

AKADEMIE MÚZICKÝCH UMĚNÍ V PRAZE

HUDEBNÍ A TANEČNÍ FAKULTA

Studijní program: Hudební umění

Studijní obor: Varhany

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

STŘEDOTÓNOVÁ LADĚNÍ A JEJICH MODIFIKACE

Daniel Knut Pernet

Vedoucí práce: doc. Jaroslav Tůma

Oponent práce: odb. as. Josef Popelka

Datum obhajoby: 1. června 2016

Přidělovaný akademický titul: BcA.

Praha, 2016

ACADEMY OF PERFORMING ARTS IN PRAGUE

MUSIC AND DANCE FACULTY

Study programme: Music art

Specialisation: Organ

BACHELOR THESIS

MEANTONE TEMPERAMENTS AND THEIR MODIFICATIONS

Daniel Knut Pernet

Supervisor: doc. Jaroslav Tůma

Examiner: odb. as. Josef Popelka

Date of defence: 1st June 2016

Awarded academic degree: BcA.

Prague, 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma

Středotónová ladění a jejich modifikace

vypracoval samostatně pod odborným vedením vedoucího práce a s použitím uvedené literatury a pramenů.

Praha, dne

.....

Daniel Knut Pernet m. p.

Upozornění

Využití a společenské uplatnění výsledků diplomové práce, nebo jakékoliv nakládání s nimi je možné pouze na základě licenční smlouvy tj. souhlasu autora a AMU v Praze.

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval svým rodičům Ing. Jitce Pernetové a Ing. Pavlu Pernetovi za jejich podporu za celé dosavadní studium na Akademii múzických umění v Praze a panu docentu Jaroslavu Tůmovi za nesmírně trpělivou pedagogickou práci a laskavý přístup při mém vzdělávání.

Tuto práci věnuji všem jejím čtenářům s upomínkou stého výročí nástupu na trůn posledního českého krále, jejich c. a k. veličenstva bl. Karla I.

Abstrakt

Tato práce se věnuje středotónovým laděním, na která se snaží nahlížet nikoli z pohledu současné doby, jak je v jiných odborných pracích zvykem, nýbrž z pohledu středověkého pozorovatele zvyklého na pythagorejské ladění a pythagorejské uvažování.

V práci je nastíněn vývoj hudebních ladění; nejprve se mluví o intervalech, poté o jejich vzájemné interakci a nakonec o vývoji hudebního myšlení pozdního středověku. Jsou nastíněny podmínky vzniku středotónových ladění a jako model mezistupně je použito ladění Španěle Bartholomea Rama de Pareia.

Široká část práce je věnována archicembalu a problematice umístování dvojitých černých kláves na nástroje se středotónovým laděním. Samotný závěr práce přináší přehled nejdůležitějších ladění i s postupy, jak se ladí.

Abstract

This bachelor thesis focuses on meantone temperaments, on which is trying to view not from a view of current time, like in others theses, but from a view of medieval observer, who is accustomed to pythagorean tuning and pythagorean thinking.

In the thesis is sketched progress of musical tunings; at first is written about intervals, then about their interaction and then about progress of musical thought of late Middle Ages. There are sketched conditions of creation of meantone temperaments, like a model of an interstage is applied the tuning of Spaniard Bartholomeo Ramos de Pareia.

Large part of thesis is devoted to archicembalo and issues of placing the divided black keys on the instruments with a meantone temperament. There is a summary of most important tunings and procedures of their tuning on the end of the thesis.

Obsah

Předmluva	1
1. Úvod	2
2. Systematika intervalů	4
2.1. Velikosti intervalů užívaných ve středotónových laděních	6
2.2. Vznik komat.....	9
3. Nástroje vhodné pro středotónová ladění	13
4. Podmínky vzniku nového ladění na přelomu 15. a 16. století.....	14
4.1. Přirozené ladění.....	15
4.2. Přirozené ladění Gioseffa Zarlina	16
5. Vznik nového ladění.....	20
5.1. Ladění jako dělení oktávy na 12 půltónů	21
5.2. Problematika půltónů	22
6. Popis nejdůležitějších středotónových ladění	23
6.1. Pythagorejské ladění	23
6.2. Pareiovo ladění	24
6.3. 1/4 koma středotónové ladění.....	25
6.4. 1/3 koma středotónové ladění.....	26
6.5. 2/7 koma středotónové ladění.....	26
6.6. 1/5 koma středotónové ladění.....	26
6.7. Enharmonické modifikace středotónových ladění	27
6.8. Rovnoměrně temperované ladění	27
7. Závěr	28

