

Att förstå och förbättra en träningslokals akustik

Jonas Simola

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Informations- och medieteknik
Identifikationsnummer:	4184
Författare:	Antti Jonas Simola
Arbetets namn:	Att förstå och förbättra en träningslokals akustik
Handledare (Arcada):	Johnny Biström
Uppdragsgivare:	
<p>Sammandrag:</p> <p>Examensarbetet är en fallstudie vars syfte är att gå igenom rumsakustikens grundläggande principer. Rummet som analyserats är träningslokalen i Drumsö ungdomsgård. Träningslokalen är byggd i ett skyddsrum, som betyder att det finns en ganska restriktiv juridisk ram som begränsar vad som kan göras. Rummet är ganska litet och dess proportioner är inte ideala. Detta leder till exempel till att synnerligen basregistret låter otydligt. Forskningsmetoden som använts är litteraturstudier. Räkningar har utförts både manuellt och med hjälp av program. Inga mätningar har utförts. Frågor angående ljudisolation diskuteras inte i arbetet, utan fokuset ligger enbart på hur man kan förbättra rummets akustik, med tanke på att rummets används för att spela musik. En viktig del av arbetet har varit att undersöka akustiska egenskaper av allmänna byggnadsmaterial. Arbetets syfte är att förstå träningslokalens akustiska egenskaper, undersöka vilka åtgärder har tagits för att förbättra dessa egenskaper och sedan komma fram med förslag för framtida förbättringar. Nästa steg kommer att vara att utföra noggranna mätningar på basis av de begrepp som tagits fram och räkningar som utförts i arbetet.</p>	
Nyckelord:	Akustik, spellokal, rumsakustik, musik, akustiskt material
Sidantal:	33
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Information and media Technology
Identification number:	4184
Author:	Antti Jonas Simola
Title:	To understand and improve the acoustic properties of a band rehearsal space
Supervisor (Arcada):	Johnny Biström
Commissioned by:	
<p>Abstract:</p> <p>This degree thesis is a case study, the purpose of which is to give a thorough understanding of the basic principles of room acoustics. The space analyzed in this thesis is a band rehearsal space located in the youth centre of Drumsö. The rehearsal space is built into a bomb shelter, which means there is a fairly restrictive legal framework which restricts what can be done in terms of modifications. The room is rather small and its proportions are not ideal. The lower frequency range is especially affected, as it sounds murky and unclear. The research method used in this work has mostly been literary studies. Calculations have been made both by hand and by using various computer programmes. No acoustical measurements have been made. Questions related to soundproofing have not been taken into consideration. The objective of this work is to come up with propositions for improving the acoustics of the rehearsal space. The fact that the room is used for playing music is an important vector of analysis. An important part of this thesis is the study of the acoustic properties of commonly used construction materials. The main objective of this thesis is to understand the acoustic properties of the rehearsal space, to study which acoustic improvements have already been made and finally to come up with proposals for further improvement. The next step will be to make acoustic measurements using the theoretical concepts and calculations discussed in this thesis.</p>	
Keywords:	Acoustics, Room Acoustics, Rehearsal Space, Music, Acoustic Properties of Building Materials
Number of pages:	33
Language:	Swedish
Date of acceptance:	

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Informaatio- ja mediatekniikka
Tunnistenumero:	4184
Tekijä:	Antti Jonas Simola
Työn nimi:	Soittotilan akustiikan ymmärtäminen ja parantaminen
Työn ohjaaja (Arcada):	Johnny Biström
Toimeksiantaja:	
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Opinnäytetyö on tapaustutkimus jossa käsitellään huoneakustiikan perusteita. Työssä on käsitelty Lauttasaaren nuorisotalon soittotilan akustisia ominaisuuksia. Soittotila on rakennettu väestösuojaan, mikä tarkoittaa että tilan muokkaaminen on hankalaa. Huone on melko pieni ja sen mittasuhteet eivät ole parhaat mahdolliset, joten etenkin bassorekisteri kuulostaa epäselvältä. Tutkimuksessa on käytetty alan kirjallisuutta. Laskelmia on tehty sekä käsin että tietokoneohjelmien avulla. Akustisia mittauksia ei ole suoritettu. Ääneneristykseen liittyviä kysymyksiä ei käsitellä tässä työssä. Opinnäytteessä käsitellään tavallisten rakennusmateriaalien akustisia ominaisuuksia. Tutkimuksen tavoitteena on analysoida soittotilan akustisia ominaisuuksia, käydä läpi miten tilan akustiikkaa on muokattu ja lopulta pohtia mahdollisia parannusehdotuksia.</p>	
Avainsanat:	Akustiikka, huoneakustiikka, rakennusmateriaalien akustiset ominaisuudet, soittotila, musiikki
Sivumäärä:	33
Kieli:	Ruotsi
Hyväksymispäivämäärä:	

Innehållsförteckning

1 Inledning	6
1.1 Bakgrund	6
1.2 Syfte och mål.....	6
1.3 Avgränsning.....	7
2 Rumsakustik	8
2.1 Ljud.....	8
2.2 Rumsakustikens syfte	8
2.3 Musik och akustik	9
2.4 Utrustning och uppsättning.....	9
3 Rummets mått	12
3.1 Mätningar.....	12
3.2 Ideala proportioner	13
3.3 Rumsresonanser	14
3.4 Fladdereko.....	18
4 Rummets egenskaper	19
4.1 Beskrivning	19
4.2 Rummets ytor	20
4.2.1 Reflektion, absorption, diffusion	20
4.2.2 Material.....	22
4.3 Efterklang	24
4.3.1 Sabines formel.....	24
4.3.2 Ideal efterklang	24
5 Åtgärder	26
5.1 Omplacering av utrustning	26
5.2 Basfälla.....	27
5.3 Diffusor	29
6 Diskussion	30
Källor	31

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Jag har sysslat med musikverksamhet i över 15 år. Mitt långvarigaste musikprojekt är mitt nuvarande band Le Nemo. Bandet är ett typiskt fyra mans indierockband. Bandet flyttade in i en ny träningslokal på hösten 2012. Det nya rummet är betydligt större än det som använts tidigare. Det är också inrett på ett helt annat sätt. Intrycket vid första spelningarna var att bandets sound var helt annorlunda. Då kom fram idén att undersöka hur nya träningslokalens akustiska egenskaper påverkade bandets sound.

Lokalen är byggd i Drumsö ungdomshus skyddsrum, d.v.s. ”bombskydd” eller ”västönsuoja”. Träningslokalens layout och design är alltså inte ursprungligen menad för musikverksamhet. Lokalen används av flera andra grupper och en del av utrustningen som används är gemensam. Den har donerats längs med åren av personer som använt rummet och är brokig och i ganska dåligt skick. Rummet har behandlats på olika sätt. Väggarna och en del av taket har täckts med glasullspaneler som fungerar som akustikplattor. Betonggolvet har delvis täckts med mattor. Om man tänker på utgångsläget har denna grova akustiska behandling förbättrat rummets akustik.

1.2 Syfte och mål

Syftet med detta arbete är att se om man kan förbättra träningslokalens akustik. Man måste gå igenom rumsakustikens principer, analysera vad som redan gjorts, granska den utrustning som finns och sedan tänka på möjliga lösningar. Rummets ursprungliga funktion begränsar kraftigt det man kan och får göra. Målgruppen är mitt band och de andra som delar på utrymmet samt Drumsö ungdomshus personal.

1.3 Avgränsning

Slutarbetets fokus kommer att vara på rummets egenskaper och hur dessa påverkar dess akustik. Jag kommer inte att ta upp frågor gällande ljudisolation. Jag kommer inte heller att utföra några akustiska mätningar. Forskningsmetoden som används är litteraturstudier och räkningar.

