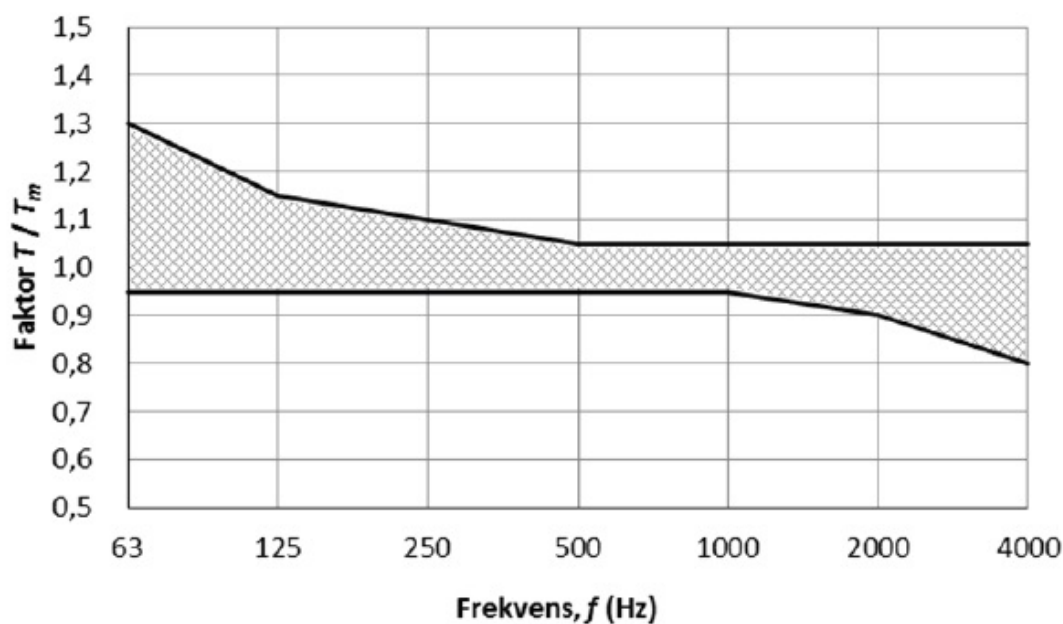
Figur 2.3: Etterklangstid i forhold til nettoromvolum for forskjellige musikkformer. Stiplede linjer gjelder for øvingsrom, fullt opptrukne linjer gjelder for framføringssaler ¹

Tegnforklaring til figur 2.3 :

1. øvre og nedre grense for lydsvak musikk i framføringssaler (heltrukne linjer)
2. øvre og nedre grense for lydsterk musikk i framføringssaler (heltrukne linjer)
3. øvre og nedre grense for forsterket musikk i framføringssaler (heltrukne linjer)
4. øvre og nedre grense for lydsvak musikk i øvingsrom (stiplede linjer)
5. øvre og nedre grense for lydsterk musikk i øvingsrom (stiplede linjer)
6. øvre og nedre grense for forsterket musikk i øvingsrom (stiplede linjer)

Figur 2.4 angir toleransgrense for høyeste og laveste etterklangstid T ved en gitt frekvens i oktavnådd fra 63 Hz til 4kHz. Etterklangstiden er presentert som faktoren T/T_m . Denne faktoren er etterklangstiden ved en frekvens i forhold til den gjennomsnittlige etterklangstiden (T_m) i frekvensbåndene 500 og 1000 Hz. Denne faktoren skal ligge innenfor det skisserte området i figuren for at skal være optimalt musikalsk.

¹Figur 1, 2c og A.1 fra NS 8178:2014 er gjengitt av Trine E. Meling i masteroppgave ved NTNU med tillatelse fra Standard Online AS 06/2015. Standard Online er ikke ansvarlig for eventuelle feil i gjengitt materiale. Se www.standard.no



Figur 2.4: Frekvensavhengige toleransegrenser for faktor $\frac{T}{T_m}$ i oktavnbandet fra 63 Hz til 4 kHz relativt til midlere etterklangstid ved frekvensbandene 500 Hz og 1000 Hz for akustisk lydsvak og lydsterk musikk, fremføring og øving ²

2.3.3 Beregning av lydnivå

Standarden NS 8178:2014 beskriver en metode for å beregne lydnivået musikkinstrumenter genererer i et lokale. Metoden gjelder ikke for instrumenter som er elektrisk forsterket. Det beregnede lydnivået er avhengig av instrumenttype og antall, spillemåte, lokalets volum og etterklangstid.

Med spillemåte innebærer det at musikkinstrumenter kan spilles med ulik styrke. De vanligste betegnelsene er pianissimo, piano, mezzoforte, forte og fortissimo. Pianissimo betyr at lyden er meget svak, mens fortissimo meget sterk. I tabell E.1 i vedlegg E finnes effektall ved forte for forskjellige musikkinstrumenter. Tallene benyttes til å beregne lydnivået gitt av ligning 2.6.

$$L_p = G + 59 + 10 \log \sum_i n_i k_i \quad (2.6)$$

der G er romforsterkningen, n_i er antall instrumenter av typen i , og k_i er effektallet for instrumenter av typen i . Romforsterkning angir hvor mye lydnivået (i desibel)

²Figur 1, 2c og A.1 fra NS 8178:2014 er gjengitt av Trine E. Meling i masteroppgave ved NTNU med tillatelse fra Standard Online AS 06/2015. Standard Online er ikke ansvarlig for eventuelle feil i gjengitt materiale. Se www.standard.no

i et rom ligger over lydnivået som en gitt lydkilde ville gitt utendørs (fritt lydfelt uten lydrefleksjoner) i en avstand på 10 meter. Romforsterkningen er gitt av volum og etterklangstid i lokalet og er vist i figur D.1 i vedlegg D.

2.4 Grenseverdier og anbefalinger

I tillegg til standarden NS 8178:2014 beskrevet i delkapittel 2.3, finnes det også andre lovpålagte grenseverdier for begrensnig av lydnivåer og støy. Arbeidstilsynet og helsedirektoratet er to aktører som har kommet med lovgivning og anbefalinger rundt dette temaet. Arbeidstilsynsloven [16] har grenseverdier for tillatt støybelastning for en arbeidstaker, mens helsedirektoratets veileder, “Musikk-anslegg og helse” [17], kommer med anbefalinger til arrangøren i forbindelse med konserter, festivaler og lignende.

2.4.1 Arbeidstilsynsloven

Arbeidstilsynet er en statlig etat og har som oppgave å føre tilsyn med at virksomheter følger kravene i arbeidsmiljøloven. Paragraf 4-4 i arbeidsmiljøloven omhandler fysiske faktorer på arbeidsplassen, blant annet støy. Arbeidstilsynet sier at hørselskadelig støy oppnås når en har en gjennomsnittlig støybelastning på 80-85 dB i løpet av en åtte timers arbeidsdag eller ved impulsstøy på rundt 130 dB. Arbeidstilsynet setter i “Forskrift om organisering, ledelse og medvirkning”, Arbeidsplassforskriften, “Forskrift om utførelse av arbeid” og “Forskrift om tiltaks- og grenseverdier” en rekke krav til dokumentasjon og tiltak som skal hindre skadelig støyeksponering av arbeidstakere. Nedenfor er utdrag av noen sentrale deler av forskriftene.

§ 2-1 (Forskrift om tiltaks- og grenseverdier) Tiltaksverdier [16]

Tiltaksverdiene for støyeksponering er:

- c) nedre tiltaksverdi for arbeidsforhold i gruppe III: $L_{EX,8h} = 80$ dB
- d) øvre tiltaksverdi og grenseverdi: $L_{EX,8h} = 85$ dB
 $L_{pC,peak} = 130$ dB

Gruppe III innebærer arbeidsforhold med støyende maskiner og utstyr. Tiltaksverdier er verdier for eksponering som krever iverksetting av tiltak for å redusere helserisikoen og uheldig belastning til et minimum. Grenseverdier er verdier for støyeksponering som ikke skal overskrides når man tar hensyn til effektene av hørselvern.

2.4.2 Musikkanlegg og helse, veiledning til arrangører og kommuner

Det er ikke bare i arbeidslivet mennesker blir utsatt for høye lydnivåer og uønsket støy. Fritiden er for mange fylt med aktiviteter med ulik grad av lydeksponering. Musikk kan være med på å skape positive opplevelser og være en bidragsyter på menneskers psyke. Helsemyndighetene ønsker å bidra til at flest mulig skal kunne oppleve slike positive arrangementer og opplevelser, men ønsker å hindre hørselsskader og helseplager hos publikum som oppstår på grunn av høye lydnivåer. Grunnet tilbakemeldinger om høye lydnivåer som har skapt ubehag for omgivelsene er det utarbeidet en veiledning for kommuner og arrangører med blant annet anbefalte lydnivåer.

Tabell 2.4: Anbefalte krav til lydnivå i publikumsareal

	$L_{Aeq,30min}$	C_{peak}
Varslingsgrense	92 dB	130 dB
Absolutt grense	99 dB	130 dB

Fra delkapittel 2.4.1 ser en at det finnes lovgivning som arbeidsgiver må overholde for sine ansatte. For grupper som publikum ved konserter og festivaler er det derimot ingen fastsatte krav til lydnivå. Grenseverdiene for publikumsområdet er gitt i tabell 2.4. Veilederen sier at dersom det forventes at varslingsgrensen overskrides skal det informeres om følgende:

1. Informere om risiko for hørselsskade og hvor hørselsvern er tilgjengelig.
2. Kostnadsfritt hørselsvern.
3. Tydelig merking av stillesoner fritt tilgjengelig, hvor A-veid lydnivå er under 85 dB.
4. Kontinuerlig registrering av lydnivået i publikumsområdet.

Kapittel 3

Relatert arbeid

Flere studier er gjort på menneskets hørsel og hvordan den lar seg påvirke. Det er for eksempel gjort studier som går inn på relasjonen mellom høye lydnivå og påvirkningen dette har på menneskets hørsel. Musikere er en gruppe som ofte omgir seg med høye lydnivå, det er derfor gjennomført flere studier på musikere for å undersøke hvordan hørselen deres påvirkes. Det vil i dette kapitlet bli presentert tidligere arbeid innenfor tema som omhandler musikere og påvirkningen på hørselen.

3.1 Musikers lydbelastning og hørselslidelser

Grunnet manglende kunnskap om risikoen for at høy musikk alene kan skape hørselsskader er det store uenigheter rundt dette temaet. For å få mer innsikt i risikoen for hørselstap grunnet høy musikk, tok Zhao et al. [18] i 2010 en teoriundersøkelse for å øke bevisstheten rundt musikkrelaterte hørselslidelser. Studien gjennomgår risikoen for hørselstap for ulike typer musikkeksponeringskilder med høye lydnivåer. Denne studien konkluderer med at det er stor sammenheng mellom musikk eksponering og risikoen for å utvikle skader på hørselen.

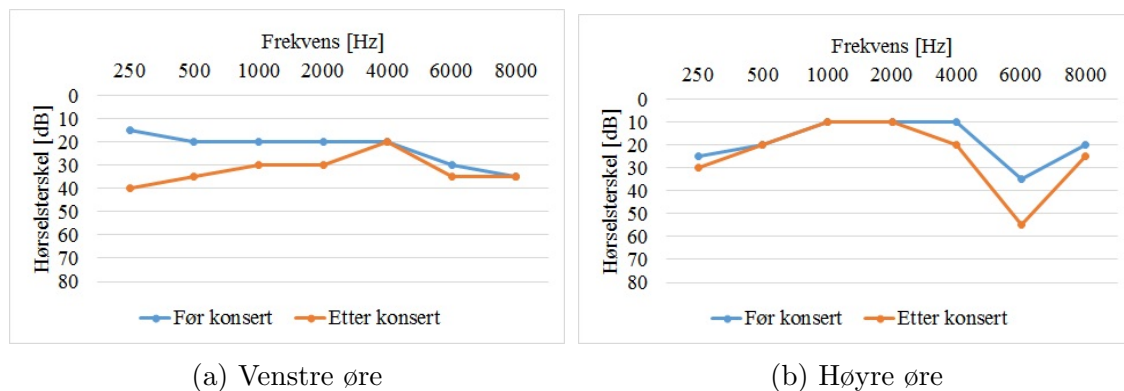
I 2004 undersøkte Kähäri et al. [19] hørselen og hørselsskader blant rock/jazz og klassisk musikere. Det ble utført rentoneaudiometri på rundt 140 musikere i begge musikergruppene. Det ble også for rock/jazzmusikerne gjennomført en spørreundersøkelse som omhandlet hørselsskader og psykososial eksponering. Resultatet viste endring i hørselterskelen både for de som spilte klassisk og for de som spilte rock/jazz, noe som kan skyldes høye lydnivå. Utenom dette viste resultatene en samlet god hørselterskel. Utifra rentoneaudiometriresultatene hadde musikerne som spilte klassisk noe bedre hørsel enn rock/jazzmusikerne. Hele 74 % av rock/jazzmusikerne led av en hørselsskade. De vanligste skadene var tinnitus, hørselstap og hyperacusis, og var merkbart hyppigere hos de utvalgte musikerne

enn for andre grupper mennesker. Spørreundersøkelsen viste at det ikke var noen sammenheng mellom psykososiale faktorer på arbeidsplassen og hørselsslidelser.

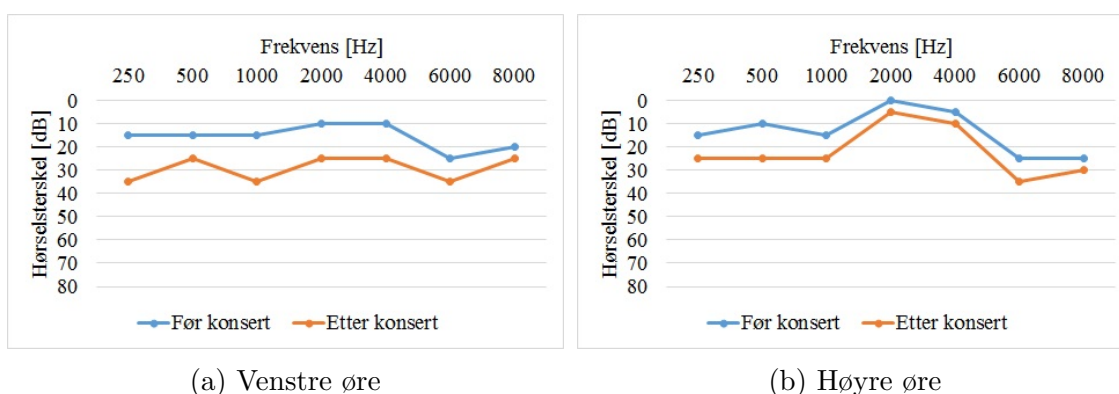
3.2 Midlertidig terskelskift ved høy musikk

Som nevnt i delkapittel 2.2 er midlertidig terskelskift en vanlig hørselsskade som oppstår når hørselen blir utsatt for en høy lyd. Flere studier har funnet grader av midlertidig terskelskift hos mennesker som nylig har vært eksponert for musikk. Eksponeringen har vært av ulik intensitet og varighet.

I 1992 gjennomførte Drake-Lee [20] audiometritester på fire heavy metal bandmedlemmer før og etter en konsert. Testene ble gjort for å undersøke eventuelle endringer i hørselen. En av musikerne brukte ørebeskytter i sitt høyre øre under konserten. Undersøkelsene viste at alle som ikke benyttet ørepropper hadde midlertidig terskelskift, spesielt i de lave frekvensene. Figur 3.1 og 3.2 viser audiogrammene for sangeren og bassgitaristen før og etter konsert. Audiogrammene viser endring i hørselen før og etter konsert.



Figur 3.1: Audiogram for sangeren i Drake-Lee sitt studie om terskelskift. Audiogrammet er rekonstruert.



Figur 3.2: Audiogram for bassgitaristen i Drake-Lee sitt studie om terskelskift. Audiogrammet er rekonstruert.

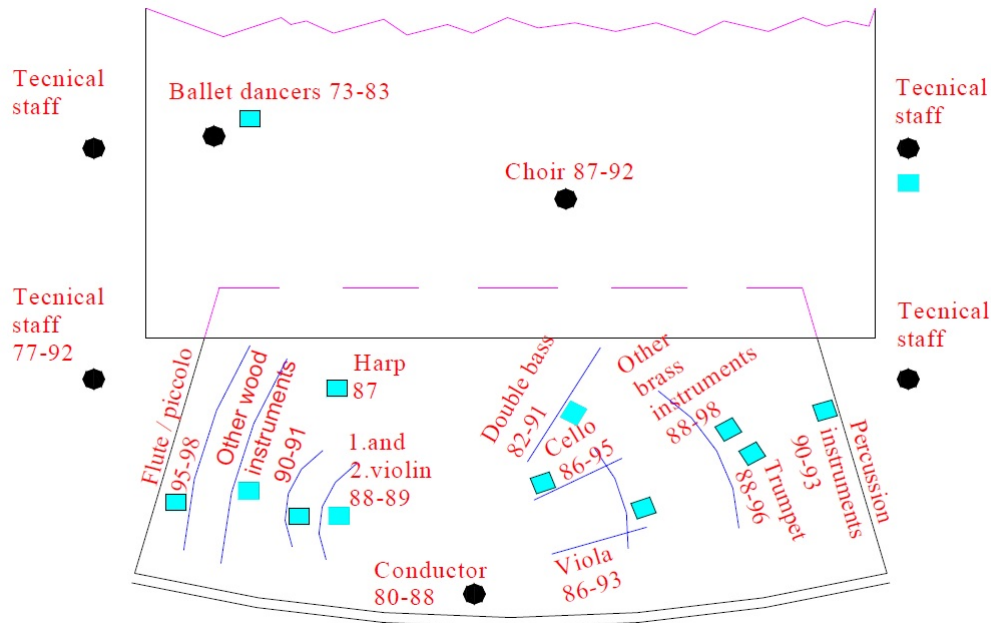
I 2006 utførte også Opperman et. al [21] et lignende forsøk for å kartlegge risikoen for hørselsskader hos konsertpublikum. Det ble også her utført audiometritester før og etter konsert på mennesker med og uten ørepropper. Testpersonene deltok på tre konserter med tre forskjellige musikkjangrer. Data som ble innhentet i studien var audiogram, lokasjon under konserten, lydintensitet og om personen benyttet ørepropper. Resultatene viste at musikkjanger og lokasjon ikke var av signifikant betydning. Av personer uten ørepropper viste det seg at 64 % av deltakerne hadde betydelig terskelskift sammenlignet med 27 % av dem som benyttet ørepropper. Gjennomsnittlig A-vektet lydnivå var på 99,8 dB og maksimumsnivået var 125,6 dB.

3.3 Lydbelastning hos musikere i symfoniorkestre

Royster et. al [22] undersøkte i 1990 risikoen for støyrelatert hørselstap blant musikere i Chicago symfoniorkester. Musikerne ble utstyr med dosimetre for å måle lydnivåene de ble utsatt for under øvelser og konserter. Resultatene viste at musikernes A-vektet ekvivalentnivå lå mellom 79-99 dB, med et gjennomsnitt på 89 dB. Av de utvalgte musikerne viste resultatene i audiogrammene at 52,5 % hadde resultater samsvarende med støyrelatert hørselskade. Fiolinistene viste signifikant dårligere terskel ved frekvensene 3-6 kHz i det venstre øret enn i det høyre øret. Det kan antas at ved det øret hvor fiolinen er plassert, vil støybelastningen være større.

Royster tok ikke individuell støyeksponering i betraktning i sine studier, dette er noe Laitinen et. al [23] undersøkte i 2003. Deres studie gikk inn på hvor og når personalet ved den finske nasjonaloperaen utsettes for støy. Det ble også sett på om valg av musikkrepertoar hadde innvirkning på støyeksponeringen. De forskjel-

lige gruppene hvor det ble gjennomført målinger, samt målemetode og typiske resultater er vist i figur 3.3 [23].



Figur 3.3: Målinger ved fremføringer og gruppe øvelser. Figuren viser måleteknikker, gruppelokasjon og typiske måleresultater. Sirklene viser fastpunkt måling og firkantboksene viser dosimetermålinger

Studien viste at store deler av personalet ved den finske nasjonaloperaen utsettes for lydnivå som kan være skadelig for hørselen. Bare dansere, dirigenter og kontrabasspillere var ikke utsatt for nivåer over 85 dB. Individuelle øvelser viste seg å være like viktige støykilder som gruppeøvinger og fremføringer.

Kapittel 4

Utførelse

I dette kapitlet vil metodene som er brukt for å kartlegge de akustiske egenskapene for øvingslokalene og utførte undersøkelser beskrives. Først vil det bli gitt en beskrivelse av korpene og øvingslokalene, deretter vil spørreundersøkelsen og hørseltestmetoden forklares. Til slutt vil metodene for måling av lydnivået beskrives. Etterklangstidene ved øvingslokalene i Sandnes kommune er målt av Rogaland musikkråd, mens etterklangstiden fra Stavanger kulturskole er målt av Sinus AS. Lydnivå er målt med dosimeter for alle øvingslokalene unntatt ved Stavanger kulturskole. Ved Stavanger kulturskole er det bare målt lydnivå i diffus feltet med håndholdt lydmåler, noe som også er gjort for resterende øvingslokaler.

4.1 Korps- og rombeskrivelse

Øvingslokalene hvor undersøkelse ble utført er gitt i tabell 4.1. I tabellen er det også gitt hvilke type rom øvingslokalet er, volum og antall musikere. Antallet musikere totalt i korpset og antall musikere tilstede under undersøkelsene er også gitt i samme tabell.

Tabell 4.1: Informasjon om øvingslokalene, antall musikere totalt i korpset og antall tilstede under målingene

Lokale	Volum [m^3]	Musikere		Type lokale
		Totalt	Ved måling	
Austrått skole	1225	42	30	Gymsal
Hana skole	3900	30	22	Aula
Bogafjell skole	380	12	8	Fellesrom
Soma-Stangeland skole	1135	40	29	Gymsal
Sandved skole	190	30	28	Bomberom
Trones skole	190	11	10	Musikkrom
Riska ungdomskole	375	30	26	Musikkrom
Lura skole	1025	36	26	Gymsal
Stavanger kulturskole	765	52	28	Musikkrom

Øvingslokalet til Hana skolekorps er et fellesrom og har et volum på 3900 m^3 . Grunnet rommets utforming og tilkomstkorridorer er det akustiske volumet mye større. Rommet har en takhøyde på 8,5 meter og det er et amfi i enden av lokalet. Skolekorpset ved Bogafjell skole øver også i fellesrommet ved skolen, men volumet er mye mindre enn ved Hana skole. Det er tre korps som øver i musikkrom, men forskjellen mellom disse lokalene er store. Ved Trones skole er det som betegnes som musikkrom et klasserom. Rommet har lav takhøyde og lite areal. Musikkrommet ved Stavanger kulturhus er pusset opp i nyere tid i det formål å være øvingslokale for Stavanger Musikkorps anno 1919. Taket er hevet til 5 meter og det er montert gardiner slik at romakustikken kan endres. Ved Riska ungdomskole er takhøyden i likhet med Trones skole lav, 2,7 meter og er utformet som et klasserom. Øvingslokalet til Sandved skolekorps er et ombygget bomberom.

4.2 Spørreundersøkelse

Det ble gjennomført en spørreundersøkelse blant korpsmusikantene ved syv av korpsetene i Sandnes kommune. Det ble ikke gjennomført undersøkelse blant korpsmusikantene ved Lura skole og Stavanger kulturskole.