8.	Seznam použité literatury	29
9.	Přílohy	30

Seznam příloh

Příloha č. 1 – tabulka velikostí příznačných intervalů nejdůležitějších středotónových ladění (v centech)

Příloha č. 2 – detail kláves varhan v klášterním kostele švýcarské obce Bellelay

Příloha č. 3 – vyobrazení klaviatury archicembala v Zarlinově spisu *Le istituzioni harmoniche*

Příloha č. 4 – klávesnice obdobného archicembala od Nicolò Vicentina

Předmluva

Tato práce vznikla z několika důvodů; samotná její existence byla podmínkou úspěšného zakončení mého bakalářského studia na Hudební fakultě Akademie múzických umění v Praze, výběr tématu pak byl ovlivněn zejména mou nespokojeností se stavem současné české literatury na toto téma; existují publikace, které mi připadají buď nedostatečné ve svém rozsahu, nebo ve způsobu přístupu k dané problematice.

Takzvaná stará hudební ladění jsou dnes znovu v oblibě, téměř až v módě, chtěl-li by se však o nich něco dozvědět laik, jsou mu často předložena pouze kusá tvrzení o různých velikostech základních intervalů, záhy a bez dobrého vysvětlení doplněná pro hudebníky nezřídka nesrozumitelnými matematickými vzorci. Z hlediska hudebního vývoje odmítám popisovat některá ladění na základě nutnosti rozdělení oktávy na dvanáct půltónů a snažil jsem se z toho důvodu v tomto duchu psát i svou práci. Za poslední rok jsem obdržel mnoho dotazů na problematiku hudebních ladění, které mne přiměly ještě hlouběji uvažovat o samotné podstatě hudby, opožděně zde skrze výklad odpovídám na tyto dotazy. Dále si dovoluji vycházet z dříve publikovaných prací na podobná témata, ač s nimi leckdy nesouhlasím, ať již jsou díly mých předchůdců z HAMU či díly erudovaných hudebních vědců.

Jsem si vědom skutečnosti, že práce nejde zcela do hloubky a všech podrobností celé problematiky, principy středotónových ladění totiž obtížné nejsou a v podrobnosti látky existuje dobře zpracovaná zahraniční literatura, kterou si dovoluji zmínit ve zdrojích. Tato práce se především snaží v českém jazyce nastínit vývoj a situaci středotónových ladění od jejich počátků až do vrcholné fáze vývoje.

1. Úvod

Středotónové ladění (německy *mitteltönige Stimmung*, anglicky *meantone temperament*) je termín pocházející z první poloviny 16. století, který označoval zcela nový systém hudebního ladění, při kterém se jako výchozí interval s preferovanou čistotou použila přirozená velká tercie namísto přirozené čisté kvinty, použité při konstrukci ladění pythagorejského. Název středotónové ladění snad pochází odvozením z čistého didymického ladění, které mělo (dle tehdejších definic, platných ale i dnes) mezi 1. a 3. stupněm durové stupnice (c-e) velkou tercii ve své přirozené velikosti, jež byla rozdělena na dva celé tóny nestejně velikosti (c-d, d-e). Středotónové ladění má tu vlastnost, že zachovává přirozenou velikost velké tercie mezi 1. a 3. stupněm, ale 2. stupeň stupnice ladí přesně doprostřed, odtud pochází i název, čímž rozděluje velkou tercii na dva stejně velké celé tóny. Ladění 2. stupně doprostřed mezi 1. a 3. stupeň však mělo i pythagorejské ladění, které se do té doby běžně užívalo, nicméně to používá místo přirozených velkých tercií tercie pythagorejské, samy o sobě disonantní. Obecně platná definice jakéhokoliv nemodifikovaného středotónového ladění je následující:

Středotónové ladění je takový způsob ladění, při kterém se všechny kvinty zmenší o stejnou část didymického komatu.

Jakkoli toto pravidlo může znít příliš konkrétně, dá se aplikovat na všechna středotónová ladění (s výjimkou některých enharmonických modifikací). Protože však tato definice popisuje i ladění, která mají jiný název, rozumí se obvykle pod pojmem středotónové ladění takový systém, který klade před čistotou kvint důraz na čistotu tercií. Kvůli úspoře textu je v samotném textu práce pod heslem středotónové ladění myšlena jedna specifikace – totiž 1/4 koma středotónové ladění. Takové zjednodušení však používaly i staré rukopisy a některé hudebně teoretické tisky.