2 RUMSAKUSTIK

2.1 Ljud

Ljud kan definieras som en vågrörelse som fortskrider i alla medier som har volymelasticitet, d.v.s. gaser, vätskor och fasta ämnen. Ljudvågor är mekaniska, elastiska och longitudinella. Ett ljud uppstår när en kropp vibrerar i snabb takt. Ifall denna vibration är regelbunden uppfattas ljudet som en ton. Ifall vibrationen är oregelbunden uppfattas ljudet som buller (Eklund, 1990, s.43-44).

Tiden som det tar för vågen att genomgå en svängning kallas för period, T . Med hjälp av perioden kan man räkna ut antalet svängningar per sekund, som man kallar för vågens frekvens, f . Denna mäts med enheten Hertz (Hz). Detta kan beskrivas med denna ekvation:

$$f = \left(\frac{1}{T}\right) \text{ (Hz)}$$

Lufthastigheten i torr luft och med temperaturen 20 grader Celsius är $c = 343 \text{ m/s}$. Våglängden är måttet på sträckan som vågen har färdats under tiden för en svängning. Våglängden λ står i direkt relation till frekvensen f . (Campbell, 2001 s. 29).

$$\lambda = c/f \text{ (m)}$$

Frekvensområdet som människan kan höra är relativt begränsat. Området går från 20 till 20 000 Hz (Eklund, 1990, s.43). Ljudets ljudtrycksnivå, Sound Pressure Level (SPL) måste också vara tillräckligt stark för att höras. Den uttrycks med decibel (dB). (Everest, 2007, s.22). Ljud når lyssnaren direkt och indirekt via reflektioner och ekon.

2.2 Rumsakustikens syfte

The Musician's guide to acoustics definierar fyra grundprinciper med vilka man kan uppskatta ett rums akustiska egenskaper. (Campbell, 2001, s.543.)

- Ljudnivån borde vara jämn i hela rummet
- Alla rummets användare borde ha samma lyssningsmöjligheter
- Efterklängen borde vara passlig

- Första reflektionerna får inte vara störande

2.3 Musik och akustik

Rumsakustik är inte en exakt vetenskap. Detta beror på att uppfattningen av ljud är subjektivt. Man kan mäta ljudets amplitud, intensitet och energi; däremot är uppskattningen av ljudets klangfärg, ”timbre”, subjektivt och svårt att definiera entydigt (Everest, 2007, s.56). En definition av klangfärg är att det är egenskapen som gör att två ljud med samma ljudtrycksnivå och frekvens kan uppfattas som olika (Howard, 2009, 216). På samma sätt är uppfattningen av en tons tonhöjd (”pitch”) och tonstyrka (”loudness”) subjektiva (Meyer, 2009, s.23).

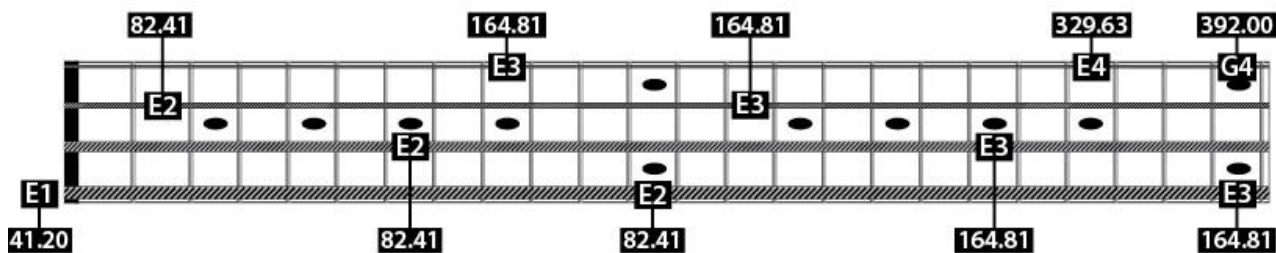
2.4 Utrustning och uppsättning

Bandet Le Nemo har funnits i över tio år. Dess uppsättning och utrustning är ganska enkel. Musikstilen kan beskrivas som indierock. Flyttningen till nya lokalen på hösten 2012 har haft en stor inflytelse på bandets sound. I det här delkapitlet görs en subjektiv uppsättning av Le Nemos sound.

Tabell 1 - Le Nemos utrustning (Meyer, 2009)

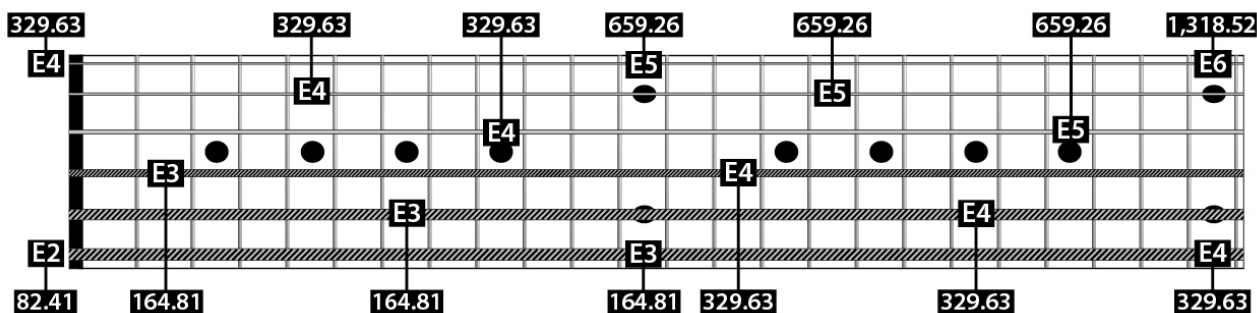
Instrument	Förstärkare	Frekvensband (Hz)
Fender Telecaster elgitarr	Workhorse Stallion 60 Watt	80 – 1300
Squier Telecaster elgitarr	Tech 21 Trademark 60 Watt	80 - 1300
Squier Jazz Bass elbas	Hartke 120 Watt	40 - 400
Sång	PA Soundtech PL602	150 - 900
Mapex Saturn Series trumset	-	100 - 5000

PA- systemet kan anses vara nöjaktigt. Sångarens röst hörs relativt tydligt av alla bandmedlemmar. Mellan och högre frekvenser hörs relativt tydligt. Ljudtrycksnivåerna är dock onödigt höga. Grova mätningar utförda vid ett övningstillfälle visar att ljudtrycksnivån är ständigt över 85 dB, med pikor över 100 dB. Hörselskydd används, som skyddar hörseln men gör att soundet lider.



Figur 1- Frekvensband av en elbasgitarr (Behringer, 2013a)

Mitt instrument är elbasgitarr. För tillfället låter särskilt det lägre registret (under ungefär 200 Hz) inte så värst bra. Förstärkaren är placerad bakom ett annat trumset som hör till ungdomshuset, som gör att den vill inte riktigt höras.