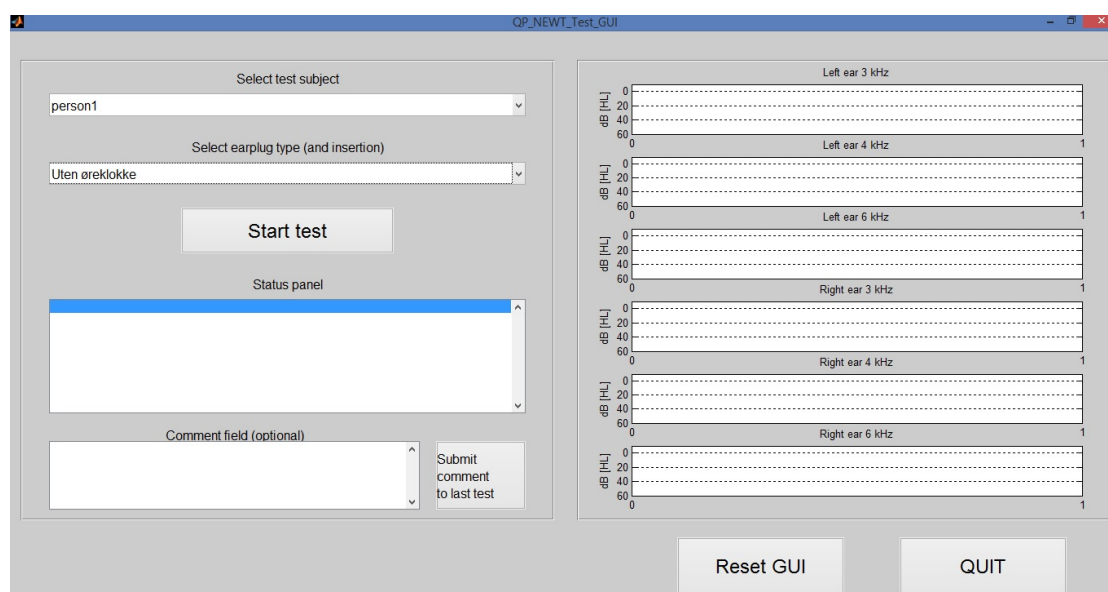
Spørreundersøkelsen besto av ni spørsmål og undersøkelsen i sin helhet finnes i vedlegg F. Bakgrunnen for spørreundersøkelsen er grunnet et ønske om å kartlegge unge korpsmusikanter opplevelse av de akustiske forholdene i øvingslokalet. De

ble også spurt om hvor mange timer i uken musikanten øvet med hele korpset, mindre grupper av korpset og alene. I tillegg ble det spurt om hvilket instrument musikeren spilte, samt hvilke instrument personen plassert i nærheten spiller.

4.3 Hørselstest

Et utvalg av fire musikanter fra hvert korps ble plukket ut for en hørselstest før og etter korpsøvelse. Ved tre øvingslokaler (Soma-Stangeland, Lura og Stavan-ger kulturskole) ble det ikke gjennomført hørselstest grunnet stramt tidsskjema. Testpersonene til hørselstesten ble forsøkt valgt slik at de hadde ulik plassering i korpset og spilte forskjellige instrumenter.

Hørselstesten som ble benyttet var en automatisert hørselstest utviklet av SINTEF, NEWT metoden beskrevet i 2.2.4. Denne hørselstesten tester ikke alle frekvensene nevnt i 2.2.3. NEWT tester hørselsterskelen ved frekvensene 3000 Hz, 4000 Hz og 6000 Hz. Ved de to første skolene fikk testpersonene teste hørselen før den ordentlige testen startet, dette for å forsikre seg om at testpersonen var inneforstått med oppgaven. Det viste seg at personene ikke hadde problemer med å forstå hva testen gikk ut på, for å spare tid ble det derfor valgt å ikke kjøre en prøverunde på hørselstesten ved senere lokaler. Brukergrensesnittet til NEWT er gitt i figur 4.1.



Figur 4.1: Brukergrensesnitt for hørselstesten utformet i Matlab

Hørselstesten ble kalibrert ved at den ble testet på personer med normal hørsel, og justert deretter. Det ble gjort en justering av hørselstesten etter at første forsøk var utført på korpsmusikerne. Dette på grunn av at det kom frem at testen ikke

var kalibrert godt nok. Siden formålet med testen er å se om det er en endring i hørselen før og etter øvelse, er en slik enkel kalibrering akseptabel.

Hørseltesten ble utført i adskilte rom fra øvingslokale. De fleste av rommene som ble brukt var klasserom i nærheten av øvingslokale. Dette skapte noen problemer da det i noen tilfeller var en del støy fra menneskene utenfor testrommet. Testpersonene ble etter testen spurt om de følte at bråket utenfor rommet var sjenerende, de fleste følte ikke dette påvirket testen. I de tilfellene hvor det var mye støy fra omgivelsene under hørselstesten, ble det kommentert i resultatene.

4.4 Lydnivå målt med dosimeter og lydmåler

For å kartlegge hvilke lydnivåer som oppstår under en korpsøvelse i de aktuelle lokalene, ble det satt dosimeter på et utvalg av musikerne. Det ble maksimalt brukt ni dosimeter under en korpsøvelse. Dosimeterne ble fordelt utover korpset slik at mest mulig av korpset var dekket. I noen av tilfellene ble målerne plassert i forhold til hvilke instrument musikeren spilte og hvilket instrument personen bak spilte. En oversikt over plasseringen av dosimetrene for de ulike korpslokalene er gitt i tabell B.1. Dosimetrene ble festet på musikernes skulder så nært øret som mulig. Musikerne valgte selv hvilken side de ønsket at måleren skulle plasseres.

Varigheten på målingene med dosimetrene varierte for de forskjellige øvelokalene, men gjennomsnittet for de åtte lokalene ligger på 1-1,5 timer. Før hver måling ble dosimetrene kalibrert.

Under korpsøvelsene ble det også målt lydnivå med en lydmåler, Norsonic 140 eller 118. Målingene ble gjort i ulike posisjoner i øvelokalet under øvelsen. Ved Stavanger kulturskole ble det bare gjennomført lydmålinger ved denne metoden.

4.5 Beregninger

4.5.1 Konvulsjon ved beregning av 30 minutters ekvivalentnivå

Lydnivåene målt med dosimetrene beskrevet i 4.4, måler $L_{A,eq1min}$. Dette betyr at det beregnes ekvivalentnivå for hvert enkelt minutt. Senere i oppgaven er det ønskelig å sammenligne resultatene fra korpsøvelsene med anbefalingene til konsertarrangører gitt i delkapittel 2.4.2. I anbefalingen opereres det med et 30 minutters ekvivalentnivå. For å beregne $L_{A,eq30min}$ fra det målte $L_{A,eq1min}$ brukes et tidsvindu på 30 minutter. Denne metoden kalles konvulsjon.

4.5.2 Midlet impulsnivå

I resultatene er det hensiktsmessig å se hvor sterke impulsnivåer en musiker utsettes for under øvelse. For å representere dette er det beregnet et midlet nivå av impulsnivået C_{peak} . De 10 sterkeste impulsnivåene er tatt med i denne midlingen og betegnes som $C_{peak,midlet}$.

4.5.3 Dose

Korpsmusikantene ved de forskjellige skolene ble utsatt for ulike lyddoser under øvelsene, både når det gjelder lengde på øvelsen og forskjell i lydnivå. For å kunne sammenligne hørselstestene for de ulike testpersonene er det nødvendig å beregne et dosetall. Dosetallet er basert på den tiden, t , musikeren har båret dosimeteret og det totale ekvivalentnivået $L_{A,eq}$ musikeren ble utsatt for. Dosetallet for hver musiker beregnes ved hjelp av ligning 4.1.

$$Dose\text{tall} = 10^{L_{A,eq}/10} \cdot (20 \cdot 10^{-6}\text{Pa})^2 \cdot \frac{t}{60\text{minutter}} \quad (4.1)$$

4.6 Utstyrliste

Utstyret som ble benyttet ved målingene er gitt i tabell 4.2.

Tabell 4.2: Utstyrliste

Instrument	Merke	Type
Lydkort	Edirol	UA-25
Hodetelefoner	Bose	Noise cancelling
Dosimeter	Castella	dBadge
Lydmåler	Norsonic	140
Lydmåler	Norsonic	118

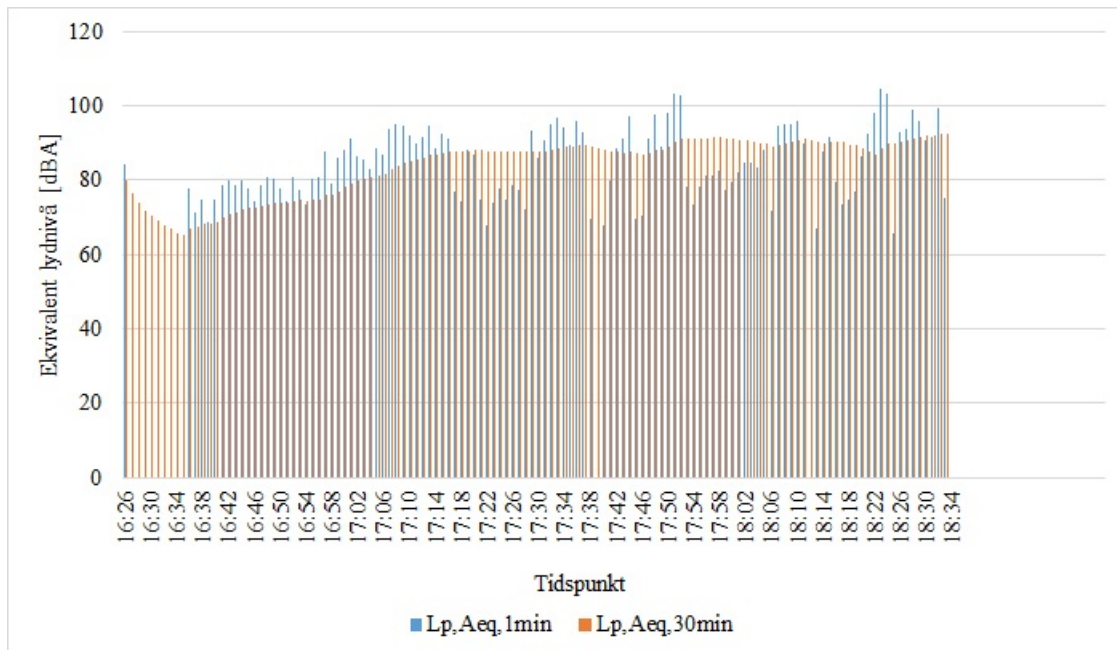
Kapittel 5

Resultater

I dette kapittelet vil resultater fra målinger og beregninger presenteres. For hvert lokale presenteres $L_{A,eq30min}$, C_{peak} og $C_{peak,midlet}$. $L_{A,eq30min}$ er ekvivalent lydnivå over en periode på 30 minutter, og den sterkeste $L_{A,eq30min}$ vil bli presentert for hver korpsmusikant. Den sterkeste impulslyden (C_{peak}) og midlet impulslyd over de 10 sterkeste nivåene for hver musikanter er gitt i egen tabell for hvert øvingslokale. Det presenteres også en tabell over de 10 sterkeste impulsnivåene (C_{peak}) som oppstod ved hvert øvingslokale. Utfallet av hørselstestene utført før og etter korpsøvelse, fremstilles sammen med beregnet dose musikantene ble utsatt for under øvelsen. Resultatene fra spørreundersøkelsen blant musikantene presenteres som prosent av alle musikantene kategorisert etter enten øvingslokale eller instrument. Til slutt er det gjort beregninger på teoretisk lydnivå i diffus feltet gitt antall musikere i de forskjellige øvingslokalene. Korpsplasseringen i de forskjellige øvingslokalene er gitt i vedlegg A. Veilederen det henvises til, som gir varslings-og absoluttgrense for ekvivalent lydnivå, i dette kapittelet er beskrevet i 2.4.2.

5.1 Målt ekvivalent lydnivå og impulslyd

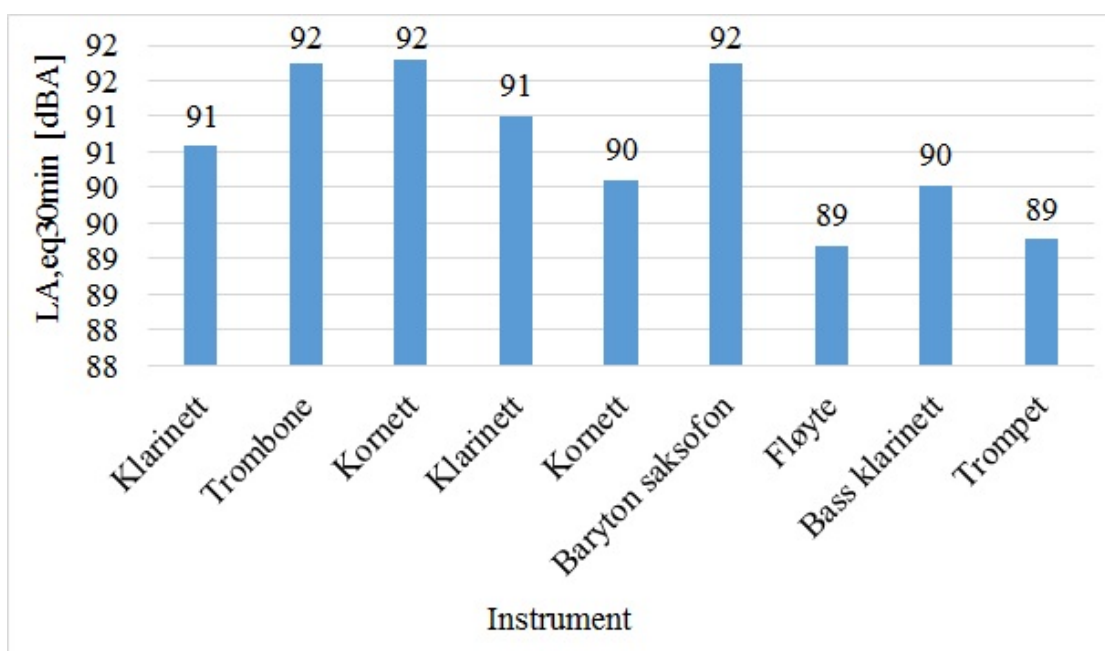
I dette delkapittelet vil lydnivåmålingene for hvert øvingslokale bli presentert. Det rapporterte ekvivalentnivået $L_{A,eq30min}$ er det sterkeste ekvivalente lydnivået over en tidsperiode på 30 minutter. Denne tidsperioden er valgt på bakgrunn av anbefalingen “Musikkanlegg og helse, veiledning til arrangører og kommuner” beskrevet i 2.4.2, der varslingsgrensen for ekvivalent lydnivå er 92 dB for en tidsperiode på 30 minutter. Målemetoden med dosimeter er beskrevet i delkapittel 4.4. I figur 5.1 vises forskjellen mellom $L_{A,eq1min}$ og $L_{A,eq30min}$. Fra figuren ser en at 30 minuttersnivået jevner ut lydnivået, metoden er beskrevet i delkapittel 4.5.1.



Figur 5.1: Eksempel på forskjellen mellom 1 minutts ekvivalentnivå og 30 minutters ekvivalentnivå

5.1.1 Austrått skole

Figur 5.2 viser den kraftigste målte $L_{A,eq30min}$ for hver musikanter under korpsøvelse i øvingslokale ved Austrått skole. Musikerne med høyeste målte $L_{Aeq,30min}$ spiller trombone, kornett og saksofon. Alle disse musikanter har et nivå på 92 dB som er varselingsgrensen for konserter i henhold til anbefalingen nevnt tidligere. Trombone-spilleren er plassert bakerst i lokalet og sitter helt på kanten i korpset. Plasseringen av musikanter er vist i figur A.1. Kornettisten sitter på bakerste rekke, men har slagverkgruppen plassert bak seg. Saksofonisten er plassert i fremste rekke og har flere musikanter bak seg, deriblant slagverkgruppen og trompetist.



Figur 5.2: Ekvivalentnivået for de forskjellige musikerne ved Austrått skole

Tabell 5.1 viser en oversikt over de høyeste impulsnivåene målt for hver av de ni musikerne. Trombonisten er den eneste av musikantene hvor det ble målt impuls-nivå over 130 dB som er varslings- og absoluttgrense i henhold til veilederen for arrangører av konserter og festivaler. Den siste kolonnen viser midlet impulsnivå og for trombonisten er denne 125 dB. Dette tilsier at det ikke registreres mange nivåer over 130 dB. Dette er også vist i tabell 5.2 som gir en oversikt over de 10 høyeste impulsnivåene målt for alle musikerne.

Tabell 5.1: Høyeste impulsnivå målt ved musikerne ved Austrått skole

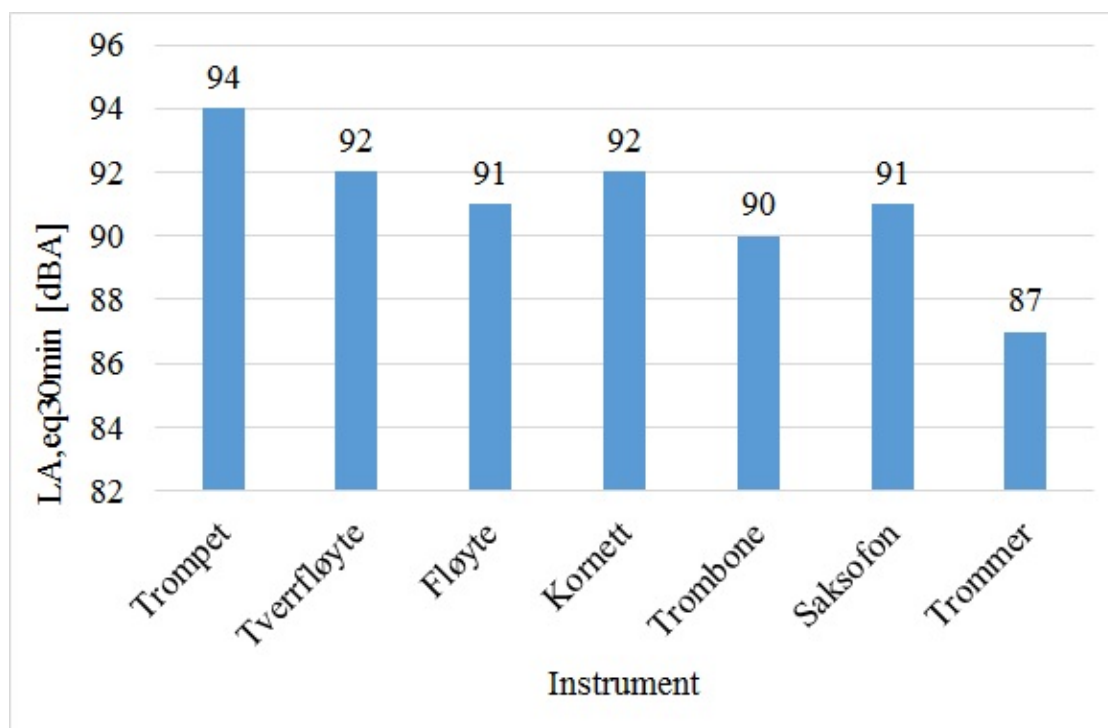
Musiker	Instrument	C_{peak} [dB]	$C_{peak, midlet}$ [dB]
1	Klarinett	123	119
2	Trombone	130	125
3	Kornett	123	122
4	Klarinett	121	119
5	Kornett	123	122
6	Saksofon	122	121
7	Fløyte	121	118
8	Klarinett	121	120
9	Trompet	121	119

Tabell 5.2: De 10 høyeste impulsnivåene målt ved Austrått skole

Plassering	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C_{peak} [dB]	130	128	125	125	123	123	123	123	123	123

5.1.2 Hana skole

Figur 5.3 viser den kraftigste målte $L_{A,eq30min}$ for hver musikanter under korpsøvelse i øvingslokale ved Hana skole. Trompetisten har et nivå på 94 dB, som er 2 dB høyere enn varslingsgrensen. Trompetisten er plassert bakerst i korpset og har andre trompetister ved siden av seg. Korpsplasseringen for Hana skolekorps er vist i figur A.2. Både personene som spiller tverrfløyte og kornett har 92 dB som er varslingsgrensen i forhold til anbefalingen for konserter. Fløytisten har saksofon plassert bak seg, mens kornettisten har slagverk bak.



Figur 5.3: Ekvivalent nivået for de forskjellige musikerne ved Hana skole

Det ble registrert impulsnivåer over 130 dB for musiker nummer 2 og 7 som spiller tverrfløyte og trommer. For fløytisten ble det registrert C_{peak} på 131 dB, og et midlet nivå på 121 dB. Det midlede nivået viser at det ikke ble målt mange impulslyder over grensen på 130 dB. For trommeslageren registreres det flere impulslyder rundt 130 dB. $C_{peak,midlet}$ er dermed høyere for trommeslageren enn for

fløytisten.

Tabell 5.3: Høyeste impulsnivå målt ved musikerne ved Hana skole

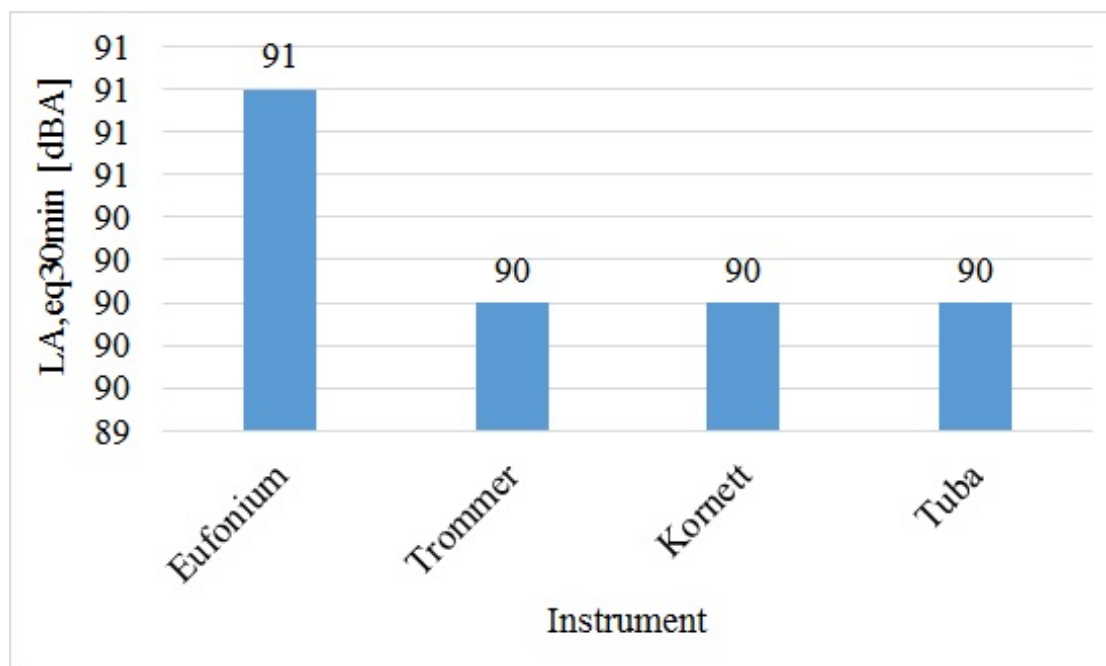
Musiker	Instrument	C_{peak} [dB]	$C_{peak, midlet}$ [dB]
1	Trompet	123	121
2	Tverrfløyte	131	121
3	Fløyte	120	118
4	Kornett	126	122
5	Trombone	127	122
6	Saksofon	125	120
7	Trommer	130	127

Tabell 5.4: De 10 høyeste impulsnivåene målt ved Hana skole

Plassering	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C_{peak} [dB]	131	130	130	128	127	126	126	126	126	126

5.1.3 Bogafjell skole

Figur 5.4 viser den kraftigste målte $L_{A,eq30min}$ for hver musikanter under korpsøvelse i øvingslokale ved Bogafjell skole. Figuren viser at det ble målt nivåer over varslingsgrensen på 92 dB for noen av musikantene. Det høyeste nivået som måles er for eufonisten hvor det ble målt et nivå på 91 dB. De andre musikantene har et nivå på 90 dB.