Příklady jsou demonstrovány na tzv. **kvintovém kruhu** – v tzv. oktávovém systému (o tom dále) je jej použito právě z toho důvodu, aby pokryl všechny tóny daného ladění, svou velikostí sedmi půltónů popíše všech dvanáct půltónů oktávy právě proto, že čísla 7 a 12 jsou nesoudělná; kvinta je navíc

použita z toho důvodu, že se svým frekvenčním poměrem 3:2 je již dle Pythagora jedním z člověku nejpřirozenějších intervalů. Pakliže se v oktávovém systému místo kruhu kvintového užije kruhů **terciových**, popsat lze pouze čtvrtinu až třetinu tónů (neboť čísla poměrů 3 ku 12 pro malou a 4 ku 12 pro velkou tercii jsou soudělná velmi dobře), pro popis všech tónů systému je proto nutné užít terciových kruhů tří až čtyř.

Pro popis starších ladění je ale lepší použít **kvintovou řadu**, která se na svých koncích nespojuje a tím nenaznačuje podobnost nebo snad stejnost dnes enharmonicky zaměnitelných tónů na okraji ladění, jako dis-es nebo gis-as.

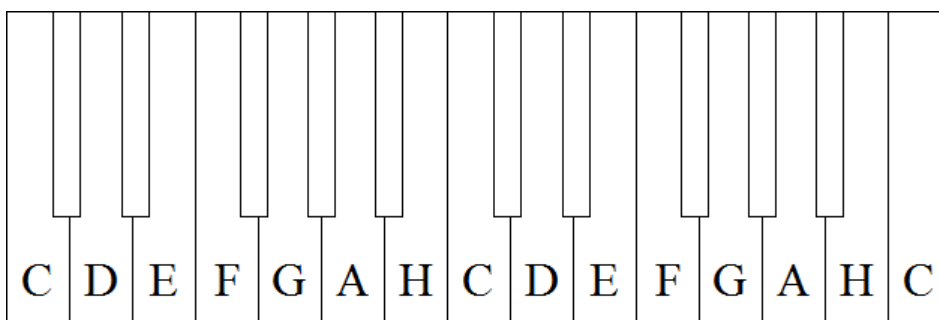
2. Systematika intervalů

Ve všech systémech ladění, vytvořených pro nástroje využívající principy diatoniky Quidona z Arezza, se dají popsat hierarchicky tři (popř. čtyři, pokud ladění neuznává enharmonickou záměnu) druhy intervalů:

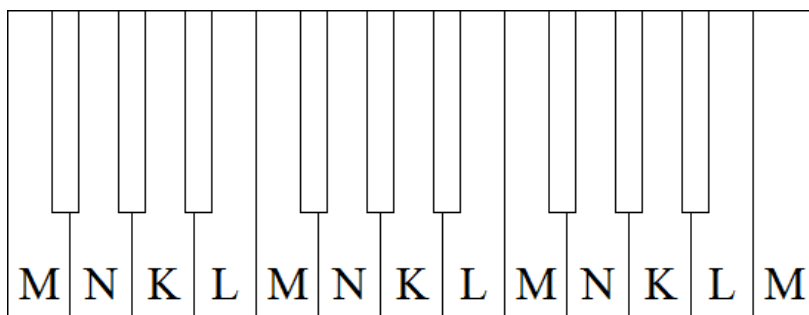
- 1) Interval systematizující
- 2) Interval s preferovanou čistotou
- 3) Interval laděný
- 4) Interval vlčí

1) Interval systematizující jsou v daném ladění intervaly, které spojují tóny stejného názvu, vytvářejí tudíž základní kostru hudebního systému, kterou si dnes ani neuvědomujeme, či ji považujeme za zcela samozřejmou, neboť v evropském prostředí se mezi lety 500 – 2000 používal téměř výlučně systém oktávový, to znamená, že tóny stejného názvu (C-c, E-e,...) spojuje právě vzdálenost jedné čisté oktávy, popř. jejího celočíselného násobku.

Dole: Uspořádání tónů oktávového systému do klaviatury.