Figur 2 - Frekvensband av en elgitarr (Behringer, 2013b)

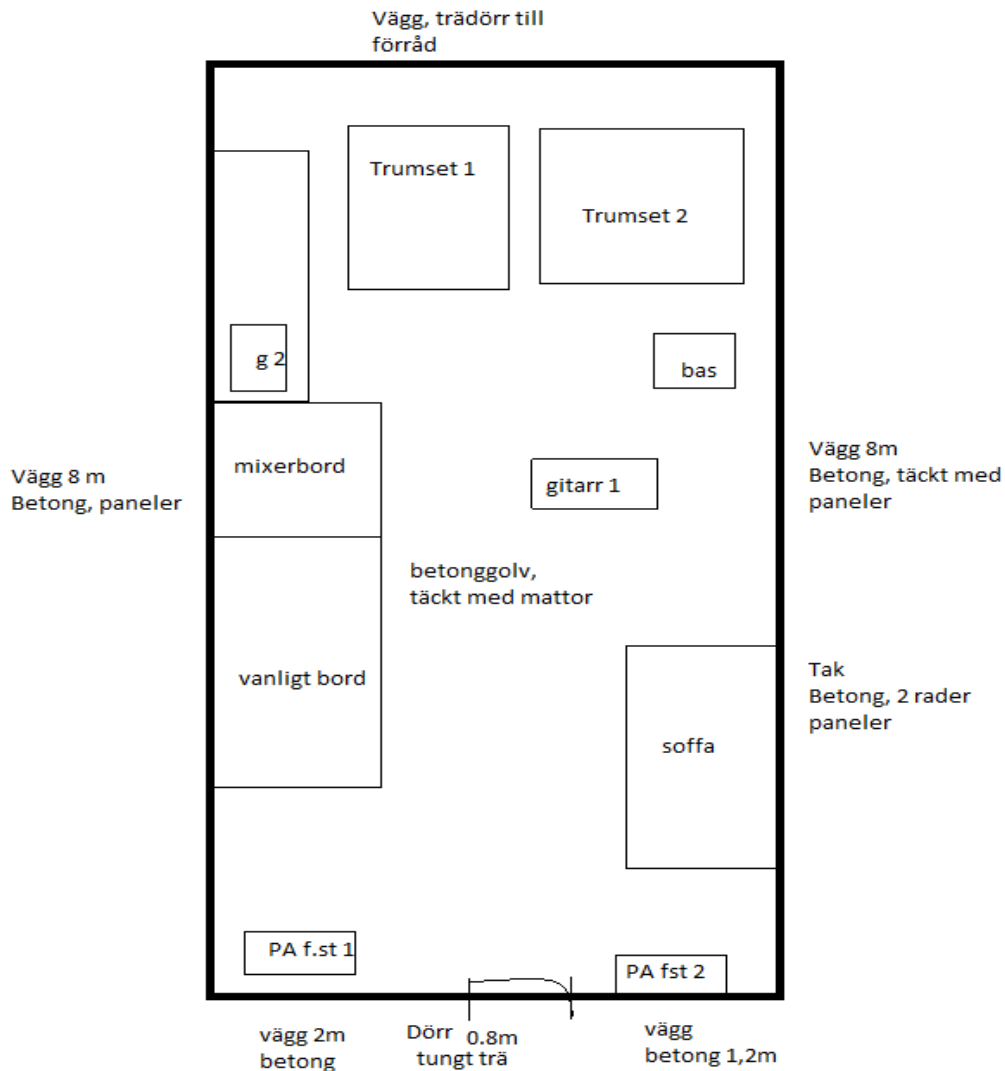
Fender Telecaster- gitarren används av sologitarristen medan Squier Telecastern används av rytmgitarristen som också sjunger. Eftersom båda gitarristerna använder praktiskt taget samma gitarmodell blir det ofta svårt att skilja ut dem.

Trumsetet är ett standard Tama Saturn Series- set som består av en bastrumma, golv- och rackpuka, snare samt hihat-, crash och ride- cymbaler. Trumsetet är det enda akustiska instrument som används. Det är också instrumentet med den bredaste variation inom frekvensbandet. Bastrumman ligger vid 100 Hz, snare trumman ligger vid 300 – 1000 Hz medan cymbalernas mellanregister ligger vid 3000 – 5000 Hz och diskanten kan lätt gå över 10 000 Hz (Meyer, 2009, s.118-122).

Allmänna intrycket är att särskilt lägre frekvensområdet är problematiskt. Soundet är otydligt, ”grötigt”. Slutresultatet är frustrerande, eftersom otydliga soundet och höga volymerna gör det svårt att arbeta på mer avancerade projekt.

3 RUMMETS MÅTT

3.1 Mätningar



Figur 3- Träningslokalens bottenplan

Träningslokalen mättes den 31.1.2013.

Träningslokalen är format som ett rätblock med dimensionerna 8 m * 4m * 2,3 m. Rummets volym är alltså 73,6 m³. Dessa dimensioner är viktiga med tanke på rummets akustiska egenskaper.

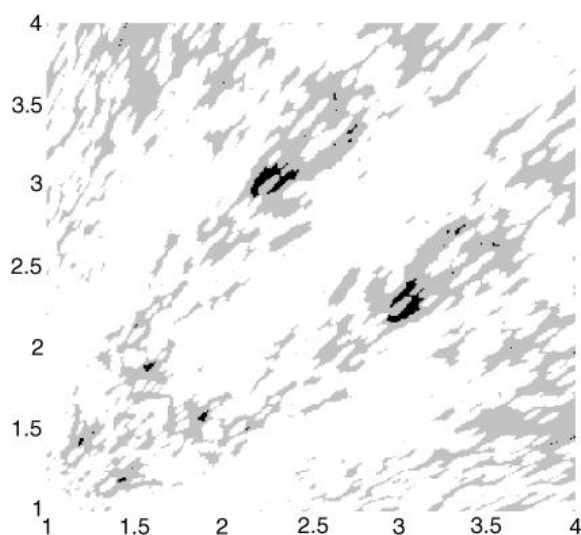
3.2 Ideala proportioner

De första undersökningarna gällande hur relationen mellan ett rektangulärt rums höjd, bredd och längd påverkar dess akustiska egenskaper gjordes på 1940 – talet av H.R. Bolt. Syftet är att kunna designa rum var rumsmoderna är jämnt utspridda. Man vill också undvika akustiska avvikelser vid lägre frekvenser (Everest, 2007, s.247).

Tabell 2 - Lista på ideala rumsproportioner (Everest, 2007, s.247)

Författare	Höjd	Bredd	Längd	Jämförbar med Bolt?
Sepmeyer	1,00	1,14	1,39	Nej
	1,00	1,28	1,54	Jo
	1,00	1,60	2,33	Jo
Louden (3 exempel)	1,00	1,40	1,90	Jo
	1,00	1,30	1,90	Nej
	1,00	1,50	2,5	Jo
Volkman (2:3:5)	1,00	1,50	2,5	Jo
Boner ($1:\sqrt[3]{2}:\sqrt[3]{4}$)	1,00	1,26	1,59	Jo

Forskare vid Salford Universitet har föreslagit att ett idealt samband för små rum är 1:2,19:3 (Walker, 1996). Rumsvolymerna för vilka dessa proportioner gäller varierar från 50 till 200 m³. Dessa mått är märkta med svart på figur 4. De gråa zonerna motsvarar rumsproportioner som ännu är acceptabla. De proportioner som faller i vita zonen är problematiska, eftersom flere oönskade akustiska avvikelser kommer att förekomma.



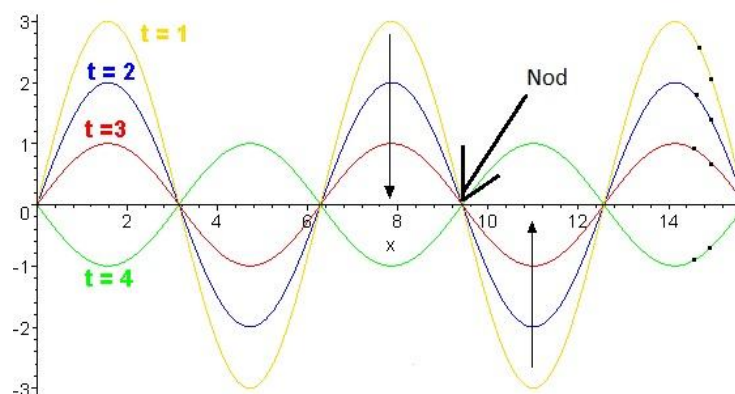
Figur 4- Rumsproportioner (Walker, 1996)

Om man omvandlar träningslokalens dimensioners mått enligt denna metod får man att proportionerna är 1:1,74:3,48, som tyvärr faller i vita zonen. Dessa proportioner är inte ideala och går tyvärr inte att ändra. Det är t.ex. omöjligt att bygga en mellanvägg. Orsaken varför dessa proportioner inte är ideala är att de leder till akustiska störningar så som rumsresonanser.

