

CG1009 Examensarbete, kandidat, klassisk musik, 15 hp

2019

Konstnärlig kandidatexamen 180 hp

Institutionen för klassisk musik

Handledare: Incca Rasmusson

Examinator: Peter Berlind Carlson

Marcus Bäckerud

Violinens akustik

Skriftlig reflektion inom självständigt arbete

Till dokumentationen hör även följande inspelning: **xxx**

Sammanfattning

Fiolbyggare världen över har i årtal försökt bygga violiner som låter lika bra som en Stradivari, men flertalet violinister föredrar fortfarande 1700-talsinstrumenten före en nybyggd kopia. Kan det vara så att de bästa violinerna i världen byggdes för 300 år sedan och ingen lyckats återskapa dessa mästerverk? I arbetet undersöks klangen av nybyggda fioler och gamla Stradivarivioliner både genom inspelningar och frekvensanalys i ljudbehandlingsprogrammet Audacity. Även andra gamla fina instrument av byggare som Andrea Guarneri och G. B. Guadagnini ingår i studien. Läsare får både lyssna till samtliga instrument och se hur frekvensgrafer ser ut för varje instrument i olika register. Av graferna kan utläsas att Stradivariviolinerna har aningen starkare övertoner runt 4000 Hz jämfört med sina moderna kopior.

Nyckelord: violin, akustik, klang, Stradivari, Stradivarius, Guarneri, Guadagnini, Lupot, fiolbyggare

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.1.1	Violinens historia	1
1.1.2	Violinerna i undersökningen	2
1.1.3	Begreppsdefinitioner	2
1.1.4	Violinens akustik	3
1.2	Syfte	4
1.2.1	Avgränsningar	4
2	Material och metod	4
2.1	Material	4
2.2	Violinerna i undersökningen	5
2.3	Metod	5
3	Resultat	6
3.1	Förstudie 1	6
3.2	Förstudie 2	8
3.3	Huvudstudie	10
3.3.1	Violinerna av Stradivari	10
3.3.2	Stradivari, Lindholm och Åfeldt	11
3.4	Sammanfattning	13
4	Diskussion.....	13
4.1	Felkällor	14
4.2	Framtida projekt	14
	Referenser.....	16
	Bilaga 1	Fel! Bokmärket är inte definierat.

1 Inledning

Ända sedan jag i åttonde klass praktiserade hos Nilssons fiolbyggare i Malmö har jag varit intresserad av violiner och deras konstruktion. Även akustik har intresserat mig länge och som gymnasiearbete skrev jag ett arbete om akustik i konsertsalar där bland annat Malmö Live och Göteborgs Konserthus mättes. Violinens akustik är en fråga som förbryllat forskare i många år. Går det inte att bygga en fiol som är lika bra som en Stradivarius eller är nybyggda fioler i själva verket lika bra? Otaliga blindtester har gjorts där olika violiner jämförs men resultaten är ofta motstridiga. Erik Jansson, som arbetat på KTH, är ett exempel på en svensk som skrivit mycket om violiners akustik. I uppsatsen "The quest of the violin Bridge-Hill" dras slutsatsen att värdefulla fioler har en kulle i frekvensresponsen mellan 2000 och 3000 Hz. Janssons mätningar är självklart mer exakta än mätningarna i denna studie. Däremot hoppas jag kunna skriva om violiners akustik ur en violinists perspektiv på ett lättförståeligt sätt så att andra violinister, utan större förkunskaper i fysik, kan få en inblick i violinens akustik.

I texten kommer orden violin och fiol användas som synonymer.

1.1 Bakgrund

Violinens historia börjar på 1500-talet i norra Italien. Här fanns flera framstående fiolbyggarfamiljer vilket gjorde att staden blev ett centrum för fiolbyggeri. Yrket ärvdes oftast från far till son. När konsertsalarna blev större ökade musikernas krav på klang och konkurrensen mellan fiolbyggarfamiljerna i Cremona drev på utvecklingen av violinens akustik.

1.1.1 Violinens historia

Den första violinen i dess nuvarande form tros vara byggd av Andrea Amati i Cremona i mitten på 1500-talet. Om man bortser från hals, greppbräda och stall har endast små förändringar skett på violinen sedan dess. Andrea Amatis barnbarn Nicolo Amati var den mest framgångsrika fiolbyggaren i släkten och lärare till Andrea Guarneri (Johnsson, 1999).

Fiolbyggaryrket ärvdes i familjen Guarneri och både Andreas barn och barnbarn blev framgångsrika inom hantverket. Däribland fanns sonsonen Bartolomeo Giuseppe Guarneri, som brukar kallas Guarneri del Gesù, och han anses vara den enda fiolbyggaren som kan mäta sig med Antonio Stradivari. Tyvärr dog han redan 45 år gammal och hans produktion är därför betydligt mindre än Stradivaris (ibid.).

Antonio Stradivari var precis som Andrea Guarneri mycket inspirerad av Nicolo Amatis violiner i början på sin karriär, och det råder tvivel om huruvida han lärde sig hantverket från honom. Fastän Stradivari byggde många fina instrument tidigt i karriären, dröjde det till omkring år 1700, då Stradivari var över 50 år gammal, innan han hittade sin slutgiltiga design och den så kallade gyllene perioden började. Dessa fioler har en något bredare form jämfört med hans tidigare violiner samtidigt som välvningarna i lock och botten är lägre. Det är dessa violiner från Stradivaris gyllene period som de flesta fiolbyggare än idag använder som mall när de bygger nya violiner (ibid.).

Även i Frankrike fanns det många duktiga fiolbyggare under 1700- och 1800-talet och de två främsta var Nicolas Lupot och Jean-Baptiste Vuillaume. Nicolas Lupot föddes 1758 i Orléans och ärvde fiolbyggaryrket efter sin far, François, medan Nicolas bror blev stråkbyggare. Idag kallas han ibland ”den franska Stradivari”, eftersom som han kopior av just stradivarivioliner anses vara bland de bästa som någonsin gjorts (Nicolas Lupot, 2019).

