

Konstruktion och undersökning av portabel basabsorbent baserad på slavbasar

Samuel Svanlund

Filosofie kandidatexamen
Ljudteknik

Luleå tekniska universitet
Institutionen för konst, kommunikation och lärande

**Konstruktion och undersökning av portabel basabsorbent
baserad på slavbasar**

Samuel Svanlund

Abstrakt

I takt med att bärbara datorer för inspelning och mixning blir billigare mixas det i hemmet och i andra miljöer där uppkomsten av stående vågor kan ställa till med besvär. En ny typ av basabsorbent har därför konstruerats med syfte att vara portabel och justerbar för att kunna dämpa stående vågor. Basfällan består av en dubbellåda och har två slavbasar fastmonterade för att verka i olika frekvensområden. Två faser av tester har genomförts. I första faser testades basabsorbentens resonansfrekvenser i ekofritt rum genom vibrationsmätning på konen. I andra faser har två olika stående vågor försökt dämpas med hjälp av basabsorbenten i ett golvtestlab på Luleå tekniska universitet(LTU). Från resultatet av vibrationsmätningarna kan fastställas att basabsorbenten har en justerbar resonansfrekvens mellan 21 och 62 Hz. I golvtestrummet kunde en stående våg på 58,9 Hz dämpas 1,5 dB. Däremot kunde en stående våg på 27 Hz inte påverkas något nämnvärt. Fortsatta studier som att ta reda på basabsorbentens absorptionsfaktor och möjligen använda ett annat material för att göra basabsorbenten lättare har föreslagits.

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte och Mål	1
1.3 Avgränsningar	2
2. Teori	2
2.1 Utveckling av idé.....	2-3
2.2 Stående vågor	3-5
2.3 Stående vågor i en mixsituation	5
2.4 Helmholtzabsorbent	5-7
2.5 Basreflexhögtalare och Slavbas	7-8
2.6 Slavbas SEAS SP21R"8	8
2.7 CLIO	8
3. Metod	9
3.1 Bygget	9
3.2 Test av basfällans resonansfrekvenser	9-10
3.3 Test av basabsorbentens absorptionsförmåga.....	10-12
4. Resultat	12
4.1 Resultat av resonansfrekvensmätning.....	12-13
4.2 Resultat av dämpning	14-16
5. Diskussion och Analys	17-19
6. Slutsatser	19
7. Förslag till fortsatta studier	19
Referenser	20-21
Bilaga 1 Resonansfrekvenser i tabellform	22
Bilaga 2 Bilder ifrån arbetets gång 1	23-25
Bilaga 3-15 Resonansfrekvenser	26-39

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Idag är det vanligt att folk spelar in musik i hemmet när ljudutrustning blir billigare och bättre i kvalitet. Bärbara datorer är en anledning till att det blir lättare att kunna bära med sig inspelningsutrustning för att kunna spela in och mixa på olika platser och därmed i olika rum. Använder man inspelningsutrustning med god kvalitet kan man inte bortse ifrån att inspelningsrummet har stor påverkan på det inspelade ljudets kvalitet. Likadant gäller vid mixning. Sitter man och mixar i hemmet i ett rum som inte är akustiskt anpassad för ändamålet kommer man att ha problem med bl.a. stående vågor som finns i rummet. Då mixning och inspelning sker i hemmet eller andra miljöer med en inspelningsutrustning som är lätt att bära med sig föddes idén om att tillverka en portabel basabsorbent för att minska problem med stående vågor i rum. En klassisk helmholtzabsorbent som används för att släcka ut stående vågor i låga frekvenser är vanligtvis stora och klumpiga att ta med och det beror på dess konstruktion. Därav kom idén om att använda en slavbas som ingångsport istället för att endast använda ett hål. Då kan ljudvolymen reduceras men fortfarande behålla en låg resonansfrekvens. Med hjälp av vikter som fästs på slavbasen kan en lägre resonansfrekvens erhållas. Idén var framförallt intressant för att denna typ av basabsorbent inte finns ute på marknaden.

1.2 Syfte och Mål

Syftet med den här undersökningen är att i ett första skede försöka utveckla en ny typ av portabel basabsorbent som skall vara lätt att ta med sig. Produkten riktar sig till musiker och ljudtekniker på såväl professionell- som hobbynivå. Basabsorbenten ska klara av att dämpa en vald stående våg för att få en mindre påverkad ljudbild, för att kunna höra de ljud som egentligen kommer ur instrument, högtalare och eventuella förstärkare. Den frekvens som basabsorbenten absorberar ska också vara lätt att ställa in med lämplig vikt (Bilaga 1). I inspelningsrummet kommer basfällan vara till störst nytta för instrument som baskagge, bas och piano som har frekvenser som sträcker sig lågt i frekvensregistret[1].

Målet är att bygga och färdigställa basabsorbenten efter den teori som presenterats och sedan undersöka basabsorbentens effekt. Basabsorbenten kommer att genomgå två olika tester. I det första testet kommer basabsorbentens resonansfrekvens i förhållande till vikt efter bestämd ljudvolym att testas i ekofria labbet. Det andra testet kommer att ske i ett rum där kända stående vågor mäts och sedan testa hur många decibel den dämpar.

1.3 Avgränsningar

För att hålla nere kostnaderna och spara tid kommer endast en dubbellåda att tillverkas och verka i frekvenser under 100 Hz. Vid mätning av slavbasens resonansfrekvens beroende på vikt, kommer dessa vikter att justeras i steg om 5 gram för att få ett hanterbart antal mätningar. Mätningarna kommer att ske i lokaler på LTU. Resonansfrekvensmätningarna kommer att ske i ekofria labbet för att vara säker på att inga andra källor stör mätningarna[2]. Vid mätningarna av basabsorbentens påverkan av stående vågor kommer den att testas i ett golvtestrum. Fördel med rummet är att det är relativt odämpat vilket gör att basabsorbentens påverkan på de stående vågorna är lättare att utvärdera. Endast dämpning av endimensionella stående vågor kommer att behandlas.

2. Teori

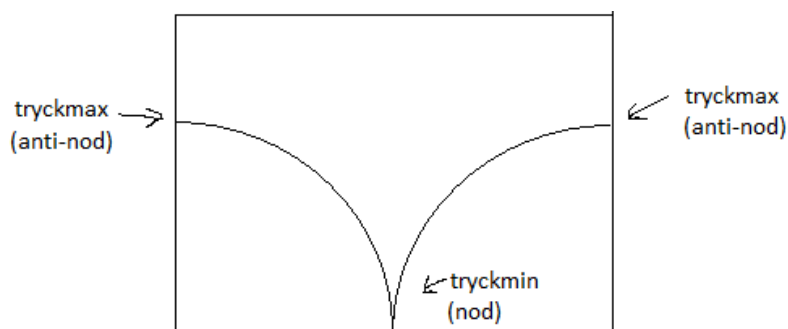
2.1 Utveckling av idé

Första tanken var att basabsorbenten skulle gå att justera för att kunna täcka frekvenser mellan 20-200 Hz. Detta visade sig dock vara svårt att uppnå med de slavbasar som finns på marknaden idag. I manualen för de flesta slavbasar som fanns att köpa på HiFikit's hemsida[3] fanns diagram för vilka volymer och vikter som behövdes för att åstadkomma en vald resonansfrekvens. Slavbas modell SP21R 8" har en resonansfrekvens på 20 Hz om 60 gram appliceras på konen och slavbasen monteras i en 90 liters låda. Utan extra vikter hamnar resonansfrekvensen på 35 Hz. Skulle man använda tyngre massa än 60 gram skulle man kunna hamna lägre i frekvens och då kan lådan göras ännu mindre. Det betyder också att det går att sträcka sig till en högre resonansfrekvens[4]. Efter att ha varit i kontakt med tillverkaren så visade det sig att använda vikter som är tyngre än 60 gram är en dålig idé eftersom slavbasen inte är konstruerad för så tunga extravikter. Därav kom idén om att använda en dubbellåda med två slavbasar. Genom att använda en mindre låda kan resonansfrekvensen ställas in för att nå högre resonansfrekvenser. Appliceras 60 gram på slavbasen i en 16 liters låda hamnar resonansfrekvensen runt 35 Hz. Det passade bra då den stora lådans resonansfrekvens hamnade ungefär vid samma frekvens utan vikter. Den högsta resonansfrekvens som går att ställa in hamnar i den mindre lådan på 60 Hz. Det betyder att man har ett frekvensomfång från 20 Hz till 60 Hz. Räknar man ut stående vågor i rum ligger generellt första och andra stående vågorna i detta frekvensområde. När det talas om frekvensomfång från 20 Hz till 60 Hz dämpar den inte alla dessa frekvenser. En slavbas har egenskapen att ha en brant frekvenskurva. Det innebär att den bara dämpar frekvenser nära den valda resonansfrekvensen. Därför är en mätning av exakta vikter för önskad resonansfrekvens viktig.

Att basabsorbenten ska vara portabel innebär först och främst att den inte ska vara fastmonterad på någon vägg. Storleken har baserats på slavbasens konstruktion och prestanda. Utifrån dessa förutsättningar har en så liten låda som möjligt kunna beräknas. En mer känd helmholtzabsorbent; Varitone V-12 som har ett absorptionsområde mellan 16-40 Hz, har en volym på 806,4 liter[5, 6]. Basabsorbenten med slavbas som port skulle hamna på totalt 106 liter vilket är betydligt mindre och därav lättare att bära med sig.

2.2 Stående vågor

Stående vågor(även kallad rumsmoder) är ett fenomen som uppstår när en ljudvåg studsar mot en vägg för att sedan möta sig själv igen. När de ligger i fas med varandra bildas en resonans och ljudnivån blir starkare vid denna frekvens. Därför kommer vissa frekvenser vara starkare i nivå än andra. När de är i fas med varandra så överensstämmer halva våglängden med längden mellan ytorna.



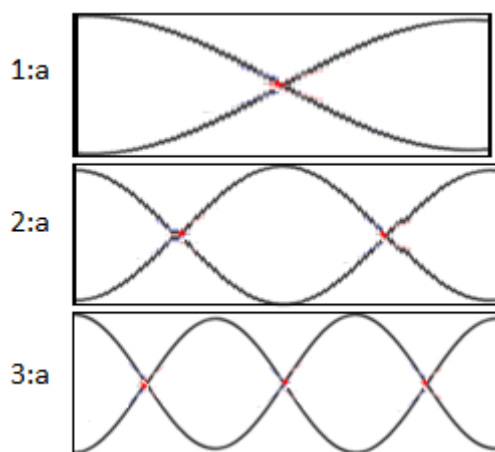
Figur 1. Figuren visar exempel på hur första stående våg bildats mellan två ytor. Tryckmax vid väggarna och tryckminimum i mitten av rummet

När man pratar om noder och antinoder så är det minimum ljudtryck vid en nod och maximum vid en antinod(se Figur 1). Vilka frekvenser som förstärks beror på rummets utformning. Har rummet två parallella ytor är det lätt att räkna ut vilka frekvenser som kommer att förstärkas med formeln:

Ekvation (1)

$$f=(c/2) \times (n/d)$$

där c är ljudets hastighet, d är distansen mellan två ytor och n är siffran av grundtonen eller övertonen som multipliceras med distansen. 1 är första stående våg, 2 är andra stående våg, 3 är tredje stående våg osv. Den andra stående vågen kommer att vara en fördubbling av första. Är den första 20 Hz, multiplicerar man då 20 med 2. $20 \times 2 = 40$ Hz. För att räkna ut den tredje multiplicerar man då 20 med 3. $20 \times 3 = 60$ Hz och så vidare [7, 5]. Figur 2 visas var första, andra och tredje stående vågen har sina noder och anti-noder.



Figur 2. Illustration av första, andra och tredje stående vågen som bildats mellan två ytor. I de röda punkterna är det tryckminima. Vid vågornas topp är det tryckmax.

Stående vågor delas in i grupper beroende på mellan vilka ytor som de skapas. De ljudvågor som studsar och förstärks mellan två parallella ytor kallas endimensionella axiella moder och är vanligtvis starkast i amplitud. De stående vågor som studsar och förstärks mellan fyra olika väggar kallas för tangentiella moder och är -3dB svagare och de som studsar och förstärks mellan 6 ytor kallas oblika moder och är -6dB svagare i förhållande till de axiella stående vågorna. Stående vågor tenderar att vara störst problem i frekvensområdet 20-200 Hz. Rumsmoderna är oftast mest dominerande i detta område och tenderar att sticka ut i amplitud. Ju större ett rum är, desto lägre i frekvens hamnar första stående vågorna. I ett större rum så hamnar rumsmoderna närmare varandra och därför så tenderar de att inte sticka ut lika mycket [7, 8].

För att dämpa ut en frekvens från att reflekteras av en vägg är det vanligt att man använder resistiv eller resonans absorption. Resonans absorption handlar om att skapa ett exakt lufttryck för en vald frekvens i en avstämd behållare. På så sätt lyckas man dämpa denna frekvens som behållaren är avstämd att jobba på. Resistiv absorption handlar om att sluka ljudvågors energi (skapa friktion så att energin omvandlas i värme) genom använda porösa

material som är 1/4 av en ljudvågs längd. Vid 1/4 av ljudvågens längd dämpar det porösa materialet bäst på grund av att ljudvågen har maximal partikelhastighet där.

Om man leker med tanken att vi vill dämpa 20 Hz i ett rum. För att ta reda på hur lång denna ljudvåg är används formeln:

Ekvation (2)

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

där c är ljudets hastighet = 344 m/s och f frekvensen, i det här fallet 20 Hz. Våglängden blir 17,1 meter och som nämnts tidigare behöver dämpmaterialet vara 1/4 av våglängden, vilket i det här fallet blir 4,3 m ($17,1/4 = 4,275$). Det är ganska opraktiskt med tanke på att det blir dyrare och kräver mer utrymme [7, 14].

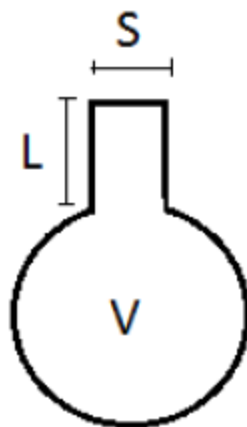
2.3 Stående vågor i en mixsituation

Vid mixning kan förekomsten av stående vågor ställa till med problem. Sitter man och mixar en låt i ett rum som har en stående våg vid 50 Hz kommer den frekvensen att förstärkas (om man i det här fallet sitter i en anti-nod). Lågtfrekventa instrument kommer att låta starkare runt 50 Hz vilket kan leda till att man sänker nivån på dessa frekvenser med hjälp av en equalizer. När man sedan lyssnar på mixen i ett annat rum så kanske man upptäcker att instrumenten istället blev frekvensfattig runt 50 Hz på grund av att de tidigare sänktes i nivå. De påverkningar av olika frekvenser som rummet bidragit till kan således leda till obalanserade mixar.