3.3 Rumsresonanser

Rumsresonanser eller stående vågor är fenomen som framkommer i rum med parallella väggar. Stående vågens våglängd är hälften eller en multipel av avståndet mellan två parallella ytor. Frekvensen med denna våglängd kommer att studsas mellan ytorna och förstärkas. Stående vågor kan uppstå enligt rummets längd (L), bredd (B) eller höjd (H). Konstanten c är ljudets hastighet (343 m/s). För att en stående våg ska kunna uppstå måste p, q och r vara positiva heltal. En nod är en punkt i stående vågen med den lägsta amplituden och som står stilla. Däremot har vågen sin största amplitud i antinoden. En stående våg kan resonera emot en eller fler av rummets ytor. Frekvensen av rumsresonanser kan räknas med denna formel: (Everest, 2007, s.230).

$$f_{\text{stående våg}} = \frac{c}{2} * \sqrt{\frac{p^2}{L^2} + \frac{q^2}{B^2} + \frac{r^2}{H^2}}$$

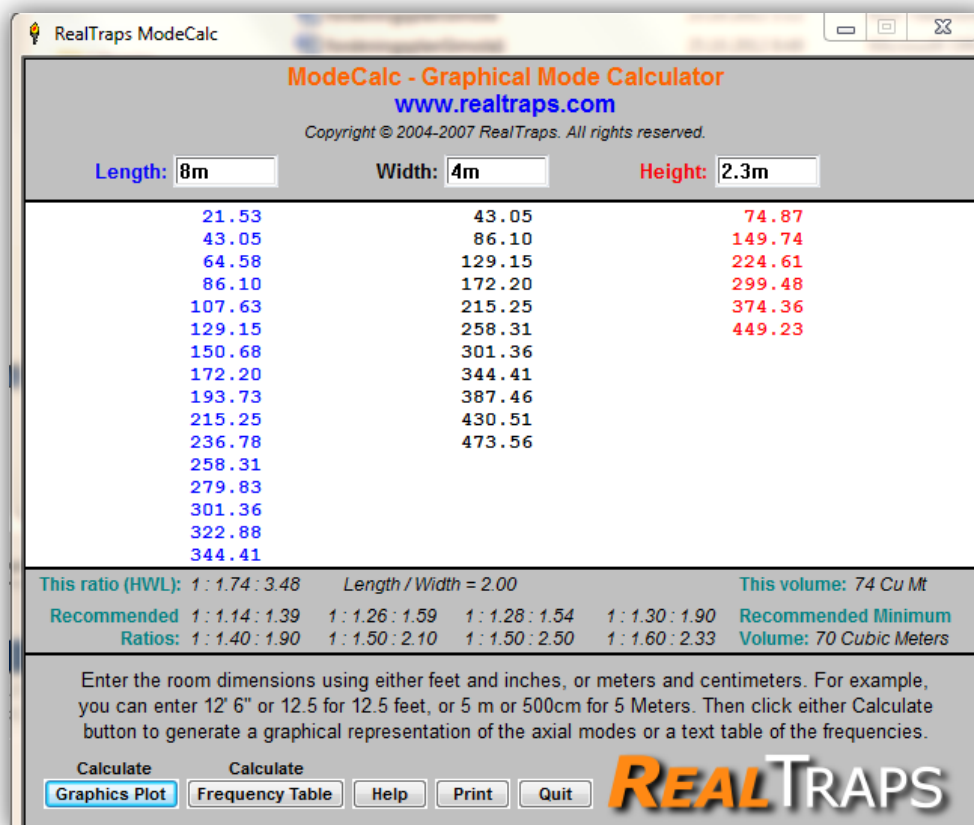


Figur 5- Stående våg (Wikipedia, 2013a)

En ton kan definieras som summan av flera sinustoner med ett heltalsförhållande mellan frekvenserna (Wikipedia b, 2013). Den gula kurvan märkt med t =1 är grundtonen. Den blåa kurvan märkt

med $t = 2$ är första övertonen. Övertoner är multiplar av grundtonen. Dessa är viktiga i detta sammanhang eftersom övertonerna har ett stort inflytande på tonens klangfärg.

Det finns fler mer eller mindre noggranna program man kan använda för att grovt räkna ut rumsmoder. Denna räknare räknar ut de 16 första axiella moderna, enda upp till 500 Hz.



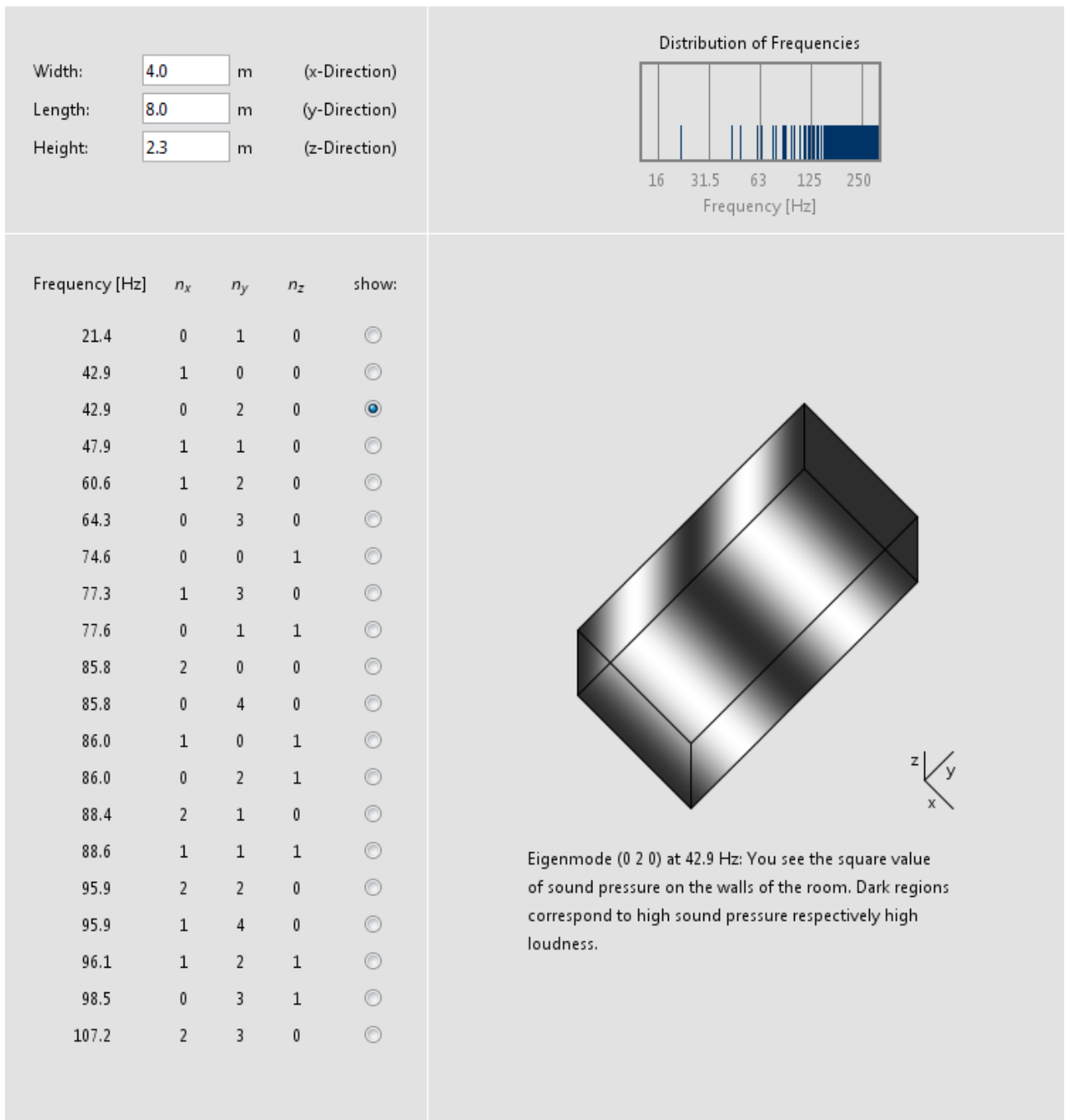
Figur 6 - Beräkning av rumsnoder (Real Traps, 2013)