Figur 5.4: Ekvivalentnivået for de forskjellige musikerne ved Bogafjell skole

Tabell 5.5 viser en oversikt over de høyeste impulsnivåene målt ved hver av de fire musikerne og et midlet impulsnivå $C_{peak,midlet}$. Trommeslageren har maksimal C_{peak} på 134 dB, noe som er 4 dB høyere enn grenseverdien. Denne musikeren har også $C_{peak,midlet}$ på 130 dB som viser at det er flere impulslyder over grenseverdien. Trommeslageren er plassert bakerst i et hjørne av øvingslokale sammen med andre slagverk (se figur A.3). For musiker 4 som spiller Tuba ble det målt en impulslyd på 127 dB og flere impulslyder ble målt opp mot dette.

Tabell 5.5: Høyeste impulsnivå målt for musikerne ved Bogafjell skole

Musiker	Instrument	C_{peak} [dB]	$C_{peak,midlet}$ [dB]
1	Eufonium	123	122
2	Trommer	134	130
3	Kornett	125	122
4	Tuba	127	124

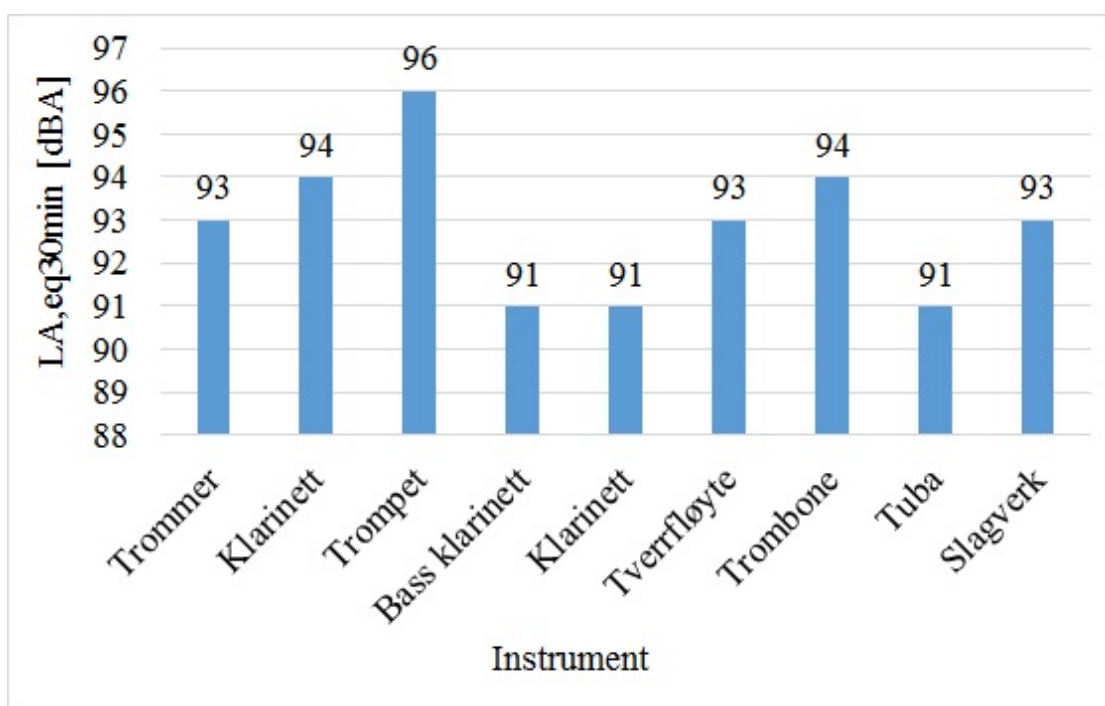
Tabell 5.6: De 10 høyeste impulsnivåene målt ved Bogafjell skole

Plassering	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C_{peak} [dB]	134	131	131	130	130	129	129	128	128	128

Tabell 5.6 viser de 10 høyeste impulsnivåene målt for alle musikerne. Fra tabellen vises det at det er flere impulslyder over grenseverdien.

5.1.4 Soma-Stangeland skole

Figur 5.5 viser den kraftigste målte $L_{A,eq30min}$ for hver musikanter under korpsøvelse i øvingslokale ved Soma-Stangeland skole. For de fleste av musikantene ble det målt over eller rett rundt varslingsgrensen. Høyeste $L_{A,eq30min}$ ble målt for trompetisten og ble målt til hele 96 dB. Trompetisten er plassert bakerst i korpset og har trompeter plassert også i nærheten. Klarinettisten og trombonisten har nivåer på 94 dB, klarinettisten har trompetist plassert bak seg, mens trombonisten sitter bakerst i korpset.



Figur 5.5: Ekvivalentnivået for de forskjellige musikerne ved Soma-Stangeland skole

Tabell 5.7 viser en oversikt over de høyeste impulsnivåene målt ved hver av de ni musikerne. Det ble registrert impulsnivåer over 130 dB for samtlige musikere med dosimeter ved Soma-Stangeland skole. To av musikerne, musiker 1 og 9, har 133 dB i midlet impulsnivå over de 10 sterkeste impulslydene registrert i løpet av korpsøvelsen. Både musiker 1 og 9 er en del av slagverkgruppen. For trommeslageren ble det registrert en C_{peak} verdi på 140 dB, noe som er 10 dB høyere enn absoluttgrensen på 130 dB. Det er også flere peakverdier rett under 140 dB.

Tabell 5.7: Høyeste impulsnivå målt ved musikerne ved Soma-Stangeland skole

Musiker	Instrument	C_{peak} [dB]	$C_{peak, midlet}$ [dB]
1	Trommer	140	133
2	Klarinett	133	125
3	Trompet	132	124
4	Bass klarinett	132	124
5	Klarinett	130	126
6	Tverrfløyte	135	125
7	Trombone	135	125
8	Tuba	133	126
9	Slagverk	138	133

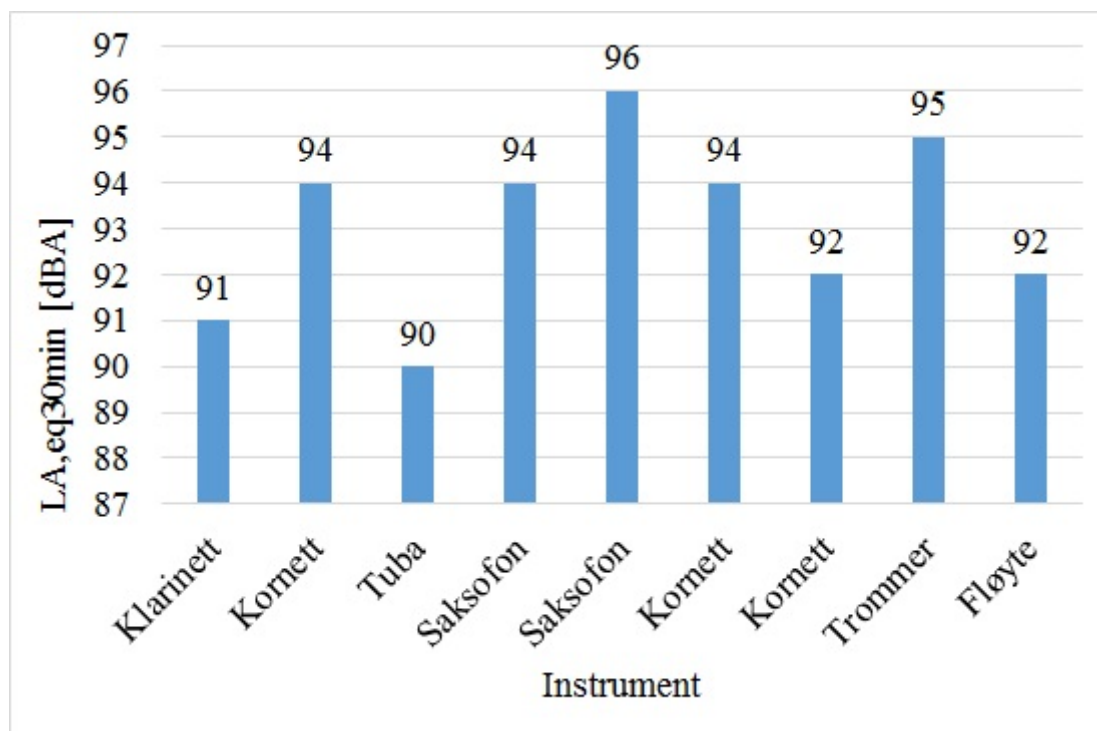
Tabell 5.8 viser de 10 høyeste impulsnivåene målt for alle musikerne. De 10 kraftigste impulslydene ved dette øvingslokale var over 136 dB, noe som er 6 dB over absoluttgrensen.

Tabell 5.8: De 10 høyeste impulsnivåene målt ved Soma-Stangeland skole

Plassering	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C_{peak} [dB]	140	140	138	138	138	137	137	137	137	136

5.1.5 Sandved skole

Figur 5.6 viser den kraftigste målte $L_{A,eq30min}$ for hver musikanter under korpsøvelse i øvingslokale ved Sandved skole. De fleste av musikerne som bar dosimetre ved Sandved skole målte et lydnivå over varslingsgrensen på 92 dB. De høyeste nivåene ble målt for saksofonisten og trommeslageren. For saksofonisten ble det målt et ekvivalentnivå på 96 dB. Bak denne musikanten sitter musikere som spiller kornett og trompet. Det ble målt et ekvivalentnivå på 95 dB for trommeslageren som er plassert bakerst i lokalet sammen med slagverkgruppen. Plasseringen til alle musikantene i korpset er vist i figur A.5.



Figur 5.6: Ekvivalentnivået for de forskjellige musikerne ved Sandved skole

Tabell 5.9 viser en oversikt over de høyeste impulsnivåene målt ved hver av de ni musikerne. Ved Sandved skole ble det registrert impulsnivå over 130 dB for musiker 2, 5, 8 og 9. Musikere med høyest midlet impulsnivå er musiker 2 og 8 som spiller kornett og trommer. Dette betyr at det er mange impulslyder over 130 dB. Kornettistens høyeste målte impulslyd er 144 dB, noe som er 14 dB høyere en absoluttgrensen. Trommeslager er den musikanten som det er målt flest peaknivå over absoluttgrensen på 130 dB. Tabell 5.10 viser de 10 høyeste impulsnivåene målt for alle musikerne. Alle de 10 sterkeste impulslydene er over absoluttgrensen på 130 dB.

Tabell 5.9: Høyeste impulsnivå målt ved musikerne ved Sandved skole

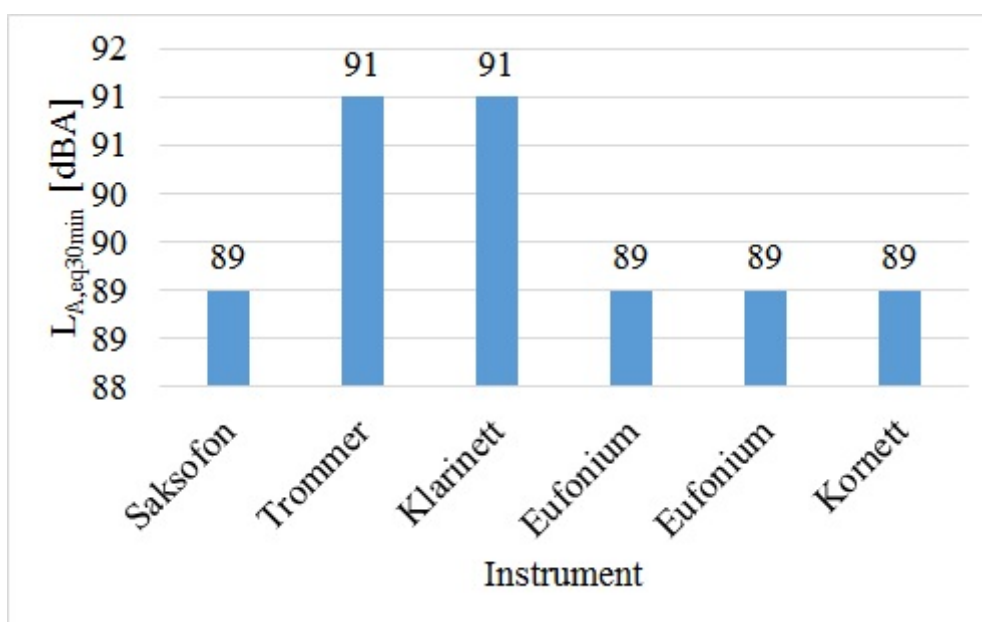
Musiker	Instrument	C_{peak} [dB]	$C_{peak,midlet}$ [dB]
1	Klarinett	128	127
2	Kornett	144	131
3	Tuba	129	125
4	Saksofon	129	127
5	Saksofon	130	127
6	Kornett	127	125
7	Kornett	127	124
8	Trommer	136	131
9	Fløyte	131	128

Tabell 5.10: De 10 høyeste impulsnivåene målt ved Sandved skole

Plassering	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C_{peak} [dB]	144	136	132	131	131	130	130	130	130	130

5.1.6 Trones skole

Figur 5.7 viser den kraftigste målte $L_{A,eq30min}$ for hver musikanter under korpsøvelse i øvingslokale ved Trones skole. Det er ingen av musikerne som har $L_{A,eq30min}$ over varslingsgrensen på 92 dB. Trommeslageren og klarinettisten har begge nivåer på 91 dB, som er nært varslingsgrensen. Trommeslageren er plassert bakerst i lokalet, med stortromme plassert ved siden av. Klarinettisten har ingen musikanter bak seg, men er plassert ved siden av en saksofonist.



Figur 5.7: Ekvivalentnivået for de forskjellige musikerne ved Trones skole

Tabell 5.11 viser en oversikt over de høyeste impulsnivåene målt ved hver av de seks musikerne. Det ble registrert flere impulslyder over 130 dB for musiker 2 som spiller trommer og fører til høy $C_{peak,midlet}$, 134 dB. Den høyeste impulslyden målt for denne musikeren var 138 dB og de 10 sterkeste impulsnivåene målt er over 130 dB. Tabell 5.12 viser de 10 høyeste impulsnivåene målt for alle musikerne.

Tabell 5.11: Høyeste impulsnivå målt ved musikerne ved Trones skole

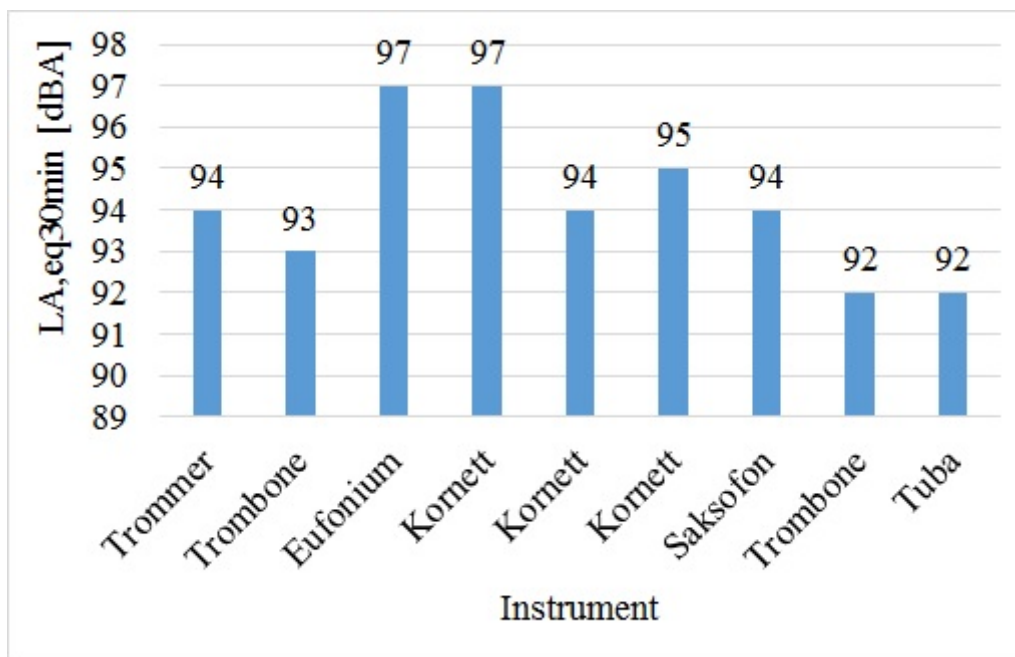
Musiker	Instrument	C_{peak} [dB]	$C_{peak,midlet}$ [dB]
1	Saksofon	124	121
2	Trommer	138	134
3	Klarinett	123	121
4	Eufonium	126	123
5	Eufonium	127	123
6	Kornett	122	120

Tabell 5.12: De 10 høyeste impulsnivåene målt ved Trones skole

Plassering	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C_{peak} [dB]	138	131	131	131	131	131	130	130	130	130

5.1.7 Riska ungdomskole

Figur 5.8 viser den kraftigste målte $L_{A,eq30min}$ for hver musikanter under korpsøvelse i øvingslokale ved Riska ungdomskole. Det ble målt $L_{Aeq,30min}$ over eller rundt 92 dB for samtlige av de ni musikantene. Musikeren som spiller eufonium og en av dem som spiller kornett målte et nivå på 97 dB, som er 5 dB over varslingsgrensen og bare 2 dB under absoluttgrense. Eufonisten har tuba plassert bak seg og kornettisten har kornett plassert både bak og på siden.



Figur 5.8: Ekvivalentnivået for de forskjellige musikerne ved Riska ungdomskole

Tabell 5.13 viser en oversikt over de høyeste impulsnivåene målt for hver av de ni musikerne og midlet impulsnivå $C_{peak,midlet}$. For musiker 1, 6 og 8 ble det målt impulsnivåer over 130 dB. Trommeslageren har et midlet impulsnivå på 131 dB og høyeste målte impulsnivå på 132 dB. Kornettisten har et midlet impulsnivå på 123 dB, mens Trombonisten har et midlet impulsnivå på 121 dB. Trombonisten er plassert bakerst og har trombone på begge sidene. Tabell 5.14 viser de 10 høyeste impulsnivåene målt for alle musikerne.

Tabell 5.13: Høyeste impulsnivå målt ved musikerne ved Riska ungdomskole

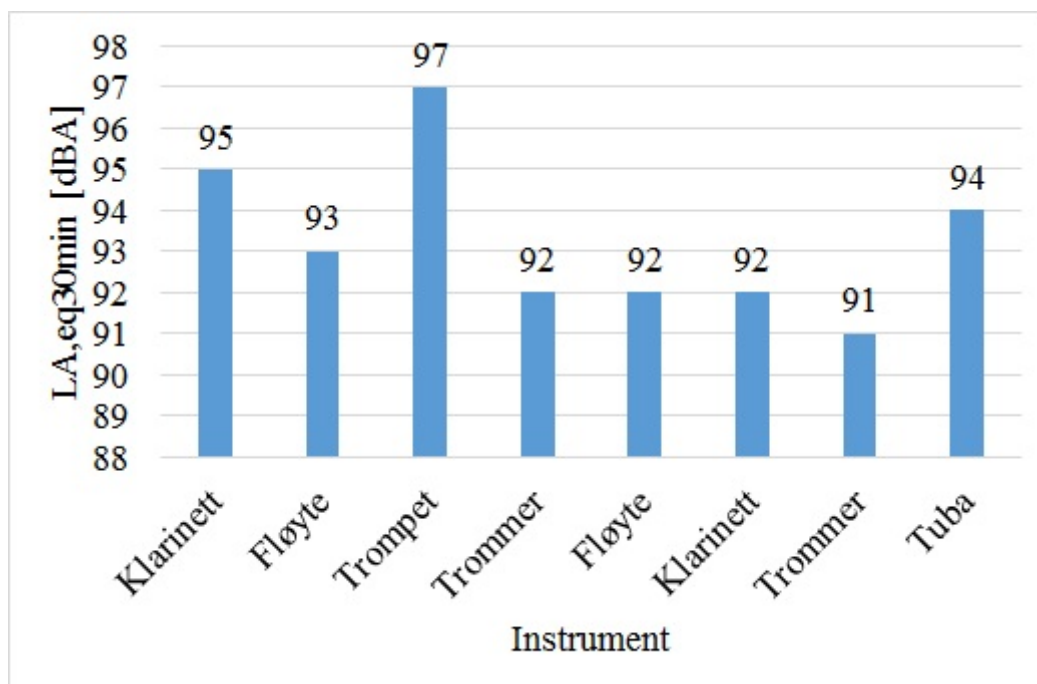
Musiker	Instrument	C_{peak} [dB]	$C_{peak,midlet}$ [dB]
1	Trommer	132	131
2	Trombone	129	123
3	Eufonium	129	126
4	Kornett	121	120
5	Kornett	127	125
6	Kornett	131	123
7	Saksofon	127	121
8	Trombone	130	121
9	Tuba	127	124

Tabell 5.14: De 10 høyeste impulsnivåene målt ved Riska ungdomskole

Plassering	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C_{peak} [dB]	132	131	131	131	131	130	130	130	130	130

5.1.8 Lura skole

Figur 5.9 viser den kraftigste målte $L_{A,eq30min}$ for hver musikanter under korpsøvelse i øvingslokale ved Lura skole. De fleste av musikantenes målte $L_{A,eq30min}$ ligger enten på eller over varslingsgrensen. For trompetisten ble det målt et nivå på 97 dB og for den ene klarinettisten ble det målt 95 dB. Dette er nivåer som ligger godt over varslingsgrensen og opp mot absoluttgrensen. Trompetisten hadde slagverkgruppen plassert bak seg med litt avstand. Klarinettisten har andre klarinettister plassert i nærheten.



Figur 5.9: Ekvivalentnivået for de forskjellige musikerne ved Lura skole

Tabell 5.15 viser en oversikt over de høyeste impulsnivåene målt ved hver av de åtte musikerne. For musiker 2, 4 og 7 ble det målt impulsnivåer over 130 dB. Musiker 2 spiller fløyte og har et midlet impulsnivå på 123 dB. Denne musikeren har musikere med instrumentene tuba og trombone bak seg. For trommeslageren (musiker 4) ble det målt C_{peak} på 131 dB. Trommeslagerens midlet impulsnivå er 129 dB, som indikerer flere høye peak nivåer. Musiker 7 spiller også trommer og har tilnærmet samme plassering som musiker 4. Denne trommeslageren har et midlet impulsnivå på 127 dB. Tabell 5.16 viser de 10 høyeste impulsnivåene målt for alle musikerne.