Vzácnou výjimkou z oktávového systému může být praxe *Musicae enchiriadis* v 9. stol., vycházející z uspořádání tónů do tetrachordů - do kvintového systému.¹ Hypotetická klaviatura pro takové uspořádání má již na první pohled strukturu své diatoniky jinak, ve všech nemodifikovaných laděních (pythagorejské či základní středotónová) jsou ale na první pohled paradoxně absolutní velikosti všech intervalů identické se systémem oktávovým.



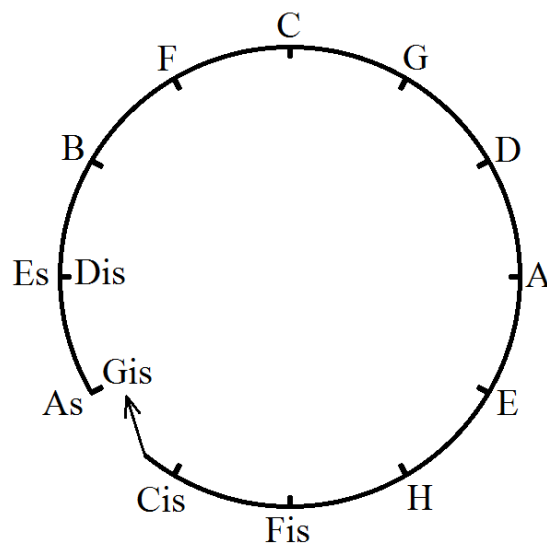
Vlevo: Uspořádání tónů kvintového systému do hypotetické klaviatury.

2) Intervaly s preferovanou čistotou jsou takové intervaly, jejichž čistotu dané ladění upřednostňuje; v pythagorejském ladění se jedná o čisté kvinty, ve středotónových laděních naopak o velké (i malé) tercie. Ne vždy je nutné, aby byly intervaly s preferovanou čistotou přirozené, tj. bez záněžů, důležité je pouze jejich upřednostňování v přirozené čistotě před ostatními intervaly. Jakost těchto intervalů se může v diatonických stupnicích na rozdíl od intervalů systematizujících **měnit** – typickým příkladem je v oktávovém systému mezi šesti čistými kvintami přítomnost jedné kvinty zmenšené (H-F). Kvintový systém, který tuto anomálii vyrovnává, naopak přináší mezi třemi čistými oktávami jednu oktávu zvětšenou (M-L), pro lepší pochopení rozložitelnou na čistou kvintu a tritón.

3) Do široké skupiny **laděných intervalů** se řadí všechny **ostatní** čisté, velké či malé intervaly, které se v daném systému a ladění vyskytují. Od své přirozené velikosti se často odlišují, ovšem ku prospěchu čistoty intervalů systematických a intervalů s preferovanou čistotou.

¹ FINSCHER, Ludwig, Britta CONSTAPEL a Sabrina QUINTERO (eds.). Die Musik in Geschichte und Gegenwart: allgemeine Enzyklopädie der Musik begründet von Friedrich Blume. 2., neubearb. Ausg. Kassel: Bärenreiter, 2008. ISBN 3-7618-1100-4.

4) O intervalech vlčích má smysl mluvit pouze za předpokladu enharmonického chápání intervalů, usnadňujícího zápis hudby již od středověku. Vlčí intervaly jsou na první pohled falešně znějící zbytky, spojující okraje daného ladění, vznikající vrstvením intervalů přirozených či svou velikostí intervalům přirozeným se blížících. Jsou to bez výjimky intervaly **zmenšené** a **zvětšené**. Nejčastěji zmiňovaným takovým intervalem je **vlčí kvinta** (Wolfsquinte). Projdeme-li kvintový kruh jednou dokola začínající na tónu as, dojdeme přes tóny es, b atd. v jedenácti krocích až k tónu cis. Dvanáctým krokem k uzavření kvintového kruhu je kvinta cis-gis, protože však tón gis lze enharmonicky zaměnit s tónem as, dvanáctý krok již existuje sám o sobě jako cis-as, v takzvané vlčí kvintě, ve skutečnosti ale zmenšené sextě. Vlčí intervaly tedy samy o sobě **nejsou falešné**, jsou naopak v daném ladění naprosto správnou verzí intervalů zmenšených či zvětšených.