Rummets längd och djup är multiplar ($8\text{m} \times 4\text{m}$). Detta är i sig inte önskvärt. Man kan till exempel se från figur 6 att vågen med en frekvens av 43 Hz resonerar både enligt rummets längd och höjd. En mod som resonerar enligt ett led kallas för axiellt. Om den resonerar enligt två led är den tangentiell. Ifall den resonerar enligt alla tre led är den oblik. Axiella moderna är viktigast, eftersom de resonerar starkast. Den minst önskvärda rumsformen är en kub, eftersom stående vågorna kommer att resonera enligt alla tre led.

Tabell 3- Relation mellan tonläge, frekvens och våglängd (Suits, 2013)

Ton	Frekvens (Hz)	Våglängd (m)
F ₀	21,83	15,71
F ₁	43,65	7,86
C₂	65,41	5,27
F ₂	87,31	3,95
A₂	110	3,14
D₃	146,8	2,35

En frekvens med 43 Hz är 8 m lång och motsvarar tonen F1 i det lägre basregistret. Tabell 3 visar exempel på frekvenser som kommer enligt räkningar att förstärkas vid vissa områden i rummet.



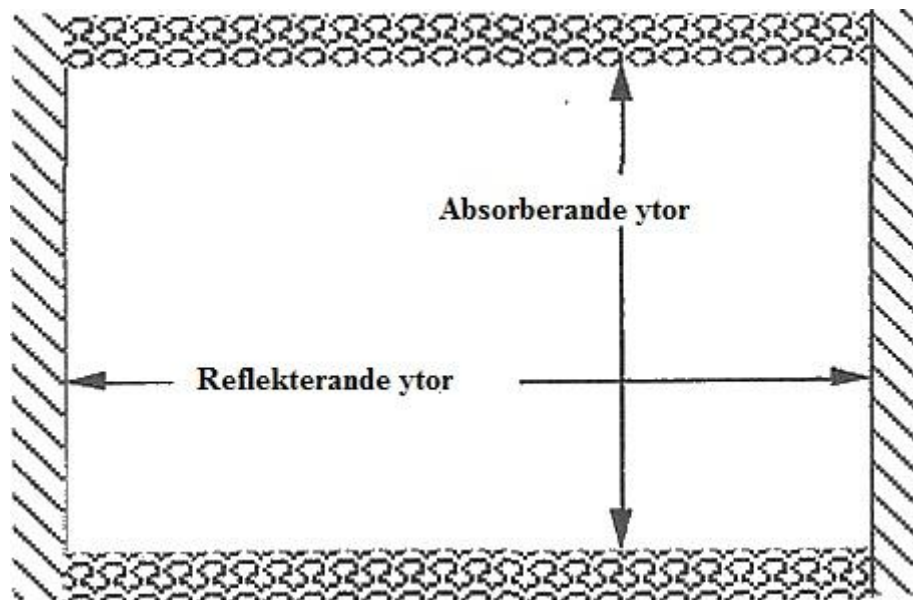
Figur 7- Rumsresonans vid 43 Hz (Hunecke.de, 2013)

Gråa och svarta zonerna i figur 7 är de områdena i rummet var stående vågen vid 43 Hz förstärks. Trumsetet och basförstärkaren är båda placerade nära bakväggen, i en zon var enligt dessa räkningar denna akustiska störning uppstår. Detta är en delförklaring till varför lägre frekvenser låter otydliga, ”grötiga”.

Stående vågor är inte längre ett problem för frekvenser över 300 Hz, eftersom våglängderna blir kortare och noderna står så nära varan att rummets respons blir jämnare (Everest, 2007, s.256). Eftersom man inte kan ändra på rummets proportioner måste man tänka på andra lösningar, främst angående rummets ytor.

3.4 Fladdereko

Fladdereko är ett annat reflekteringsfenomen som uppstår i frekvenser över 500 Hz. Man kan höra ekot t.ex. genom att klappa i händerna och lyssna på ”ringande” eftertonen (Everest, 2007. s. 97). Fladdereko är ett problem i detta fall eftersom vänster och höger vägg har täckts ojämnt med absorberande glasullsplattor, medan fram- och bak väggarna är täckta med reflexiva material (trä, betong). Detta leder till den situation som beskrivs i denna figur:



Figur 8 – Fladdereko (Howard, 2006, s.288)

Ett sätt att bearbeta fladdereko är genom att täcka en av parallella väggarna med absorberande material. (Howard, 2006, s 288).

4 RUMMETS EGENSKAPER

Varje rum har sin egen karaktär, som beror förutom på dess form också på hur det är inrett och hurdana material som använts. Olika frekvenser behandlas på olika sätt. Höga frekvenser är oftast behandlade med paneler som absorberar ljudvågorna. Låga frekvenser har långa energistarka våglängder och deras utbredningsegenskaper är inte lika påverkade av vinklar och reflexionsriktningar. Förtätningar av låga frekvenser bildas i rummets hörn. Olika sätt att lösa dessa problem diskuteras i detta och nästa kapitel.

4.1 Beskrivning



Figur 9- Bakre vägg med trädörrar (Drumsö ungdomslokal, 2013)

Lokalens vänster och höger vägg är byggda av tjock målad betong. Väggarna har blivit ojämnt täckta med glasullsplattor. Diverse ledningar, rör och delar av ventilationssystemet är placerade lite här och där längs med väggarna och takkanten. Vissa ”kreativa” lösningar har tagits av rummets föregående användare för att på något sätt dämpa dessa hårda ytor. Bakre väggen har täckts med fyra stora trädörrar bakom vilka finns tre förråd.



Figur 10 - Framvägg (Drumsö ungdomslokal, 2013)

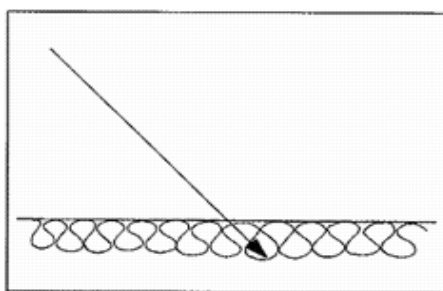
Framväggen har inte behandlats på något sätt. Trädörren kan inte täckas. Rummet är fullt av utrustning som måste vara där eftersom det är ett bombskydd (tunnor, proviant, m.fl.) (Finlex, 2011). Förråden är fulla med utrustning, som betyder att denna utrustning som är i vägen och stör inte kan städas undan på något vettigt sätt.

Golvet har täckts ojämnt med mattor. En stor soffa och en läder länsstol är placerade vid vänster och höger vägg. Hörnen har inte behandlats på något sätt. En stor metalllåda som är fastskruvad på högra sidan av framväggen har täckts med ett tunt skynke.