2.4 Helmholtzabsorbent

I hörnen i en professionell studio kan man finna stora helmholtzabsorbenter för dämpning av stående vågor i låga basregister. En helmholtzabsorbent är en typ av resonansabsorbent. En helmholtzabsorbent kan jämföras med en flaska som man blåser i. Beroende på flaskans volym och volymen på öppningen kommer en resonansfrekvens att uppstå när man blåser vid flaskmynningen. När luften åker in i flaskan kommer den att komprimeras och sedan få en fjädrande effekt. Fjädrereffekten blir som störst när massan av luften som komprimeras genom öppningen stämmer överrens med luftvolymen i behållaren/flaskan. En massa

ovanpå en fjäder kommer att ha en resonansfrekvens som ges av massans storlek och fjäderns styvhet. Massan kan ses som den luft som finns i flaskans hals och fjäderstyvheten ges av den inneslutna luften i flaskan. En ökad massa ger en lägre resonansfrekvens medan en styvare fjäder ger en högre resonansfrekvens. Vid resonansfrekvensen är absorptionen bäst. Om man genererar en ton av samma frekvens som resonansfrekvensen i en flaskan kan dämpningen bli effektivare genom att öka friktionen inne i flaskan. För att öka friktionen kan man lägga absorptionsmaterial i flaskan eller vid öppningen. För att en helmholtzabsorbent ska ha maximerad effekt placeras den i ett hörn eftersom alla stående vågor har tryckmax i hörnen. Hade den placerats vid en nod hade den inte varit lika effektiv [7, 14]. Exempel på hur en helmholtzabsorbent ser ut se figur 3.



Figur 3. Exempel av en helmholtzabsorbent

För att räkna ut resonansfrekvensen i en helmholtzabsorbent med fyrkantig öppning används formeln:

Ekvation (3)

$$f = \left(\frac{c}{2\pi} \right) \sqrt{\frac{S}{V(1+2\Delta l)}}$$

där c är ljudets hastighet i luft = 344 m/s, S är arean av absorbentens öppning, V är volymen i lådan, l är längden på absorbentens öppning och $2\Delta l$ är öppningens korrektionsfaktor som är 0,9a, där a är kantlängden av öppningen.

För en helmholtzabsorbent med cirkulär öppning används formeln:

$$f = \frac{(100R)}{\sqrt{V(L+1.6R)}}$$

där R är radien på öppningen, V är volymen på lådan och l är längden på resonatoröppningen[7, 8].

2.5 Basreflexhögtalare och Slavbas

En basreflexhögtalare fungerar delvis som en helmholtzresonator(absorbent) och används för att förstärka ett visst frekvensområde nere i basen. I lådan sitter ett membran och en ingångsport i form av ett rör. Beroende på styvheten i upphängningen, vikt på membranet, lådvolum, membranstorlek och storlek på röret kan ett specifikt basområde förstärkas. Samma som den traditionella helmholtzresonatorn(absorbenten) så kommer luftmassan i röret att resonera med fjädrande effekt tillsammans med luftmassan i lådan. När fjädereffekten är som störst har man funnit resonansfrekvensen. En fördel med basreflexhögtalare är att man kan använda mindre lådvolymer och få en förstärkning i basområdet som i vanliga fall skulle ha krävt en större låda[9].

En slavbas är ett högtalarelement utan magnet och används istället för röret i en basreflexhögtalare. Konstruktionen kallas "passive radiator" på engelska. Slavbasen jobbar med ett aktivt högtalarelement i en högtalarlåda för att kunna skapa resonanser i lägre frekvenser.

En fördel med att använda en slavbas istället för ett rör är att högtalarlådorna kan göras ännu mindre än basreflexlådorna. Förutom att man slipper långa rör som tar plats i lådan så har även vikten på membranet en betydande del för att kunna minska på lådvolymer och ändra resonansfrekvens på ett enkelt sätt. Resonansfrekvensen går lätt att justera genom att använda olika vikter för membranet. Ju tyngre vikter som hängs på ju lägre resonansfrekvens kan fås. Här måste man optimera vikten som sätts på membranet så att membranet vibrerar som mest vid önskad resonansfrekvens[10, 11].

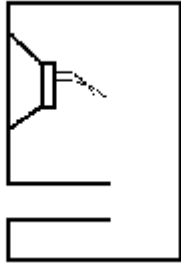


Fig.4 Basreflexhögtalare

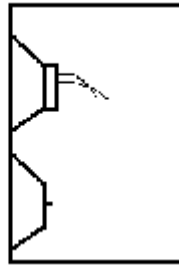


Fig.5 Slavbas istället för rör

2.6 Slavbas SEAS SP21R"8

SP21R"8 är en slavbas på 8 tum som används i projektet. Den har en "free air frequency" på 22 Hz. Med hjälp av den angivna frekvensen avslöjar den vilket frekvensområde slavbasen kommer att jobba vid. Skulle man hålla slavbasen uppe i luften utan låda skulle den vibrera som mest vid 22 Hz. Slavbasen har en kondiameter på 18,6 cm, en M4 gängning för att kunna fästa vikter i och upphängningen har en styvhet på 1.87 mm/N[4].

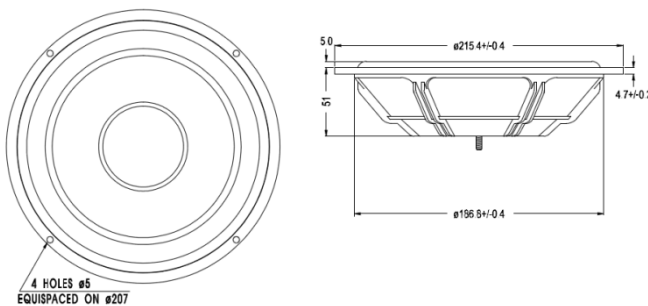


Fig.6 Slavbas

2.7 CLIO

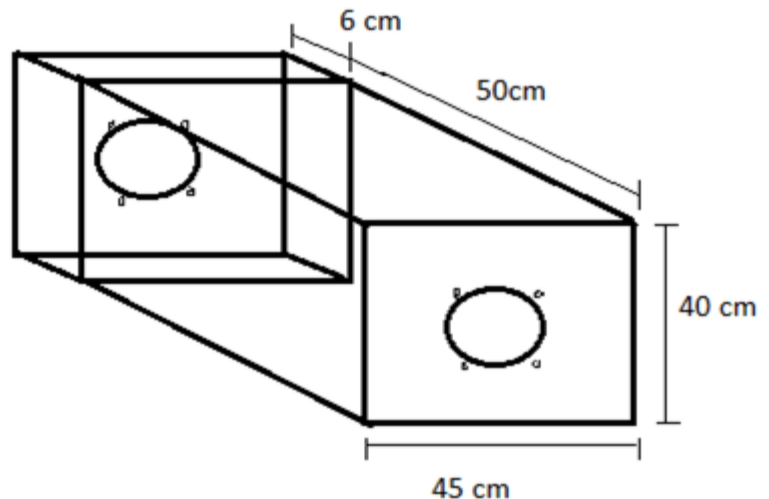
CLIO är en mjukvara och hårdvara för akustiska mätningar. I det här projektet kommer CLIO att användas för att mäta resonansfrekvenser för slavbasarna och mäta upp de stående vågor som kommer att bildas i rummet. Mjukvaran används med en dator och tillhörande ljudkort. Från ljudkortets utgång går en signalkabel in till en högtalare. Vid mätning av stående vågor kopplas en mikrofon till ljudkortets ingång för att kunna registrera frekvenser och ljudnivåer. För att ta reda på vilka stående vågor som har sin tryckmax respektive tryckminima vid en viss punkt i ett rum ställs en mikrofon ut i denna punkt. Med hjälp av CLIO skickas ett frekvenssvop ut genom högtalaren och mikrofonen registrerar vilka frekvenser som spelats upp ur högtalaren och vilken ljudnivå dessa har[12].

3. Metod och mätning

3.1 Bygget

Det första steget innan bygget av lådan är att bestämma vilka mått som ska användas. Eftersom en 90 liters låda räcker för att få en resonansfrekvens ner till 20 Hz utgår beräkningarna från denna volym.

För att räkna ut volymen på en kub tar man höjden x bredden x längden i dm. De mått som lämpar sig är 50x45x40cm, vilket ger en 90 liters låda. Måtten för lilla lådan är 9x45x40cm = 16,2 liter. Materialet som används är 1,9cm tjock MDF och 2,2cm tjock spånskiva. Hålen till slavbasarna placerades på varsin sida av dubbellådan, se Figur 7. Alla kanter i lådan tätades för att vara extra säkra på att den skulle hållas tät.



Figur 7. Skiss av basabsorbenten.

3.2 Test av basabsorbentens resonansfrekvenser

För att ta reda på slavbasarnas resonansfrekvenser ställdes den in i ekofria rummet för att få så korrekta mätvärden som möjligt. Ekofrialabbet är fri från reflexer och stående vågor och annat buller som skulle kunna påverka resultatet[2]. Slavbasarnas resonansfrekvens mättes med hjälp av en accelerometer som fästes på konen och kopplad till ljudkortets ingång i stället för en mikrofon. För att underlätta mätningarna så fästes slavbasarna bak och fram, där en M4mm gängning kan nås för montering av vikter. Vikter som användes var muttrar och brickor som noggrant vägts på en precisionsvåg. Framför slavbasen placerades en subbashögtalare (Sunfire EQ10). Sunfire EQ10 har en rak frekvensrespons ifrån 18-100 Hz[13].

Med subbasen och accelerometern kopplad till CLIO genomfördes mätningarna. I CLIO ställdes ett sinusvekt in på maxvärde 200 Hz och minimivärde 10 Hz. Accelerometern mäter vibrationerna på konen för att ta reda på resonansfrekvensen. För den stora lådan utan

vikter blev resonansfrekvensen 38 Hz. Resultatet av mätningarna finns i bilaga 3. Upprepade mätningar gjordes för varje ny vikt som monterades fast på slavbasen. Vikten ökades i steg om 5 gram till totalt 60 gram. Likadana mätningar gjordes för den lilla lådan. Totalt gjordes 25 mätningar. Resultatet av hur resonansfrekvensen påverkas av den adderade vikten framgår av bilaga 1. I bilaga 1 kan man sedan utläsa vilka muttrar och brickor som skall användas för att basabsorbenten ska jobba vid vald resonansfrekvens. De muttrar och brickor som användes inklusive vikten på dessa visas i figur 8. Bilder ifrån arbetets gång finns i bilaga 2.



Figur 8. Från vänster 18gram, 10gram, 4gram, 0,8gram, 1,2gram och 0,6gram.

3.3 Test av basabsorbentens absorptionsförmåga

Mätningarna genomfördes i ett golvtestrum på Luleå tekniska universitet. Rummet är klangrikt och är fritt från absorbenter. Rummet valdes på grund av att det inte finns några hinder som kan påverka stående vågor. Rummets dimensioner och dess stående vågor redovisas nedan.

Rummets varierande dimensioner beror på att rummet inte är av ren kubisk form. De stående vågor i rummet räknades ut genom formeln:

Längder i rummet

Ekvation (5,6)

$$f_0 = \frac{344}{2 \times 5,84} = 29,45 \text{ Hz}, f_0 = \frac{344}{2 \times 3,56} = 30,93 \text{ Hz}$$

Bredder i rummet.

Ekvation (7, 8)

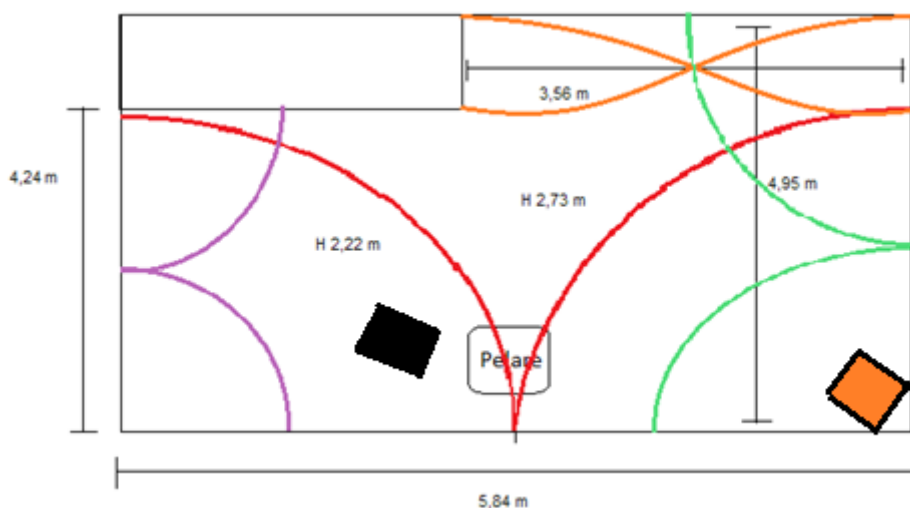
$$f_0 = \frac{344}{2 \times 4,95} = 34,74 \text{ Hz}, f_0 = \frac{344}{2 \times 4,24} = 40,56 \text{ Hz}$$

Höjder i rummet

Ekvation (9, 10)

$$f_0 = \frac{344}{2 \times 2,22} = 77,47 \text{ Hz}, f_0 = \frac{344}{2 \times 2,73} = 63 \text{ Hz}$$

(Observera att de stående vågorna som bildas mellan tak och golv inte är inritad i skissen!)



Figur 9. Illustration av rummet med första stående vågorna. Svart fyrkant är placering av subbasen Sunfire EQ10. Den orangefärgade fyrkanten i höger hörn är basabsorbentens position.

Alla stående vågor har färgats för att man lättare ska kunna se i skissen ovanför hur de första stående vågorna bildats i rummet. Tittar man på den röda linjen kommer den (enligt teorin) första stående vågen mellan rummets längsta mått att bli 29,5 Hz.