2.1. Velikosti intervalů užívaných ve středotónových laděních

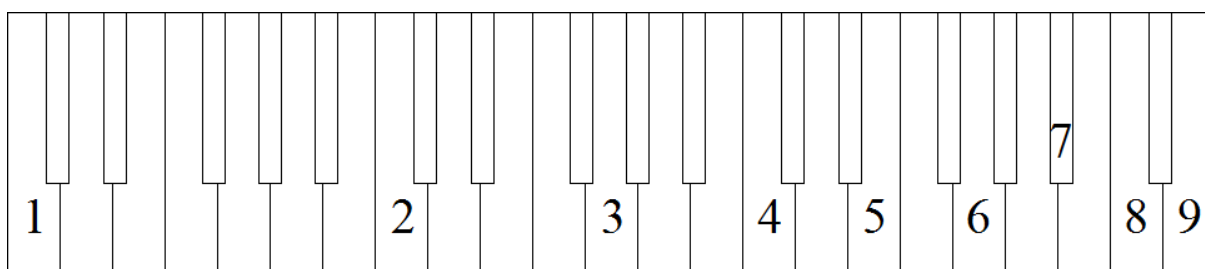
Matematika intervalů je především matematikou poměrů vyjádřených ve formě zlomku, jedině tak totiž zůstane velikost vyjadřovaného intervalu naprosto přesná. V případě rovnoměrného rozdělení intervalu na několik stejných menších intervalů je nutné použít odmocnění.

Frekvence kmitání tělesa se udává jednotkou Hertz (Hz), čím rychleji těleso kmitá, tím vyšší je zvuk – bylo by krásně jednoduché, kdyby frekvence kmitání byly aritmetickou záležitostí, totiž kdyby interval jedné oktávy znamenal frekvenční rozdíl 10 Hz apod. Takový systém by však neměl oporu v logice ani v přírodě – žádné kmitání má hodnotu 0 Hz a frekvence tónu C je 65 Hz, pokud by frekvence nějakého intervalu byla fixní, např. oktávy s velikostí 10 Hz, znamenalo by to, že při snížení tónu C o šest oktáv by byla produkována frekvence 5 Hz, při snížení o další půloktávu 0 Hz – ale to je přeci stav, kdy

těleso nekmitá, to by znamenalo, že tón, který je o šest a půl oktávy nižší než tón C, neexistuje, což se přičí vší logice. Vyjadřování frekvence je zcela záležitostí geometrickou, totiž, že jednotlivé intervaly nemají velikosti vyjádřené v Hz, ale v poměrech Hz – tedy, že velikost intervalu 10 Hz + 20 Hz není stejná jako velikost intervalu 100 Hz + 110 Hz, ale intervalu 100 Hz + 200 Hz.

Velikosti přirozených intervalů a tedy i velikosti poměrů výšek obou tónů intervalů v Hz vycházejí zcela z řady vyšších harmonických tónů, tedy z excitovaných stavů tónu základního. Zní-li základní tón struny/otevřené píšťaly C, pak jejím rozpůlením/přefouknutím zní tón s dvojnásobnou frekvencí – o čistou oktávu vyšší. Dojde-li k roztřetí/dalšímu přefouknutí, zní tón s trojnásobnou frekvencí – o čistou duodecimu vyšší. Při rozčtvrcení/dalším přefouknutí zní tón o dvě oktávy vyšší, se čtyřnásobnou frekvencí. Pro představu výšek vyšších harmonických tónů i s jejich číslem uvádím obrázek níže:

Dole: Nejzákladnější vyšší harmonické tóny na klaviatuře.



Málokdo se zamyslí nad tím, proč zní interval přirozené čisté oktávy lidskému uchu tak příjemně a jednotně; jednota oktávy je totiž natolik nesmírná, až je považována za samozřejmou. Snad je odpovědí to, že z hlediska vyšších harmonických tónů je oktáva hned po primě nejjednodušším intervalem, vznikne zkrácením struny na přesnou polovinu, frekvence v Hz je dvojnásobná. Veškeré počítání s přirozenou čistou oktávou je spjato s číslem 2, ve zlomku $\frac{2}{1}$.