Tabell 5.15: Høyeste impulsnivå målt ved musikerne ved Lura skole

Musiker	Instrument	C_{peak} [dB]	$C_{peak, midlet}$ [dB]
1	Klarinett	125	119
2	Fløyte	130	123
3	Trompet	124	123
4	Trommer	131	129
5	Fløyte	120	119
6	Klarinett	120	119
7	Trommer	130	127
8	Tuba	128	126

Tabell 5.16: De 10 høyeste impulsnivåene målt ved Lura skole

Plassering	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C_{peak} [dB]	131	130	130	130	129	129	129	129	129	128

5.2 Beregnet og målt lydnivå i diffus feltet for korpsene i øvingslokalene

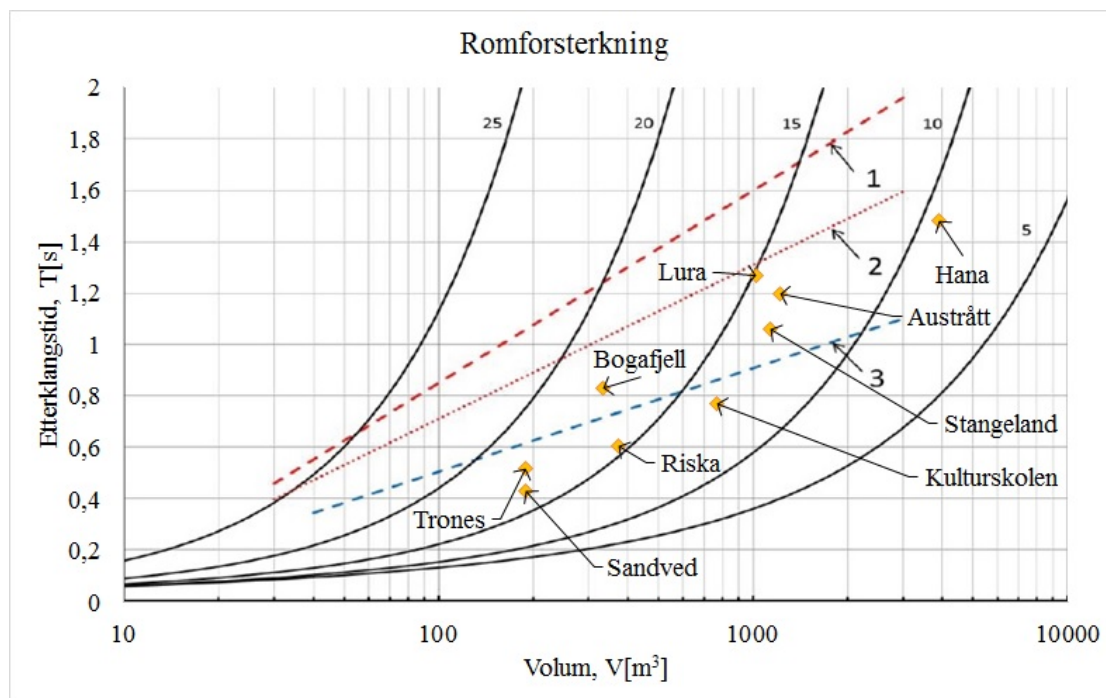
Beregnet lydnivå fra ligningen 2.6, målt midlet og maksimalt lydnivå med dosimetrene og lydnivået i diffus feltet er gitt i tabell 5.17. For de beregnede lydnivåene er det gitt at alle instrumentene spiller og at de spiller med en styrke på forte. Forte betyr at det spilles sterk styrke. Romforsterkningen er gitt av figur D.1 i vedlegg D. Linje 2 angir høyeste grense og linje 3 gir laveste grense for romforsterkning for lydsterk musikk i øvingsrom. Romforsterkningen for øvingslokalene er vist i figur 5.10.

Tabell 5.17: Beregnet lydnivå for korpsene i øvingslokalene

Øvingslokale	Beregnet	Midlet	Maksimal	Diffus feltet
	L_p	$L_{A,eq30min}$	$L_{A,eq30min}$	$L_{A,eq}$
Austrått skole	98	91	92	85-87
Hana skole	91	91	94	86-88
Bogafjell skole	98	90	91	88-90
Soma-Stangeland skole	96	93	96	91-93
Sandved skole	102	93	96	91-93
Trones skole	99	90	91	90-92
Riska ungdomskole	101	94	97	88-90
Lura skole	97	93	97	90-92
Stavanger kulturskole	98	87	90	86-88

Det er stor forskjell mellom beregnet lydnivå og de målte lydnivåene. Under en korpsøvelse vil ikke alle instrumentene spille på samme tid alltid. Forskjellige instrumenter spiller forskjellige deler av et musikkstykk. Instrumentene spiller heller ikke med samme styrke, særlig ikke amatørmusikere. Fire lokaler ligger innenfor grensen for lydsterk musikk: Bogafjell, Lura, Soma-Stangeland og Austrått skole.

Det er disse fire øvingslokalene med lavest beregnet lydnivå dersom en ser bort fra Hana skole. Det laveste gjennomsnittlige lydnivået er målt ved Stavanger kulturskole. Det ble her målt et lydnivå på 87 dB. Bogafjell, Trones, Austrått og Hana skole har også midlet lydnivå under varslingsgrensen på 92 dB. Det er også disse øvingslokalene hvor maksimalt lydnivå er lavest.



Figur 5.10: Romforsterkning for øvingslokalene

Forklaring til figur 5.10 er gitt i vedlegg D.

5.3 Hørselstest

I tabell 5.18 er en oversikt over resultatene av hørselstesten utført på et utvalg musikere. Musikerne er kategorisert etter skole og benevnes som musiker 1 til 4. I tabellen er det en oversikt over hvilket instrument musikeren selv spiller og hvilket instrument musikeren/musikerne plassert bak spiller. Det er også beregnet et dosetall, basert på lydnivå og doseringstid. Doseringstid er tiden hver enkelt dosimeter måler. Beregningsmetoden er gitt av ligning 4.1.

Dersom audiogrammet var endret etter øvelse i forholdt til audiogrammet før øvelse, er det markert 1 i kolonnen “Endring i hørsel”. Tallet 0 indikerer ingen signifikant endring på hørselstesten etter øvelse. Det er satt to kriterier for hva som beregnes som endring i hørsel, dersom endringen er mer enn 10 dB for mer enn en frekvens. Dette er satt som kriterium siden at NEWT har et standardavvik på

5 dB (se delkapittel 2.2.4). Figurene 5.11, 5.12 og 5.13 viser audiogrammet til de musikerne med endring i hørselen etter korpsøvelse.

Det forskjell i tiden fra musikkeksponering til hørselen ble målt. Tabell 5.18 viser rekkefølgen hørselstesten var gjennomført i ved hvert øvingslokale. Restitusjonstiden var større for de musikerne som tok hørselstesten senest. Dette kan medføre at de som fikk testet hørselen rett etter eksponering viser større endring enn de som fikk testet den noe senere.

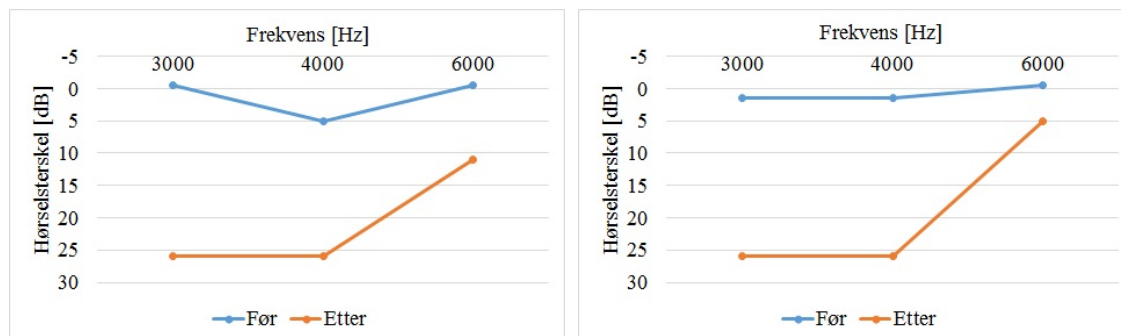
Tre av de totalt 24 musikerne som gjennomførte hørselstesten viste endring i hørselen etter korpsøvelse. Musikantene som viser endring i hørselen ble utsatt for en dose på 0,5 og 1,1. Dette er dog ikke de musikerne som er utsatt for høyest dose.

Tabell 5.18: Hørselstest

Øvingslokale	Musiker	Instrument		Dose	Endring hørsel	$L_{A,eq}$ [dB]
		Spiller	Bak seg			
Austrått skole	1	Klarinett	Kornett	0,9	0	90,7
	2	Trombone	Ingen	1,2	0	91,1
	3	Kornett	Trommer	1,3	0	91,5
	4	Klarinett	Trompet	1,1	0	90,9
Hana skole	1	Trompet	ingen	1,4	0	91,5
	2	Fløyte	Saksofon	0,6	0	90,5
	3	Fløyte	Trommer	0,8	0	89,1
	4	Kornett	Trommer	0,9	0	89,6
Bogafjell skole	1	Eufonium	Ingen	0,8	0	90,1
	2	Trommer	Ingen	0,5	0	88,3
	3	Kornett	Trommer	0,5	0	88,4
	4	Tuba	Ingen	0,5	0	88,3
Sandved skole	1	Klarinett	Ingen	1,1	0	91,4
	2	Kornett	Ingen	1,5	0	92,8
	3	Tuba	Trommer	0,9	0	90,7
	4	Saksofon	Trompet	2,1	0	94,4
Trones skole	1	Saksofon	Ingen	0,5	1	89,6
	2	Trommer	Ingen	0,5	1	90,3
	3	Klarinett	Ingen	0,6	0	89,7
	4	Eufonium	Trommer	0,3	0	86,9
Riska ungdomskole	1	Trommer	Ingen	1,1	1	91,5
	2	Trombone	Ingen	0,8	0	89,5
	3	Eufonium	Tuba	1,5	0	92,4
	4	Kornett	Kornett	1,4	0	92,4

Audiogram til musiker 1 ved Riska ungdomskole er gitt i figur 5.11. Hørselstesten

til trommeslageren ble tatt direkte etter lydeksponering og har et dosetall på 1,1. Det vil si at denne musikanten ble utsatt for et ekvivalent lydnivå på 92 dB over en periode på 1 time og 56 minutter.



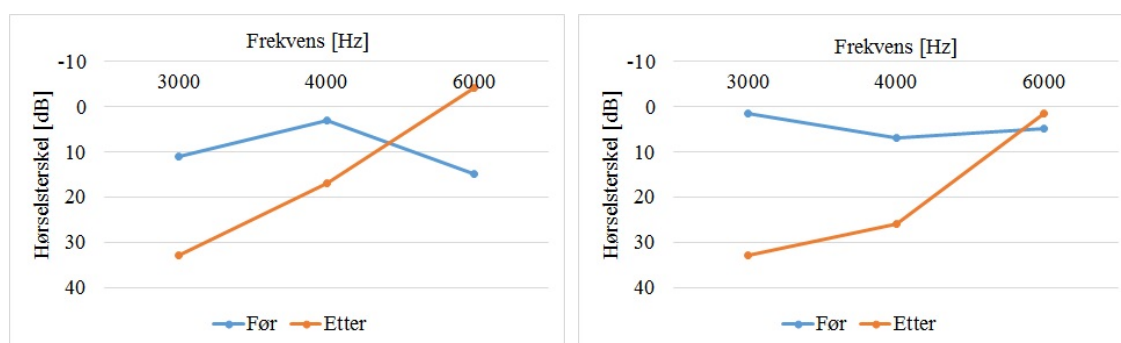
(a) Venstre øre

(b) Høyre øre

Figur 5.11: Audiogram for musiker 1 ved Riska ungdomskole

Ved Trones skole viste to musikere en signifikant endring i hørselsterskelen rett etter øvelse. Audiogramene til musiker 1 er gitt i figur 5.12. Hørselstesten til musiker 1 ble tatt direkte etter lydeksponering og har et dosetall på 0,5. Det vil si at denne musikanten ble utsatt for et ekvivalent lydnivå på 90 dB over en periode på 1 time og 22 minutter.

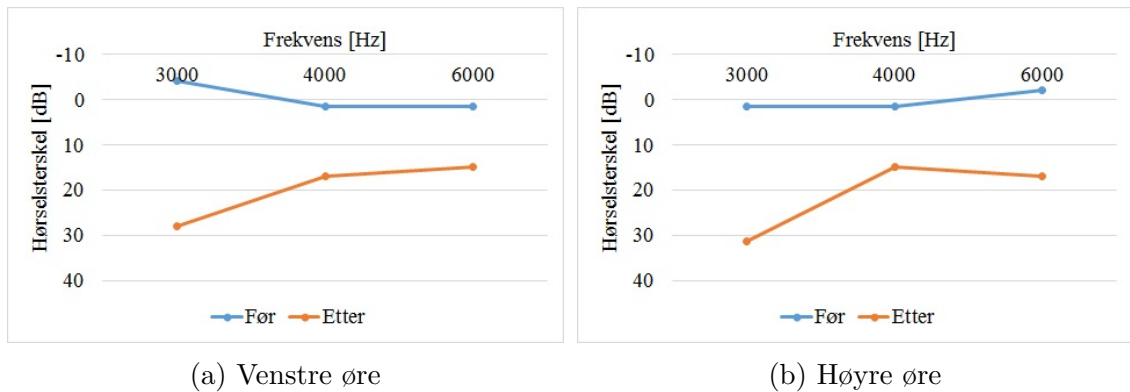
Audiogramene til musiker 2 er gitt i figur 5.13. Hørselstesten til trommeslageren ble tatt direkte etter lydeksponering og har et dosestall på 0,5. Det vil si at denne musikanten ble utsatt for et ekvivalent lydnivå på 90 dB over en periode på 1 time og 10 minutter. Audiogrammene til musikerne som viste endring i hørselen etter øvelse, viste normal hørsel før øvelse.



(a) Venstre øre

(b) Høyre øre

Figur 5.12: Audiogram for musiker 1 ved Trones skole



Figur 5.13: Audiogram for musiker 2 ved Trones skole

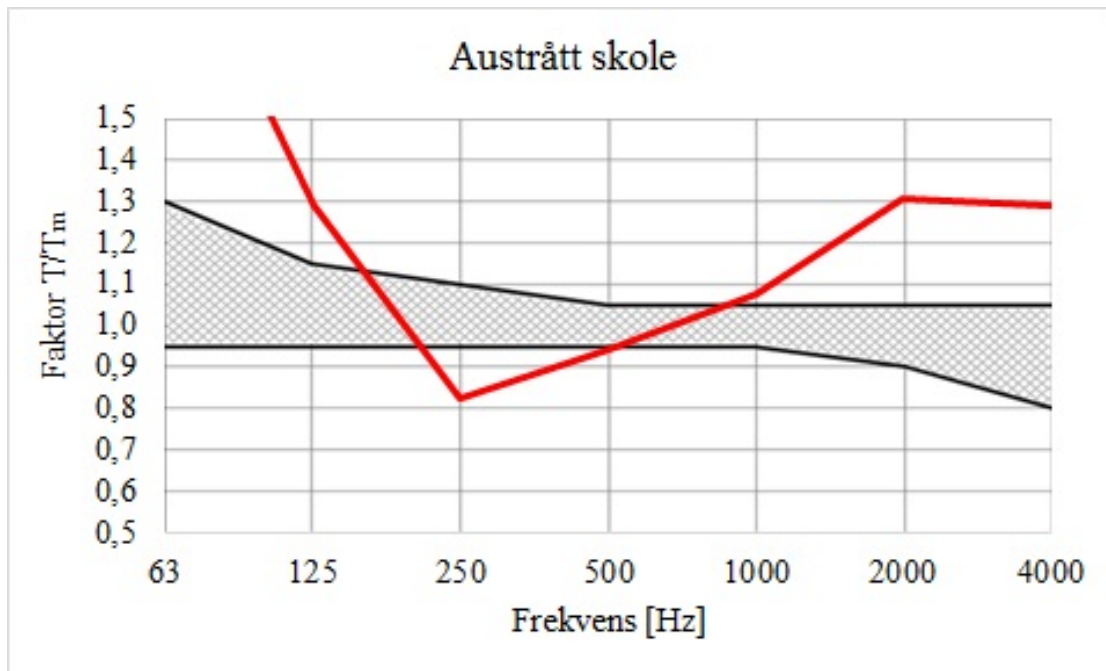
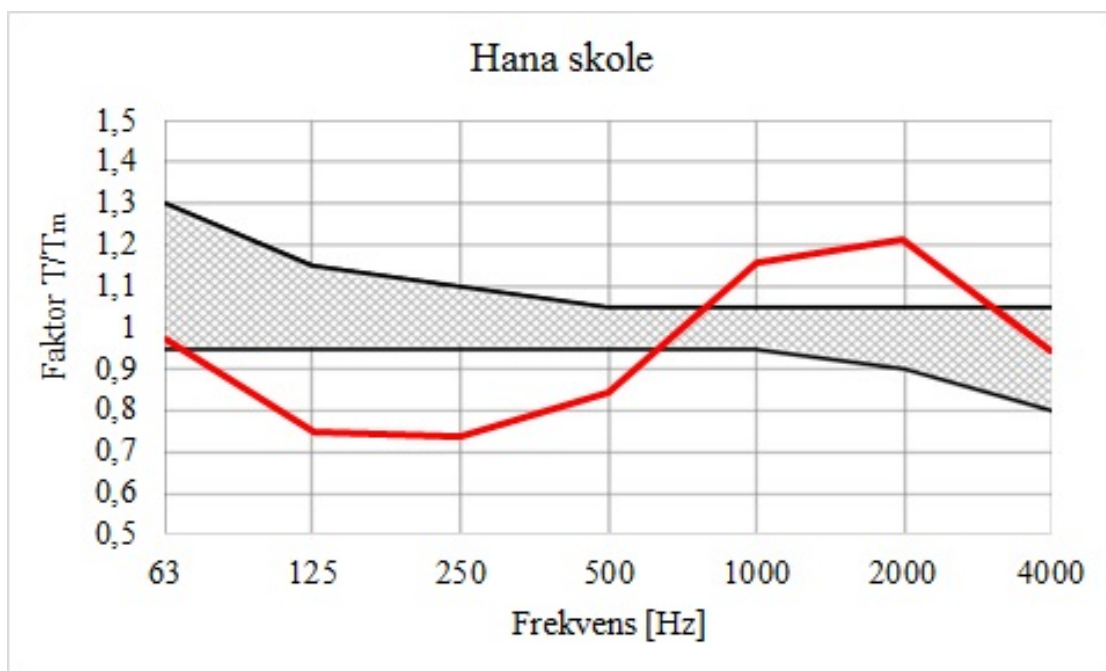
5.4 Etterklangstid

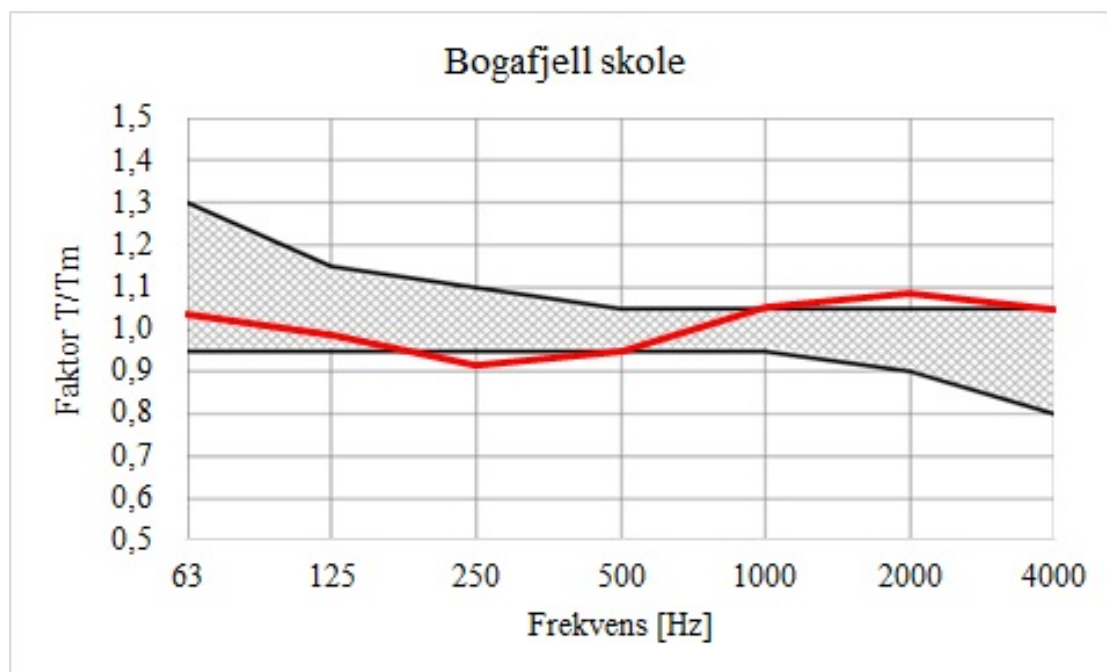
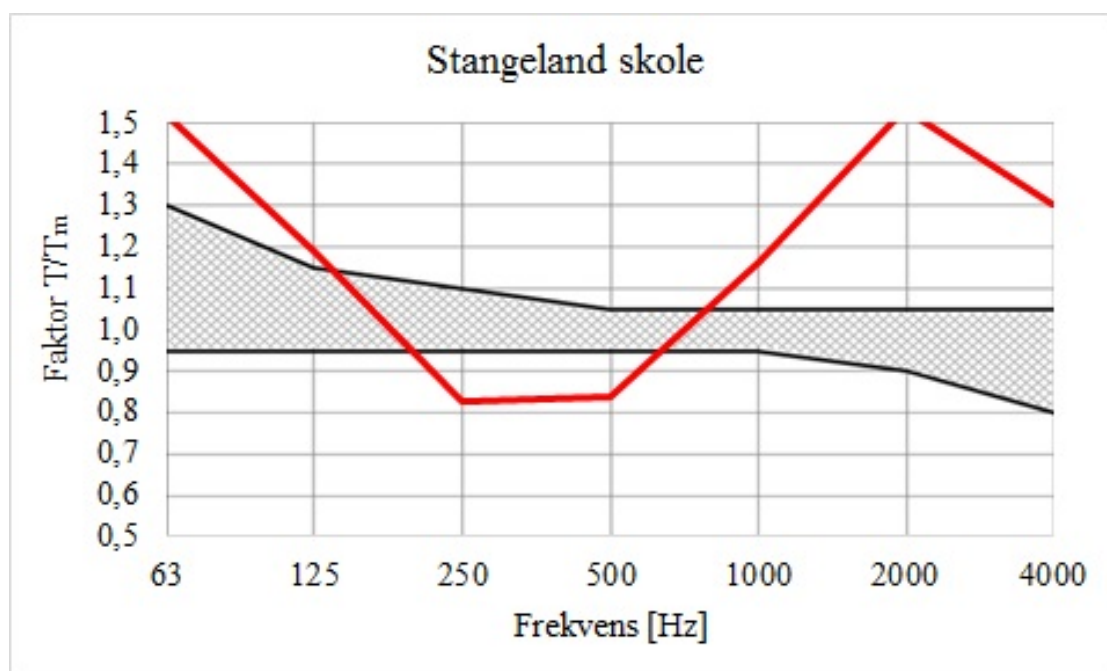
Etterklangstidene gjengitt her er utført av Rogaland musikkråd, bortsett fra ved Stavanger kulturskole. Sinus AS har gjennomført måling av etterklangstiden i øvingslokale ved Stavanger kulturskole. Den absolutte etterklangstiden er gitt i tabell 5.19 sammen med gjennomsnittlig etterklangstid i oktavbåndene 500 og 1000 Hz