1.1.2 Violinerna i undersökningen

I undersökningen ingår följande instrument: Antonio Stradivari 1697 och 1716, Giovanni Battista Guadagnini 1768 (10 miljoner), Andrea Guarneri 1695 (ca. 5 miljoner), Giuseppe Guarneri ca 1700 (ca. 5 miljoner), Nicolas Lupot (ca. 1 miljon), Stefan Lindholm 2018 (180 000), Mikael Karpaty 2014 (140 000), Gustav Åfeldt 1955 (ca. 5000)

Vad Stradivariviolinerna är värda vet jag inte, men så sent som 2017 såldes en Stradivari byggd 1684 för nästan 2 miljoner pund, exklusive auktionsprovision. Då ska man också ha i åtanke att violinerna Stradivari byggde på 1710-talet är värda mer än de byggda innan 1700.

1.1.3 Begreppsdefinitioner

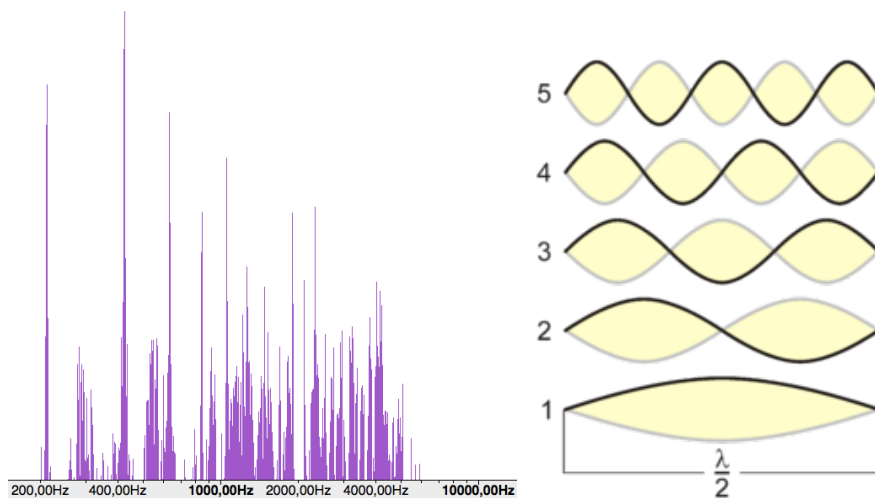
Vargton: En ton med en frekvens som är väldigt nära egenfrekvensen hos ett område av instrumentets ljudlåda, oftast i locket. Detta gör att denna ton klingar väldigt annorlunda och blir svår att spela snyggt.

Luftdämpning: Luftdämpning är när ljud dämpas av motståndet i den materia det färdas genom. I luft dämpas höga frekvenser mer än låga av detta fenomen.

Stående våg: En stående våg kan bildas när ljud reflekteras mellan två parallella ytor vars avstånd är en multipel av tonens våglängd. Detta gör att tonens vågtoppar och vågdalar sammanfaller vilket gör att frekvensen förstärks.

1.1.4 Violinens akustik

En violin låter genom att strängarnas vibrationer transmittteras genom stallet till ljudlådan där vibrationerna förstärks och bildar det ljud vi hör. Om en ton spelas på en violin, vibrerar inte strängen bara i grundtonens frekvens, utan har ett komplext rörelsemönster som kan delas upp i många olika svängningar. Detta gör att en enorm mängd olika frekvenser transmittteras till ljudlådan. Beroende på träets egenskaper, plattornas tjocklek och välvning, lacken och uppställningen förstärks olika frekvenser olika mycket, vilket skapar violinens individuella klang.



Ovan är en graf över ett g[#] som spelas på en Stradivari från 1716. Den första stapeln, som ligger strax över 200 Hz, är grundtonen. Det är den frekvens som uppstår när strängen vibrerar med en buk på hela sin längd (figur 1 i den högra bilden). Följande staplar i grafen är frekvenser från övertoner när strängen vibrerar med halva sin längd (figur 2), en tredjedel av sin längd (figur 3) och så vidare. Det finns även andra frekvenser än övertonsserien som kan komma av taglets friktion mot metallen på strängen, övertoner till stråkstångens egenfrekvens och att andra strängar på violinen också sätts i rörelse. Dock är dessa frekvenser svagare än övertonsserien och har därför inte särskilt stor inverkan på ljudet. Att olika instrument och även olika violiner kan låta så olika varandra är alltså eftersom dessa övertonsserier varierar (Fraenkel 2012).

1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att få en djupare förståelse för olika violiners klang och även undersöka hur frekvenskurvor skiljer sig mellan violiner från olika tidsperioder och prisklasser. Undersökningen är också genomförd med enkla verktyg på ett lättförståeligt sätt så att alla violinister utan stora kunskaper i fysik ska kunna få en inblick i violiners akustik.

Följande frågeställningar ska besvaras:

- Kan man se på frekvensgraferna hur violinen man tycker låter bäst skiljer sig från de andra?
- Finns det tydliga skillnader mellan dyrare och billigare instrument som kan utläsas ur graferna?
- Finns det märkbara skillnader mellan frekvensgraferna hos gamla italienska fioler och nybyggda instrument?

1.2.1 Avgränsningar

Ingen subjektiv bedömning av violinernas klang med en testpanel har genomförts. Det har heller inte genomförts någon analys av tonernas attack, utan endast av tonen som produceras när instrumentet redan börjat vibrera.

2 Material och metod

2.1 Material

I undersökningen användes en Line Audio cm3-mikrofon, stativ, Scarlett 2i2 ljudkort, Audacity ljudbehandlingsprogram och en violinstråke byggd av Ulf Johansson 2016.

Mikrofonen valdes eftersom den har en väldigt jämn frekvensgång och är riktad. Det betyder att den mest tar upp ljud framifrån vilket gör att rummets akustik påverkar resultatet mindre. Motsatsen är en omnidirektionell mikrofon som tar upp ljud från alla riktningar.