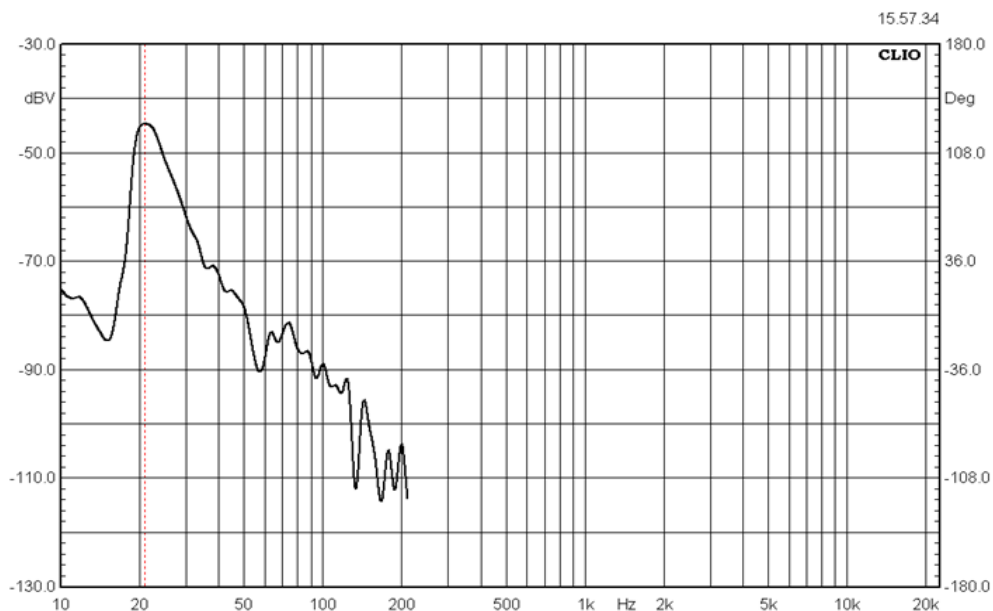
Man kan se problem med stående vågor på lite olika sätt både i en inspelningssituation och en mixningssituation. Det första försöket till dämpning har baserats på var en musiker skulle befinna sig i ett inspelningsrum. Eftersom alla första stående vågor har sin tryckminima i mitten mellan två parallella ytor kändes det relevant att försöka dämpa ut en stående våg som har sin tryckmaxima i mitten av rummet. Vid mitten av rummet kommer nämligen den första stående vågen inte märkas av så mycket eftersom den har tryckmax mot väggarna. I en inspelningssituation innebär det att en musiker skulle behöva vara upptryckt mot en vägg för att denne ska höra förhöjningen av den frekvensen och eventuellt störas av den. Därför var det främst intressant att försöka dämpa den andra stående vågen mellan rummets längsta mått, som skulle ha sin tryckmax i mitten av rummet. Den andra stående vågen i rummets har frekvensen 58,9 Hz. Det räknades fram genom att ta $29,45 \times 2 = 58,9$ Hz.

Mätningar genomfördes även i CLIO. Pågrund av att stående vågen hamnade runt 58,9 Hz fick lilla lådan användas eftersom den stora inte når upp till denna resonansfrekvens. Vid mätningarna i golvtestrummet ställdes samma subbashögtalare, som användes i första testet (Sunfire EQ10), ut i rummet. En mikrofon som var kopplad till CLIO ställdes vid 2,92 meter från långsidan av väggen. Det är exakt mitten av golvet. Hade mikrofonen stått i en nod, där stående vågen har sin tryckminima så hade man istället sett en kraftig dipp i mätningarna. Med hjälp av tabellen i bilaga 1 kunde rätt vikt monteras på slavbasen. Basabsorbenten placerades ut i ett hörn i rummet och mätningarna genomfördes. Försök till att dämpa första stående vågen som bildades mellan rummets längsta mått genomfördes också och då kom den stora lådan till användning. Eftersom stående vågor har tryckmaxima mot väggar kan det vara nödvändigt att dämpa dessa ifall man har instrument som står nära en vägg vid inspelning. Inför mätningen placerades därför mikrofonen mot en vägg där stående vågen hade sin tryckmaxima. Bilder från arbetets gång finns i bilaga 2.

4. Resultat

4.1 Resultat av resonansfrekvensmätning

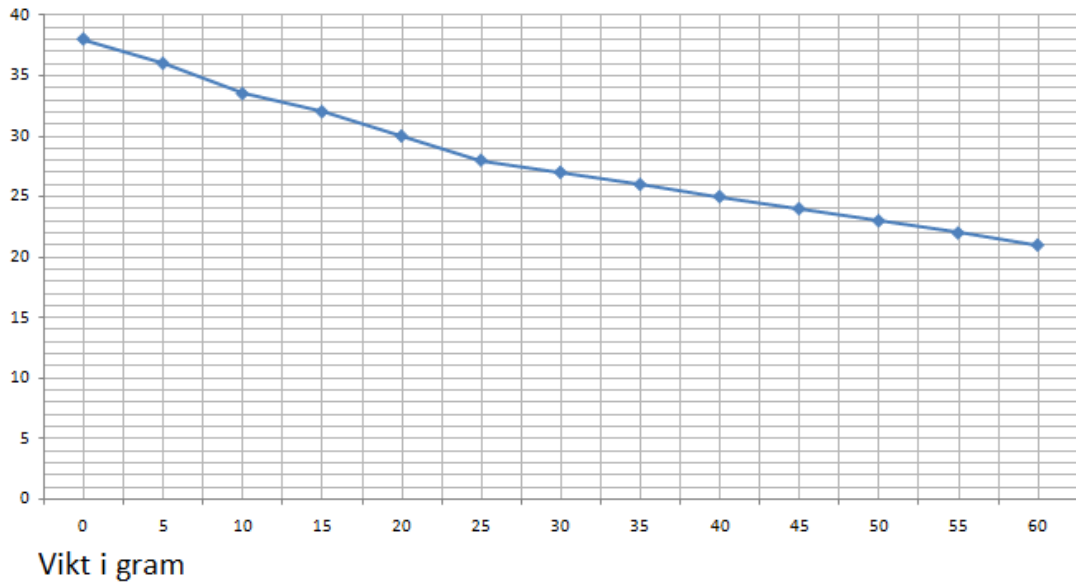
I figur 10 redovisas ett mätresultat av en resonansfrekvens på basabsorbenten. Den peak där den röda vertikala linjen befinner sig är resonansfrekvensen för slavbasen i stora lådan. Resonansfrekvensen för denna mätning är 20,9 Hz, för övriga resultat se bilaga 3 och framåt.



Figur 10.

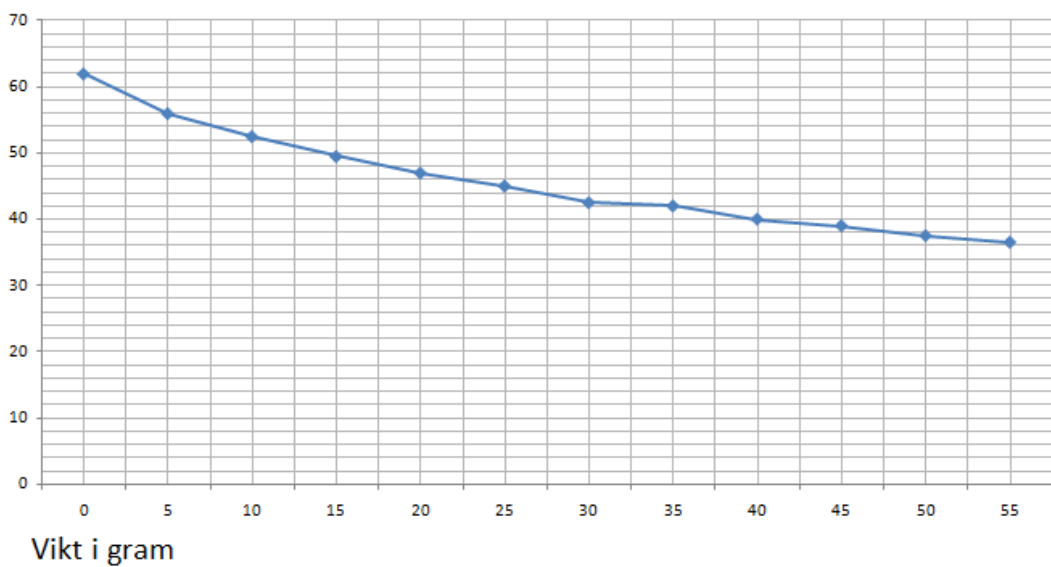
I figur 11 (stora lådan) och figur 12 (lilla lådan) redovisas hur resonansfrekvensen ändras med den vikt som monterats på slavbasen.

Frekvens i Hz



Figur 11.

Frekvens i Hz



Figur 12.

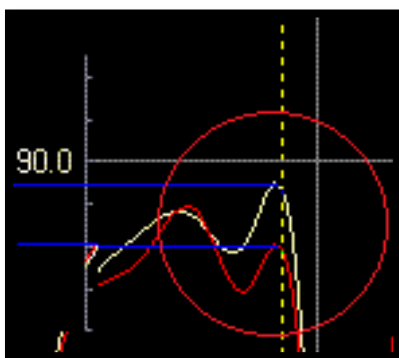
4.2 Resultat av dämpning

Totalt tre mätningar har genomförts och är presenterade här nedan för att se hur både lilla och stora lådan klarat av att dämpa de frekvenser som slavbasarna ställdes in för att absorbera. Grafen i figur 13 är resultatet av det första försöket att dämpa en stående våg vid 58,9 Hz. Enligt uträkningarna som gjordes innan stämmer det bra överrens med de uppmätta. Den vita linjen är frekvensgången inne i rummet innan basabsorbenten placerades ut i rummet. Den röda linjen visar mätningen med basabsorbenten placerad i rummet och inställd för att dämpa denna frekvens.



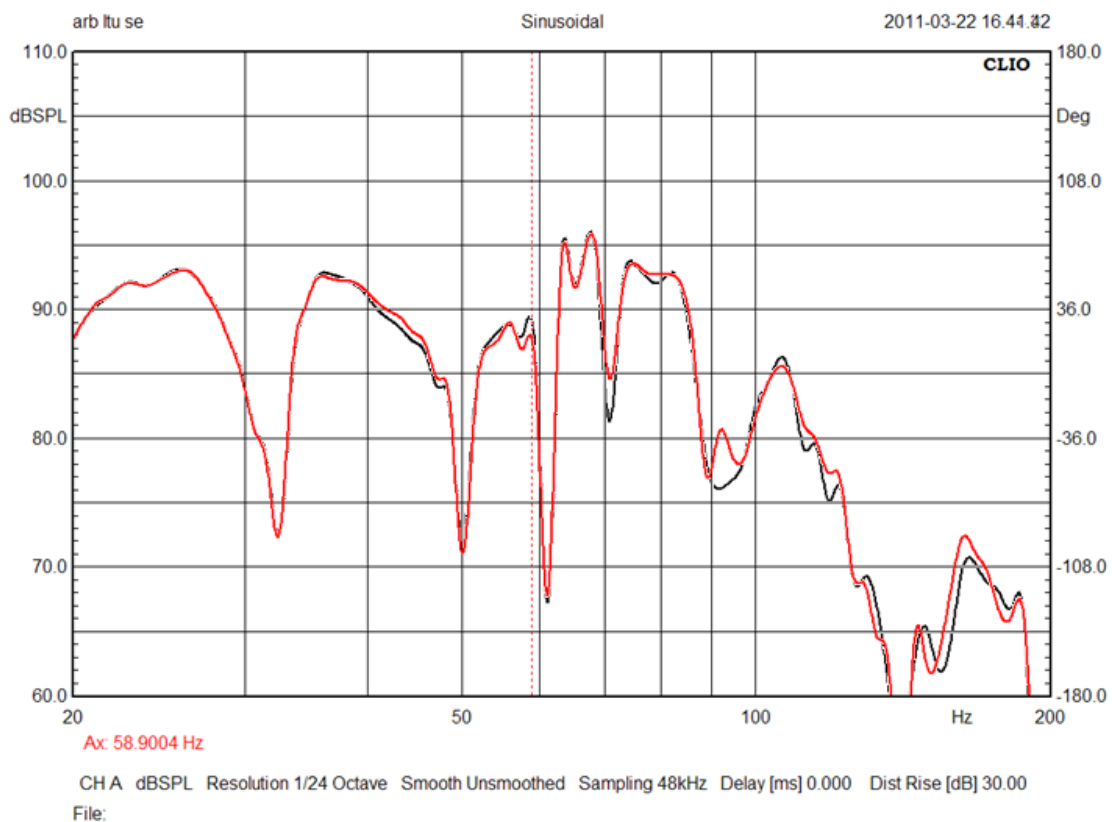
Figur 13.

I figur 14 visas en inzoomning på dämpat område från figur 13. Stapeln bredvid visar för att man ska se förhållandena i decibel. Mellan varje litet streck är det 1 dB.



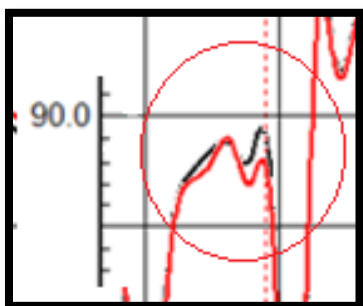
Figur 14.

Grafen i figur 15 visar det andra försöket att försöka dämpa 58,9 Hz med glasfiberull i lådan. Den röda linjen visar frekvensgången i rummet efter att basabsorbenten placerats ut i rummet och inställd för att dämpa denna frekvens.



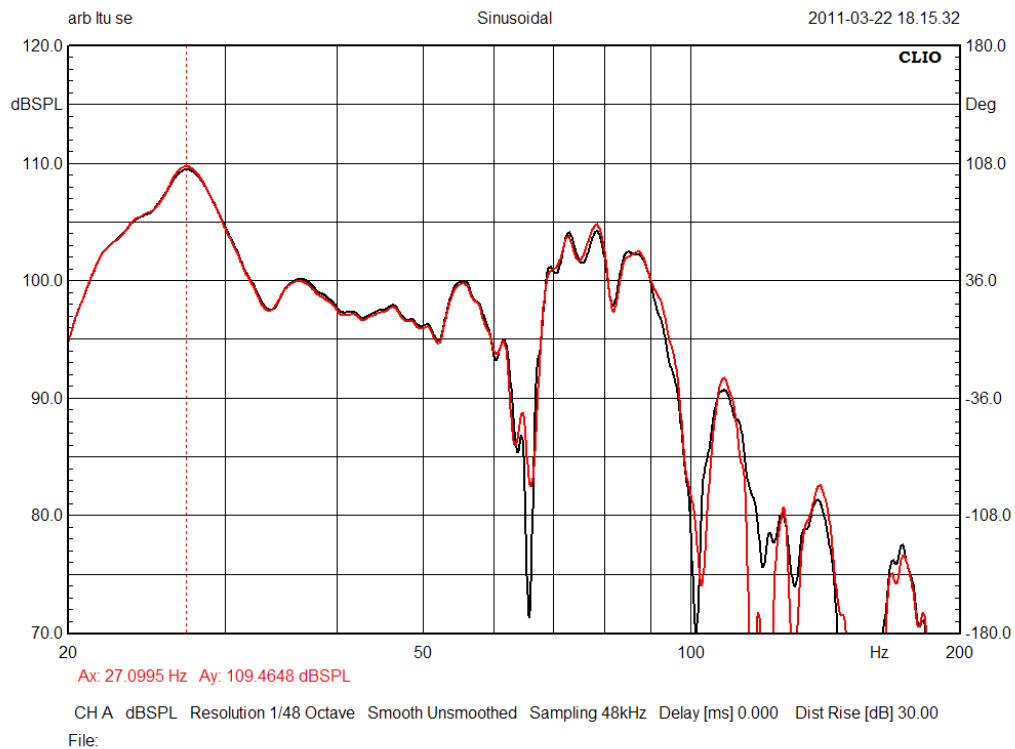
Figur 15.