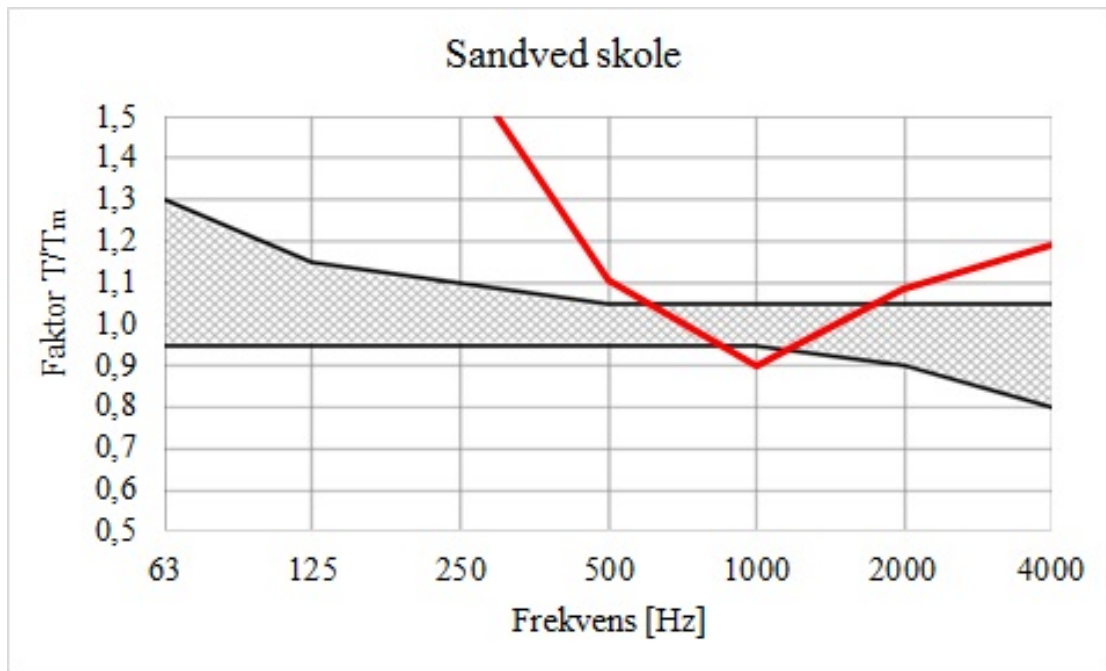
 Tabell 5.19: Målt etterklangstid, T [s], i øvingslokalene sammen med gjennomsnittlig etterklangstid for oktavbåndene 500 og 1000 Hz

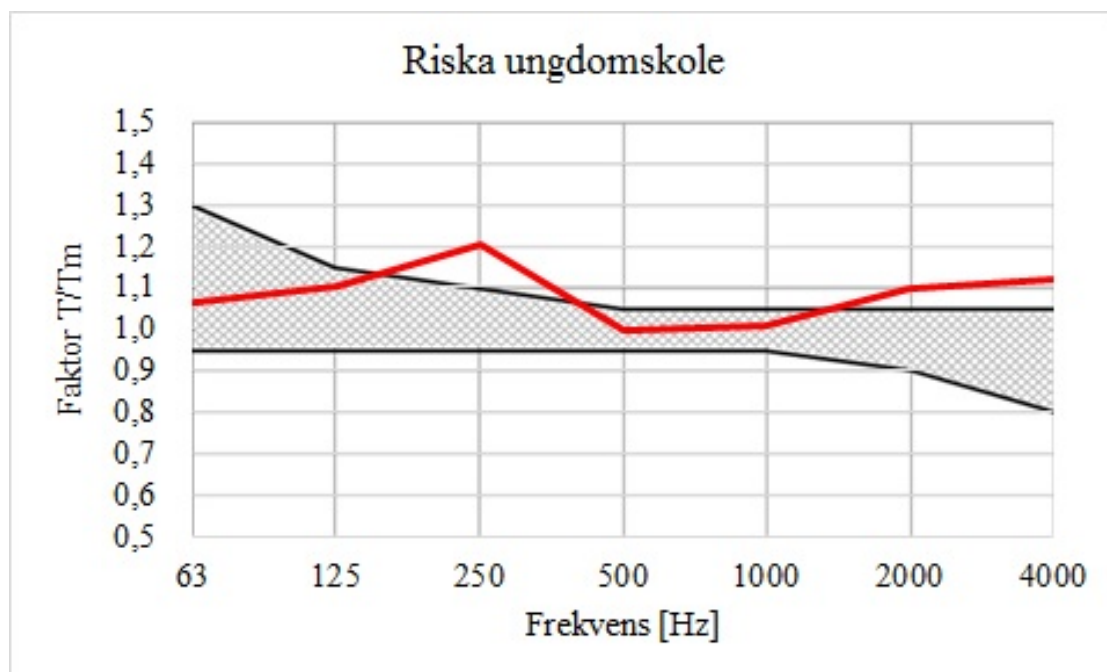
Øvingslokale	Frekvens [Hz]							T_m [s]
	63	125	250	500	1000	2000	4000	
Austrått	2,42	1,45	0,95	1,06	1,25	1,5	1,5	1,16
Hana	1,43	1,11	1,09	1,25	1,71	1,79	1,39	1,48
Bogafjell	0,86	0,82	0,76	0,79	0,88	0,91	0,87	0,83
Soma-Stangeland	1,61	1,26	0,88	0,89	1,24	1,63	1,38	1,06
Sandved skole	1,46	0,85	0,7	0,48	0,39	0,47	0,51	0,43
Trones skole	0,92	1,27	1,03	0,57	0,48	0,48	0,45	0,52
Riska ungdomskole	0,67	0,69	0,79	0,62	0,62	0,65	0,67	0,62
Lura skole	0,77	0,80	0,84	1,18	1,36	1,43	1,16	1,27
Stavanger kulturskole (med gardiner)	0,6	0,77	0,65	0,7	0,8	0,86	0,87	0,77
Stavanger kulturskole (uten gardiner)	0,6	0,72	0,55	0,56	0,69	0,74	0,73	0,67

Figurene 5.14 - 5.22 viser faktoren T/T_m beskrevet i delkapittel 2.3.2. Dette er den relative etterklangstiden og beskriver hvor godt øvingslokaler fra et musiker perspektiv.

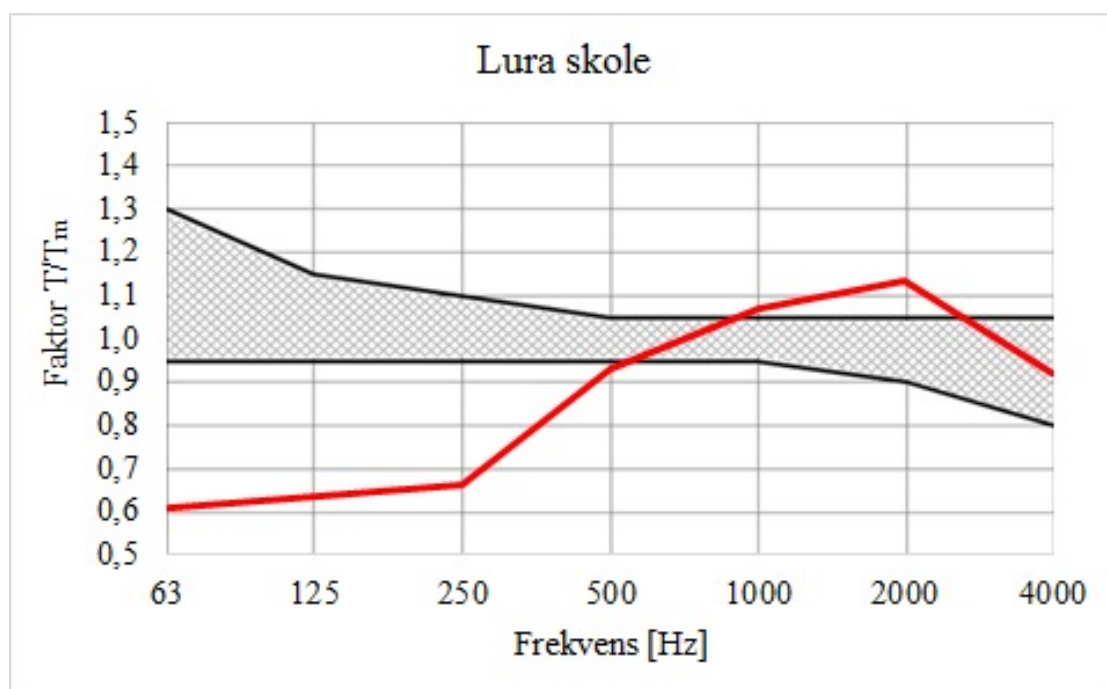
Figur 5.14: Relativ etterklangstid (T/T_m) ved Austrått skoleFigur 5.15: Relativ etterklangstid (T/T_m) ved Hana skole

Figur 5.16: Relativ etterklangstid (T/T_m) ved Bogafjell skoleFigur 5.17: Relativ etterklangstid (T/T_m) ved Soma-Stangeland skole

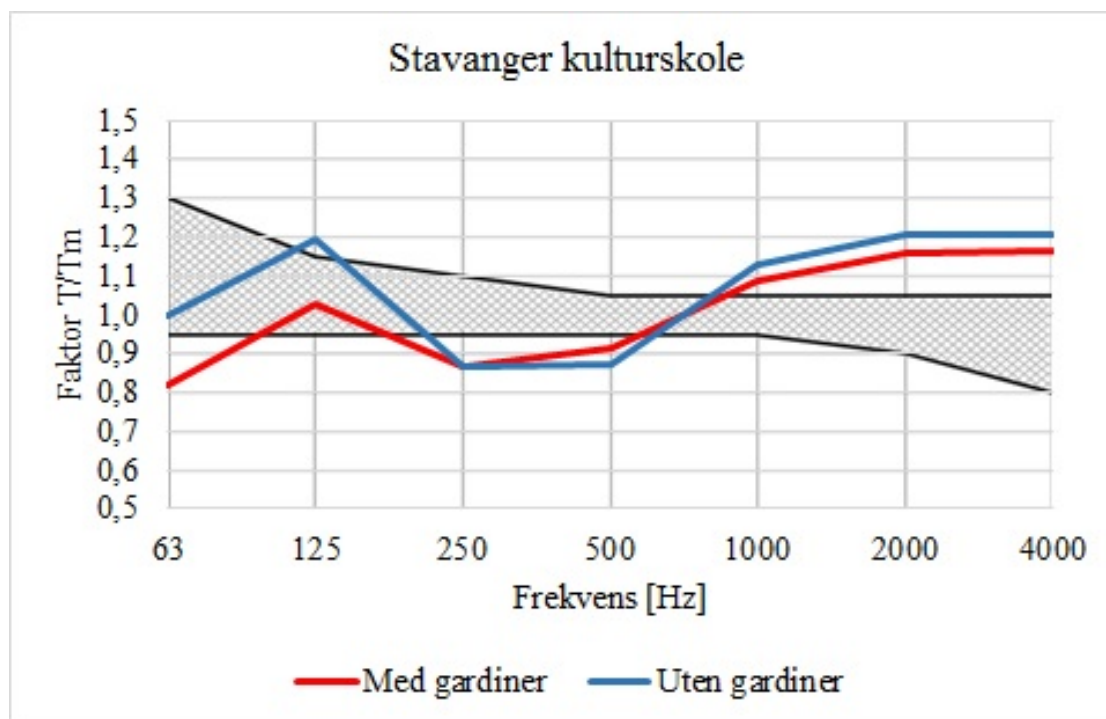
Figur 5.18: Relativ etterklangstid (T/T_m) ved Sandved skoleFigur 5.19: Relativ etterklangstid (T/T_m) ved Trones skole



Figur 5.20: Relativ etterklangstid (T/T_m) ved Riska ungdomskole



Figur 5.21: Relativ etterklangstid (T/T_m) ved Lura skole



Figur 5.22: Relativ etterklangstid (T/T_m) ved Stavanger kulturskole

I vedlegg C finnes etterklangstidfaktoren for samtlige øvingslokaler (tabell C.1). I tabell C.2 vises avviket mellom etterklangsfaktor og toleransegrense i henhold til NS 8178:2014 beskrevet i delkapittel 2.3. De største avvikene fra det skraverte området er i bass og diskant for de fleste øvingslokalene. For Sandved skole ligger faktoren for 63 Hz på 3,4, noe som gir et avvik på 239 % fra høyeste anbefalte faktor. De høyeste avvikene i bassområdet er for Sandved og Trones skole. De største avvikene i diskantområdet er ved Soma-Stangeland skole som har et avvik på 53 % ved 2000 Hz.

5.5 Spørreundersøkelse

Det ble totalt samlet inn 128 svar på spørreundersøkelsen ved de syv skolene hvor undersøkelsen ble utlevert. Antall svar fra hvert øvingslokale er gitt i tabell 5.20. De to spørsmålene som ble spurt for å kartlegge den subjektive oppfattelsen av øvingslokale var de to siste spørsmålene i spørreundersøkelsen (se vedlegg F). Spørsmålene omhandler bruk av ørepropper under øvelse og om det oppleves ubehag grunnet lydnivået under korpsøvelse.

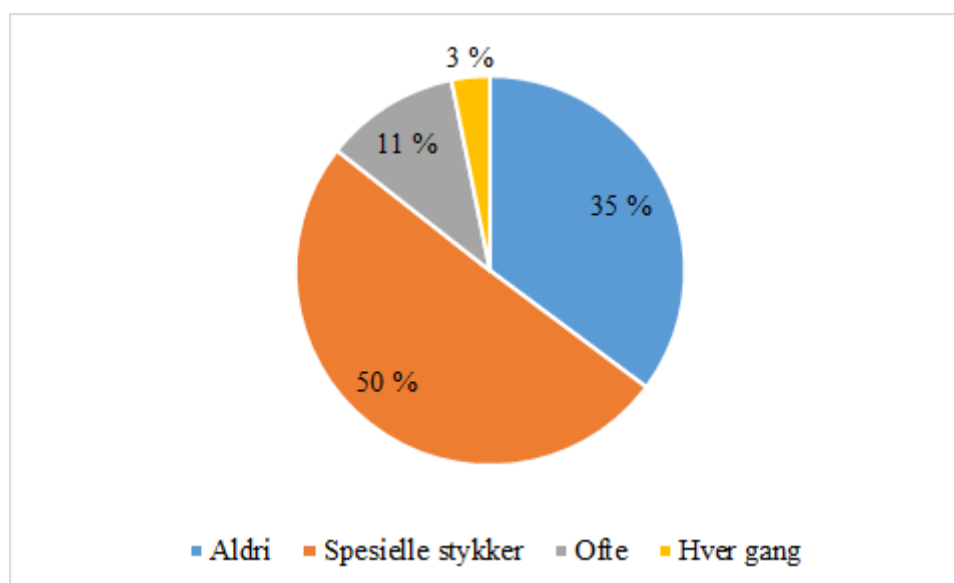
Resultatene på spørsmålet om ubehag med lydnivået under korpsøvelse for hvert øvingslokale er gitt i tabell 5.20. Ved noen av øvingslokalene er det en lav delerandel. Dette gjør at ved noen svar kan prosenten være stor selv om det er bare

en person som har svart. Dette gjelder spesielt for Bogafjell og Trones som har 7 og 5 deltakere på spørreundersøkelsen.

Tabell 5.20: Resultat fra spørreundersøkelsen spørsmål: Tenk på lyden når du øver i korpset. har du opplevd ubehag grunnet høy lyd under øvelse? Svarene er kategorisert etter øvingslokale

Øvingslokale	Aldri	Spesielle stykker	Ofte	Alltid	Antall svar
Austrått skole	23 %	73 %	0 %	3 %	30
Bogafjell skole	43 %	57 %	0 %	0 %	7
Hana skole	38 %	56 %	0 %	0 %	16
Riska ungdomskole	27 %	47 %	20 %	7 %	15
Sandved skole	52 %	24 %	24 %	0 %	29
Soma-Stangeland skole	32 %	48 %	12 %	8 %	25
Trones skole	20 %	60 %	0 %	20 %	5

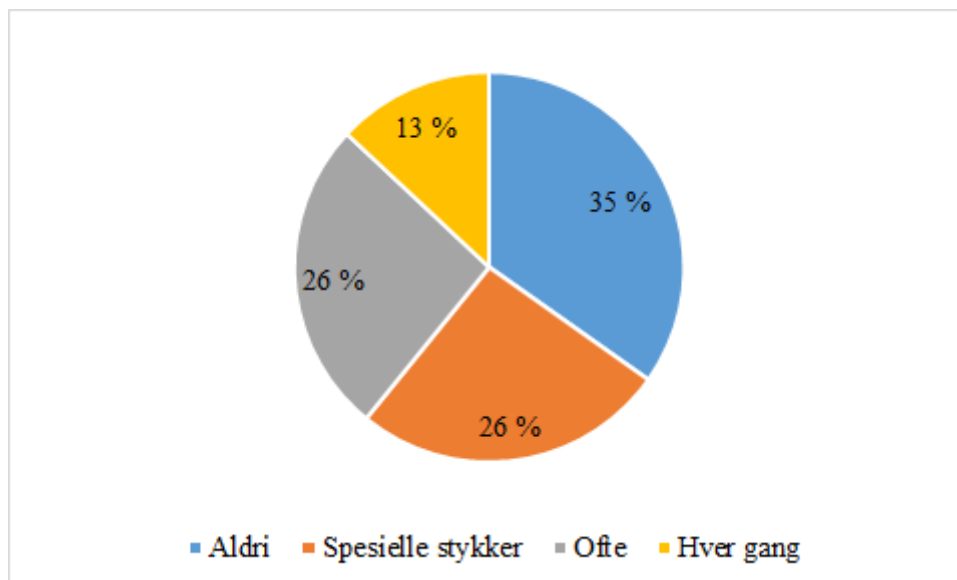
Figur 5.23 viser musikernes oppfattelse av lydnivået under øvelse for musikantene ved alle øvingslokalene i prosent. Denne viser at 35 % av de spurte svarte at de aldri hadde opplevd noe ubehag og 50 % svarte at de hadde opplevd ubehag ved spesielle stykker.



Figur 5.23: Tenk på lyden når du øver i korpset. Har du opplevd ubehag grunnet høy lyd under øvelse?

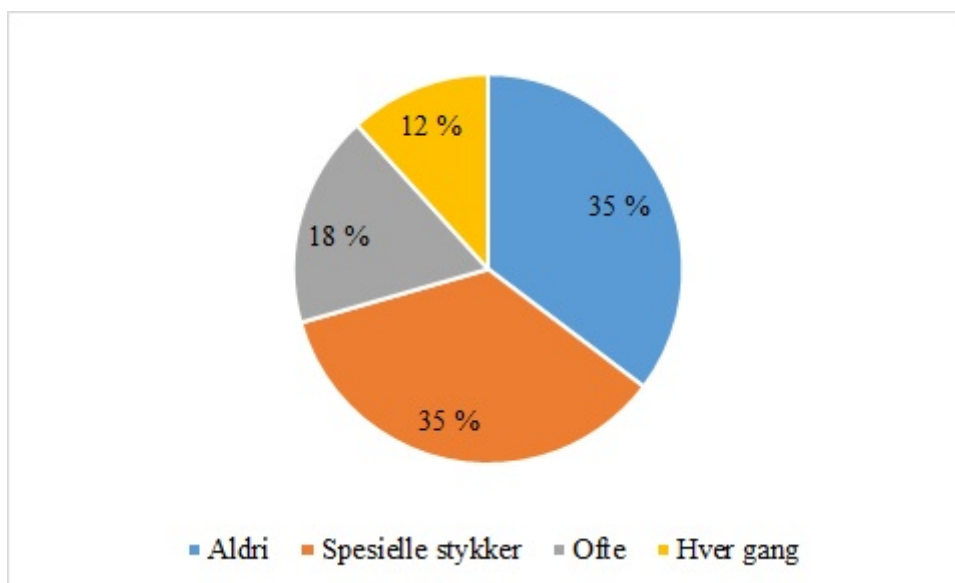
Blant musikerne som oppga at de hadde trommer plassert bak seg i korpset, svarte 13 % at de hver gang opplever ubehag i forbindelse med lydnivået i lokalet. 26 %

svarte at de under spesielle stykker, eller ofte, opplever ubehag. Svarene i prosent for musikere som oppga at de hadde trommer plassert bak seg i korpset er gitt i figur 5.24.



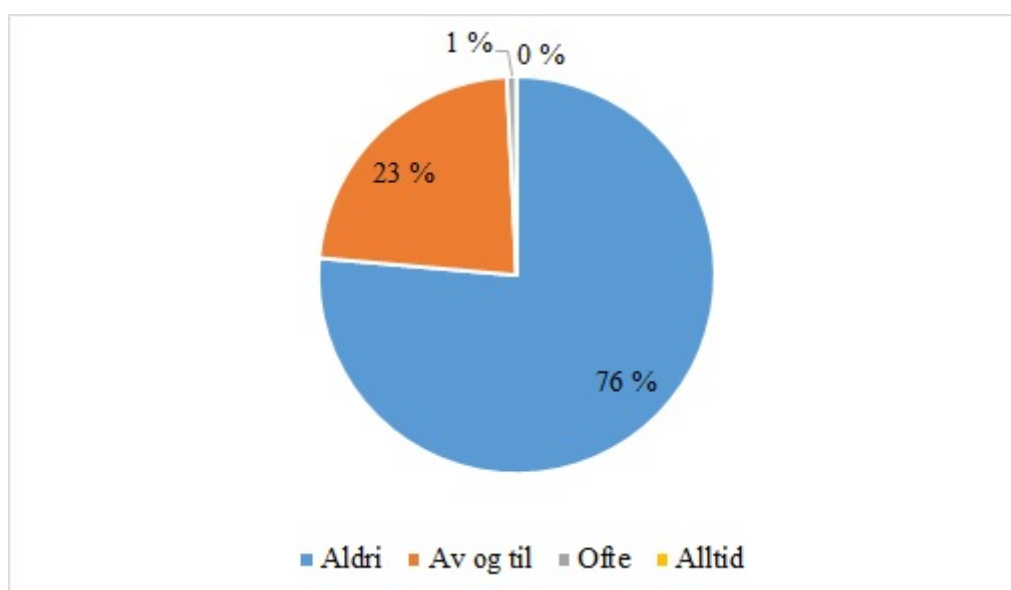
Figur 5.24: Trommer: Tenk på lyden når du øver i korpset. Har du opplevd ubehag grunnet høy lyd under øvelse?

Blant musikerne som oppga at de hadde kornett plassert bak seg i korpset, svarte 12 % at de hver gang opplever ubehag i forbindelse med lydnivået i lokalet. 35 % føler ubehag under spesielle stykker og 35 % svarte at de aldri opplever noe ubehag. Svarene i prosent for musikere som oppga at de hadde trommer plassert bak seg i korpset er gitt i figur 5.25.



Figur 5.25: Kornett: Tenk på lyden når du øver i korpset. Har du opplevd ubehag grunnet høy lyd under øvelse?

På spørsmålet om musikeren brukte ørepropper svarte 76 % at de aldri benyttet ørepropper under øvelse og 23 % svarte at de av og til benyttet ørepropper (se figur 5.26). Ved flere av øvingslokalene svarte brukerne at de aldri benyttet dette. Ved øvingslokalene hvor det ble benyttet ørepropper av og til, var det rundt 50 % som svarte dette. De øvingslokalene hvor musikantene aldri benyttet ørepropper var ved Bogafjell skole, Sadnved skole, Hana skole og Sandved skole. ved Soma-Stangeland skole svarte 24 % at de av og til benyttet ørepropper under øvelse.



Figur 5.26: Hvor ofte bruker du ørepropper/hørselsvern under øving/opptreden?