2.2 Violinerna i undersökningen

I undersökningen ingår följande instrument:

- Antonio Stradivari 1697 och 1716,
- Giovanni Battista Guadagnini 1768
- Andrea Guarneri 1695
- Giuseppe Guarneri ca 1700
- Nicolas Lupot 1798
- Stefan Lindholm 2018
- Mikael Karpaty 2014
- Gustav Åfeldt 1955

I undersökningen valdes de mest värdefulla violiner som fanns tillgängliga. Som jämförelseobjekt togs även nyare, både mer och mindre värdefulla violiner med.

2.3 Metod

Undersökningen består av två förstudier och en huvudstudie. Innan huvudstudien kunde påbörjas var det nödvändigt att undersöka i vilken grad skillnader i stråkteknik och rummens akustik skulle påverka resultatet. I den första förstudien spelades samma instrument in två gånger för att mäta hur stråktekniken påverkade resultatet. I den andra förstudien spelades samma instrument in i de två rummen där studien genomförts för att mäta hur mycket rummens olika akustik påverkade resultatet.

Alla violiner stämdes i 442 Hz. Mikrofonen placerades på 2,10 meters höjd, 60 cm från violinen och riktades mot violinens stall. Därefter spelades följande toner: $g^{\#}$ 209 Hz, $f^{\#}_1$ 372 Hz, $c^{\#}_2$ 557 Hz, $g^{\#}_2$ 834 Hz. Tonerna valdes eftersom varje sträng skulle vara representerad samtidigt som de första övertonerna hos en ton inte skulle sammanfalla med frekvensen för en öppen sträng. Varje ton spelades först med långsam stråkhastighet nära stallet och sedan med hög stråkhastighet mitt emellan stallet och greppbrädan. Detta gjordes för att kunna mäta hur stor skillnad i klang varje fiol kan producera. På Guadagninin gjordes ett undantag eftersom violinen hade en kraftig vargton på $c^{\#}_2$. Istället spelades ett c_2 .

Därefter spelades soloviolinens inledning ur Tchaikovskys violinkonsert in på samtliga instrument. Detta eftersom resultatet blir mer intressant om man kan jämföra det man ser i en graf med något man hör. Stycket valdes eftersom en stor del av violinens omfång behandlas under inledningen och ger violinisten en chans att visa instrumentets klangliga kapacitet.

Lindholm-, Åfeldt- och Guadagnini-violinerna spelades in i Teorirummet på Edsbergs Slott, medan resten av violinerna spelades in i Göteborgs konserthus. Rummet på Edsbergs Slott var mindre och hade något hårdare väggar och tak än rummet i Göteborgs konserthus. Karptyviolinerna spelades i båda rummen för att kunna se rummets akustiks inverkan på resultatet.

I de lila graferna som skapats i Audacity är frekvenserna under violinens frekvensomfång bortklippa för att bilden ska bli tydlig och jämförbar. Detta innebär också att dB-skalan längst till vänster är bortklippa. Frekvenserna under 200 Hz är huvudsakligen bakgrundsljud som inte är genererade av fiolen.

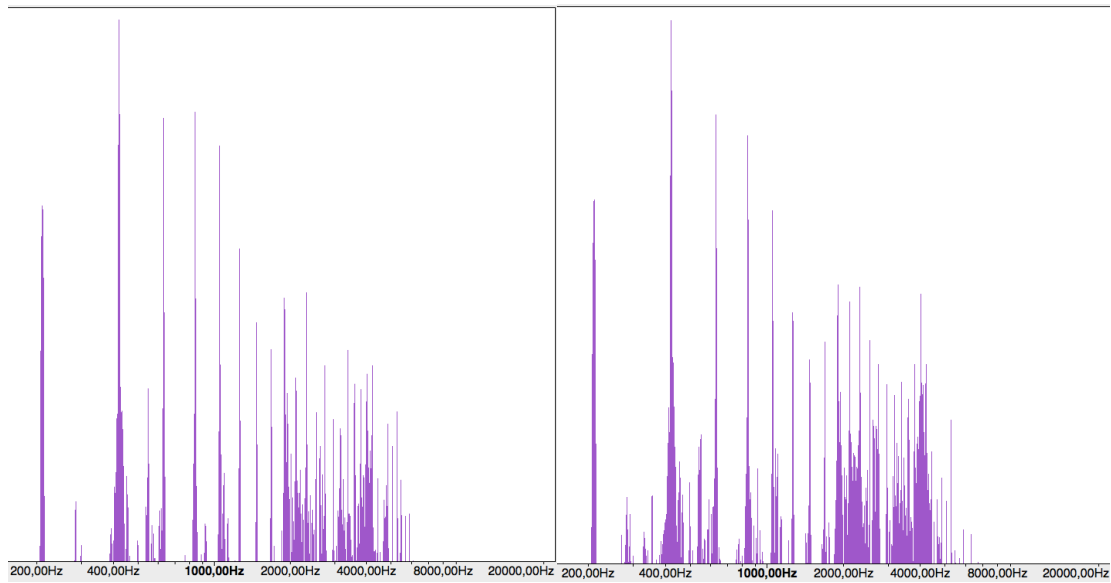
3 Resultat

Nedan följer resultaten för förstudierna och sist för huvudstudien. Förstudierna presenteras i sin helhet, men huvudstudien generade en stor mängd data varför det presenteras ett begränsat urval.