I figur 16 visas en inzoomning på dämpat område från figur 15. Stapeln bredvid visas för att man ska se förhållandena i decibel. Mellan varje litet streck är det 1 dB.



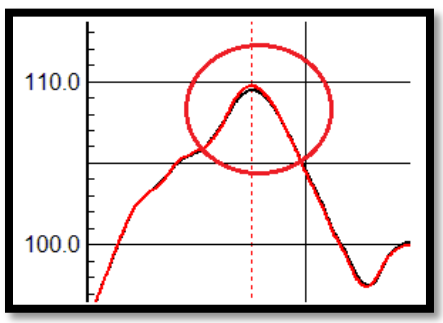
Figur 16.

Mätningarna i figur 17 nedan visar hur rumsmoderna såg ut i rummet innan och efter basabsorbenten ställdes in i rummet för att jobba på vald frekvens. Mätningarna visar försöket av att dämpa 27 Hz där stora lådan användes. Mikrofonen var vid denna mätning placerad mot en vägg. Fokus ligger vid peaken där den röda vertikala streckade linjen finns. **Observera att den svarta linjen är den mätning som gjorts efter, med basabsorbenten i rummet.**



Figur 17.

I figur 18 visas en inzoomning på dämpat område från figur 17. Stapeln bredvid visar förhållandena i decibel, mellan varje litet streck är det 1 dB.

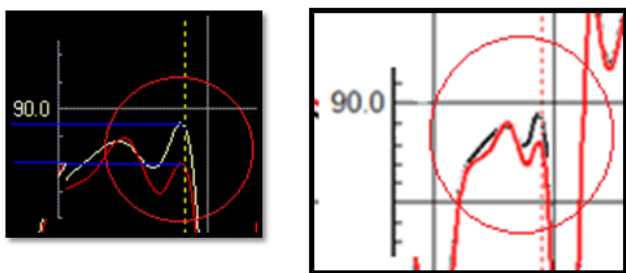


Figur 18.

5. Analys och diskussion

I resultatet av resonansfrekvensmätningarna (se bilaga 3) så ser man att basabsorbenten har valbara frekvenser från 21 Hz till 61 Hz. En lägre resonansfrekvens än 21 Hz skulle möjligtvis gå att ställa in genom att använda tyngre vikter än 60 gram men som tidigare nämnts är det inte rekommenderat. Att basabsorbenten fungerar kan fastställas ifrån resultatet av resonansfrekvensmätningarna. Från resonansfrekvensmätningarna kan det konstateras att ju högre resonansfrekvens som slavbasarna går att ställa in ju noggrannare vikt behövs för att få en exaktare mätningar. Tittar vi exempelvis på den stora lådans resonansfrekvenser från tabellen (bilaga 1) så ser man att en skillnad på 5 gram gav 1 Hz skillnad mellan 60 gram (21 Hz) och 55 gram (22 Hz). Då inte några vikter användes så hamnade resonansfrekvenser på 38 Hz och när 5 gram då fästes fast på slavbasen så hamnade resonansfrekvensen på 36 Hz. Det är 2 Hz i skillnad. När 10 gram monterades på så hoppade resonansfrekvensen ner till 33,5 Hz. Men allt eftersom tyngre vikter monterades fast så blev resonansfrekvenserna tätare. Som nämnts i resultatet har vikterna i förhållande till resonansfrekvens avrundats till närmaste heltal i graferna. Tanken var att kunna använda vikter på 1 gram men närmast vikt jag kunde hitta var 1,2 gram som är en M5 mutter. Men för att kunna skruva fast vikterna så att de skulle sitta stabilt är man beroende av en M4 mutter på 0,6 gram. Det är anledningen till att inte exakta vikter har kunnat användas. Vikterna har kombinerats i de mån de gått för att hålla ett intervall på 5 gram.

För stående vågen vid 58,7 Hz kunde en sänkning av maximala ljudtrycksnivån med ca 1,5 dB påvisas tack vare basabsorbenten. Vid testet av basabsorbentens absorptionsförmåga gjordes många upprepande mätningar för att vara säker på att mätutrustning fungerade och att det vid varje mätning blev samma resultat. Ibland blev det någon tiondels dB i skillnad, vilket troligtvis berodde på dålig precision i mätutrustning och därför ansågs var ointressant att visa i rapporten. Vad den nivåförändringen har för betydelse för inspelning eller mixning kan diskuteras. Tittar man på genomsnittsnivån för de stående vågor som bildats och de frekvenser som släckts ut i mitten av rummet är 2 dB rätt liten sänkning i förhållande till resterande stående vågor. Om man tittar på de frekvenser som hade behövts åtgärdas vid mitten av rummet så ser man att runt 63 Hz och 67 Hz verkar nivån vara starkast i förhållande till resterande stående vågor som bildats mellan 20-100 Hz. Men eftersom detta bara var ett test om hur mycket den portabla slavbasen klarade av att dämpa så valdes 58,9 Hz. Basabsorbentens högsta resonansfrekvens som går att ställa in sträcker sig dock också bara till 61 Hz.



Figur 19. Jämföring mellan dämpning av samma frekvens. I den till höger är poröst material instoppat i lådan.

En mätning utfördes för att se effekt av att placera en porös absorber i lådan med syfte att öka absorptionen. I Figur 15 där glasfiberull användes i lådan så verkar det som att andra frekvensområden istället har förstärkts vilket kan anses som en negativ egenskap när basabsorbenten i grunden är konstruerad för att dämpa. Det kan ställa till problem men de rör sig om ganska små nivåskillnader i amplitud. Med anledning att glasfiberullen inte hade någon betydlig skillnad så provades aldrig glasfiberull i den större lådan.

Från alla mätningar av stora lådan kan konstateras att inga märkbara förändringar kan ses. Det handlar på sin höjd om några tiondels dB. Om vikterna inte varit exakt för att uppnå den precisa resonansfrekvens på slavbasen borde man kunnat se en dämpning någonstans i närheten av resonansfrekvensen, men det förekommer inte alls. Om vi tittar på Figur 17 så är den uppmätta första stående vågen 27 Hz. Den uträknade stående vågen hamnade på 29,45 Hz. Det skiljer ca 2,5 Hz emellan det uppmätta och uträknade värdet. Det skulle kunna bero på att ljudhastigheten förändrats på grund av temperaturen nere i rummet. Beräkningarna av stående vågorna har också baserats på att väggarna är extremt hårda vilket inte är fallet i golvtestrummet. Detta påverkar randvilkoret för den stående vågen och därmed våglängden[7]. Jag vill dock påpeka att om basabsorbenten hade fungerat effektivt där klara förändringar kunnat ses, hade basabsorbenten ändå påverkat detta frekvensområde. Att den stora lådan hade en liten påverkan på 27 Hz beror högst troligt på att basabsorbenten har en liten absorptionsyta i förhållande till rummets volym. Det är svårt att göra en uppskattning om hur många portabla basabsorbenter (av denna modell) som krävs för att dämpa ut en stående våg när en del data saknas. Varje basabsorbent som tillförs i rummet kommer att öka absorptionsytan vid den avstämda frekvensen med $A \text{ m}^2$. För att bestämma hur många absorber som behövs för att dämpa ett antal dB måste man veta hur stor mängd absorption som redan finns i rummet vid denna frekvens. Tyvärr var det inte möjligt inom ramarna för detta C-arbete att mäta och beräkna denna absorptionsyta som basabsorbenten ger upphov till. Man kan även anta att absorptionsytan varierar med den frekvens som man väljer att avstämna absorbenten till. Generellt kan man säga att ju mer väldämpat ett rum är för de låga frekvenserna (vilket också innebär att behovet av extra basabsorbenter är mindre) så kommer det att behövas flera basabsorbenter för att dämpa ett visst antal dB än om rummet skulle vara mer odämpat. Detta är en del som man skulle behöva fokusera mera på i ett fortsatt arbete där man kan bygga flera likadana basabsorbenter. För att fokusera kring de mätningen som gjorts så verkar basabsorbenten

ha liten effekt på låga frekvenser i golvtestrummet och kommer högst troligt ha liten effekt vid låga frekvenser i större rum.

I Jonas Brantestads rapport "Optimering av den variabla helmholtzabsorbenten varitune V-4"[5] så har han kartlagt och dämpat stående vågor inne i studion på LTU med hjälp av helmholtzabsorbenten; Varitune V-4. I rapporten har han analyserat ett resultat i försök att dämpa en stående våg vid 29 Hz vilket är en frekvens i närheten av den jag har försökt dämpa med den portabla basabsorbenten. Därför tas detta upp som exempel. Efter att Jonas ställt in en Varitune V-4 i studion att verka vid 29 Hz så har han utifrån sitt resultat fastställt att minimala ljudtrycksskillnader skett vid denna frekvens. Med det vill jag påvisa att dämpning i låga frekvenser med resonans absorption verkar vara svår. Allra sist i analys och diskussionsdelen ska avslutas med att basabsorbenten vägdes på en badrumsvåg vilket visar att absorbenten har en vikt på 26 kilo.

6. Slutsatser

De slutsatser som kan dras ifrån detta arbetet har diskuterats i *Analys och diskussion* och är presenterade i punktform här nedan:

- Slavbasarna tillsammans med respektive lådvolym har valbara resonansfrekvenser mellan 20-61 Hz
- Ju längre upp i frekvens slavbasarna kan täcka ju noggrannare vikter behöver användas för önskad resonansfrekvens
- Den stora lådvolymen hade i stort sett ingen påverkan på 27 Hz i golvtestrummet.
- Vid dämpning av 58,7 Hz klarade den lilla lådan att dämpa 1,5 dB
- Inga ljudtrycksskillnader kunde påvisas när glasfiberull användes i lådan

7. Förslag till fortsatta studier

Som jag var inne på i analys och diskussionsdelen kan ett förslag vara att ta reda på basabsorbentens absorptionsyta vilket skulle möjliggöra en uträkning av hur mycket basabsorbenten skulle dämpa i förhållande till rum och ljudkälla. För att fokusera på att basabsorbenten ska vara portabel kan även förhållandena mellan vikt och storlek ses över. Finns det möjligtvis ett lättare material som skulle kunna vara lämpligt att använda och som fortfarande håller lådan tät? Basabsorbentens påverkan på efterklang skulle kunna vara ett förslag till fortsatta studier. Om möjligt kanske lådan har en större nytta för dämpning av efterklang. Ett annat men lite kostsammare förslag skulle kunna vara att försöka använda så många slavbasar som behövs till en bestämd lådvolym för att sedan kunna mäta sin effektivitet mot Varitune V-4 som finns inne i studion på LTU.

Referenser

[1] Katz.Bob. Mastering Audio - the art and the science. Second Edition. 2007. Oxford: Focal Press. ISBN10: 0240808371.

[2] Ekofritt rum. Luleå Tekniska Universitets hemsida. (Citat: 20-03-2011)
<http://www.ltu.se/research/Forskningsamnen/Teknisk-akustik/Laboratorium-och-utrustning/Ekofritt-rum>

[3] Hifi kit Electronic AB (Citat 17-03-2011)
<http://hifikit.se>

[4] SEAS. (Citat: 30- 04- 2011)
http://www.seas.no/images/stories/vintage/pdfdataheet/h9901_sp21r.pdf

[5]J. Brantestad. Optimering av den variabla helmholtzabsorbenten Varitune-V4. 2008:195 - ISSN: 1402-1773 - ISRN: LTU-CUPP--08/195--SE.
<http://epubl.ltu.se/1402-1773/2008/195/LTU-CUPP-08195-SE.pdf>

[6] Svanå Miljö Teknik Ab. (Citat: 05-04-2011)
<http://www.diffusor.com/Basabsorbenter.htm>

[7] F. Alton Everest. K C. Pohlman. Master Handbook Of Acoustic. Fifth Edition. 2009. New York: McGraw-Hill. ISBN: 978-0-07-160333-1.

[8] F. Rumsey and T. McCormick. Sound and recording. Fifth Edition. 2006. Oxford: Focal Press. ISBN-13: 978-0-240-51996-8.

[9] A. Thiele. Loudspeakers in Vented boxes part 1. Australian. Broadcasting Commission. 2001.(Citat: 06-04-2011)
<http://diyaudioprojects.com/Technical/Papers/Loudspeakers-in-Vented-Boxes-Part-I.pdf>

[10]Ae Speakers. (Citat:19-03-2011)
<http://www.aespeakers.com/PRFAQ.php>

[11]G.Karlsson. Hur Hifi. (Citat: 5-03-2011)
http://www.drkrupp.se/hifi/box_passivradiator.html

[12] Audiomatica (17-04-2011)
<http://www.audiomatica.com/cliio/overview.htm>

[13]Sunfire.(Citat: 01-04-2011)
<http://www.sunfire.com/productdetail.asp?id=9>

[14]The Science And Applications Of Acoustics - Second Edition (Daniel R. Raichel). 2006.
Heidelberg: Springer-verlag. ISBN 0387260625.

Bilaga 1 - Resonansfrekvenser i tabellform

Tabell 1 här nedan visar hur många muttrar och brickor som bör appliceras på stora lådan för att få vald resonansfrekvens.

Vikt i gram: Stora lådan	Resonansfrekvens i Hz	Stor fyrkantig bricka: 18 gram	Liten fyrkantig bricka: 10 gram	M8 bricka: 4 gram	M6 bricka: 0,8 gram	M5 mutter: 1,2 gram	M4 mutter: 0,6 gram
60	21	3		1	1		1
55	22	3			1		1
50	23	2	1	1			1
45	24		4	1			1
40	25		4				1
35	26		3	1			1
30	27		3				1
25	28		2	1	1		1
20	30		1	2		1	1
15	32		1	1	1		1
10	33,5			2	2		1
5	36				1	3	1
0	38						1

Tabell 1. Stora lådan

Tabell 2 här nedan visar hur många muttrar och brickor som bör appliceras på lilla lådan för att få vald resonansfrekvens.