Kapittel 6

Diskusjon

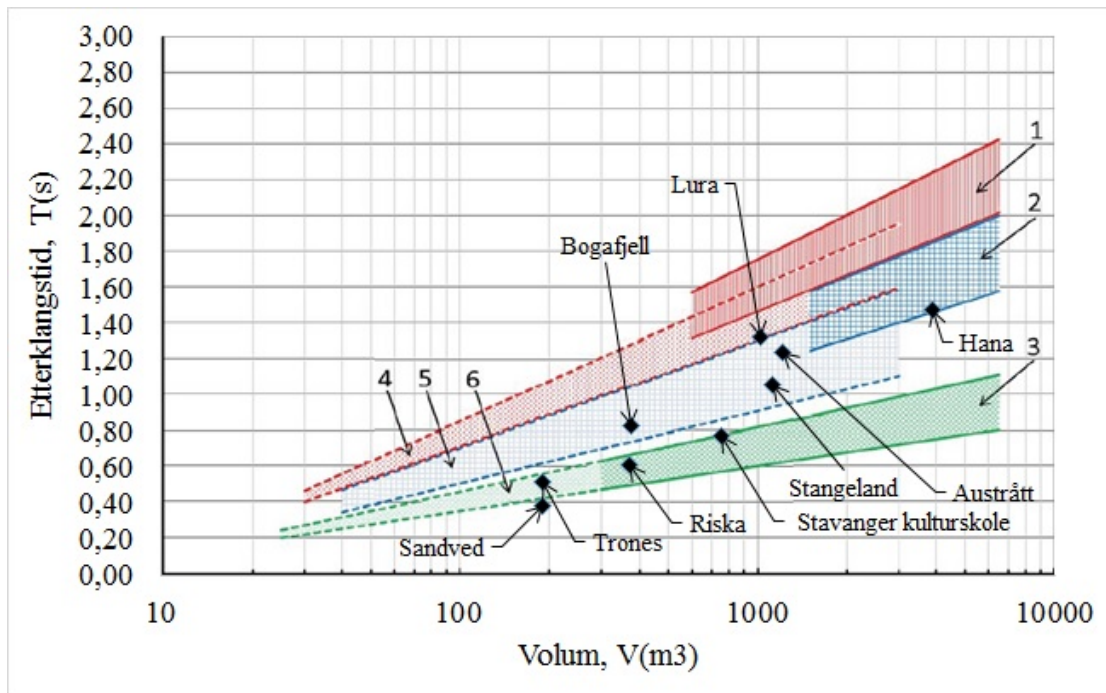
I dette kapittelet vil resultatene presentert i kapittel 5 diskuteres og sammenlignes med krav spesifisert i NS 8178:2014. Det første som vil diskuteres er om øvingslokalene tilfredsstillende kravene satt i NS 8178:2014. Deretter vil det diskuteres om det finnes noen sammenheng mellom målte verdier, korpssammensetning og egenskapene til øvingslokalene. Til slutt vil brukernes oppfattelse av øvingslokale diskuteres.

6.1 Tilfredstilles de romparametriske kravene satt i NS 8178:2014?

NS 8178:2014 inkluderer flere krav for øvingslokaler for musikk. Det viktigste kravet for å unngå høye lydnivåer i et musikklokalet er forholdet mellom etterklangstid og volum. Sammenhengen mellom nettovolum og gjennomsnittlig etterklangstid, gitt i figur 2.3, for øvingslokalene skal falle innenfor området for øvingslokale for lydsterk musikk (område 5). For at øvingslokale skal fungere optimalt musikalsk sett skal faktoren T/T_m tilfredsstilles i henhold til det skraverte i figur 2.4, beskrevet i delkapittel 2.3.2. Det siste kriteriet omhandler volumet per musiker, kravet er satt til $30 m^3$ per musiker, omtales som den akustiske kapasitansen til lokale.

Gjennomsnittlig etterklangstid i forhold til nettovolum for øvingslokalene er gitt i figur 6.1. For at øvingslokalene skal tilfredsstillende kravet i NS 8178:2014 skal alle lokalene falle inn under område 5 i figuren. Det er fire lokaler som faller innenfor dette området: Bogafjell skole, Soma-Stangeland skole, Austrått skole og Lura skole. Hana skole faller innenfor fremføringlokale for lydsterk musikk. Sandved og Trones skole faller innenfor øvingslokale for forsterket musikk, mens Riska ungdomskole faller innenfor fremføringlokale for forsterket musikk. Øvingslokale ved Stavanger kulturskole, som ble antatt å være det best egnede rommet, kategoriseres også som fremføringlokale for forsterket musikk. Det ligger på grensen til å

falle under øvingslokale for lydsterk musikk.



Figur 6.1: Gjennomsnittlig etterklangstid i forhold til nettovolum for øvingslokalene ved de ulike skolene.

Den akustiske kapasiteten for øvingslokalene og antall musikere til stede under lydmålingene er gitt i tabell 6.1. Lokalene som overskrider akustisk kapasitet er Sandved, Trones, Riska og Stavanger kulturskole. Disse øvingslokalene var også blant de lokalene som ikke tilfredstilte kravene i figur 6.1. Sandved skole overskrider den akustiske kapasiteten med 79 %.

Tabell 6.1: Akustisk kapasitans for øvingslokalene og antall musikere tilstede under undersøkelsene

Øvingslokale	Akustisk kapasitans	Antall musikere	Avvik
Austrått skole	40	30	0 %
Hana skole	130	22	0 %
Bogafjell skole	12	8	0 %
Soma-Stangeland skole	37	29	0 %
Sandved skole	6	28	79 %
Trones skole	6	10	40 %
Riska ungdomskole	12	26	54 %
Lura	34	26	0 %
Stavanger kulturskole	25	33	24 %

6.2 Øvingslokale og lydnivå

Det er fire lokaler som ligger innenfor grensen for lydsterk musikk for romforsterkning: Bogafjell, Lura, Soma-Stangeland og Austrått skole. Dette er vist i figur 5.10. De øvingslokalene med lavest beregnet lydnivå var også disse fire lokalene. Hana skole har et stort volum, $3900 m^3$, og havner utenfor området grunnet dette. De beregnede lydnivåene er svært høye i forhold til de lydnivåene som ble målt ved lokalene. Det eneste lokalet hvor lydnivået var under varslingsgrensen på 92 dB, var ved Hana skole. Hana skoles lave lydnivå skyldes trolig øvingslokalets store volumet.

Det beregnede lydnivået er avhengig av antall instrumenter, type instrumenter, etterklangstid og volum. De fem øvingslokalene med laveste beregnede lydnivå ligger innenfor akustisk kapasitans for øvingsnivået. Resterende øvingslokaler overskrider kapasitansen. Dersom man ser på figur 6.1 er det også de fire øvingslokalene med lavest beregnede lydnivå som faller innenfor området for øvingrom for lydsterk musikk.

Målt lydnivå ved øvingslokalene avviker fra det beregnede lydnivået, vist i tabell 5.17. Dette skyldes at for de beregnede verdiene antas det at instrumentene spiller med styrken forte og at de spiller samtidig. Dette vil ikke være tilfelle under en vanlig korpsøvelse. Det spilles med ulik styrke og instrumentene spiller ikke alltid på samme tid. Lavest midlet lydnivået er målt ved Stavanger kulturskole og ble målt til 87 dB. For Stavanger kulturskole ble det kun målt med lydmåler, ikke med dosimeter. Det antas at målingene med lydmåler i diffus feltet er noe lavere enn målingene målt med dosimeter. Dette er på grunn av at dosimetrene domineres av direkte lyden fra instrumentene i nærheten. Alderen på musikerne ved Stavanger

kulturskole er høyere enn for de resterende øvingslokalene. Musikerne ved Stavanger kulturskole er erfarne musikere og det kan antas at disse musikerne har mer volumkontroll enn barneskole musikanter som ikke har spilt på sitt instrument mer enn ett par år. Bogafjell, Trones, Austrått og Hana skole har i likhet med Stavanger kulturskole midlet lydnivå under varslingsgrensen på 92 dB. Bogafjell, Austrått og Hana overskrider ikke akustisk kapasitans. Trones skole var ikke blant de øvingslokalene hvor det ble beregnet lavest lydnivå, men målt midlet lydnivå var 90 dB. Dette er 9 dB lavere enn det som ble beregnet. Den akustiske kapasitansen i øvingslokale er 6 personer, men tilstede under målingene var det 10 musikere. Under målingene ved Trones skole var det en lang pause. Effektiv måleperiode ved dette øvingslokale var derfor ikke like lang som for resterende øvingslokaler. Dette kan ha påvirket det målte lydnivået. Soma-Stangeland skole har et midlet lydnivå på 93 dB, 1 dB over varslingsgrensen, men faller innenfor øvingslokale for lydsterk musikk i figur 6.1. Den akustiske kapasitansen er overholdt ved Soma-Stangeland skole.

Ved to øvingslokaler ble lydnivået i diffus feltet målt til over varslingsgrensen, Sandved skole og Soma-Stangeland skole. Det ble målt lydnivåer mellom 91 og 93 dB. Sandved skole ligger et godt stykke utenfor området for øvingslokalet i figur 6.1 og overskrider også den akustiske kapasitansen med 22 personer. Dette gjør at det målte lydnivået i diffus feltet blir høyt. Ved Soma-Stangeland er både kriteriet i figur 6.1 og den akustiske kapasitansen overholdt. Korpset ved Soma-Stangeland har flere lydsterke instrumenter, blant annet fire slagverk, som kan gjøre at lydnivået blir høyt selv om de romakustiske kriteriene er overholdt.

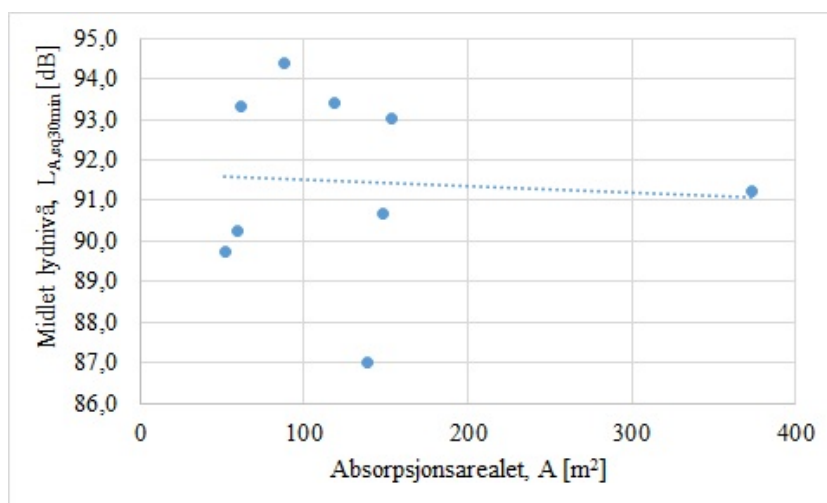
Bogafjell, Trones, Austrått og Hana skole er også de lokalene hvor det blir målt lavest maksimal lydnivå (tabell 5.17). Hana skole er det eneste av disse lokalene som overskrider varslingsgrensen på 92 dB. Det ble målt maksimalt lydnivå på 94 dB ved Hana skole, 2 dB over grensen. Slike forskjeller kan skyldes styrken korpset spiller med eller musikkstykket som ble utført under målingene. Sammensetningen av instrumenter har også stor betydning for lydnivået. Dersom dosimeteret er plassert nært lydsterke instrumenter vil naturlig nok lydnivået være høyt.

6.3 Absorpsjonsarealet og lydnivå

Lydnivået i et lokale vil synke dersom absorpsjonsarealet økes. Dette er gitt fra sammenhengen i ligning 2.2. For sammenhengen gitt for beregning av lydnivået i et øvingslokale i 2.6, bestemmes lydnivået av etterklangstid, volum, antall instrumenter og type instrument. Denne sammenhengen tar i betraktning at alle instrumentene spiller like sterkt. Begge metodene for å beregne lydnivået er avhengig av rommets egenskaper. Dersom romforsterkningen G økes, vil også lydnivået økes og motsatt.

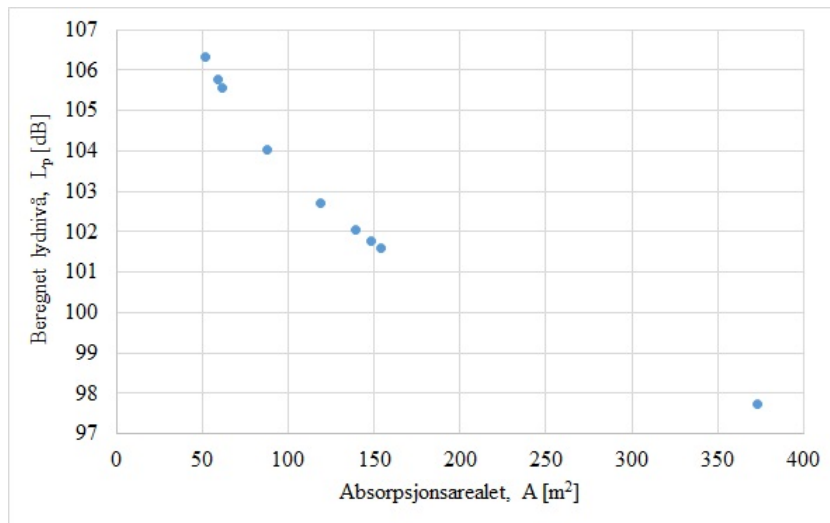
Regresjon i figur 6.2 mellom absorpsjonsarealet og målt lydnivå i øvingslokalene,

viser ingen umiddelbar sammenheng selv om dette er forventet. Det er ulik sammensetning av instrumenter og antall musikere ved korpse. Dette er grunnen til at det er vanskelig å se sammenheng mellom absorpsjonsarealet og målt lydnivå, selv om det i teorien burde være slik.



Figur 6.2: Midlet ekvivalent lydnivå for øvingslokalene plottet mot absorpsjonsarealet i øvingslokale

Dersom korpse hadde vært helt identiske ville resultatene for målte lydnivå trolig vært annerledes. Ved å ta korpssammensetningen til et korps og beregne lydnivået for dette korpset for samtlige øvingslokaler, ser en sammenhengen mellom lydnivå og absorpsjonsareal. Dette er gjort for korpssammensetningen ved Riska ungdomskole i figur 6.3 Fra figuren ser en at det beregnede lydnivået synker når absorpsjonsarealet øker.

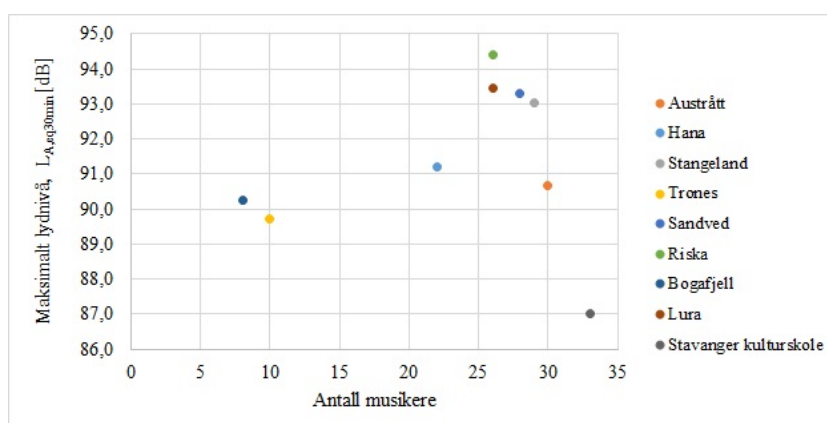


Figur 6.3: Beregnet lydnivå for Riska ungdomskole plottet mot absorpsjonsarealet til alle øvingslokalene

Det beregnede lydnivået i figur 6.3 er likevel høyt i forhold til varslingsgrensen på 92 dB og absoluttgrensen på 99 dB. Det høye lydnivået skyldes antallet instrumenter med høy lydeffekt og at lydnivået beregnes ut i fra at instrumentene spiller med styrken forte (sterkt). Korpset ved Riska ungdomskole har flere instrumenter med svært høyt effektall. Instrumenter som eufonium, tuba og trombone har høye effektall som er bidragsyttere som gjør at det beregnede lydnivået blir høyt. Riska ungdomskole har flere av disse instrumentene. Instrumenter med høyt effektall gjør lydnivået i øvingslokale høyere.

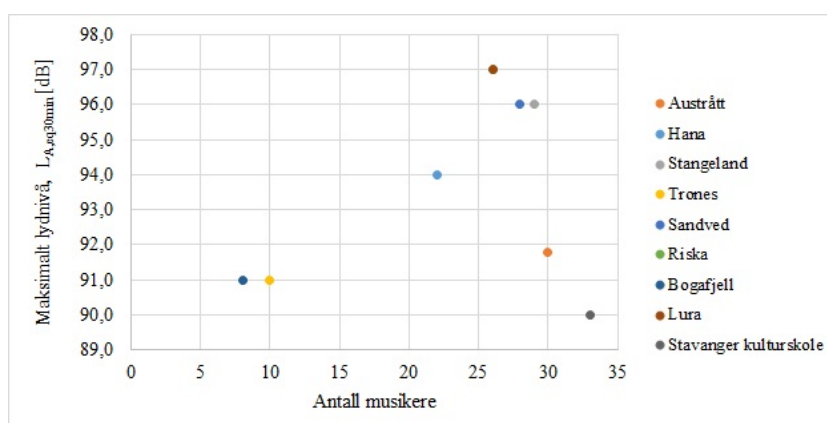
6.4 Korpsstørrelse og lydnivå

Fra sammenhengen i ligning 2.6 er det gitt at lydeffekten og antall instrumenter er avgjørende for det samlede lydnivået. Fra figur 6.4 ser en klart sammenhengen mellom lydnivå og antall musikere i øvingslokale. Øvingslokalene hvor det var færrest musikere var de lokalene hvor midlet lydnivå var lavest og øvingslokalene hvor det ligger mellom 25 og 30 musikere var der hvor det målte lydnivået var høyest. Det er to punkt som avviker fra trenden i diagrammet, dette er Austrått skole og Stavanger kulturskole. Stavanger kulturskole er øvingslokale til et mer erfarent korps sammenliknet med de andre. Det kan antas at mer erfarne musikere har mer kontroll på lydstyrke til instrumentet og dermed blir det samlede lydnivået lavere ved dette øvingslokale selv om antall musikere er høy.



Figur 6.4: Midlet ekvivalent lydnivå målt ved øvingslokale plottet mot antall musikere i øvingslokalene

Sammenhengen mellom lydnivå og korpsstørrelse er også vist i figur 6.5. Figuren viser maksimalt målt ekvivalent lydnivå plottet mot antall musikere i øvingslokale. Også her avviker Austrått skole og Stavanger kulturskole fra resterende øvingslokaler.



Figur 6.5: Maksimal ekvivalent lydnivå målt ved øvingslokale plottet mot antall musikere i øvingslokalene

6.5 Korpsplassering og lydnivå

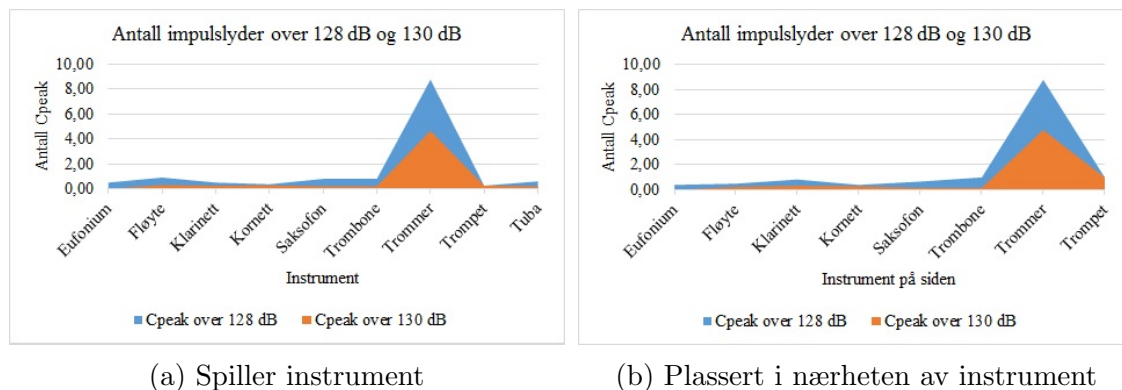
Det er ikke bare antall musikere i øvingslokale som har innvirkning på lydnivået, type instrument er også av stor betydning. Det er stor forskjell på lydeffektnivået til instrumenter. Det er derfor av interesse å undersøke om det er store forskjeller i lydnivå for ulike plasseringer i korpsene.

Personene med trommer plassert bak, måler ikke ekvivalentnivåer som er så høye som forventet. Dette kan være på grunn av at i de fleste skolekorpsene var trom-

mene plassert så langt bort fra korpset som mulig. For trommeslagerne ble det ved de fleste lokalene målt høye ekvivalentnivå. Trommeslagerne er ofte en del av en slagverkgruppe med flere slagverk. Dette er instrumenter som alene har høye lydnivå.

Den musikeren som det ble målt høyest $L_{A,eq30min}$ spiller kornett ved Riska ungdomskole og har kornettister bak og på siden. Det ble målt et nivå på 97 dBA. En annen musiker som også oppnådde et så høyt nivå spiller eufonium med tuba bak seg. Det viser ikke en umiddelbar sammenheng mellom de høyeste verdiene og hvilket instrument en selv spiller eller som sitter i nærheten. Dette kan ha med forskjellige avstander til musikantene rundt og hvordan øvingslokale er akustisk sett. Dersom en ser på lydnivåene $L_{A,eq30min}$ gruppert etter hvilket instrument musikeren spiller, sitter foran eller har ved siden, vises det ikke en signifikant sammenheng.

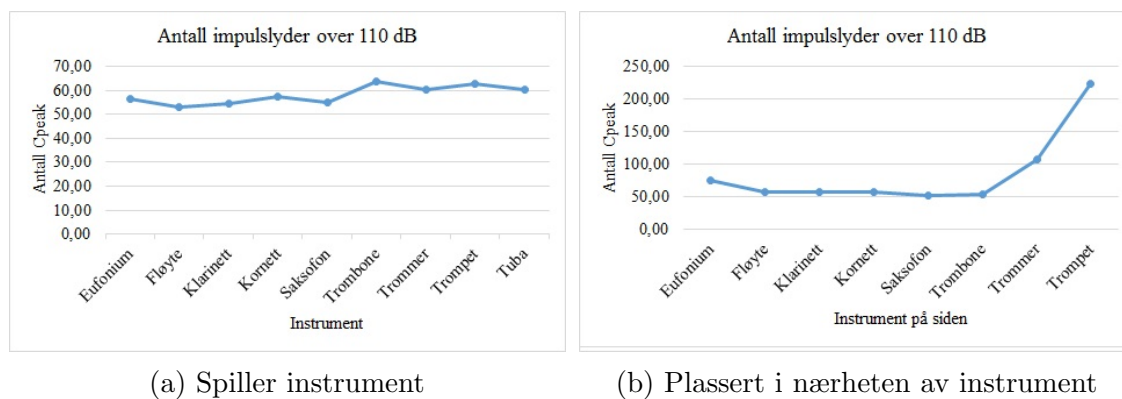
Dersom en ser på C_{peak} og korpsplassering i figur 6.6a og 6.6b ser en en sammenheng. Figur 6.6a viser hvor mange impulslyder over 128 dB og 130 dB som oppstår under øvelse for hvert instrument. Figuren er kategorisert etter hvilket instrument musikeren spiller. Antall impulslyder er delt på antall musikere som spiller instrumentet. Musikere som spiller trommer har til sammen et høyt antall impulsnivåer i forhold til de andre musikerne. Både musikere som spiller trommer og som er plassert ved siden av musikere som spiller trommer, utsettes for størst antall impulslyder. For de fleste korpsene var det flere musikere i slagverkgruppen. Dette betyr at flere av trommeslagerne også hadde en eller flere trommeslagere ved siden av seg. Korpsplasseringen ved de forskjellige lokalene er vist i vedlegg A. Impulslyder over 130 dB som ble målt for flere av musikantene, kan føre til umiddelbar hørselskade. Nivåer over 130 dB er klassifisert som absoluttgrense i anbefalingen til konsertarrangører beskrevet i delkapittel 2.4.2.