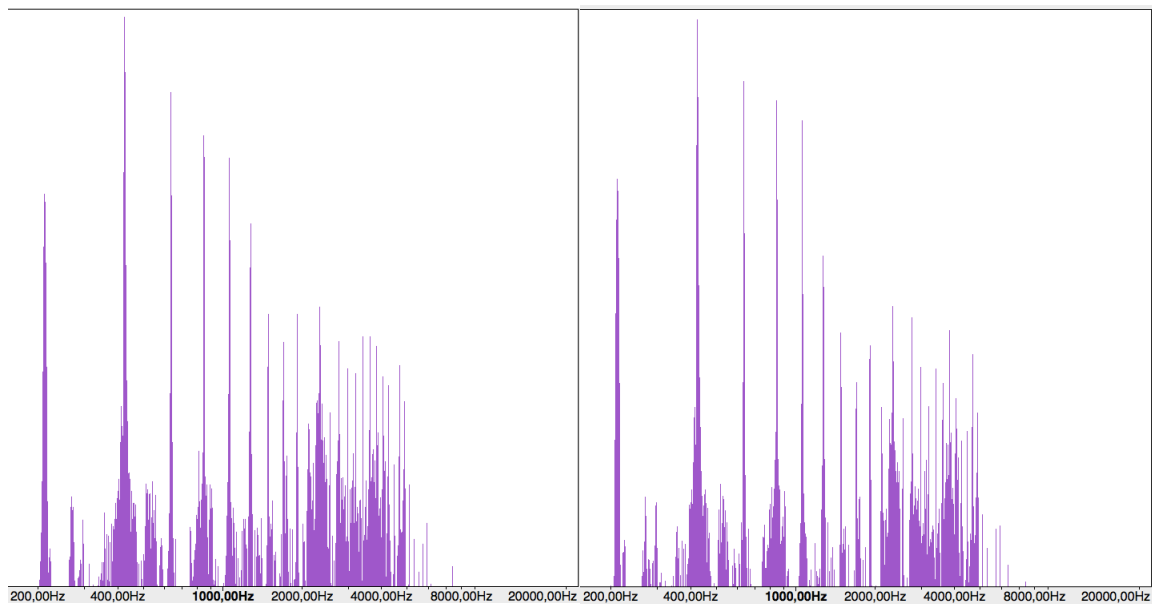
3.1 Förstudie 1

Innan huvudstudien påbörjades spelades samma ton in på två olika instrument två gånger i rad för att undersöka om den mänskliga faktorn vara så stor att den skulle göra resultatet oanvändbart. Detta gjordes på Karpatyn och Lindholmen. Nedan följer graferna för detta experiment. I båda graferna visar x-axeln Hz och y-axeln dB.

Karpaty ton ett och två:



Lindholm ton ett och två:

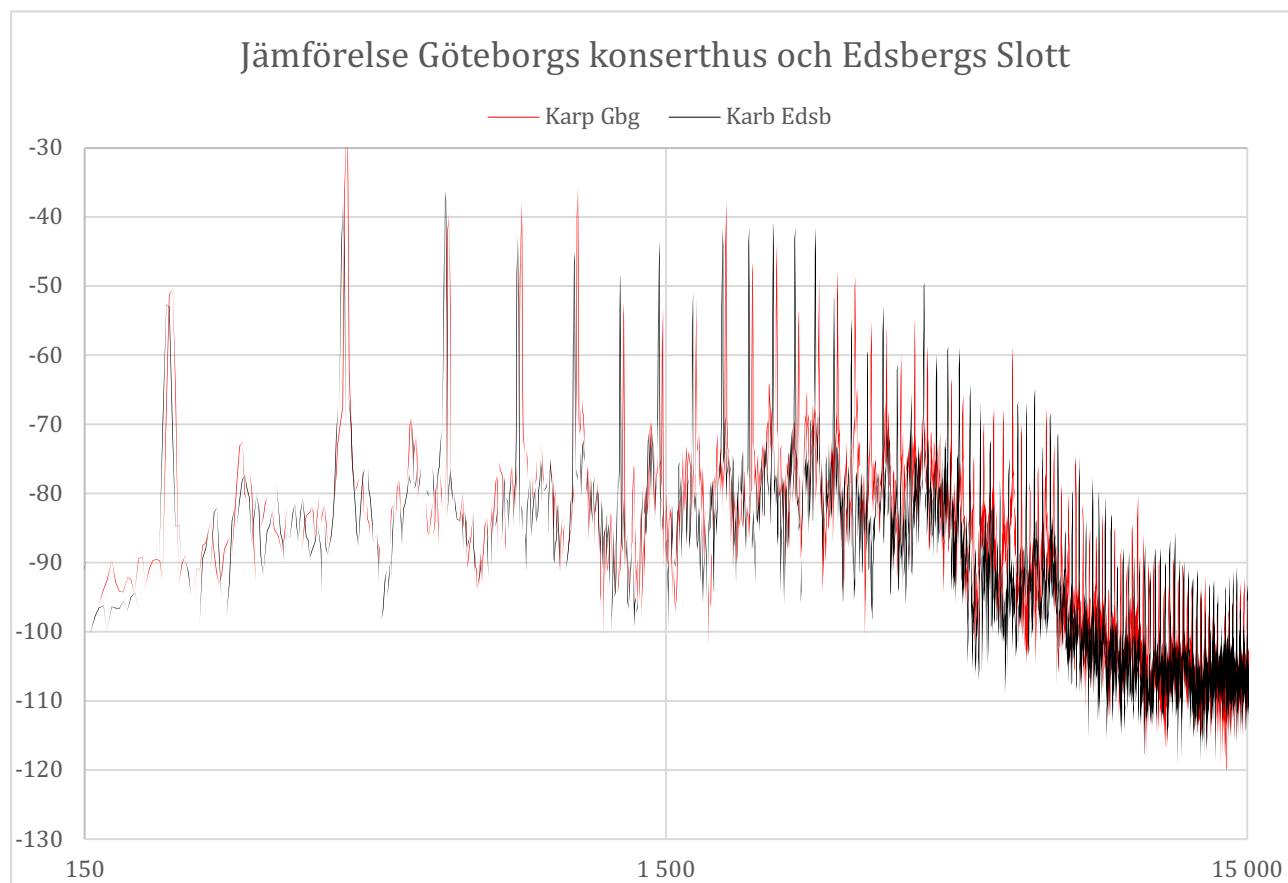


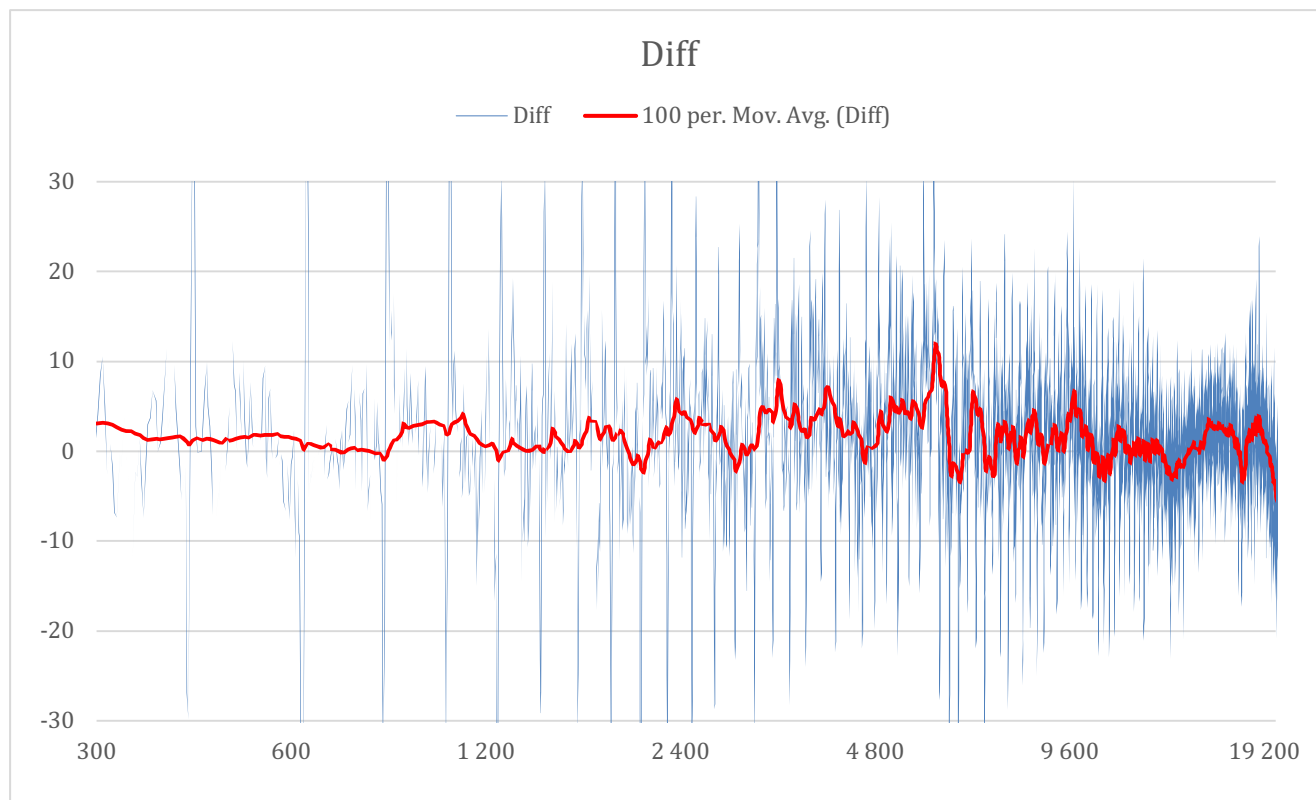
Förstudien visade att den mänskliga faktorn är märkbar, men är relativt liten och studien kunde fortsätta som planerat.

3.2 Förstudie 2

Den andra förstudien genomfördes för att se hur om de båda rummen hade så pass stor inverkan på resultatet att det inte skulle vara någon mening att jämföra violiner inspelade i de olika lokalerna.

Nedan följer en graf över Karpatyviolinerna inspelade på både Edsberg och Göteborgs Konserthus och en graf över differensen mellan dessa kurvor. I båda graferna visar x-axeln dB och y-axeln Hz. Ett g^\sharp på violinens mörkaste sträng, g-strängen, spelades nära stallet i båda mätningarna för att få en rik övertonsserie. I den andra grafen är den blåa kurvan den faktiska skillnaden mellan graferna och den röda ett genomsnitt över hundra mätpunkter. Här visas högre dB i Göteborg än på Edsberg som positivt på y-axeln och tvärt om som negativt.





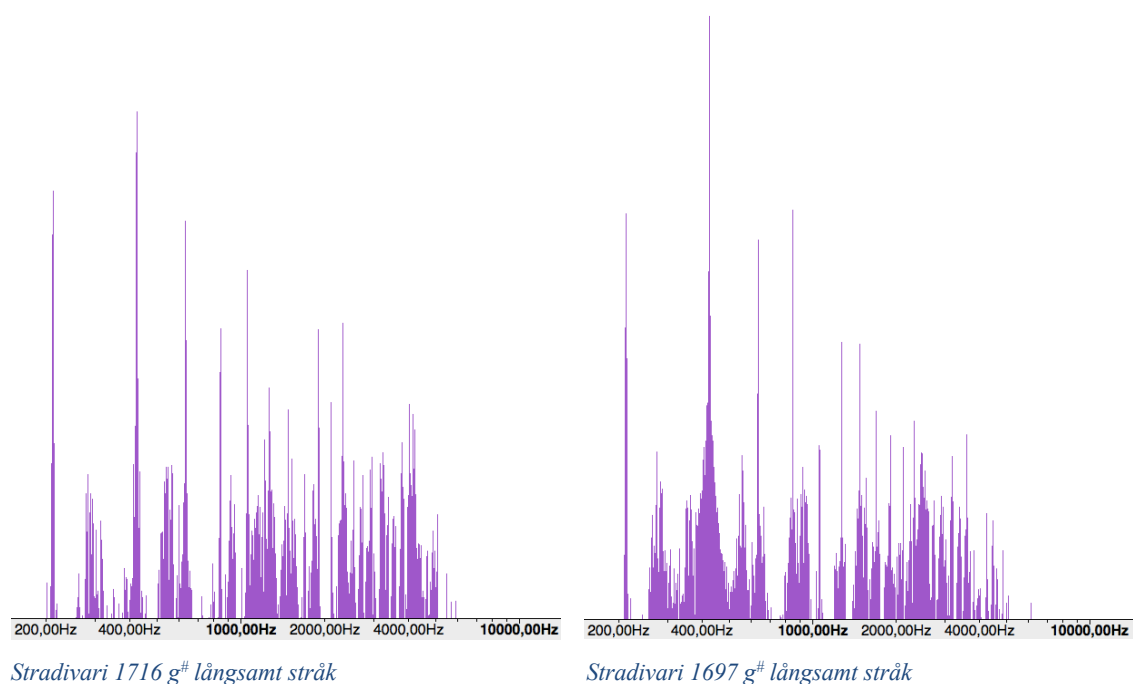
Av graferna kan utläsas att violinen spelats något starkare eller varit något närmare mikrofonen i Göteborgs Konserthus. Dessutom har jag spelat tonen cirka 2 Hz högre i Göteborg vilket förklarar varför den blåa kurvan i andra grafen pendlar upp och ner vid varje överton. Utöver detta så finns det en topp runt 6000 Hz. Varför Göteborgs konserthus skulle vara starkare vid denna frekvensen skulle kunna bero på en stående våg mellan golv och tak, men eftersom taket var av ett ganska mjukt material är det troligare att det beror på något violintekniskt. Övertonerna runt 7500 Hz är något starkare på Edsberg vilket förmodligen beror på det hårdare taket, men skillnaden är ganska liten och fioler mellan de båda rummen bör fortfarande kunna jämföras med detta i åtanke.