Vikt i gram: Lilla lådan	Resonansfrekvens i Hz	Stor fyrkantig bricka: 18 gram	Liten fyrkantig bricka: 10 gram	M8 bricka: 4 gram	M6 bricka: 0,8 gram	M5 mutter: 1,2 gram	M4 mutter: 0,6 gram
55	36,5	3			1		1
50	37,5	2	1	1			1
45	39		4	1			1
40	40		4				1
35	42		3	1			1
30	42,5		3				1
25	45		2	1	1		1
20	47		1	2		1	1
15	49,5		1	1	1		1
10	52,5			2	2		1
5	56				1	3	1
0	62						1

Tabell 2. Lilla lådan

Bilaga 2 - Bilder från arbetets gång

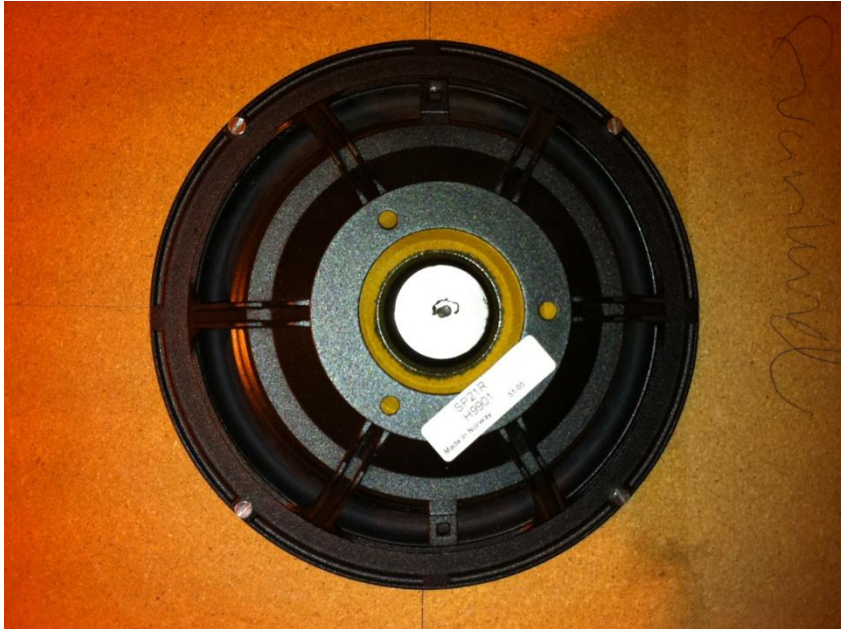
Mätning i golvtestrummet.



Slavbas placerat i ett hörn i golvtestrummet.



Slavbas fastmonterad i lådan bak och fram.



Sunfire EQ10 ställt mot slavbasen i vibrationsmätning av konen.



Basfällan placerad i ekofria för vibrationsmätning.



Glasfiberull testas i lilla lådan.

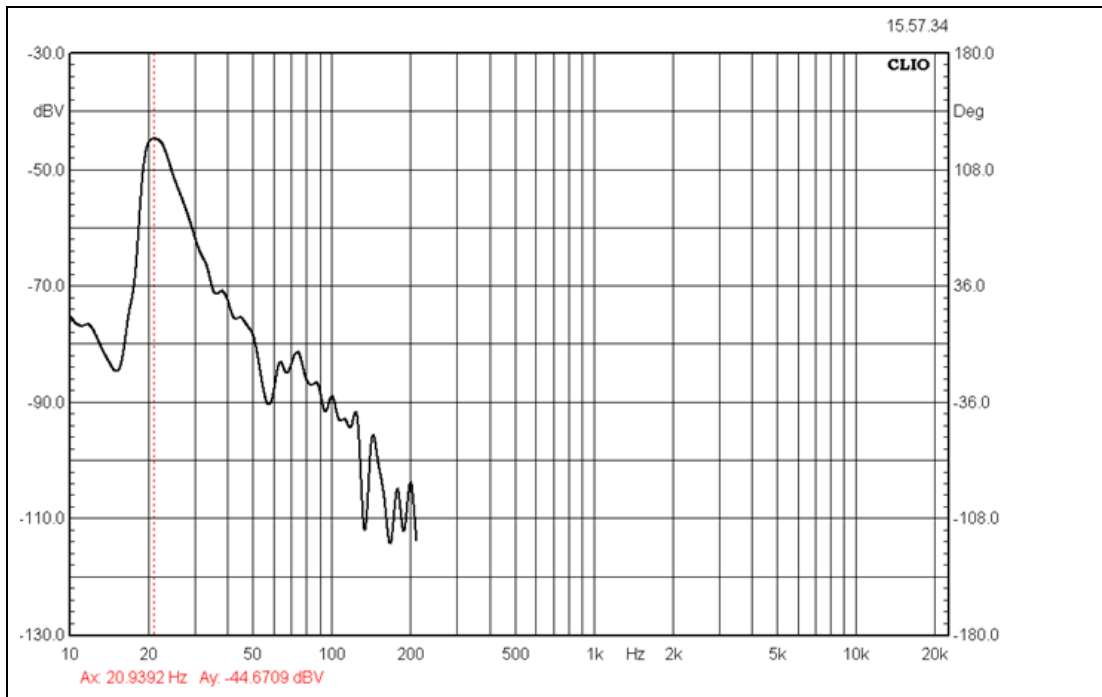


Bilaga 3

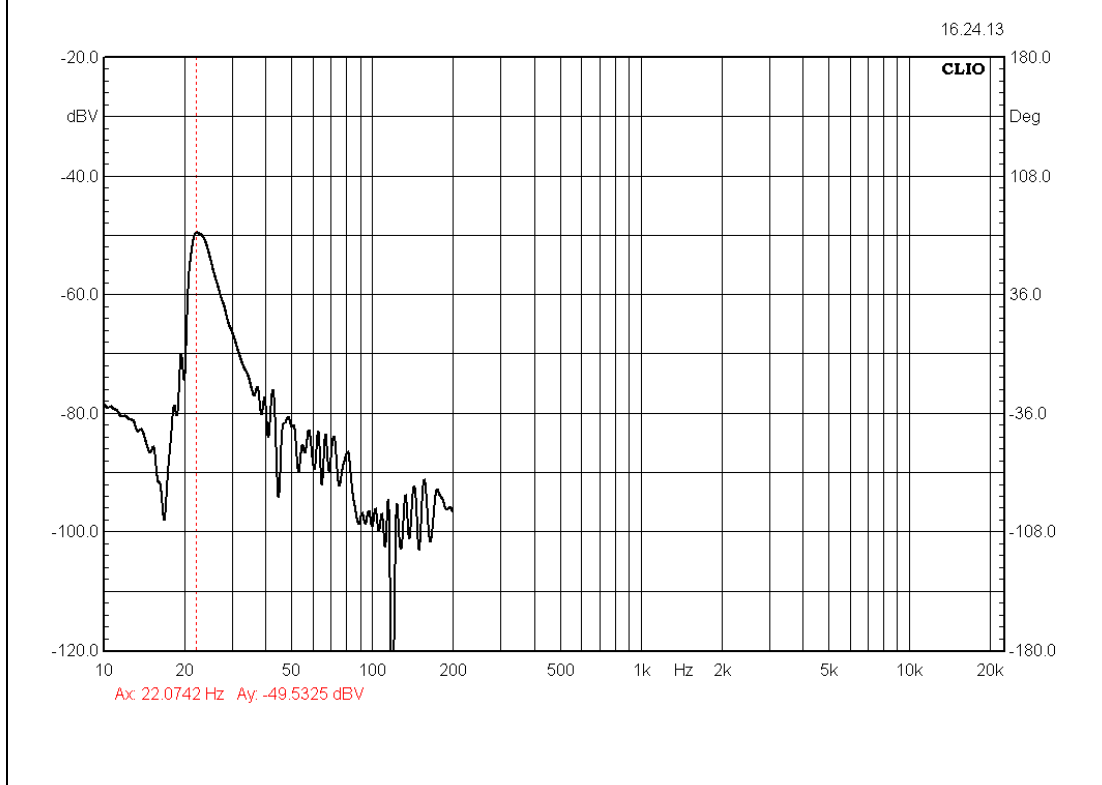
I bilaga 3 visas resultatet av mätningarna av slavbasarnas resonansfrekvenser.