Figur 6.6: Antall C_{peak} over 128 dB og 130 dB kategorisert etter hvilket instrument musikeren spiller og sitter i nærheten av

Ved å undersøke impulslyder over 110 dB blir fordelingen for instrumentene noe annerledes. Figur 6.7a har en jevnere fordeling av impulslyder og det er ingen av

instrumentene som skiller seg signifikant fra andre. Figur 6.7b viser impulslyder over 110 dB for instrumenter plassert ved siden av musikeren med måler. Fra figuren ser en at det er målt sigifikant flere impulslyder for trommer og trompet.



Figur 6.7: Antall C_{peak} 110 dB kategorisert etter hvilket instrument musikeren spiller og sitter i nærheten av

Fra Laitinens studier (delkapittel 3.3) vises det at det var store variasjoner i målte lydnivåer for instrumentgruppene. Målte lydnivå for instrumentgruppene er vist i figur 3.3. Det ble målt høye lydnivå (over 92 dB) for fløytistene, cello, kontrabass, fiolin, trompet og slagverkgruppen. I denne oppgaven er det bare målt lydnivåer for fløytister, trompet og slagverk. Det er ingen av disse instrumentene som skiller seg ut ved målte ekvivalentnivå. Det er varierende lydnivå for samme instrumentgrupper ved de ulike øvingslokalene. Antall impulslyder derimot er høyere for trommeslagere og trompetister enn for andre instrumenter. Fløytistene måler lave nivå i forhold til studien til Laitinen. Forskjellen fra Latinens studie komme trolig fra at det i denne rapporten er målt på unge amatørmusikere. Erfarne musikere som har spilt sitt instrument over flere år vil ha mer kontroll på styrken de spiller. Unge musikere som har spilt en kort periode vil ha større vanskeligheter for å kunne kontrollere dette. Dette kan være grunnen til at det ikke er en klarere forskjell på lydnivå ved ulik plassering i korpset.

6.6 Brukernes oppfattelse av øvingslokale

Fra spørreundersøkelsen ble brukernes oppfattelse av øvingslokale kartlagt. På spørsmålet om ubehag grunnet høy lyd under øvelse svarte 30 % at de aldri opplevde noe ubehag og 50 % at de opplevde ubehag ved spesielle stykker. De øvingslokalene hvor midlet lydnivå var lavest, var også der hvor det ble opplevd minst ubehag. Ved Riska ungdomskole svarte 20 % at de ofte opplevde ubehag og 7 % svarte at de alltid opplevde ubehag. Dette er ett av de øvingslokalene som ikke tilfredsstillers NS 8178:2014. Blant musikerne ved Soma-Stangeland ble

det svart at 12 % opplevde ofte og 8 % opplevde alltid et ubehag grunnet lyden under øvelse. Selv om dette øvingslokalet tilfredsstillers NS 8178:2014, kan dette settes i sammenheng med det målte lydnivået i diffus feltet som var mellom 91 og 93 dB (som er over varslingsgrensen). Egnetheten til øvingslokalene gjenspeiles i brukernes oppfattelse av øvingslokale.

Brukernes oppfattelse av øvingslokalet kan også sees i sammenheng med akseptområdet for faktoren T/T_m . Figurene 5.14 til og med 5.22 viser faktoren T/T_m for de ulike lokalene. Skissert akseptgrense for faktoren T/T_m i øvingslokale for lydsterk musikk er gitt sammen med målt faktor for lokalene i disse figurene. Faktoren for Bogafjell skole, Riska ungdomskole og Stavanger kulturskole ligger svært nært det skisserte akseptområdet. Prosentavvikene for disse lokalene er små ved noen av frekvensbåndene og innenfor i flere. Prosentavvikene er gitt i tabell C.2. Det er seks øvingslokaler som avviker mye fra det skisserte akseptområdet. De største avvikene for de fleste lokalene er i bass- og diskantområdet. For Sandved skole ligger faktoren for 63 Hz på 3,4, noe som er et avvik på 239 % fra høyeste anbefalte faktor. De høyeste avvikene i bassområdet er for Sandved og Trones skole. De største avvikene i diskantområdet er ved Stangeland skole som har et avvik på 53 % ved 2000 Hz. Dette betyr at øvingslokalene med store avvik vil være dårlige fra en musikers ståsted.

6.7 Usikkerhet

Det er flere faktorer som kan føre til usikkerhet i resultatene.

Spørreundersøkelsen ble besvart av musikantene ved øvingslokalene. Dette betyr at deltakermassen var i alderen 8-16 år. Det var flere av de unge deltakerne som behøvde hjelp for svare på spørsmålene. Dette betyr at noen av deltakernes svar kan være påvirket av andre. Det ble ikke spurt om alder i spørreundersøkelsen. Dette kunne vært gjort for å kartlegge om oppfattelsen av øvingslokale varierer med alder.

Hørselestestene ble som nevnt tidligere utført i adskilte rom fra øvingslokale. Rommene hvor hørselestesten ble gjennomført var ikke godt isolert fra resten av bygningen. I løpet av hørselestesten kunne en derfor bli forstyrret av mennesker utenfor og musikk fra oppvarmingen til korpsøvelsen. Det ble forsøkt å bruke rom som var plassert så langt bort fra øvingslokalene som mulig. De færreste testpersonene sa at de ble forstyrret under testen, men det ligger likevel en usikkerhet i resultatene fra hørselestestene. Hørselestesten er bare kalibrert for å kunne se endring i audiogrammet før og etter øvelse, ikke som en fullverdig hørselestest.

Ved måling med dosimeter er måleren festet på musikantens skulder. I løpet av øvelsene var det en pause midtveis. Fra resultatene er det mulig å se når korpset spiller og når det er pause. Dette er tatt hensyn ved at den sterkeste 30 minutters perioden er bruk som lydnivå for hvert dosimeter. Det som ikke er mulig å ta hensyn til er om personer har tatt på mikrofonen, noe som kan skape høye impulslyder eller feil i målingene. Dette kan skape usikkerhet i målingene av impulslyd. Denne usikkerheten minskes ved at det ble undersøkt om det var flere impulslyder rundt samme nivå, både mellom dosimetrene og for hvert dosimeter.

Kapittel 7

Konklusjon og anbefalinger

Undersøkelsene viser at flere av øvingslokalene ikke er tilfredsstillende som øvingslokale uten tiltak i henhold til NS 8178:2014. Det er fire av de ni øvingslokalene som tilfredsstillende begge kravene til øvingslokaler for musikkutøvelse. Øvingslokalene ved Trones skole, Riska ungdomskole og Sandved skole er de lokalene som er minst egnet som øvingslokale basert på målinger og beregninger. Det vil være vanskelig å gjøre akustiske tiltak for å gjøre disse lokalene egnede som øvingslokale for musikkutøvelse. Det ble målt lydnivåer over 92 dB for flere av øvingslokalene, men det ble ikke målt over absoluttgrensen på 99 dB.

De akustiske egenskapene til et øvingslokale har stor betydning for lydnivået som oppstår. Den viktigste parameteren er absorpsjonsarealet til rommet. NS 8178:2014 legger vekt på dette i evaluering av musikkutøvelseslokaler. Fra undersøkelsene i denne oppgaven vises også betydningen av absorpsjonsarealet. Grunnet forskjeller i korpsstørrelse og variasjon i instrumenter vises ikke en stor sammenheng mellom absorpsjonsarealet og målt lydnivå for de valgte øvingslokalene. Sammenhengen vises dermed når det benyttes samme korps i de ulike øvingslokalene. Det beregnede lydnivået minsker med økende absorpsjonsareal. De øvingslokalene som tilfredsstilte standarden var også de øvingslokalene hvor lydnivået var lavest.

Størrelsen på korpsene har stor betydning for det målte lydnivået. De korpsene med størst antall musikere er der hvor det ble målt høyest lydnivå. NS 8178:2014 tar hensyn til dette ved at det stiles krav til hvor mange musikere et musikklokale er beregnet for. De lokalene som overskred sin akustiske kapasitans var de øvingslokalene hvor lydnivåene var høyest. Variasjon i ekvivalent lydnivå kan også sees i sammenheng med uegnede øvingslokaler. Det lokalet som tilfredsstillende flest krav i henhold til NS 8178:2014, har minst variasjon i lydnivå. Korpssammensetning har stor betydning for lydnivået i øvingslokalet. De korpsene med flere lydsterke instrumenter var de øvingslokalene hvor det ble funnet avvik fra standarden. NS 8178:2014 har en beregningsmetode for hvilket lydnivå som oppstår ved en korpsammensetning. Det er viktig å legge tilrette for hvilke instrumenttyper som spiller i lokale ved bestemmelse av egnetheten til musikklokalet.

Impulslyden (C_{peak}) er uavhengig av egnetheten til musikkøvingslokale. Impulslyden er preget av både den direkte lyden fra eget instrument og de instrumentene som er i nærheten. De akustiske egenskapene til et øvingslokale spiller ikke inn på hverken nivået eller mengden impulslyder som oppstår. C- vektet lydnivå på 130 dB kan gi umiddelbar hørselsskade. For å hindre at slike nivåer oppstår vil løsningene være å spille svakere, øke avstanden til kilden eller skjerme kilden. Fra undersøkelsene er bare øvingslokalet med de mest erfarne musikantene hvor en ikke oppnår slike nivåer. Blant musikerne var det trommeslagerne som ble utsatt for midlet C_{peak} over 130 dB. Det er disse musikerne som utsettes for impulslyder som umiddelbart kan føre til hørselsskader. Musikerne med tromme som instrument plassert ved siden av eller i nærheten, var også de musikerne hvor det ble registrert flest impulslyder over 130 dB. Dette tyder på at plasseringen til en musikanter har betydning for risikoen for hørselsskade. Impulslyder styres ikke av forholdene i øvingslokalene og det anbefales derfor at man tenker på korpsplassering. Dette gjelder spesielt for slagverkgruppen. Det anbefales at personene i slagverkgruppene benytter ørepropper. Det finnes egne musikkpropper som er designet for at musikere skal kunne beskytte hørselen sin og at musikkutøvelsen påvirkes i liten grad.

Resultatene fra hørselstestene viste at det var tre personer med endring i hørselsterskel etter øvelse. Musikerne som viste endring var to fra Riska ungdomskole og en fra Trones skole. Dette er øvingslokaler hvor NS 8178 ikke er oppfylt. Øvingslokalet ved Riska ungdomskole var et av de lokalene hvor det ble målt kraftigst $L_{A,eq30min,max}$. Restitusjonstiden til disse musikerne var også kortere, da dette var de første musikerne som fikk testet hørselen etter øvelse. Dette kan ha ført til endringen i hørselen.

Ved å sammenligne lydmålingene ved Stavanger kulturskole og de øvrige lokalene, ser en at lydnivået kan avhenge av korpserfaring. Det ble målt høyere lydnivåer for skolekorpset med mindre erfarne musikere, enn for de mer erfarne ved Stavanger kulturskole. Grunnen til dette er trolig at mer erfarne musikere kjenner styrken på sitt instrument og det samlede lydnivået til korpset blir lavere. Det kan derfor være hensiktsmessig å ha strengere krav for mindre erfarne musikere.

Kapittel 8

Videre arbeid

Ulike krav til musikere

I disse undersøkelsene ble det målt på åtte skolekorps hvor de fleste musikerne ikke hadde spilt så lenge. Det ble også gjort undersøkelser på et mer erfarent korps. Undersøkelsene viste at lydnivået var lavere for de mer erfarne musikerne, selv om ikke øvingslokale tilfredsstilte NS 8178:2014. I videre arbeid bør det kartlegges om de minst egnede øvingslokalene kan medføre hørselskade og hvilke tiltak som er nødvendig for å tilfredsstille NS 8178:214.

Korpssammensetning

Ulike instrumenttyper produserer ulik lydeffektnivå. Sammensetningen av instrumenter i et korps har stor betydning for det totale lydnivået, dette er nevnt i denne oppgaven. Videre arbeid rundt dette kan være å bruke et øvingslokale som tilfredsstilles i henhold til NS 8178:2014. Dersom en benytter korps med forskjellige instrumenter, men ikke overskrider den akustiske kapasitansen til lokale vil en kunne undersøke om NS 8178:2014 tilfredsstiller ulik antall og typer instrumenter.

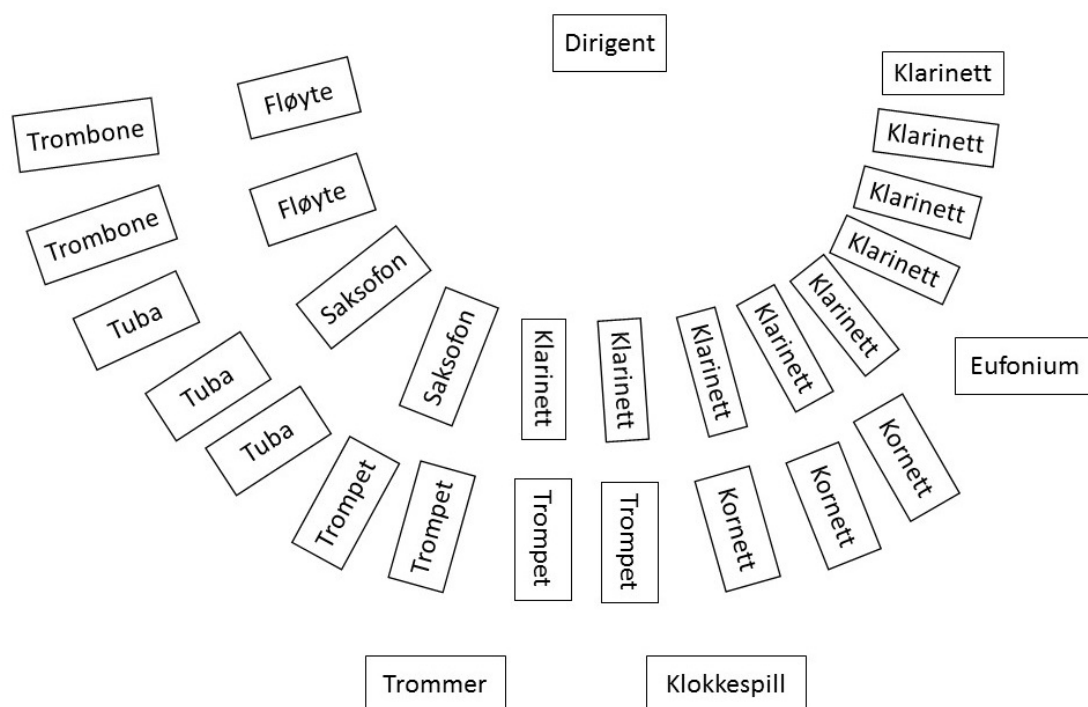
Bibliografi

- [1] Standard Norge. *NS 8178:2014 Akustiske kriterier for rom og lokaler til musikkutøvelse*, april 2014.
- [2] Eddy Bøgh Brixen and Jan Voetmann. *Praktisk elektroakustik*. Teknis Forlag A/S, 1987.
- [3] Dorte Hammershøi. Lidt om lyd - uden formler, mars 2000. http://acoustics.aau.dk/welcome/int_lidtomlyd.html [Hentet 25. februar 2015].
- [4] Norsonic. Making sound level meters hear the way we do. http://www.norsonic.com/en/applications/measuring_sound/making_sound_level_meters_hear_the_way_we_do/ [Hentet 18. mars 2015].
- [5] Lawrence E. Kinsler, Austin R. Frey, Alan B. Coppens, and James V. Sanders. *Fundamentals of Acoustics*. John Wiley & Sons, Inc., fjerde utgave edition, 1999.
- [6] K.B Ginn. *Architectural Acoustics*. Teknis Forlag A/S, second edition, November 1978.
- [7] Finn Ø. Winther. Hørsel, februar 2009. <https://snl.no/h%C3%B8rsel> [Hentet 17. februar 2015].
- [8] Øret, november 2011. <http://nhi.no/pasienthandboka/sykdommer/ore-nese-hals/ore-3481.html?page=all> [Hentet 17. februar 2015].
- [9] Oticon. Forskjellige typer hørseltap, februar 2010. <http://www.oticon.no/hearing/facts/hearing-loss/types-of-hearing-loss.aspx> [Hentet 1. april 2015].
- [10] Resound. Typer og årsak til hørseltap, mars 2015. <http://www.resound.no/your-h%C3%B8ring/about-hearing-loss/types-and-causes-of-hearing-loss> [Hentet 1. april 2015].
- [11] David M. Baguley. Mechanisms of tinnitus. pages 195–212, 2002.
- [12] David M. Baguley and Gerhard Andersson. *Hyperacusis: mechanisms, diagnosis, and therapies*. Plural Publishing Inc., 2007.

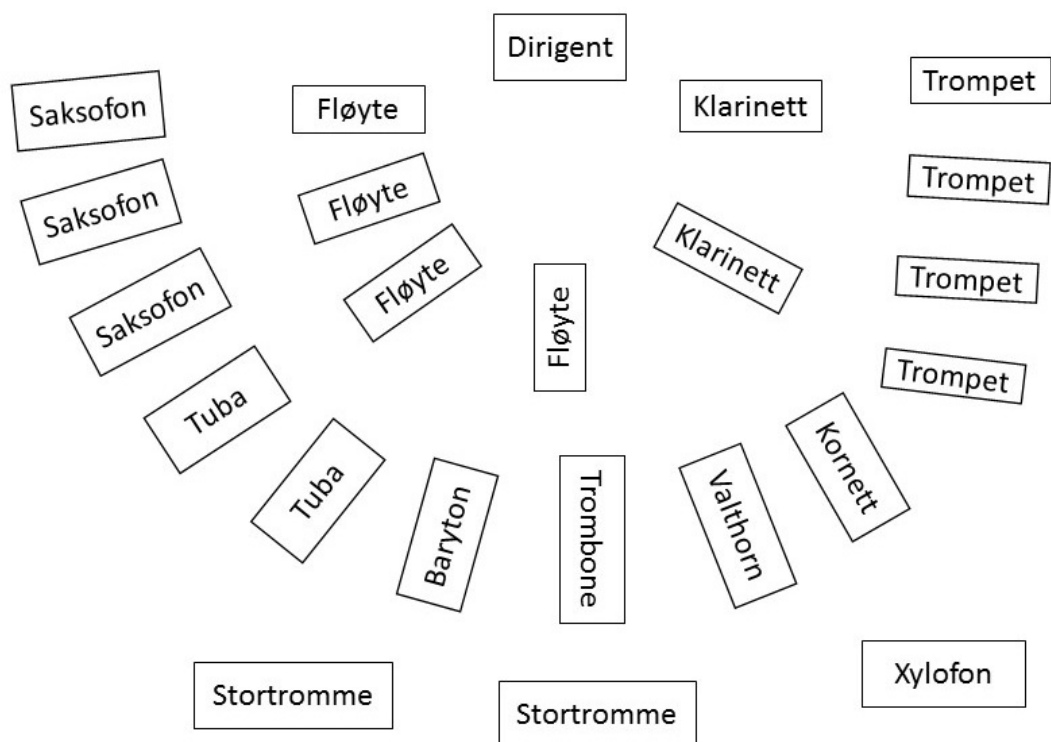
- [13] Norsk Elektronisk Legehåndbok. Utførelse av audiometrisk undersøkelse, desember 2014. <http://amv.legehandboka.no/undersokelser/laboratorieprover/audiometrisk-undersokelse-960.html#ID0EDA> [Hentet 23. februar 2015].
- [14] World Health Organization. Primary ear and hearing care training resource, advanced level. *WHO Library Cataloguing-in-Publication Data*, 2006.
- [15] Vinay, U. Peter Svensson, Olav Kvaløy, and Tone Berg. A comparison of test-retest variability and time efficiency of auditory thresholds measured with pure tone audiometry and new early warning test. *Applied Acoustics*, november 2014.
- [16] Arbeidstilsynet. Arbeidmiljøloven. desember 2005.
- [17] Helsedirektoratet. Musikkannlegg og helse. veileder til arrangører og kommuner. april 2011.
- [18] Fei Zhao, Vinaya K.C. Manchaiah, David French, and Sharon M. Price. Music exposure and hearing disorders: An overview. *International Journal of Audiology*, pages 54–64, juli 2010.
- [19] Kim Kähäri, Gunilla Zachau, Mats Eklöf, and Claes Möller. The influence of music and stress on musicians' hearing. *Journal of sound and vibration*, pages 627–631, mars 2004.
- [20] A. B. Drake-Lee. Beyond music: Auditory temporary threshold shift in rock musicians after a heavy metal concert. *Journal of the royal society of medicine*, pages 617–619, 1992.
- [21] David A. Opperman, William Reifman, Robert Schlauch, and Samuel Levine. Incidence of spontaneous hearing threshold shifts during modern concert performance. *Head and Neck Surgery*, pages 667–673, april 2006.
- [22] Julia Doswell Royster, Larry H. Royster, and Mead C. Killion. Sound exposures and hearing thresholds of symphony orchestra musicians. *Journal of the Acoustical Society of America*, pages 2793–2803, januar 1991.
- [23] Heli M. Laitinen, Esko M. Toppila, Pekka S. Olkinuora, and Kaarina Kuisma. Sound exposures and hearing thresholds of symphony orchestra musicians. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, pages 177–182, 2003.

Vedlegg A

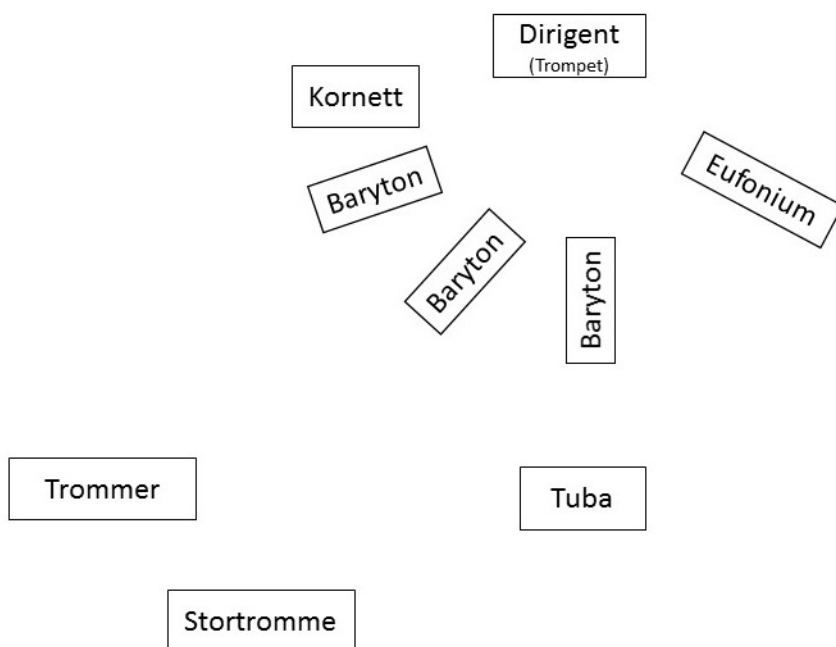
Korpsplassering



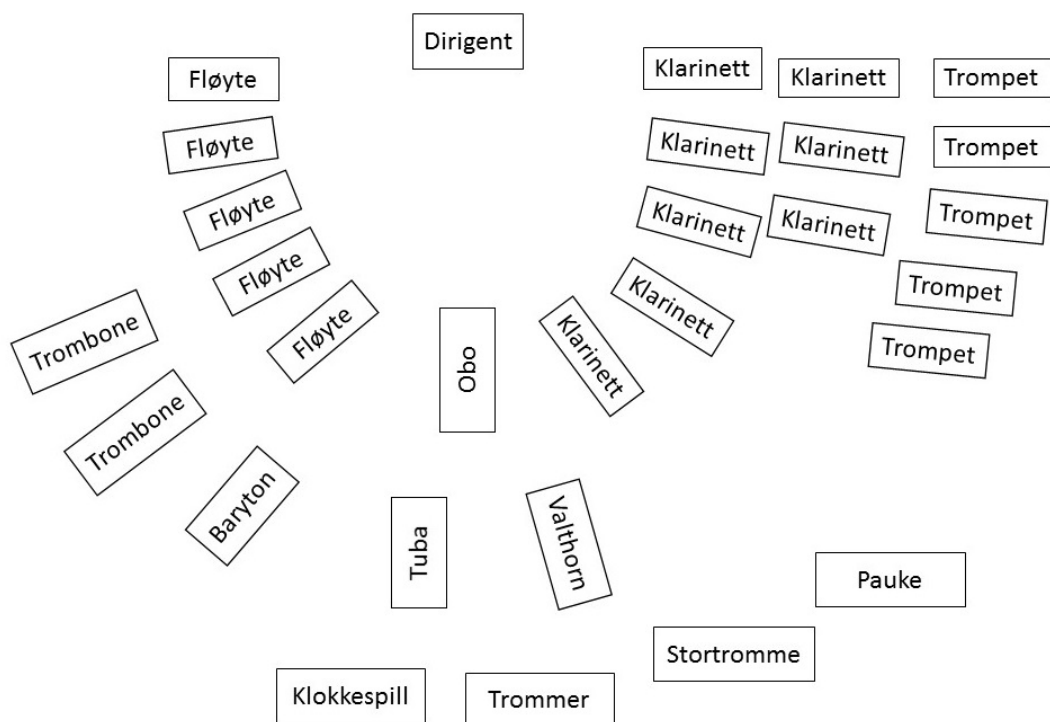
Figur A.1: Korpsplassering for Austrått skolekorps under øvelse ved Austrått skole.