4.2 Rummets ytor

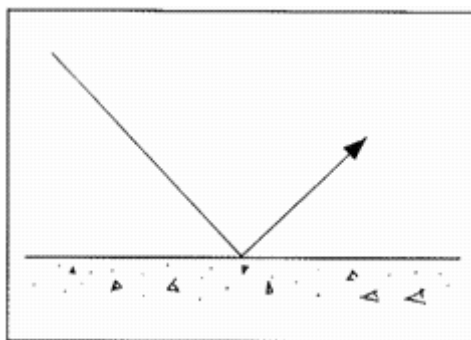
4.2.1 Reflektion, absorption, diffusion

En ljudvåg dämpas när den rör sig genom ett medium. Dämpningen beror på att ljudvågens energi stegvis sjunker. När ljudvågen absorberas omvandlas dess energi till värme (Suvanto, 2005, s.286).



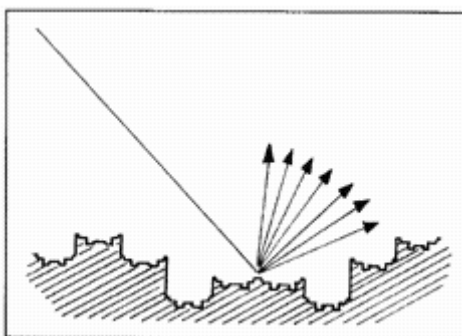
Figur 11 - Absorption (Svanå Miljö Teknik. 2006a)

När ljudvågen träffar en hård, jämn yta reflekteras den som en ljusstråle från en spegel (RIL 2007 s. 159).



Figur 12- Reflexion (Svanå Miljö Teknik. 2006b)

Ljudet reflekteras på olika sätt beroende på dess frekvens. En låg frekvens med en lång våglängd kommer att kräva en stor yta för att reflekteras. Diffusion betyder i denna kontext samma sak som spridning. När en ljudvåg träffar en ojämn yta bryts den upp och sprids i rummet. Spridningen kommer att bli större om ytan har ett ojämnt mönster. Man kan utnyttja detta fenomen när man vill bli av med oönskade reflektioner utan att lägga till mera absorberande material (RIL, 2007). (Everest, 2007, s. 349)



Figur 13– Diffusion, spridning (Svanå Miljö Teknik, 2006 c)

4.2.2 Material

Träningslokalens väggar, golv och tak har ursprungligen byggts av tjock betong. Väggarna måste enligt lagstiftningen angående skyddsrum vara åtminstone 300 mm tjocka (Finlex, 2011).

Träningslokalens vänster och höger vägg har delvis täckts med glasullsplattor som satts fast direkt på väggen. Plattorna är ganska tunna (ungefär 20 mm.). Soffan och länstolen hjälper lite eftersom de fungerar som stora absorberande ytor.

Glasull är ett behändigt material att använda till detta syfte, eftersom det har en bra absorptionskoefficient och är en relativt billig lösning. Glasull används främst inom bygnadsindustrin som isoleringsmaterial. Det absorberar både värme och ljud. Det måste behandlas försiktigt och täckas, eftersom den kan utlösa partiklar som kan vara skadliga för luftvägarna.

Materialets effektivitet kan räknas via att analysera dess absorptionskoefficient α . (RIL 2007, s.149). Här är en lista på absorptionskoefficienter av de föremål och element som finns i träningslokalen.

Tabell 4- Absorptionsfaktorer för olika material vid frekvensområdet 250-2000 Hz (Suvanto, 2005, s. 296)

Material	α
Akustiska paneler	0,8-1
Tjock gardin	0,5
Soffa	0,5
Tjock matta på betonggol	0,3
Trästol	0,2
Lätt matta	0,2
Jämn betongyta	< 0,1

Ett materials absorptionskoefficient är mycket sällan jämnt genom hela frekvensspektret. Endast mycket hårda material som betong kommer att reflektera olika ljudvågor på nästan samma sätt oberoende av vågornas längd (Meyer, 2009, s.186).

Absorptionskoefficienten är oftast given för sex standard frekvenser: 125, 250, 500, 1000, 2000 och 4000 Hz (Everest, 2007, s.181).

Tabell 5 – Absorptionskoefficienter α enligt frekvensband (Campbell, 2001, s.531, Everest, 2007, s.481)

Material	α enligt frekvens					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000Hz	4000 Hz
Tjock gardin	0,14	0,36	0,57	0,72	0,7	0,62
Trägol	0,14	0,12	0,009	0,08	0,06	0,07
Akustisk panel halv tum	0,07	0,21	0,66	0,75	0,62	0,49
Tjock matta på betong	0,02	0,06	0,16	0,37	0,59	0,64
Glasull (25mm) bakom ihålig träpanel	0,1	0,35	0,85	0,85	0,35	0,09
Målad betong	0,10	0,05	0,06	0,07	0,09	0,08
Akustisk panel ¼ tum	0,09	0,28	0,78	0,84	0,73	0,64

Dessa material är bland de vanligaste man kan hitta. Ett material med ett högt α värde anses vara absorberande, medan ett lågt α värde betyder att materialet är reflexivt.

Specialtillverkade akustikplattor är dyra och inte nödvändigtvis mer effektiva än täckta glasullsplattor . Detta är ett av de mest diskuterade ämnen bland musik- och akustikentusiaster (Muusikoiden.net, 2006).

4.3 Efterklang

4.3.1 Sabines formel

Efterklangstiden eller reverberation time (RT) definieras som hur snabbt en ljudvågs intensitet faller med 60 dB (Everest, 2007, s.153-155). Den kan räknas med hjälp av Sabines formel.

$$RT_{60} = \frac{0,161V}{A}$$

RT_{60} = Efterklangstid

V = Rummets volym

A = Rummets absorptionsyta

Rummets storlek inflyter direkt på efterklangstiden. Ett litet rum är svårt att behandla eftersom ljudvågorna kommer att studsas ofta mot rummets ytor. Resultat man får med att använda Sabines formel lämpar sig mest för stora rum. För mindre rum ger räkningarna mer en uppskattning, medan de mer exakta resultaten fås med hjälp av mätningar.

4.3.2 Ideal efterklang

Hur man definierar den ideala efterklangstiden beror igen på vad rummet kommer att användas till. Ett rum som är helt dämpat, dvs. var efterklangstiden är nära noll kommer att låta onaturligt och ”dött”. Om efterklangstiden är för lång kommer ljudet att dämpas långsamt. Det blir svårare att skilja ut tal eller toner (RIL, 2007, s.165).

Rummets efterklang beror på hur mycket ljud absorberas av rummets ytor. Ett rums sammanlagda absorptionsyta kan räknas med denna formel (RIL, 2007, s.167.):

$$A = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n = \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i$$

A = Sammanlagd absorptionsyta

α = Absorptionskoefficient

S = Yta

En grov beräkning av efterklangstiden för de sex standardfrekvenserna nämnda i kapitel 3.2.2. kan göras med hjälp av t.ex. Sengpiel audios räknare (Sengpiel, 2013). Resultaten man får är:

Width 4 Length 8 Height 2.3 feet meters

Walls	Material	Windows, doors and other surfaces		
		Deflection Material	Size	How many
Front	Plywood paneling	Plywood paneling	4 x 2.3	0
Back	Concrete-painted	Drapery-lightwt	4 x 2.3	0
Left	Concrete-painted	Ac. tile on concrete	8 x 2.3	0
Right	Concrete-painted	Ac. tile on concrete	8 x 2.3	0
Ceiling	Concrete-painted	Ac. tile suspended	4 x 8	0
Floor	Concrete-painted	Carpet on concrete	4 x 8	0

125 Hz 250 Hz 500 Hz 1000 Hz 2000 Hz 4000 Hz

Estimated RT 60 of this room is 1.41 seconds.