Resonansfrekvens: Stora lådan 1

Resonansfrekvens: 21 Hz Vikt:60 gram

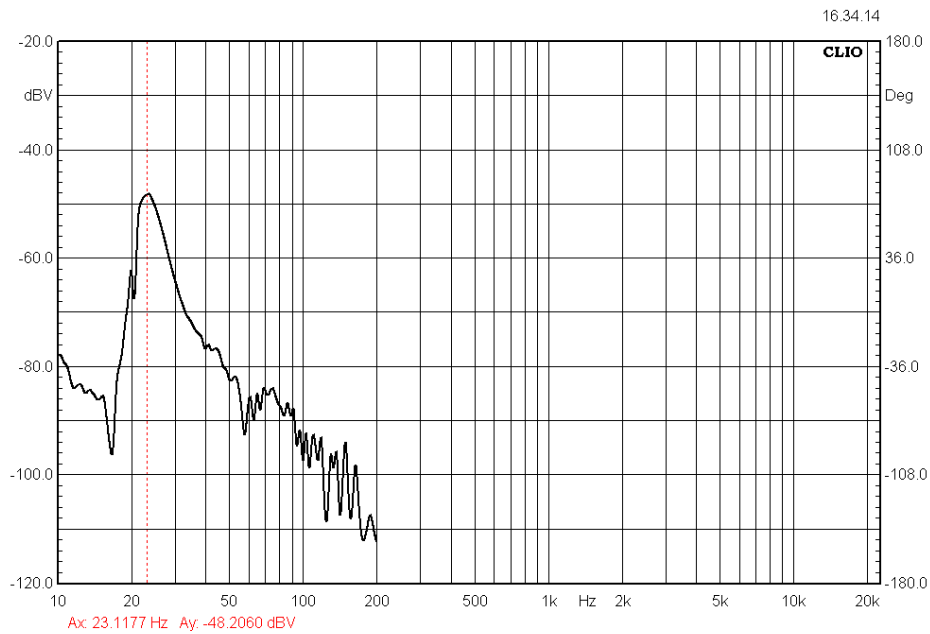


Resonansfrekvens: 22 Hz Vikt: 55 gram

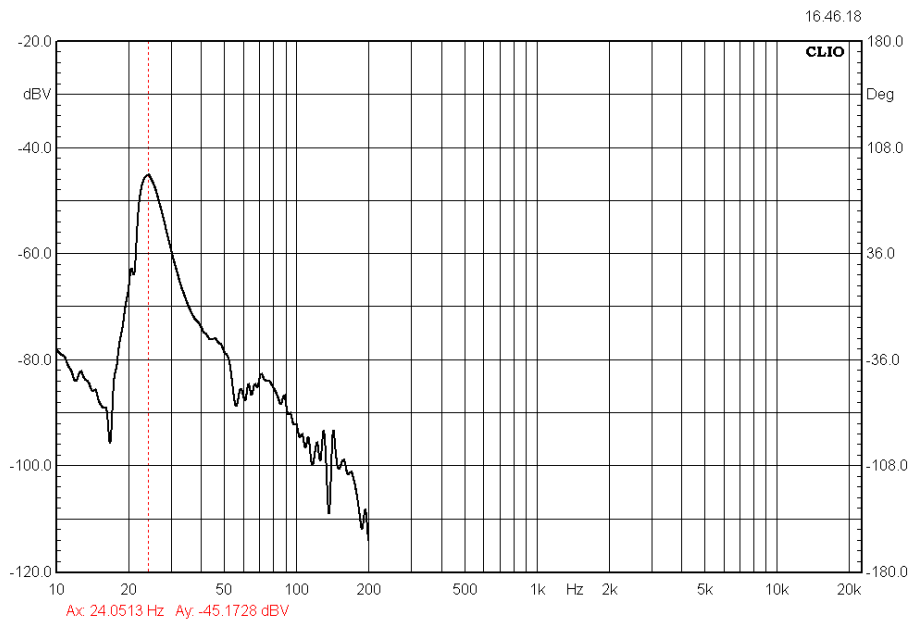


Resonansfrekvens: Stora lådan 2

Resonansfrekvens: 23 Hz Vikt: 50

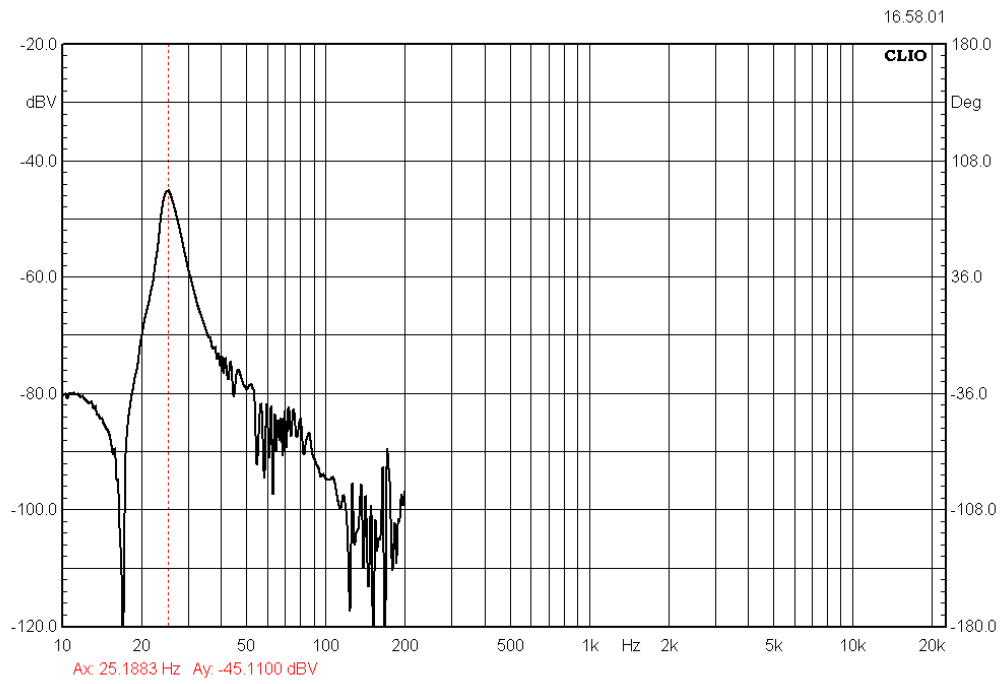


Resonansfrekvens: 24 Hz Vikt: 45 gram

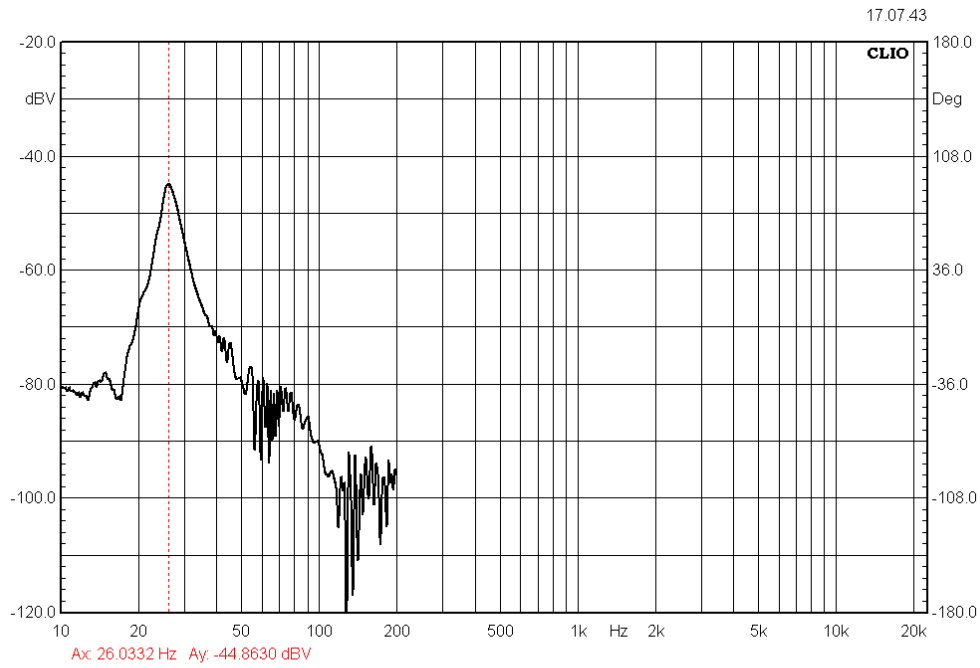


Resonansfrekvens: Stora lådan 3

Resonansfrekvens: 25 Hz Vikt:40 gram

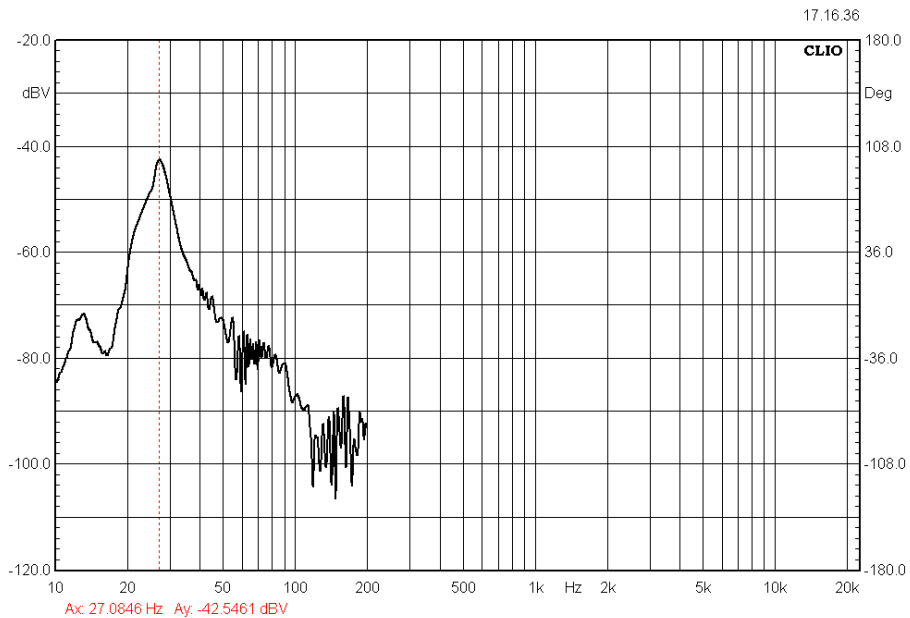


Resonansfrekvens: 26 Hz Vikt:35 gram

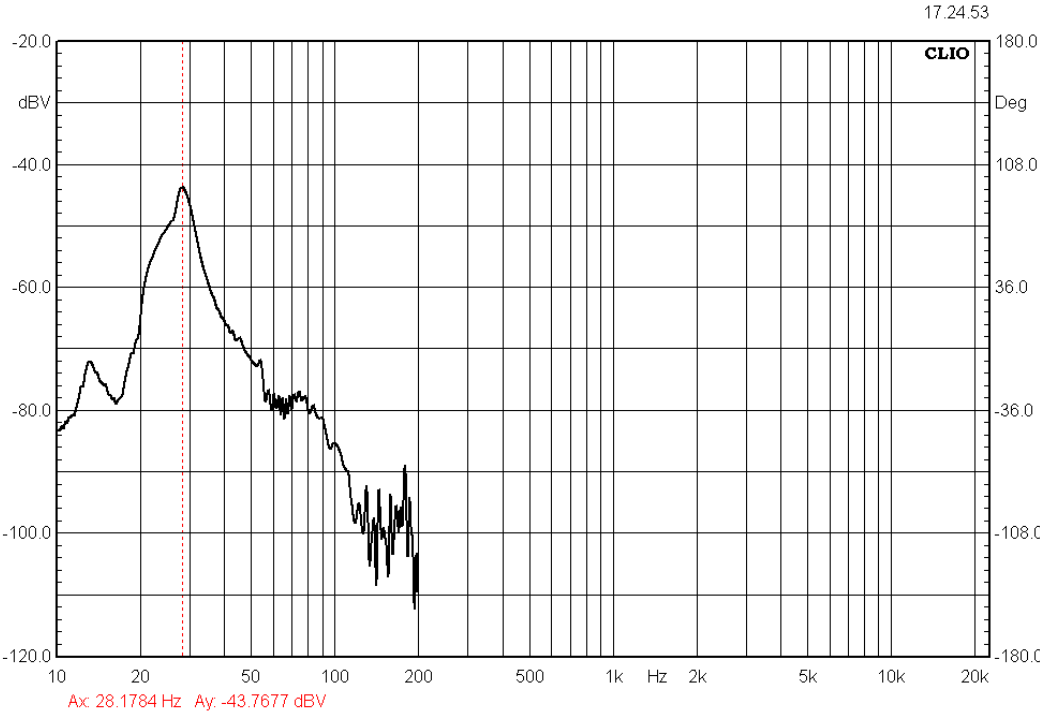


Resonansfrekvens: Stora lådan 4

Resonansfrekvens: 27 Hz Vikt:30 gram

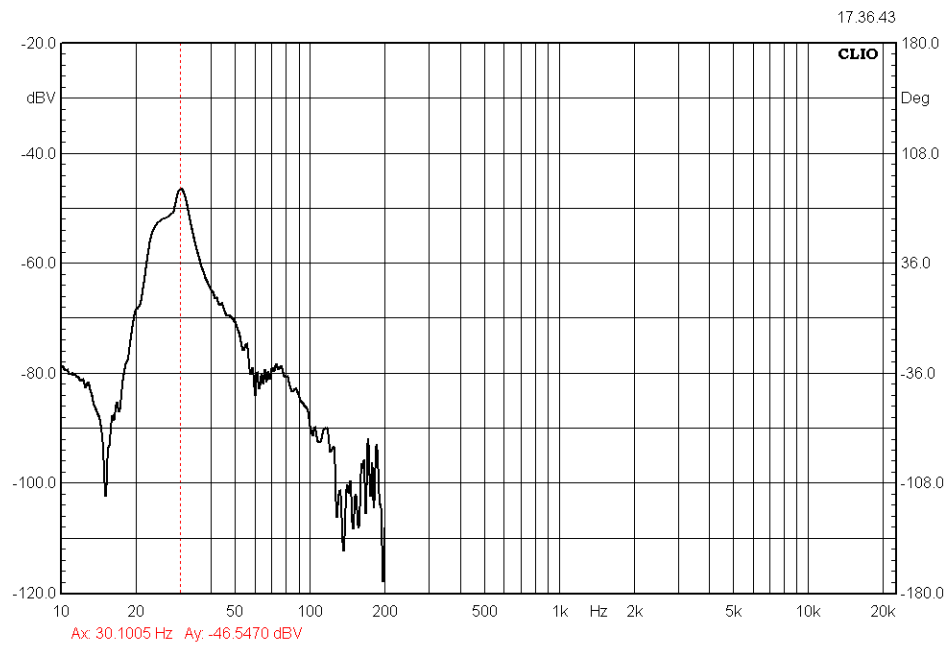


Resonansfrekvens: 28 Hz Vikt:25gram

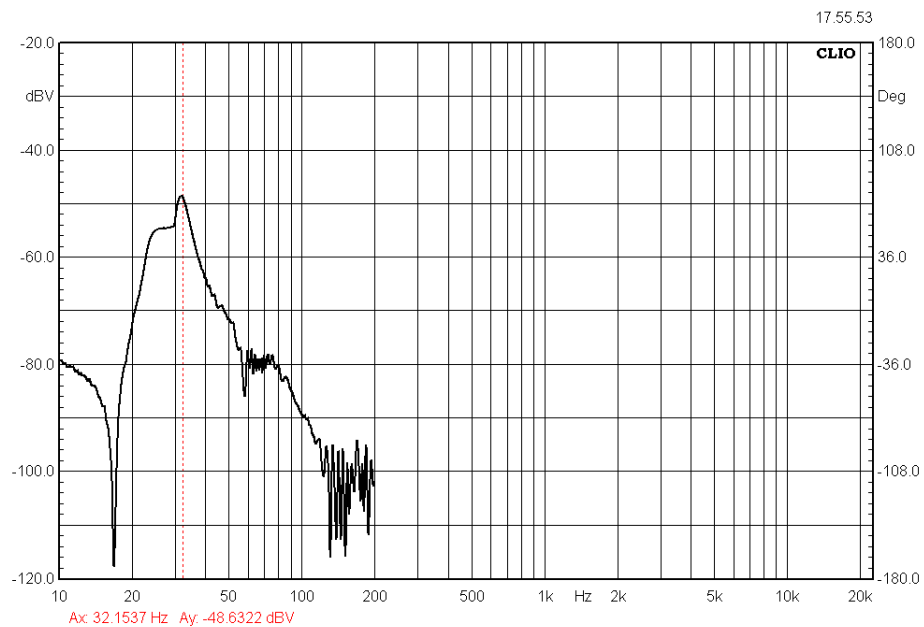