Je-li frekvence tónu C 65 Hz a chceme-li spočítat frekvenci tónu o oktávu vyššího, je nutno vynásobit frekvenci číslem 2, neboť 2 značí oktávu. Výsledný tón c má poté frekvenci $65 \text{ Hz} \times 2 = 130 \text{ Hz}$. Dojde-li ke zvýšení o další oktávu, mohlo by se zdát snadné přičíst znovu dalších 65 Hz, oktáva vzniká ale

násobením číslem 2, tedy $130 \text{ Hz} \times 2 = 260 \text{ Hz}$. Zvýšení o další oktávu by bylo $260 \times 2 = 520 \text{ Hz}$.

Počítání s dalšími intervaly je již nepohodlnější, jsou příliš velké, mnohem představitelnější je počítat s intervaly menšími než oktáva. Jak tedy spočítat velikost přirozené pythagorejské čisté kvinty nebo přirozené středotónové velké tercie, tedy intervalů, které hrány na nástrojích znějí čistě, tedy bez zánějů?

Přirozená čistá kvinta je obsažena ve vyšších harmonických tónech pod číslem tři – není ovšem ve velikosti kvinty, nýbrž duodecimy, tedy kvinty s oktávou. Protože se v Evropě používá systém oktávový (tóny vzdálené o oktávu mají stejný název, jen jinou polohu), není nic jednoduššího, než duodecimu rozdělit na oktávu a kvintu – tedy kvintu spočítat jako duodecimu bez oktávy, na klaviatuře výše je to zkrácení intervalu 1-3 o interval 1-2. Duodecima má číslo 3, oktáva číslo 2, jejich odečtením vznikne kvinta – a rozdíl se provede nikoli aritmeticky, ale opět geometricky, tedy dělením – kvinta má tedy velikost:

$$\text{kvinta} = 3 : 2 = \frac{3}{2}$$

Je-li čistá kvarta rozdíl oktávy a kvinty, vznikne opět jejich podělením, tedy:

$$\text{kvarta} = \frac{2}{1} : \frac{3}{2} = \frac{2}{1} \times \frac{2}{3} = \frac{2 \times 2}{1 \times 3} = \frac{4}{3}$$

Přirozená velká tercie, o kterou jde ve středotónovém ladění především, má na klaviatuře výše číslo 5 – aby však nebyla ve velikosti septdecimy, je nutné ji zkrátit o dvě oktávy.

$$\text{velká tercie} = \frac{5}{1} : \frac{4}{1} = \frac{5}{1} \times \frac{1}{4} = \frac{5}{4}$$

Přirozenou malou tercii lze spočítat dvojím způsobem – buď jako čistou kvintu bez velké tercie nebo jako rozdíl 6. a 5. vyššího harmonického tónu, oba způsoby jsou popsány níže:

$$\text{malá tercie} = \frac{3}{2} : \frac{5}{4} = \frac{3}{2} \times \frac{4}{5} = \frac{12}{10} = \frac{6}{5}$$

$$\text{malá tercie} = 6 : 5 = \frac{6}{5}$$

Jak již bylo řečeno výše, základní středotónové ladění má tu vlastnost, že stejně jako přirozené didymické ladění zachovává čistou velikost velké tercie mezi 1. a 3. stupněm (např. c-e), ale 2. stupeň stupnice nerozděluje tercii na velký a malý celý tón, nýbrž se naladí přesně doprostřed, čímž tercii rozdělí rovnoměrně.

Didymický velký celý tón jsou dvě na sebe postavené přirozené čisté kvinty bez oktávy – například c-g-d'-d. Didymický malý celý tón je rozdíl přirozené velké tercie a velkého celého tónu.

$$\text{didymický velký celý tón} = \frac{3}{2} \times \frac{3}{2} : \frac{2}{1} = \frac{9}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{9}{8}$$

$$\text{didymický malý celý tón} = \frac{5}{4} : \frac{9}{8} = \frac{5}{4} \times \frac{8}{9} = \frac{40}{36} = \frac{10}{9}$$

$$\text{středotónový celý tón} = \sqrt{\frac{5}{4}} = \frac{\sqrt{5}}{\sqrt{4}} = \frac{\sqrt{5}}{2}$$

Středotónová kvinta vznikne rovnoměrným rozdělením vzdálenosti mezi 1. a 5. vyšším harmonickým tónem, tedy přirozené velké tercie se dvěma oktávami, na čtyři stejně velké díly.

$$\text{středotónová kvinta} = \sqrt[4]{\frac{5}{1}} = \sqrt[4]{5}$$

2.2. Vznik komat

Středotónových ladění se týká několik malých hudebních intervalů, označovaných souhrně jako komata, kommata nebo též kommy. Jsou to přirozeně vznikající rozdíly mezi velikostmi intervalů nebo mezi některými tóny, mající svůj původ v prvočíselné nesoudělnosti. Často se dají nalézt mezi

enharmonicky zaměnitelnými tóny nebo mezi intervaly stejného názvu, ale jiné velikosti z důvodu jejich různého původu.