Figur 14- Beräkning av efterklang med Sengpiel Audios räknare (Sengpiel, 2013)

Dessa räkningar har utförts med dimensionerna man gett och med absorptionskoefficienter tagna från tabellen i Master Handbook of Acoustics bilaga (Everest, 2007, s.481).

Tabell 6 - Beräkning av efterklang enligt frekvens (Sengpiel 2013)

Frekvens (Hz)	Efterklangstid
125	0,88
250	1,59
500	1,47
1000	1,41
2000	1,11
4000	1,22

Denna grova beräkning av efterklangstider förtydligar varför rummets sound är otidligt. Dessa efterklangstider är lite för långa för ett rum var man spelar musik. De exakta värden kommer man att få genom att mäta noggrant.

5 ÅTGÄRDER

För tillfället kan träningslokalens akustik anses vara nöjaktig. Utan någon som helst akustikbehandling skulle rummet inte passa för musikbruk. Ett rektangulärt rum där väggar, tak och golv är byggda av tjock betong reflekterar nästan allt ljud och ekar kraftigt. De akustiska åtgärder som har utförts gör att rummet över huvudtaget går att använda som träningslokal. Det här kapitlet går igenom förslag för vidare utveckling.

5.1 Omplacering av utrustning

Utrustningen har placerats i rummet lite på måfå. Eftersom vi delar utrymmet måste utrustningen städas undan efter varje tränings-session, som är förstås jobbigt och gör det svårt att komma fram till s.k. exakta lösningar. Det enklaste man kan göra är flytta om utrustningen bort från hörnen och mer mot mitten av rummet, för att undvika akustiska störningar som beror på stående vågen vid 43 Hz.

Mats Kindstedt har arbetat med liknande frågor i sitt examensarbete *Förbättring av akustiken i en spelträningslokal* (Kindstedt, 2008). En del av de lösningar han kommer till kunde anpassas i detta fall. För tillfället är ljudtrycksnivån som tidigare sagt störande hög; att måsta använda hörselskydd när man spelar är inte en ideallösning eftersom det förvränger kraftigt klangfärgen. Ett sätt att sänka ljudtrycksnivån är att sätta plexiglas paneler runt trumsetet och öka på rummets absorptions yta. Man bör dock vara försiktig med att inte dämpa rummet för mycket, för det kommer att låta onaturligt. Man kan dämpa reflektioner från PA-systemet genom att placera en akustikplatta ovanför det.

Fredric Janson ger en hel del nyttiga förslag i sin studie *Akustisk komfort i musikövningsrum* (Janson, 2006). Hans förslag är mer allmänna, som passar bra i detta fall eftersom vi inte är de enda som använder utrymmet. En ideallösning skulle vara om man kunde justera efterklangstiden för varje instrument. För tonstarka instrument som trummor borde efterklangstiden vara så kort som möjlig, helst 0,2 – 0,4 sekunder. För gitarr skulle 0,6 sekunder passa väl. För sång kan efterklangstiden vara över en sekund. Det gäller att hitta en kompromiss mellan vad som passar bäst för alla.

Man kan justera rummets akustik med att lägga till mera akustikplattor i taket. En annan effektiv metod är att sätta upp tjocka skynken på väggarna och sedan justera akustiken genom att dra dem

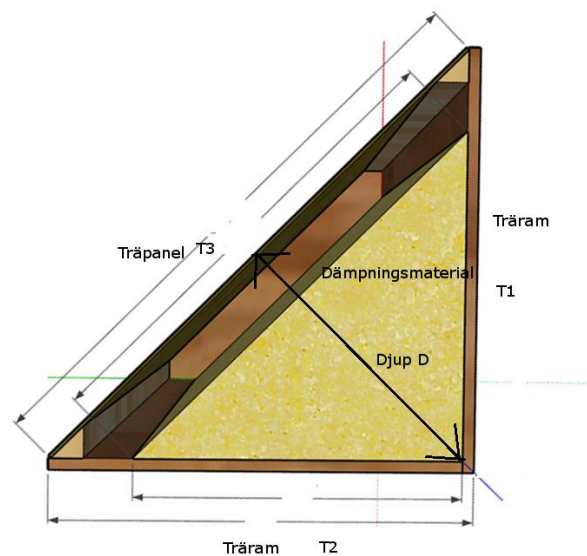
för eller isär. Tjocka textilier absorberar bäst mellan och höga frekvenser. Man får de bästa resultaten om det finns en luftspalt mellan tyget och väggen. Det är viktigt att mäta denna luftspalt. Tyget kommer att absorbera mest effektivt de frekvenser där avståndet mellan tyget och väggen är mindre än en fjärdedel av deras våglängd (Howard, 2006, s.319 - 320).

5.2 Basfälla

Lågfrekventa ljudvågor är långa och energistarka. Detta gör dem svåra att bearbeta. Dessutom brukar basfrekvenser samlas i hörnen. Detta betyder att ljudkvaliteten kommer att låta ”grötigt” och otydligt vid hörnen. Ett sätt att motarbeta detta är att placera s.k. basfällor vid hörnen.

Rummets proportioner kommer att bestämma hurdan basfälla man kommer att använda. En basfälla består oftast av en triangelformad träram som sedan fylls med dämpningsmaterial, t.ex. glasull, och sedan täcks med en tunn träplatta. Fällans ”djup”, D , ska motsvara en fjärdedel av våglängden av frekvensen man vill dämpa. (Everest, 2007, s.208). Basfällan är designad som en likbent triangel. var ramarna $T1$ och $T2$ är lika långa. Av detta kan man deducera att djupet D och hälften av träpanelen $T3$ är lika långa. Man kan då enligt Pythagoras teorem räkna ut att:

$$T1^2 = D^2 + (T3/2)^2$$



Figur 15 – Basfälla (Hometheatershack.com, 2008)

Man börjar med att identifiera den frekvens man vill dämpa. I detta fall är frekvensen 43 Hz ett bra val, eftersom den enligt räkningarna utförda i kapitel 2.3.2 kommer att resonera både enligt rummets längs och höjd. Denna frekvens är 7,97 m lång.

I detta fall kommer basfällans djup D att vara $7,97 \text{ m} / 4 \text{ m} = 2 \text{ m}$. När man använder formeln från föregående kapitel kan man räkna ut att ramarna T1 och T2 skulle i detta fall vara 2,8 meter långa. En basfälla av denna storlek skulle förstås vara mycket opraktisk och svår att bygga. Dessa räkningar har dock mer än enbart kuriositet värde, eftersom basfällan fungerar också på multiplar av den frekvens man vill dämpa. Frekvensen 86 Hz är 4 meter lång, som betyder att basfällan byggd för att dämpa denna frekvens skulle ha dimensionerna $1 \text{ m} * 1 \text{ m} * 1,41 \text{ m}$.



Figur 16 - Exempel på ställe var man kunde placera en basfälla (Drumsö ungdomslokal, 2013)

I princip skulle det inte vara svårt att bygga någon egen modell, kostnaderna kan hållas mycket rimliga bara man kan snickra lite. (Kontrollrummet.com, 2013 a).

5.3 Diffusor

En halvtom bokhylla kan fungera som diffusor (Kontrollrummet.com, 2013 b). Ljudet bryts upp och sprids i rummet. Det är ett lätt sätt att förbättra akustiken vid låga frekvenser utan att öka allt för mycket på absorptionsytan. En diffusor kan vara effektiv för att förbättra basregistret. Låga frekvenser har långa våglängder och är energistarka. Om absorptionsmaterialet är för tunt kommer vågen inte att absorberas utan gå igenom materialet. Diffusorn ska placeras mitt emot ljudkällan för att vara effektivast. Ett rum som har täckts med för mycket absorptionsmaterial kommer att låta onaturligt och troligtvis också kännas obehagligt. Mer avancerade modeller är dyra och kräver noggranna mätningar.