Resonansfrekvens: Stora lådan 5

Resonansfrekvens: 30 Hz Vikt:20 gram

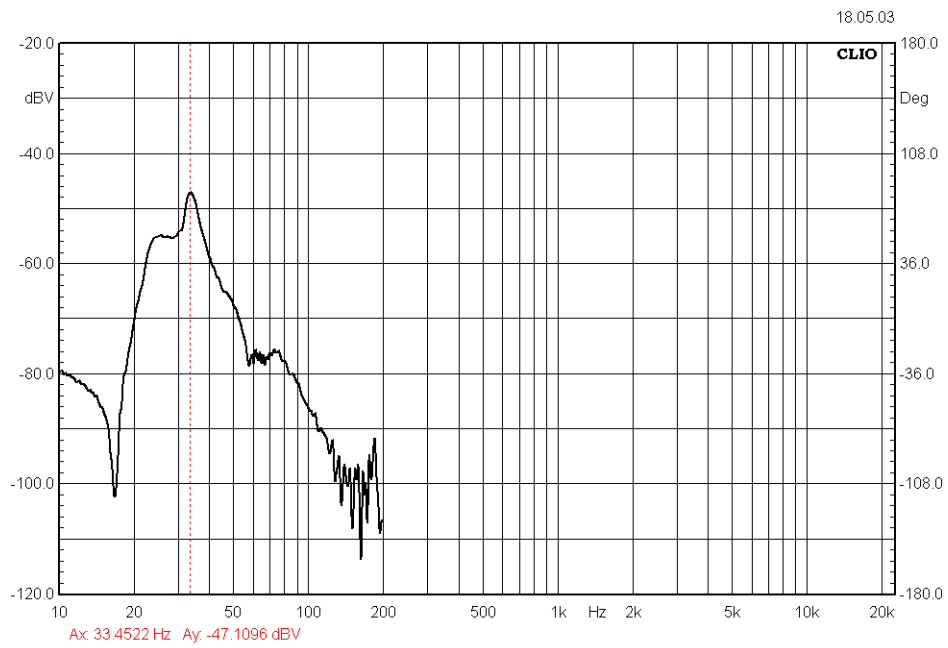


Resonansfrekvens: 32 Hz Vikt:15 gram

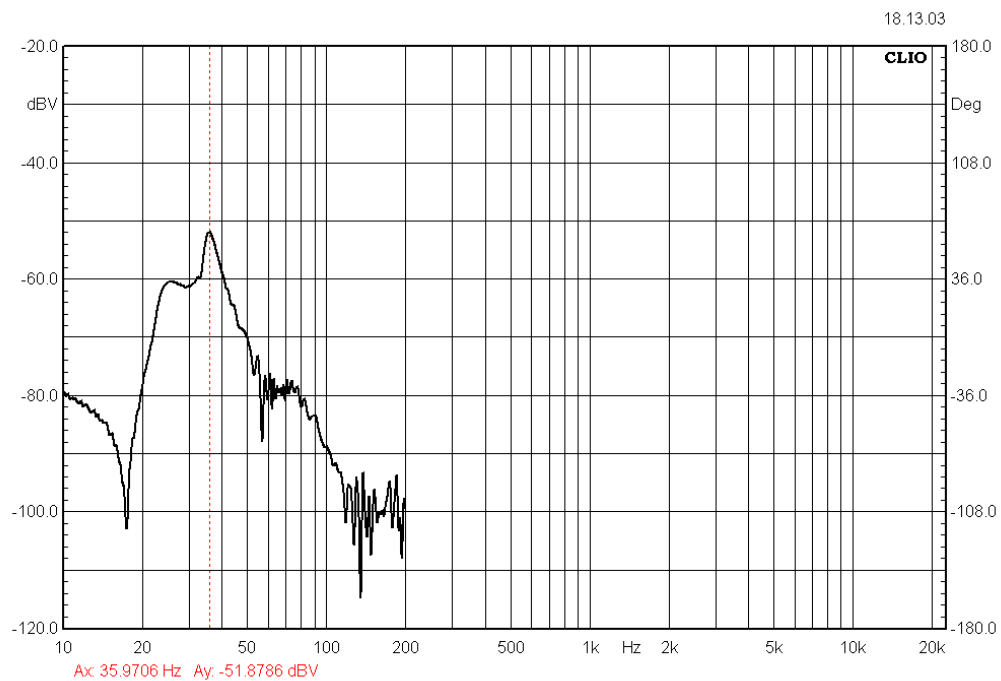


Resonansfrekvens: Stora lådan 6

Resonansfrekvens: 33,5 Hz Vikt:10

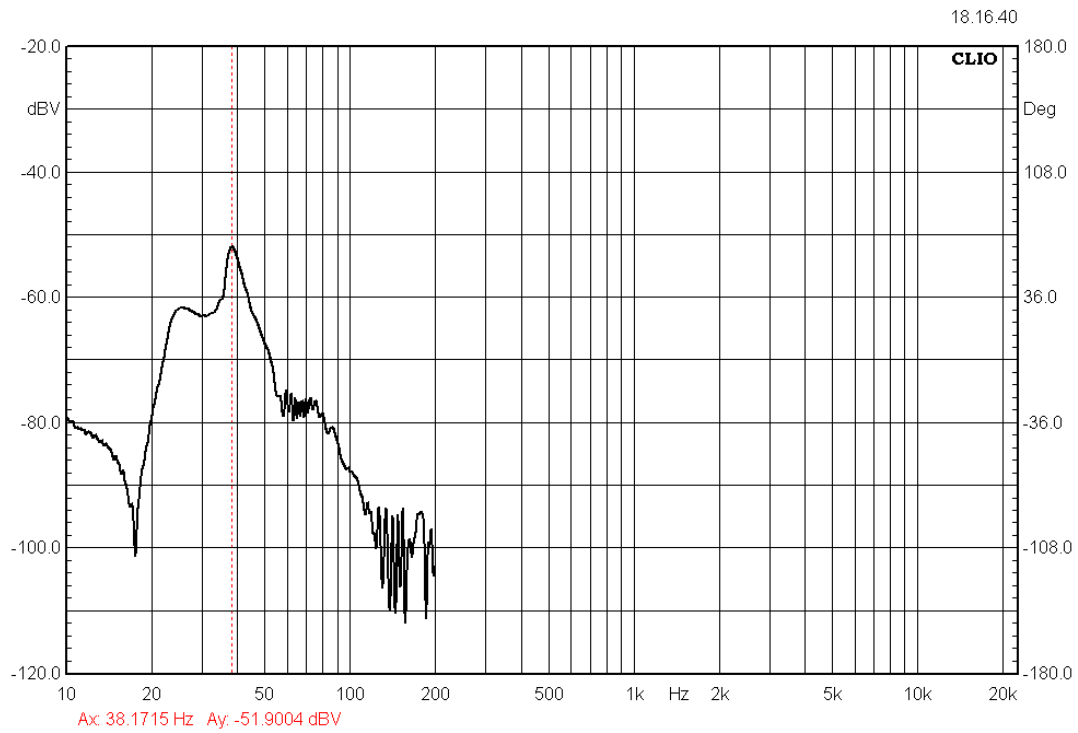


Resonansfrekvens: Vikt: 36 Hz 5 gram



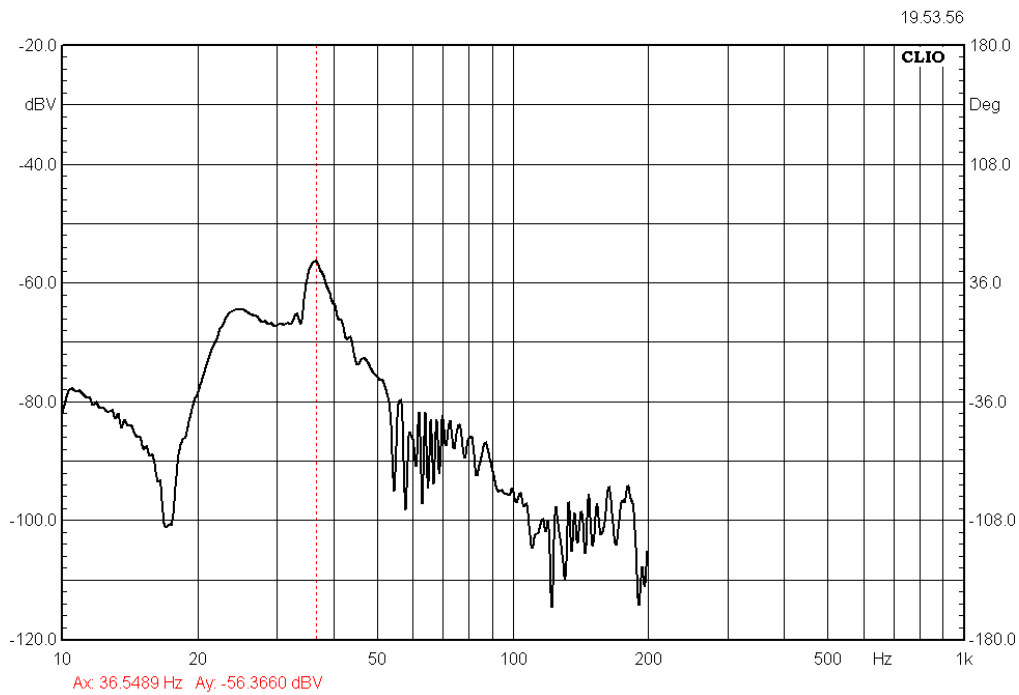
Resonansfrekvens: Stora lådan 7

Resonansfrekvens: 38 Hz Vikt:0

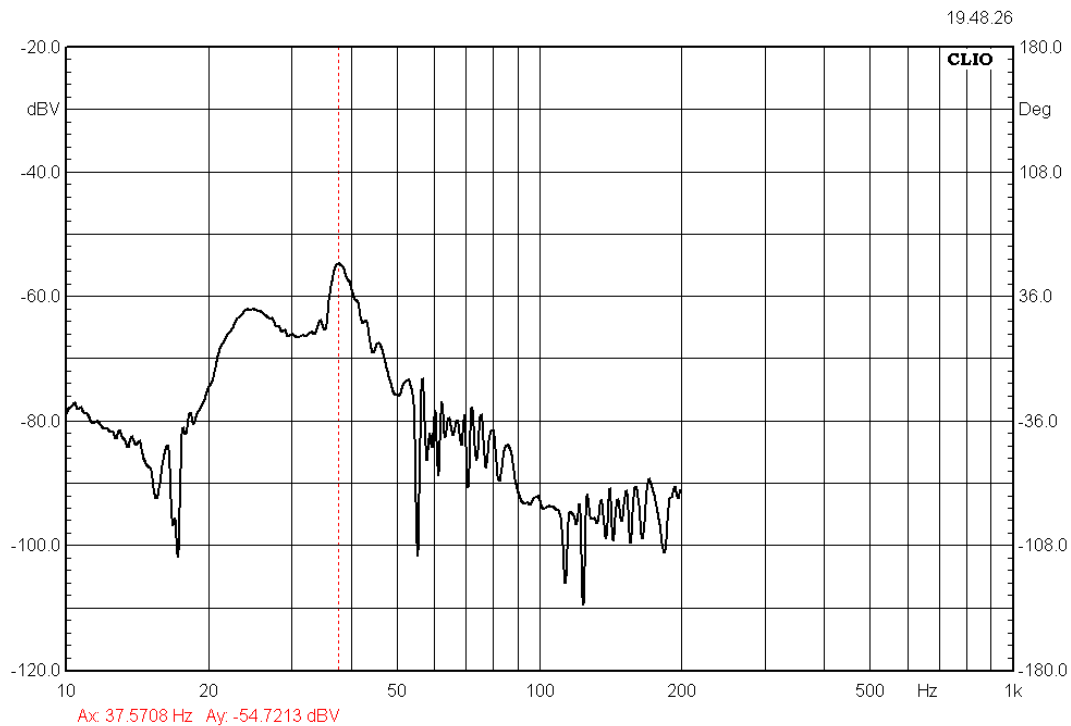


Resonansfrekvens: Lilla lådan 1

Resonansfrekvens: 36,5 Hz Vikt: 55 gram

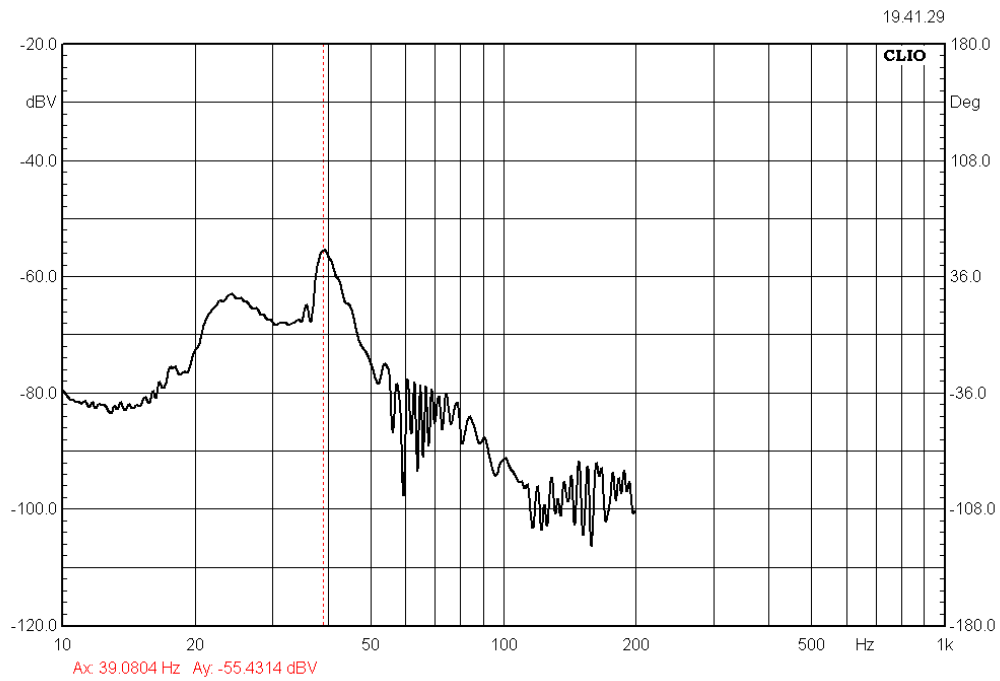


Resonansfrekvens: 37,5 Hz Vikt: 50 gram

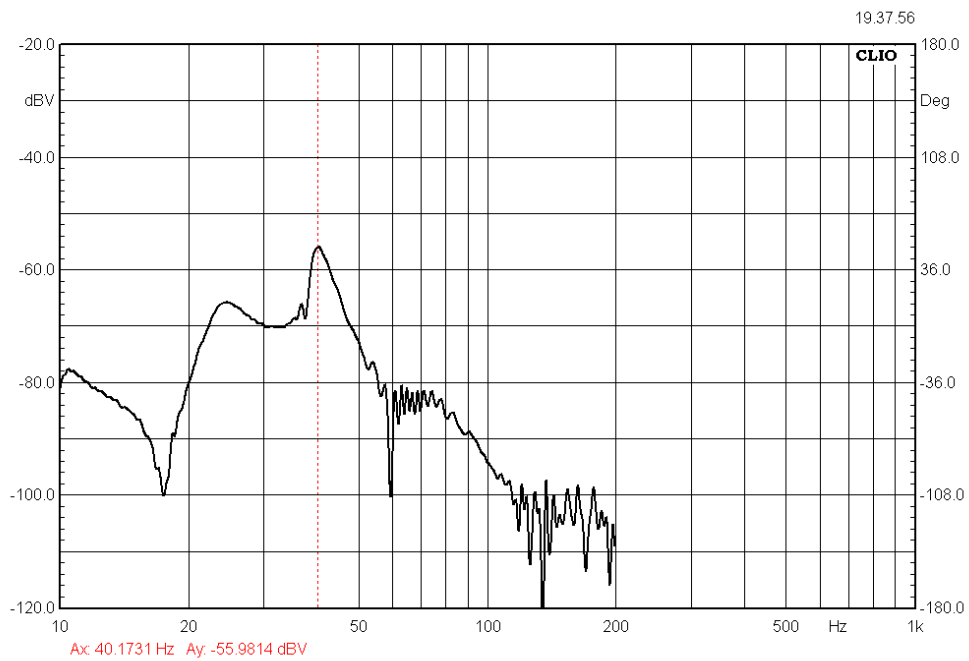


Resonansfrekvens: Lilla lådan 2

Resonansfrekvens: 39 Hz Vikt: 45 gram