Již dva po Pythagorovi největší antičtí hudební vědci Aristoxenos z Taranta (kolem 360 př. Kr. – asi 300 př. Kr.) a Klaudios Ptolemaios (asi 85 – asi 165) popisují dvě koma – koma pythagorejské a koma syntonické neboli didymické.

Pythagorejské koma:

V pythagorejském ladění se dá pythagorejské koma označit také jako enharmonické koma – je rozdílem mezi dnes enharmonicky zaměnitelnými tóny, např. cis-des, his-c, e-fes. Protože ale pythagorejské ani středotónové ladění enharmonickou záměnu neznají, je pythagorejské koma zcela žádoucí, neboť právě díky němu se dají takové tóny oddělit.

Začneme-li na tónu c' a ladíme-li od něj přirozené čisté kvinty směrem vzhůru (c'-g'-d''-a''-...), přičemž vždy, když je to možné, skočíme v ladění o přirozenou čistou oktávu dolů z toho důvodu, abychom zůstali v dobře slyšitelné střední poloze laděného nástroje (d''-d'-...-e''-e'-...-fis''-fis'-...), dojdeme po dvanácti kvintách (snížených sedmkrát o oktávu) k tónu his, který je od s ním dnes enharmonicky zaměnitelného tónu c' o pythagorejské koma vyšší.

$$\text{pythagorejské koma} = \left(\frac{3}{2}\right)^{12} : \left(\frac{2}{1}\right)^7 = \frac{3^{12}}{2^{12}} \times \frac{1^7}{2^7} = \frac{3^{12}}{2^{19}} = \frac{531441}{524288}$$

Syntonické koma:

Protože je syntonické koma záležitost velkých tercií, je někdy označováno i jako středotónové koma. V pythagorejském ladění jsou velké tercie disonantní, v nejčistším středotónovém ladění (o tom dále) pak absolutně konsonantní – bez záznějů. Syntonické koma je rozdíl mezi těmito dvěma terciemi.

Pythagorejská tercie vzniká navrstvením čtyř přirozených čistých kvint na sebe, zkrácených o dvě oktávy (c-g-d'-a'-e''-e'-e), přirozená velká tercie pak vychází z řady vyšších harmonických tónů.

$$\text{pythagorejská velká tercie} = \left(\frac{3}{2}\right)^4 : \frac{4}{1} = \frac{3^4}{2^4} \times \frac{1}{4} = \frac{81}{16} \times \frac{1}{4} = \frac{81}{64}$$

$$\text{přirozená velká tercie} = \frac{5}{1} : \frac{4}{1} = \frac{5}{1} \times \frac{1}{4} = \frac{5}{4}$$

$$\text{syntonické koma} = \frac{81}{64} : \frac{5}{4} = \frac{81}{64} \times \frac{4}{5} = \frac{244}{240} = \frac{81}{80}$$

Schisma:

Nejmenším přirozeně vznikajícím intervalem přítomným ve starých laděních je schisma, vzdálenost 100x menší než celý tón. Je rozdílem mezi pythagorejským a syntonickým komatem, vzniká tedy v místech, kde se bije čistota kvint a tercií, nejspatřitelnější je v Pareiově ladění, kde je v některých místech (gis-as, dis-es) jako enharmonické koma. Vzhledem k malé velikosti schismatu se ale Parejovo ladění na nástroje se zdvojenými semitonii nepoužívá.

$$\text{schisma} = \frac{531441}{524288} : \frac{81}{80} = \frac{42515280}{42467328} = \frac{32805}{32768}$$

Malá diesis:

Obdobou enharmonického komatu pythagorejského ladění (např. cis-des) ve formě pythagorejského komatu je v 1/4 koma středotónovém ladění malá diesis. Intervalem s preferovanou čistotou je velká tercie, malá diesis je rozdíl mezi oktávou a třemi přirozenými velkými terciemi (např. c-e-gis-his).

$$\text{malá diesis} = \frac{2}{1} : \left(\frac{5}{4}\right)^3 = \frac{2}{1} \times \frac{64}{125} = \frac{128}{125}$$

Tento interval ve své velikosti může zaznít na některých 1/4 koma středotónových nástrojích po zaznění obou z rozpůlených semitonii, např. gis-as.