3.3 Huvudstudie

Eftersom Stradivaris instrument från hans gyllene period anses vara de mest välklingande violinerna kommer instrumenten jämföras med Stradivarin från 1716.

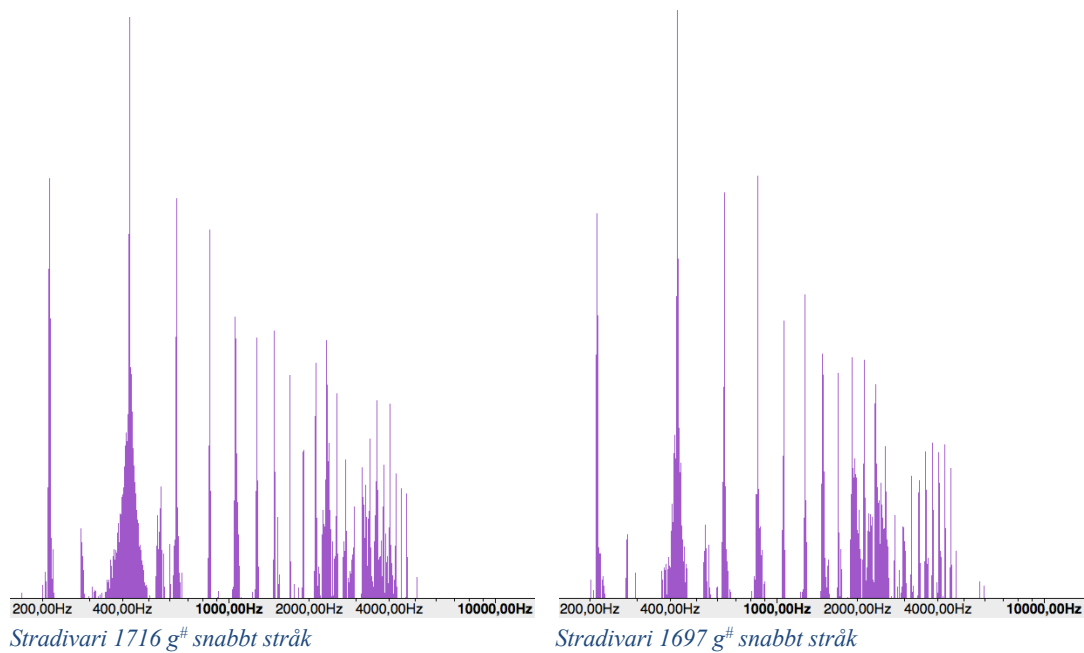
3.3.1 Violinerna av Stradivari

Nedan följer graferna över Stradivariviolinerna när ett g[#] spelas med låg stråkhastighet på g-strängen nära stallet.



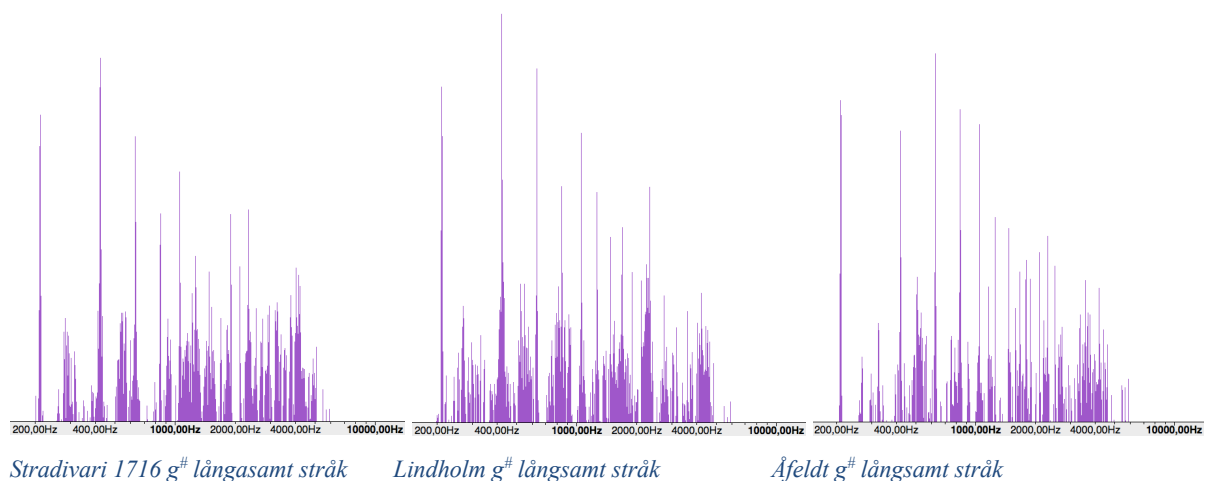
Den första övertonen som har en frekvens runt 420 Hz är förhållandevis starkare hos den tidigare Stradivarin samtidigt som övertonerna över 2000 Hz är starkare hos den senare.