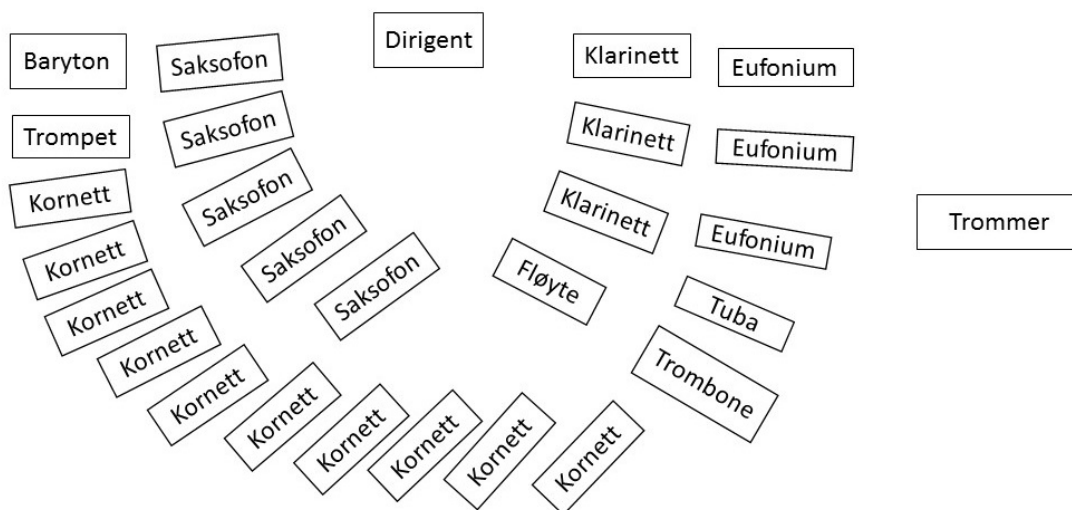
Figur A.2: Korpsplassering for Hana skolekorps under øvelse ved Hana skole.



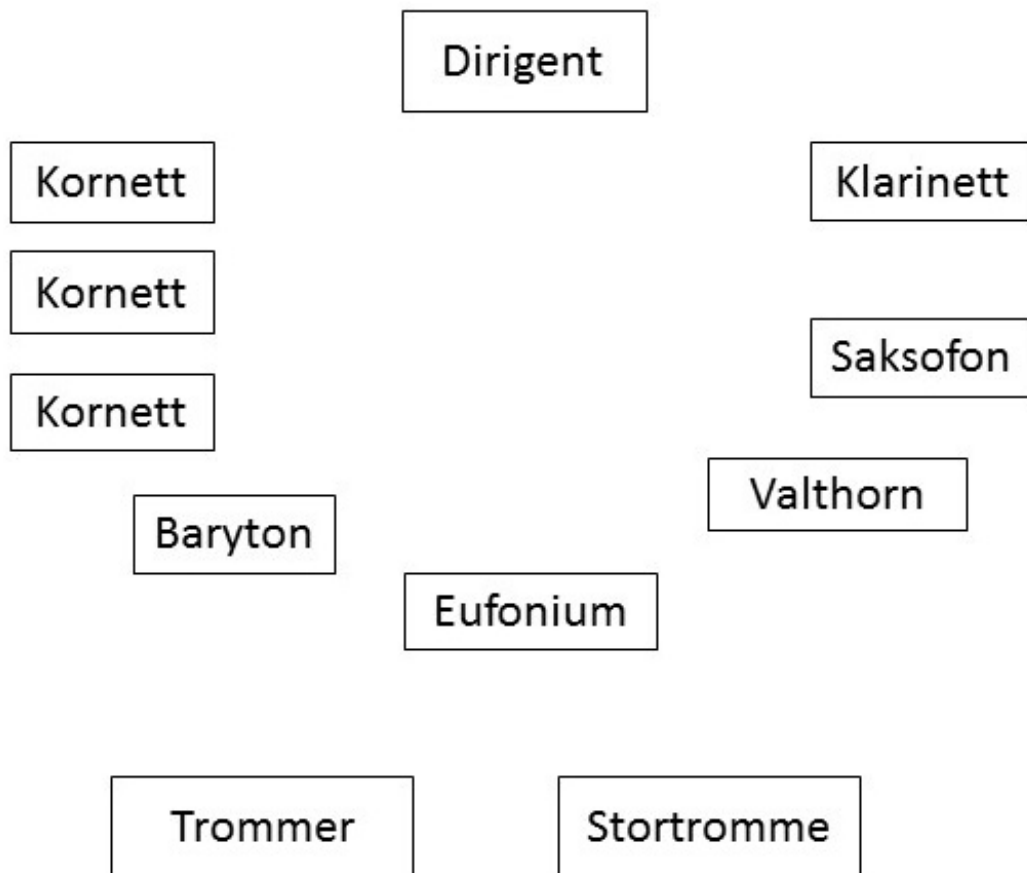
Figur A.3: Korpsplassering for Bogafjell skolekorps under øvelse ved Bogafjell skole.



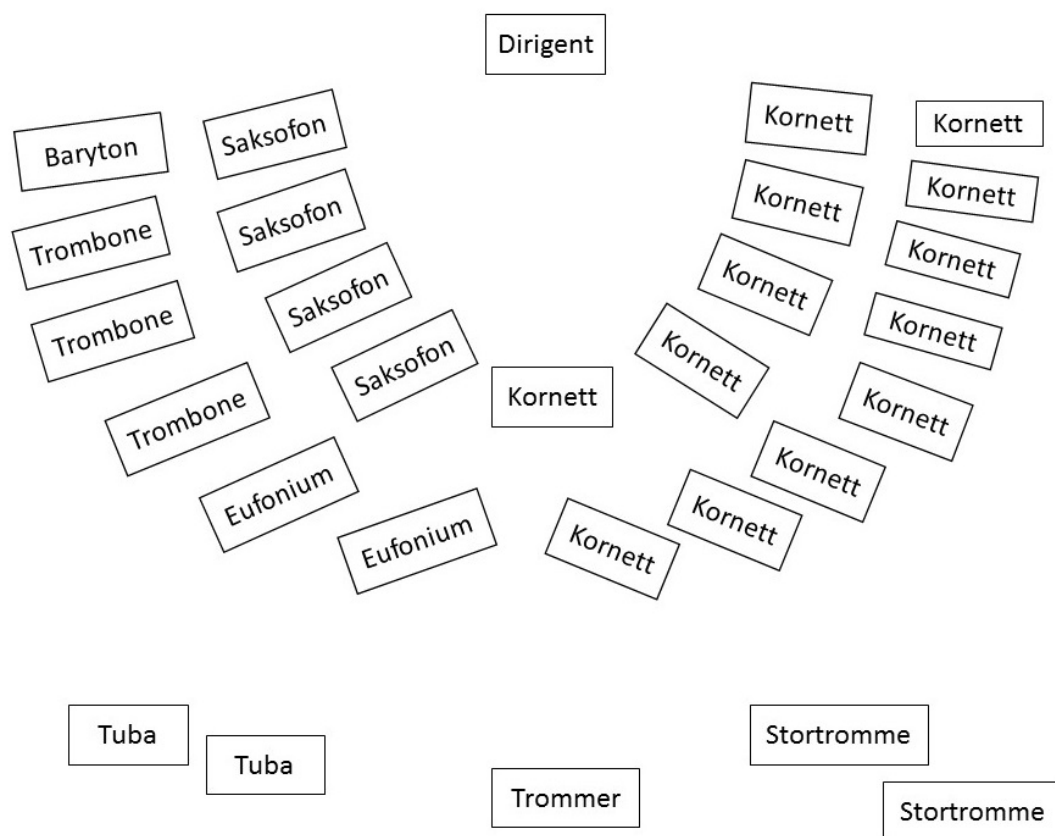
Figur A.4: Korpsplassering for Stangeland skolekorps under øvelse ved Stangeland skole.



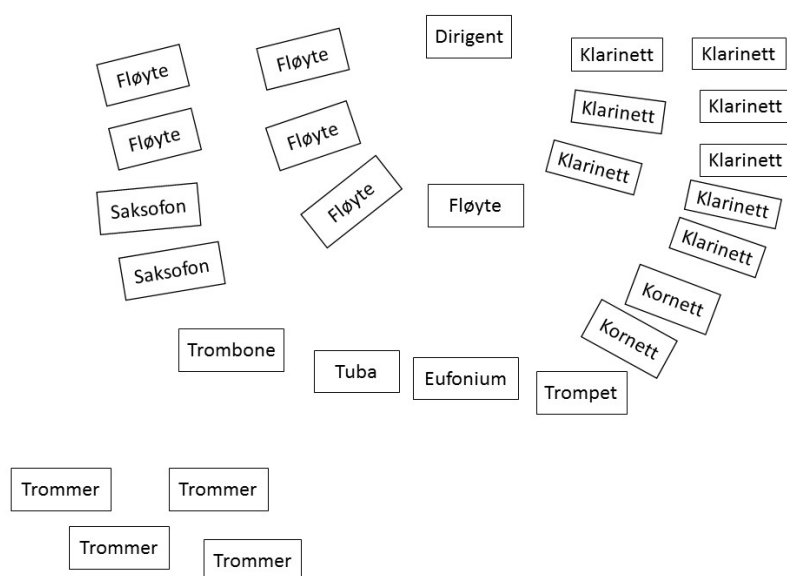
Figur A.5: Korpsplassering for Sandved skolekorps under øvelse ved Sandved skole.



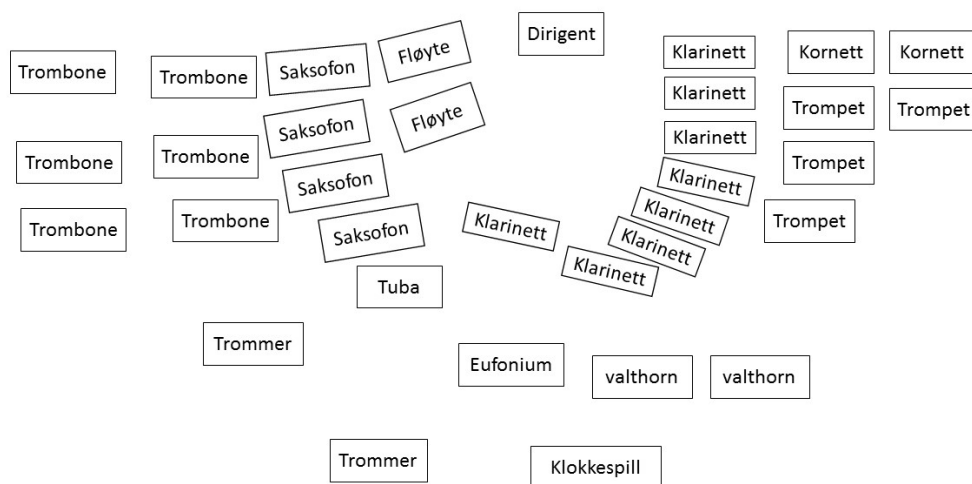
Figur A.6: Korpsplassering for Sandnes skolekorps under øvelse ved Trones skole.



Figur A.7: Korpsplassering for Hommersåk skolekorps under øvelse ved Riska skole.



Figur A.8: Korpsplassering for Lura skolekorps under øvelse ved Lura skole.



Figur A.9: Korpsplassering for Stavanger musikkorps av 1919 under øvelse ved Konservatoriet i Stavanger.

Vedlegg B

Dosimeterplassering

Tabell B.1: Oversikt over hvilke instrument musikerne med dosimeter spiller, for hver av skolene

Skole	Instrument	Dosimeter										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Anstrått	Spiller	Klarinett	Trombone	Kornett	Klarinett		Kornett	Saksofon	Fløyte	Klarinett	Trompet	Trompet
	Bak	Kornett	Ingen	Trommer		Trompet	Trommer	Ingen	Ingen	Ingen	trompet	Trommer
Sandved	Spiller	Klarinett	Kornett	Tuba	Saksofon	Saksofon	Kornett	Kornett	Kornett	Trommer	Fløyte	Fløyte
	Bak	Ingen	Ingen	Trommer	Trompet	Trompet	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	Tuba
Stangeland	Spiller	Trommer	Klarinett	Trompet	Klarinett	Klarinett	Fløyte	Trombone	Trombone	Tuba	Tuba	Slagverk
	Bak	Ingen	Trompet	Ingen	Trommer	Trommer	Trommer	Klarinett	Trombone	Trommer	Trommer	Ingen
Thones	Spiller	Saksofon	Trommer	Klarinett	Eufonium	Eufonium	Kornett					
	Bak	Ingen	Ingen	Ingen	Trommer	Ingen	Trommer	Ingen				
Hana	Spiller	Trompet	Fløyte	Fløyte	Kornett	Trombone	Saksofon	Trommer	Klarinett			
	Bak	Ingen	Saksofon	Trommer	Trommer	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen			
Lura	Spiller	Klarinett	Fløyte	Trompet	Trommer	Fløyte	Klarinett	Trommer				Tuba
	Bak	Klarinett	Tuba	Ingen	Ingen	Ingen	Trompet	Ingen	Ingen			Trommer
Riska	Spiller	Trommer	Trombone	Eufonium	Kornett	Kornett	Kornett	Kornett	Saksofon	Trombone	Tuba	
	Bak	Ingen	Ingen	Tuba	Kornett	Kornett	Kornett	Saksofon	Saksofon	Ingen	Ingen	
Bogafjell	Spiller	Eufonium	Trommer	Kornett	Tuba							
	Bak	Ingen	Ingen	Trommer	Ingen							

Vedlegg C

Faktoren T/T_m for øvingslokalene

Tabell C.1: Faktor T/T_m

Lokale	Frekvens [Hz]						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
Austrått skole	2,0	1,3	0,8	0,9	1,1	1,3	1,3
Hana skole	1,0	0,7	0,7	0,8	1,2	1,2	0,9
Bogafjell skole	1,0	1,0	0,9	0,9	1,1	1,1	1,0
Soma-Stangeland skole	1,5	1,2	0,8	0,8	1,2	1,5	1,3
Sandved skole	3,4	2,0	1,6	1,1	0,9	1,1	1,2
Trones skole	1,8	2,4	2,0	1,1	0,9	0,9	0,9
Riska ungdomskole	1,1	1,1	1,2	1,0	1,0	1,1	1,1
Lura skole	0,6	0,6	0,7	0,9	1,1	1,1	0,9
Stavanger kulturskole (med gardiner)	0,8	1,0	0,9	0,9	1,1	1,2	1,2
Stavanger kulturskole (uten gardiner)	1,0	1,2	0,9	0,9	1,1	1,2	1,2

Tabell C.2: Avvik for faktoren T/T_m ved øvingslokalene fra kravet i NS 8178

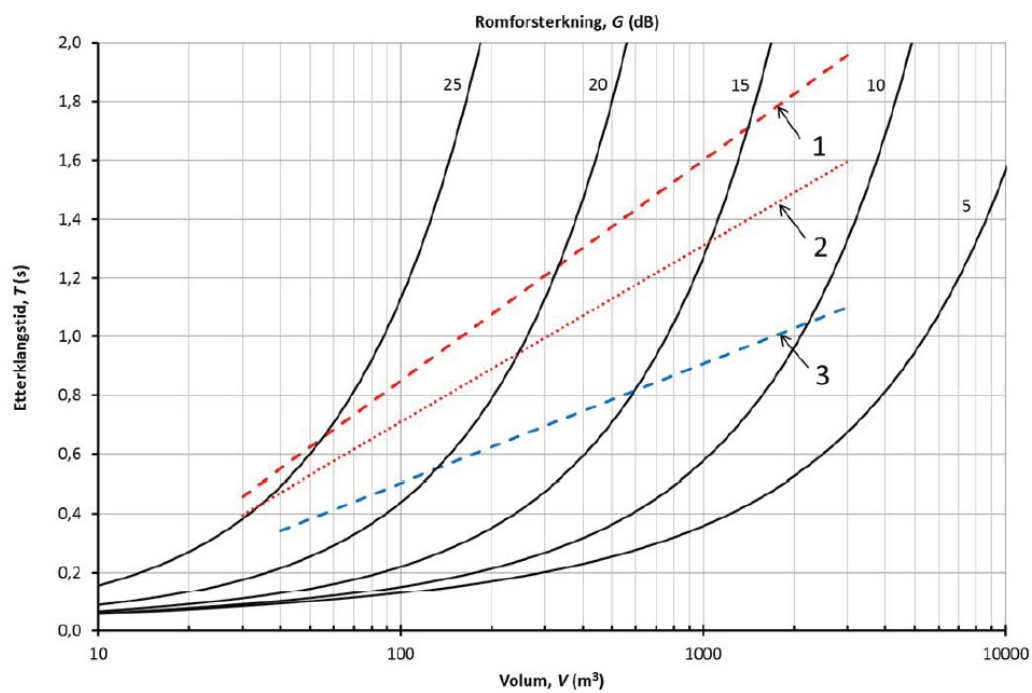
Skole	Frekvens [Hz]						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
Austrått	56 %	12 %	18 %	6 %	7 %	31 %	29%
Hana	0 %	25 %	26 %	16 %	16 %	21 %	0%
Bogafjell	0%	0%	9%	0%	5%	9%	0%
Stangeland	51 %	19 %	18 %	16 %	16 %	53 %	30%
Sandved	239 %	98 %	63 %	10 %	10 %	8 %	19%
Trones	77 %	144 %	98 %	9 %	9 %	7 %	13%
Riska	0%	0%	9%	0%	0%	4%	7%
Lura	39 %	37 %	34 %	7 %	7 %	13 %	0%
Stavanger kulturskole (med gardiner)	18 %	0 %	13 %	9 %	9 %	16 %	16 %
Stavanger kulturskole (uten gardiner)	0 %	3 %	13 %	13 %	13 %	21 %	21 %

Vedlegg D

Romforsterkning

Figuren for romforsterkning fra NS 8178:2014 er gitt i D.1. De heltrukne linjene viser at forskjellige kombinasjoner av etterklangstid og volum vil føre til samme lydnivå for et gitt ensemble. Tegnforklaringen til de stiplede linjene:

1. høyeste grense for lydsvak musikk i øvingsrom
2. laveste grense for lydsvak musikk og høyeste grense for lydsterk musikk i øvingsrom
3. laveste grense for lydsterk musikk i øvingsrom



Figur D.1: Romforsterkning, G [dB] ¹

¹Figur 1, 2c og A.1 fra NS 8178:2014 er gjengitt av Trine E. Meling i masteroppgave ved NTNU med tillatelse fra Standard Online AS 06/2015. Standard Online er ikke ansvarlig for eventuelle feil i gjengitt materiale. Se www.standard.no

Vedlegg E

Effekttall for et utvalg instrumenter

Tabell E.1 viser effekttallet til forskjellige instrumenter hentet fra NS 8178:2014 [1].

Tabell E.1: Effekttall k for et utvalg instrumenter

Instrument	Effekttall k
Fløyte	1,3
Obo	2,0
Klarinett	2,0
Saxofon	6,3
Valthorn	15,8
Kornett	12,6
Trompet	12,6
Trombone	25,1
Flugelhorn	10,0
Althorn	10,0
Eufonium	31,6
Tuba	25,1
Pauker	12,6
Stortromme	15,8
Lilletromme	12,6
Xylofon	0,8

Vedlegg F

Spørreundersøkelse

Spørreundersøkelse

1. Ved hvilken skole øver ditt korps?

- Austrått skole
- Sandved skole
- Stangeland skole
- Trones skole
- Hana skole
- Lura skole
- Riska ungdomsskole
- Bogafjell skole

2. Hvilket instrument spiller du?

- | | |
|------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Saksofon | <input type="checkbox"/> Eufonium (baryton) |
| <input type="checkbox"/> Klarinett | <input type="checkbox"/> Fløyte |
| <input type="checkbox"/> Kornett | <input type="checkbox"/> Valthorn |
| <input type="checkbox"/> Trompet | <input type="checkbox"/> Trombone |
| <input type="checkbox"/> Tuba | <input type="checkbox"/> Trommer |

Annet:

3. Hvilket instrument spiller de/den som sitter bak deg?

- | | |
|---|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Saksofon | <input type="checkbox"/> Fløyte |
| <input type="checkbox"/> Klarinett | <input type="checkbox"/> Valthorn |
| <input type="checkbox"/> Kornett | <input type="checkbox"/> Trombone |
| <input type="checkbox"/> Trompet | <input type="checkbox"/> Trommer |
| <input type="checkbox"/> Tuba | <input type="checkbox"/> Ingen |
| <input type="checkbox"/> Eufonium (baryton) | |

Annet:

4. Hvilke instrument spiller de/den som sitter ved siden av deg?

- | | |
|------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Saksofon | <input type="checkbox"/> Eufonium (baryton) |
| <input type="checkbox"/> Klarinett | <input type="checkbox"/> Fløyte |
| <input type="checkbox"/> Kornett | <input type="checkbox"/> Valthorn |
| <input type="checkbox"/> Trompet | <input type="checkbox"/> Trombone |
| <input type="checkbox"/> Tuba | <input type="checkbox"/> Trommer |

Annet:

5. Hvor mange timer i uken bruker du på øvelse med **hele** korpset?
- 1 time
 - 2-4 timer
 - 5-6 timer
 - Mer enn 6 timer
6. Hvor mange timer i uken øver du i **mindre grupper** av korpset?
- Mindre enn 1 time
 - 1 time
 - 2-4 timer
 - 5-6 timer
 - Mer enn 6 timer
7. Hvor mange timer i uken øver du **alene**?
- Mindre enn 1 time
 - 1 time
 - 2-4 timer
 - 5-6 timer
 - Mer enn 6 timer
8. Tenk på lyden når du øver i korpset. Har du opplevd ubehag på grunn av høy lyd under øvelse?
- Hver gang
 - Ofte
 - Spesielle stykker
 - Aldri
9. Hvor ofte bruker du ørepropper/hørselsvern
- Hver gang
 - Ofte
 - Av og til
 - Aldri