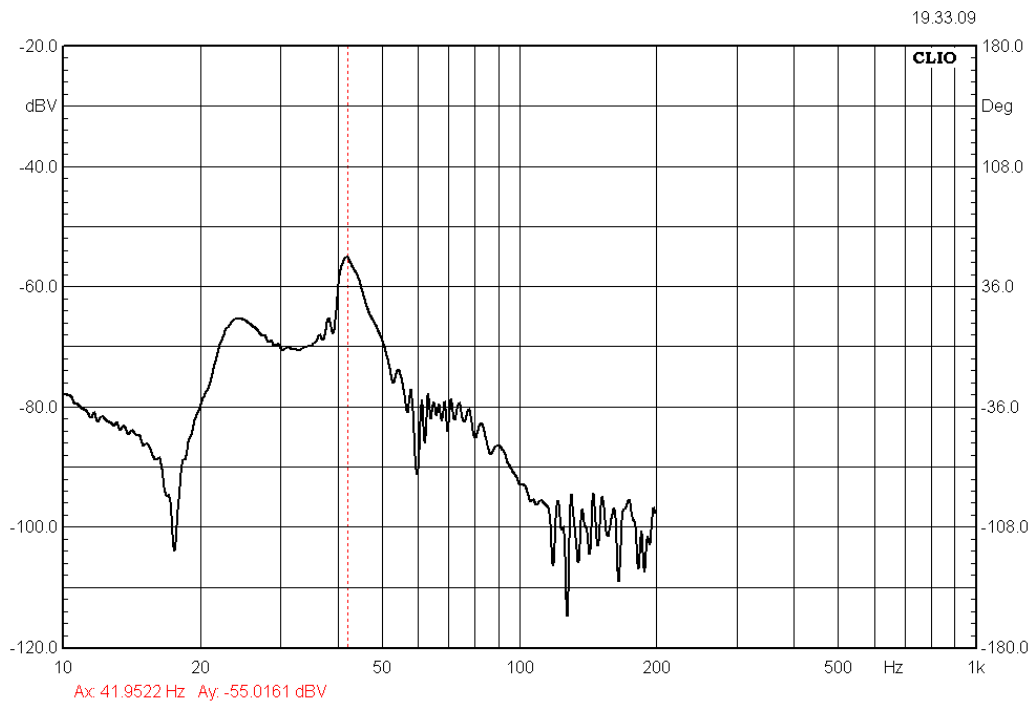


Resonansfrekvens: 40 Hz Vikt: 40 gram

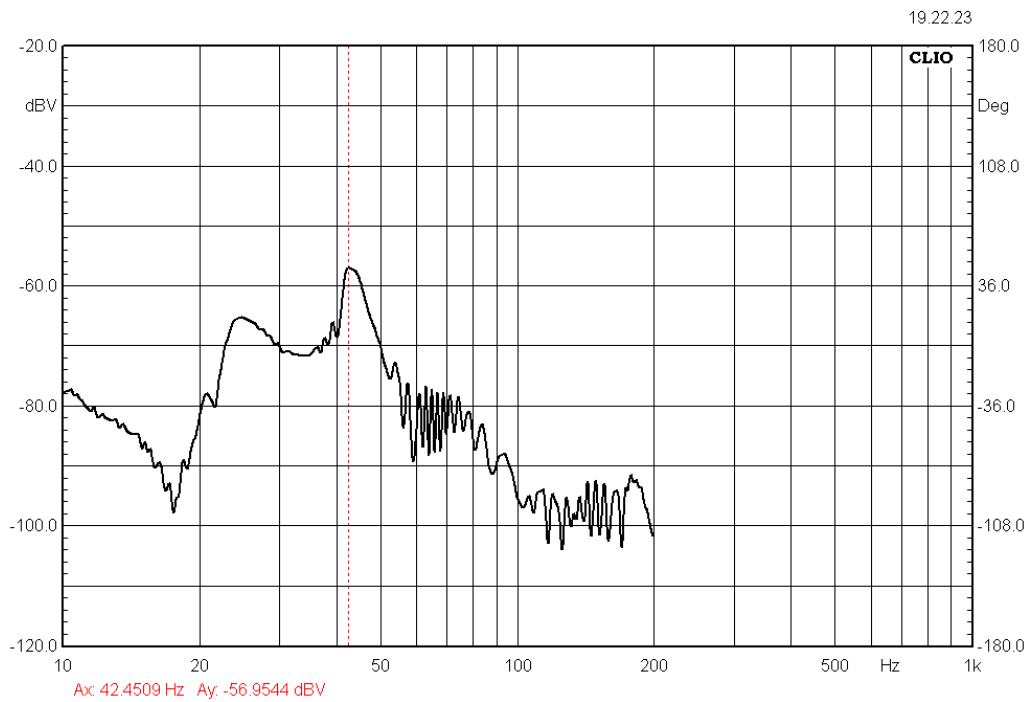


Resonansfrekvens: Lilla lådan 3

Resonansfrekvens: 42 Hz Vikt: 35 gram

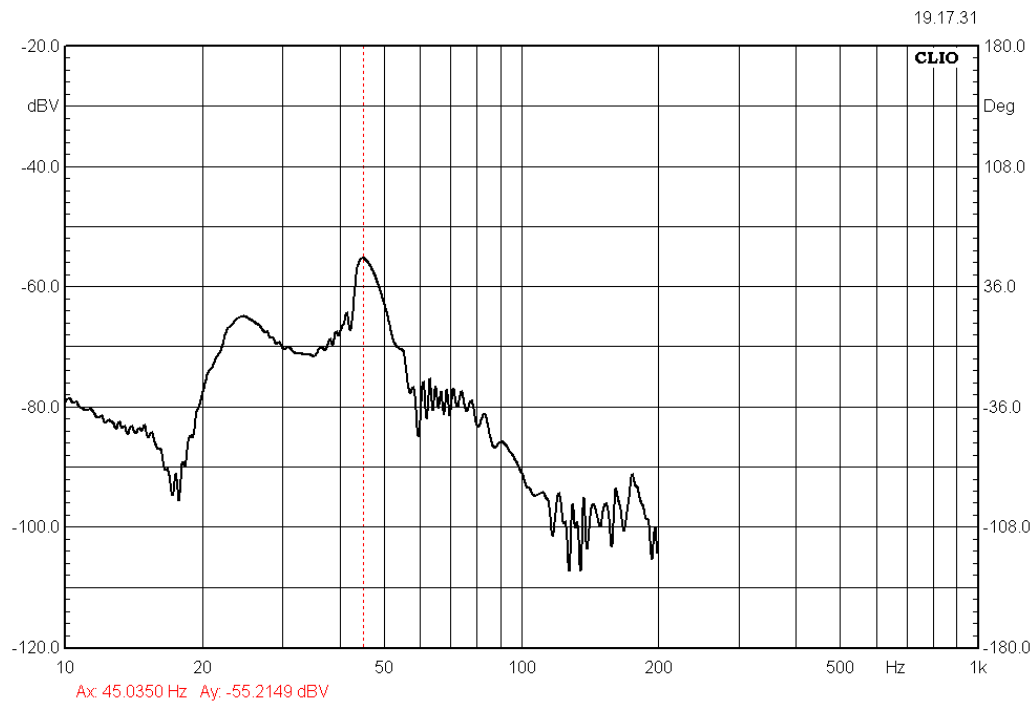


Resonansfrekvens: 42,5 Hz Vikt: 30 gram

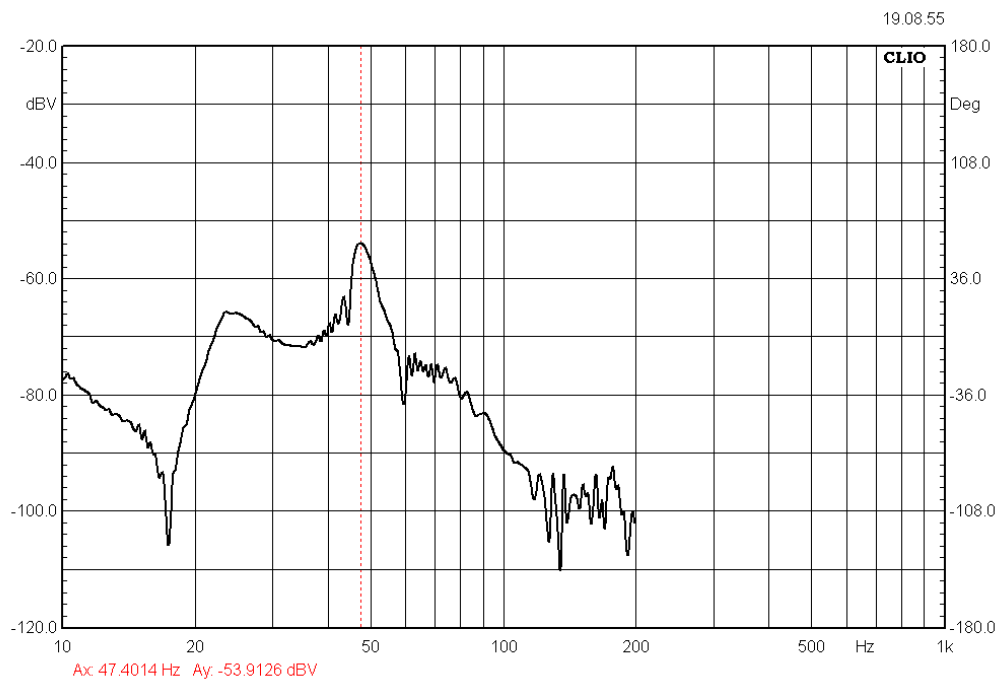


Resonansfrekvens: Lilla lådan 4

Resonansfrekvens: 45 Hz Vikt: 25 gram

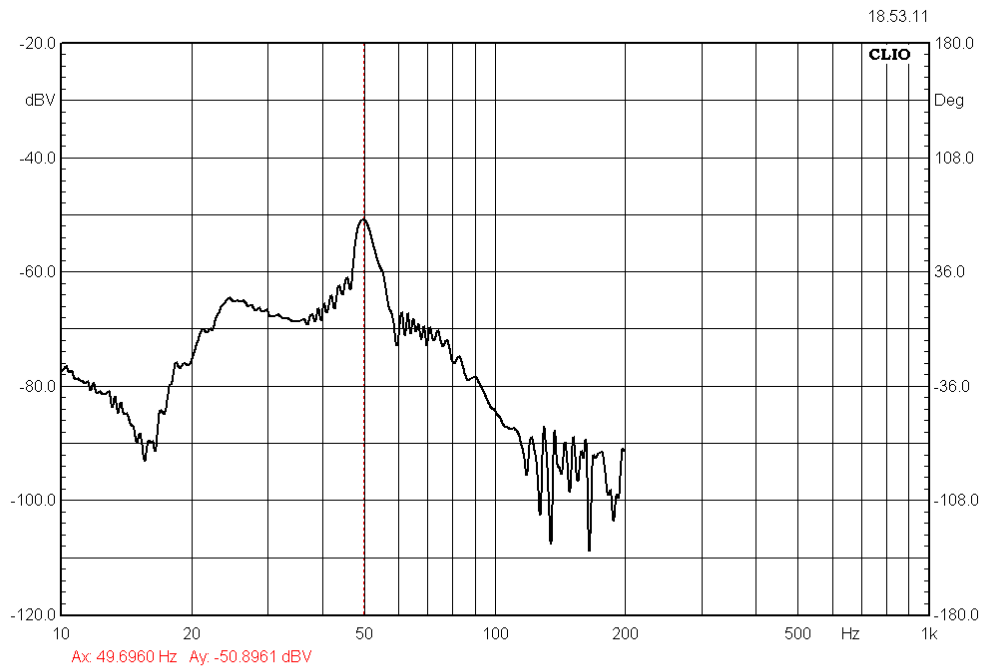


Resonansfrekvens: 47 Hz Vikt: 20 gram

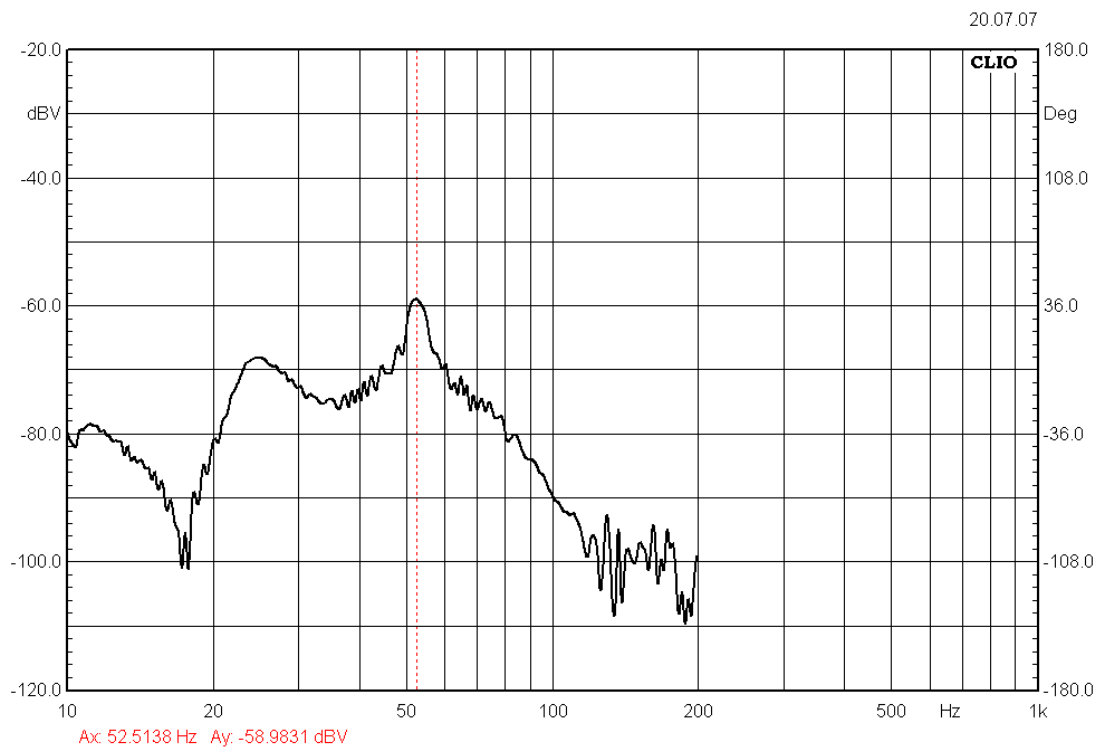


Resonansfrekvens: Lilla lådan 5

Resonansfrekvens: 49,5 Hz Vikt: 15 gram

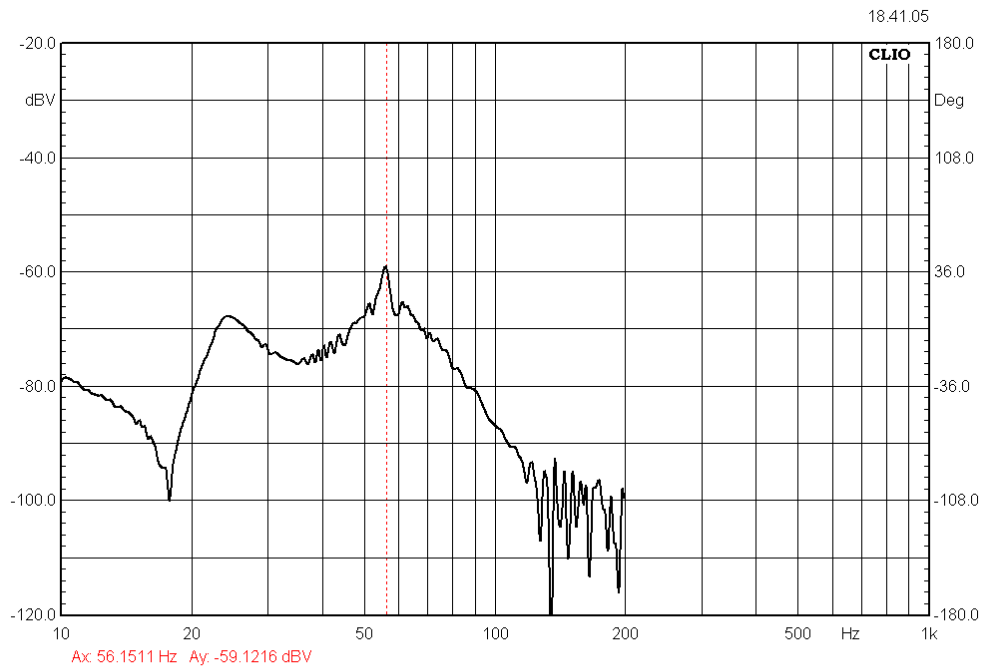


Resonansfrekvens: 52,5 Hz Vikt: 10 gram



Resonansfrekvens: Lilla lådan 6

Resonansfrekvens: 56 Hz Vikt: 5 gram



Resonansfrekvens: 62 Hz Vikt: 0 gram