Nedan följer grafer över samma ton fast med snabbt stråk mitt emellan stall och greppbräda.



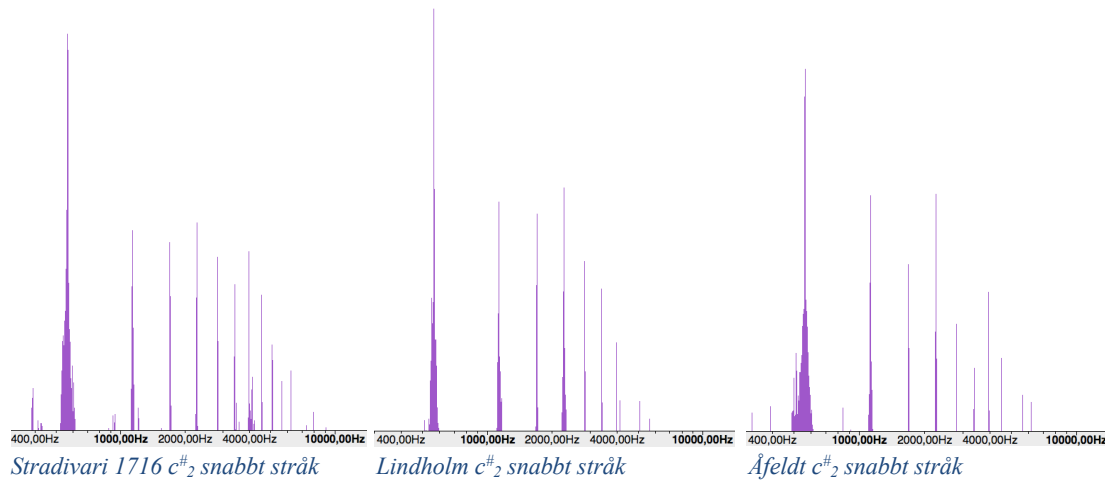
Även om fiolerna är byggda med många års mellanrum ser man här att det är samma byggare. Endast små skillnader är synliga som att övertonerna runt 4000 Hz är aningen starkare hos Stradivarin från 1716.

3.3.2 Stradivari, Lindholm och Åfeldt



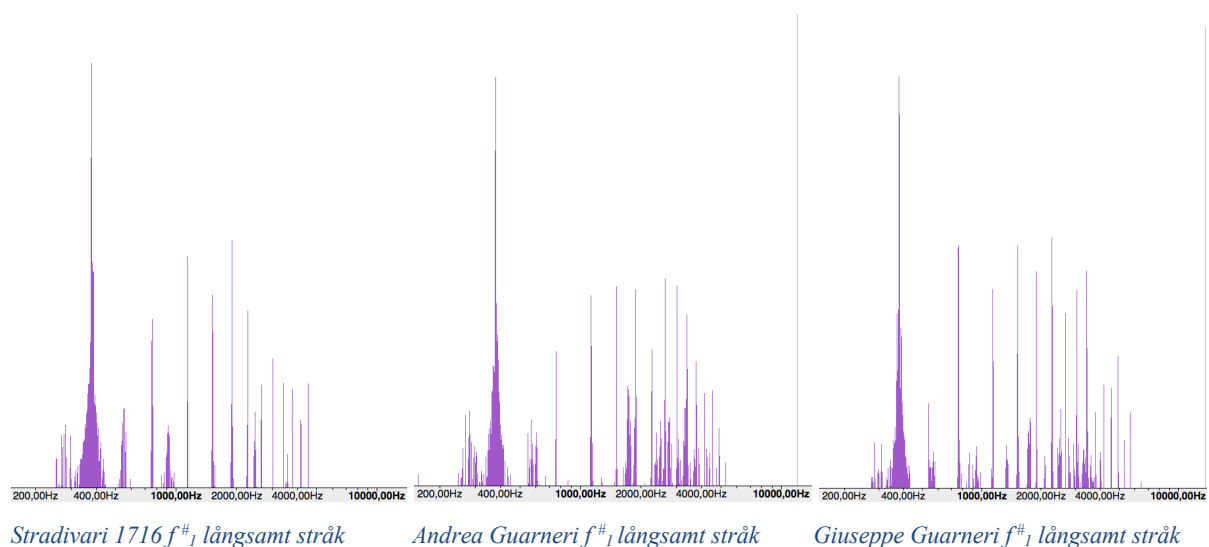
De tre fiolerna ovan är alla byggda efter samma modell, men ligger i tre skilda prisklasser. Stradivarin är värd 10-tals miljoner, Lindholmen 180 000 och Åfeldtviolinerna är ett svenskt hemmabygge som jag själv limmat ihop och lackerat. Stradivarin och Lindholmen har liknande form på övertonsserien. Lindholmens första överton är något starkare men

Stradivarin har en aning starkare övertoner strax över 4000 Hz. Åfeldt har lyckats att imitera Stradivari ganska bra, men de första övertonerna i grafen matchar inte riktigt Stradivarins, samtidigt som övertonerna över 4000 Hz är svagare.



Ovan är tre grafer från ett ljusare register. Även här syns det att Stradivarins övertoner runt 4000 Hz är något starkare än hos de andra fiolerna. I övrigt är även i det här registret Lindholmen väldigt lik Stradivarin medan formen på Åfeldten övertonsserie skiljer sig något.

3.3.3 Andrea och Giuseppe Guarneri



Ovan är grafer över när ett $f^{\#}_1$ spelas på Stradivarin från 1716 och båda Guarneriviolinerna. Det intressanta med dessa grafer är att Guarneriviolinerna, som är kända för ett mörkare ljud, har något starkare ljusa övertoner i förhållande till grundtonen än Stradivarin. Särskilt Giuseppe's violin skiljer sig från de andra två då de första övertonerna är väldigt starka.