6 DISKUSSION

Arbetet påbörjades på allvar i början av oktober. Jag började läsa igenom relevant litteratur inom området och söka information på nätet. Rummets dimensioner mättes i slutet av januari. Arbetet har tagit sin slutliga skepnad längs med vintern och början av våren. Det har varit svårt att begränsa arbetets syfte och mål. Akustik är ett fascinerande men ännu ganska nytt område för mig. Det finns mycket material om detta ämne i allmänhet. Förvånansvärt nog är det svårare att hitta material som skulle behandla just detta ämne, dvs. akustiska egenskaper av små rum menade för att spela musik. Det finns massor med material om allmänna utrymmen, konsertsalar och studion. Dessa rum har sin egen logik som inte passar in direkt med vad man söker efter just i detta fall. Trots att ramen i vilken arbetet utförs är stram tycker jag att man kan förstå mycket om rumsakustik via denna fallstudie.

Nästa steg efter att detta arbete lämnats in kommer att utföra noggranna mätningar för att se hur räkningarna stämmer överens med verkligheten. Rummets proportioner är tyvärr något man måste leva med. Stående vågor kan åtgärdas genom att öka på absorptionsytan. Fladdereko kan man bli av med genom att täcka antingen fram – eller bak vägg med absorberande material. En temporär, flyttbar lösning är att bygga en ram där man hänger upp draperier. Ramen har fördelen att vara relativt lätt att bygga och billig. Någon sorts enkel diffusor skulle hjälpa förtydliga basregistret.

KÄLLOR

Skriftliga källor:

- Campbell, Murray och Greated, Clive, 2001. *The Musician's guide to acoustics*, Oxford: Oxford University Press, ISBN 0-19-816505-6, 613 s.
- Eklund, Thure, Forsblom, Ingmar, Holmberg, Peter och Qvickström, Rolf. 1990. *Fysik för gymnasiet*, Borgå: Söderström & Co Förlag Ab, ISBN 951-52-0676-6, 140 s.
- Everest, F.Alton och Pohlmann, Ken. 2007, *Master Handbook of Acoustics*, Femte upplagan. McGraw Hill, ISBN 978-0-07-160332-4, 510 s.
- Howard, David och Angus, Jamie, 2006. *Acoustics and psychoacoustics*, Focal Press, ISBN-13978-0-24-051995-1, 411s.
- Meyer, Jürgen, 2009. *Acoustics and the performance of music*, femte upplagan, Bergkirchen: Springer, ISBN-978-0-387-09516-5, 438 s.
- Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2007, *Rakennusten akustinen suunnittelu*, RIL 342-1- 2007 ISBN 978-951-758-477-7, 224 s.
- Suvanto, Kari och Laajalehto, Kari, 2005. *Tekniikan Fysiikka 2*, Edita, ISBN 951-37-4426-4, 523 s.
- .

Internet:

- Behringer, 2013 a. *Frekvenser för basgitarr* | Tillgänglig <http://www.behringer.com/EN/Products/BEQ700.aspx> Hämtad den 9.4.2013
- Behringer, 2013 b. *Frekvenser för elgitarr* | Tillgänglig <http://www.behringer.com/EN/Products/EQ700.aspx> Hämtad den 9.4.2013
- Finlex, 2011. *Lagstiftning angående skyddsrum* | Tillgänglig <http://www.finlex.fi/sv/laki/ajantasa/2011/20110408> Hämtad den 7.4.2013

- Hometheatershack.com, 2008. *Diskussion om basfällor* | Tillgänglig <http://www.hometheatershack.com/forums/home-audio-acoustics/3198-diy-bass-trap-will-work-3.html> Hämtad den 4.4.2013

- Hunecke.de, 2013. *Room eigenmodes calculator* | Tillgänglig <http://www.hunecke.de/en/calculators/room-eigenmodes.html> Hämtad den 9.4.2013

- Jansson, Fredric. 2006. *Akustisk komfort i musikövningsrum*, Lund: Lund University, Department of Construction Sciences, Engineering Acoustics, ISSN 0281-8477, s. | Tillgänglig <http://www.lth.se/fileadmin/tekniskakustik/publications/tvba5000/webTVBA5035.pdf> . Hämtad den 1.4.2013.

- Kindstedt, Mats. 2008. *Förbättring av akustiken i en spelträningslokal*, Helsingfors: Arcada, examensarbete, medieteknik, identifikationsnummer 2365 | Tillgänglig <https://famnen.arcada.fi/intra/undervisning/medieteknik/examensarbeten/kindstedtexamensarbete.pdf> . Hämtad den 1.4.2013

- Kontrollrummet.com, 2013a. *Basfällor* | Artikel hämtad från wikisidorna av Kontrollrummet.com. Tillgänglig <http://wiki.kontrollrummet.com/Akustikbehandling#Basf.C3.A4llor> Hämtad den 1.4.2013

- Kontrollrummet.com, 2013b. *Diffusorer* | Artikel hämtad från wikisidorna av Kontrollrummet.com. Tillgänglig <http://wiki.kontrollrummet.com/Akustikbehandling#Diffusorer> Hämtad den 1.4.2013

- Muusikoiden.net, 2006. *Halpaa akustointia* | Tillgänglig <http://muusikoiden.net/keskustelu/posts.php?c=16&t=128694&o=0> Hämtad den 6.4.2013

- Real Traps, 2013. *ModeCalc – Graphical Mode Calculator* | JavaScript program som räknar ut rumsnoder. Tillgänglig <http://www.realtraps.com/modecalc.htm> Hämtad den 1.4.2013

- Sengpiel, Eberhard, 2013. *Calculation of reverberation time*, Forum Sengpiel Audio | Räkna som räknar ut RT60 enligt Sabines formel, Tillgänglig <http://www.sengpielaudio.com/calculator-RT60.htm> Hämtad den 1.4.2013

- Svanå Miljö Teknik a, 2006. *Absorption* | Artikel om akustiska fenomen tagen från Svanö Miljö Teknics hemsida. Tillgänglig <http://www.diffusor.com/Akustik.htm> Hämtad den 4.4.2013
- Svanå Miljö Teknik b, 2006. *Reflexer* | Artikel om akustiska fenomen tagen från Svanö Miljö Teknics hemsida. Tillgänglig <http://www.diffusor.com/Akustik.htm> Hämtad den 4.4.2013
- Svanå Miljö Teknik c, 2006. *Diffusion* | Artikel om akustiska fenomen tagen från Svanö Miljö Teknics hemsida. Tillgänglig <http://www.diffusor.com/Akustik.htm> Hämtad den 4.4.2013
- Suits, Bryan. 2013. *Physics of Music Notes*, Michigan Technological University | Tillgänglig <http://www.phy.mtu.edu/~suits/notefreqs.html> . Hämtad den 1.4.2013.
- Walker R. 1996. *Room dimensions for small listening rooms*. University of Salford. | Tillgänglig: http://www.acoustics.salford.ac.uk/acoustics_info/room_sizing/?content=best Hämtad den 1.4.2013
- Wikipedia a, 2013. *Normal mode* | Tillgänglig http://en.wikipedia.org/wiki/Normal_mode Hämtad den 2.4.2013
- Wikipedia b, 2013. *Ton* | Tillgänglig <http://sv.wikipedia.org/wiki/Ton> Hämtad den 2.4.2013