3.4 Sammanfattning

Förstudierna visade att varken stråktekniken eller akustiken i de olika rummen påverkade resultatet tillräckligt mycket för att göra studien otillförlitlig. I huvudstudien visades att Stradivarin från 1716 hade något starkare övertoner runt 4000 Hz än både Stradivarin från 1697 och de nya violinerna byggda efter samma modell. Guarneriviolinerna, som är byggda efter en annorlunda modell, visade starka övertoner ända upp till 5000 Hz.

4 Diskussion

Att gamla, fina italienska violiner är underbara att spela på kan nog de flesta violinister skriva under på, men att se tydliga skillnader i frekvensgrafer mellan fiolerna var svårare än förväntat. Utmärkande för Stradivarin från 1716 var kanske att den hade något starkare övertoner strax över 4000 Hz än de nyare kopiorna. Kanske beror det på att träet som åldrats i över 300 år resonerar något starkare med dessa frekvenser.

Kan man då se på frekvensgraferna hur violinen man tycker låter bäst skiljer sig från de andra? Om man tycker att Stradivarin från 1716 låter bäst så kan man ana de utmärkande övertonerna runt 4000 Hz.

Finns det tydliga skillnader mellan dyrare och billigare instrument som kan utläsas ur graferna? För att med säkerhet besvara den här frågeställningen skulle ett bredare urval av mindre värdefulla violiner behövs. I studien finns bara en violin som inte skulle kunna användas i professionella sammanhang, nämligen Åfeldt-violinen. Med detta sagt, kan man se att Åfeldt-violinen har svagare övertoner i vissa omfång jämfört med de dyrare instrumenten. Att se skillnad mellan Lindholmen, som är värd 180 000, och Stradivarin från 1716, som är värd 10-tals miljoner, var svårare än förväntat.

Finns det märkbara skillnader mellan frekvensgraferna hos gamla italienska fioler och nybyggda instrument? Genom att bara kolla på frekvensgraferna skulle jag inte med säkerhet

kunna avgöra om ett instrument var en gammal italiensk fiol eller en nybyggd fiol av hög klass. Om detta i sin tur beror på att de gamla violinerna inte är bättre eller att min mätning inte är exakt nog, kan inte besvaras i den här undersökningen.

4.1 Slutsats

Som violinist har undersökningen inte påverkat sättet jag spelar nämnvärt, men gett mig större förståelse för violiners akustik och vad som utmärker dyrare instruments klang. Detta kommer i sin tur hjälpa mig när jag provar nya instrument och strängar.

4.2 Felkällor

En människa kan aldrig spela exakt lika dant flera gånger i rad. Däremot kan jag, till skillnad från en mekanisk stråkarm, anpassa mig för att få ut den bästa klangen ur instrumentet.

Ens eget instrument låter alltid bättre än något man aldrig spelat på innan. Därför kan min egen violin, Karpaty 2014, låta något mer övertygande i inspelningarna.

Violinerna spelades in i två olika rum. Stradivari-, Guarneri-, Lupot- och Haahtiviolinerna spelades in i Göteborg och resterande instrument spelades in på Edsbergs Slott i Sollentuna. Karpatyviolinerna mättes i båda rummen för att se hur rummen påverkade resultaten. I försöket på Edsberg blev det något starkare övertoner i vissa höga register vilket kan bero på att taket i rummet är hårdare och därför dämpar höga frekvenser mindre. Violinerna spelades också in på olika dagar vilket gör att skillnader i luftfuktighet kan ha påverkat klangen.

På Gudagninin sitter metallindade sensträngar på D- och G-strängen vilket ger en något svagare, men enligt många, vackrare klang. Alla de andra instrumenten hade olika typer av metallindade syntetiska strängar. I den här studien fanns det ingen möjlighet att byta strängar på alla instrument, men om studien skulle göras om skulle resultatet bli mer tillförlitligt om samma sorts strängar satt på alla violiner.

4.3 Framtida projekt

Om undersökningen skulle göras om skulle alla violinerna haft samma strängar och spelats in i samma rum. En ytterligare förbättring skulle vara om flera inspelningar görs på alla instrument och att ett genomsnitt av dessa jämförs. Även ett annat urval av fioler skulle kunna

förbättra studien. I denna undersökning användes enbart väldigt fina gamla fioler och nyare fioler i olika kvalitéer. Därför blir frågeställningarna om skillnad i pris och ålder snarlika. Därför skulle några fioler från 1700-talet av sämre kvalitet möjliggjort att särskilja frågeställningarna om pris och ålder bättre.

Precis som många violinister föredrar äldre instrument, anses stråkarna som byggdes i Frankrike på 1800-talet vara de bästa. Som framtida projekt skulle det vara intressant att även undersöka violinens stråke ur olika aspekter. Stråkstångens hårdhet, ljudhastigheten genom träet, stråkstångens egenfrekvens och böjens utformning skulle kunna mätas och därefter jämföras med hur de olika stråkarna påverkar ljudet ur violinen. Att stråken påverkar klangen är alla överens om, men att mäta dessa skillnader kräver ännu högre precision från både violinist och inspelningsanordning än vad som var nödvändigt för denna undersökning.

Referenser

Fraenkel, Lars, Gottfridsson, Daniel & Johansson, Ulf (2012). *Impuls Fysik 2*. Stockholm: Gleerups.

Hill, William (1931/2017). *The violin makers of the Guarneri Family*. New York: Dover Publications.

Jean-Baptiste Vuillaume (2019). tarisio.com. Hämtad 2019-04-05 från https://tarisio.com/cozio-archive/browse-the-archive/makers/maker/?Maker_ID=809

Johnson, Chris & Courtnall, Roy (1999). *The art of violin making*. London: Robert Hale.

Nicolas Lupot (2019). tarisio.com: Nicolas Lupot hämtad 2019-04-05 från https://tarisio.com/cozio-archive/browse-the-archive/makers/maker/?Maker_ID=402