Velká diesis:

Enharmonickým komatem 1/3 koma středotónového ladění je velká diesis. Toto ladění bývá ale častěji popisně označováno jako ladění čistých malých tercií.

Intervalem s preferovanou čistotou je malá tercie, velká diesis je poté rozdílem mezi čtyřmi přirozenými malými terciemi (např. fis-a-c-es-ges) a oktávou.

$$\text{velká diesis} = \left(\frac{6}{5}\right)^4 : \frac{2}{1} = \frac{1296}{625} \times \frac{1}{2} = \frac{1296}{1250} = \frac{648}{625}$$

Tento interval by, stejně jako malá diesis, ve své velikosti mohl zaznít na nástroje laděné v 1/3 koma středotónovém ladění s dvojitými semitonii. Vzhledem k řídkému použití tohoto ladění je však pravděpodobnost takové možnosti mizivá.

3. Nástroje vhodné pro středotónová ladění

Jakkoli by bylo lze středotónové ladění naladit (někdy po malých konstrukčních úpravách) na libovolný hudební nástroj, z důvodu složitosti a nežádoucnosti byt' jen malé změny některých intervalů² se jako takové již od svého vzniku používalo a používá téměř výlučně na nástroje s pevným laděním, což jsou ve většině nástroje klávesové. Výška konkrétních tónů ostatních nástrojů byla (a dosud je) při sólové hře podrobena citu a dobrému vkusu hráče, výjimkou by měl být pouze dobrý zvyk sólisty, který při hře, jsa doprovázen nástrojem s pevným laděním, takovému doprovodnému nástroji své ladění přizpůsobuje; zní totiž mnohem lépe malé nedokonalosti pevného ladění než kompilát pevného ladění s laděním přirozeným.

Jak již bylo řečeno v úvodu práce, středotónová ladění jsou systémy upřednostňující přirozenou velikost tercií. Protože jsou zde čisté kvinty většinou mnohem užší než kvinty přirozené, bylo by neskonné ve středotónových laděních zpívat, nebo je ladit na jiné nástroje, nežli nástroje klávesové. Analýzou klávesové hudby 15. století lze vystopovat postupnou tendenci k chápání tercií a sext (vedle oktáv, kvint a kvart) jako konsonant. Dochovanými prameny klávesové hudby před rokem 1500, ve kterých je takový směr dobře patrný, jsou zvláště sbírky Robertsbridge codex, Codex Faenza, Tablature of Adam Ileborgh, Fundamentum organisandi magistri Conradi Paumann a Buxheimer Orgelbuch. Zejména v posledním jmenovaném rukopisu, obsahujícím 256 různě dlouhých skladeb, je patrná polystylovost; velmi horizontální Praeambula jsou často jednohlasou stupnicovou melodií doprovázenou jedno- či vícehlasou prodlevou, na pythagorejské ladění jsou velmi vhodná. V opozici stojí intavolace světských písní bohatě využívající konsonantnost tercií, která ale na pythagorejském ladění nemusí dobře fungovat.

² Při zpěvu nebo hře na dechový nástroj může být intonace velmi nestálá, změna velikosti přirozené velké terciie směrem dolů vede k vytvoření nedisonantní, ale nežádoucí neutrální terciie. Intonace kvinty by byla ještě obtížnější, jako ústupek čistotě tercií je ve středotónových laděních uměle podladěna. Intonovat kvintu v takové velikosti je, zvláště na jednohlasý nástroj, téměř nemožné.

4. Podmínky vzniku nového ladění na přelomu 15. a 16. století

Pro pochopení změn hudebního myšlení, které se udály v 15. století, je nutné uvědomit si situaci hudební teorie do té doby. Středověké učení ve všech oborech bylo velmi teoretické a nesmírně konservativní, právě ale díky středověkému konservatismu se zachovalo mnoho antických památek v takřka nezměněné podobě. Středověkým oknem do starého Řecka byl Boëthius, vlastním jménem Anicius Manlius Torquatus Severinus Boëthius (asi 480 – 524/525). Boëthiova rodina náležela k římské nobile, jeho otec byl významný římský politik a ke konci života dokonce konzul. Mladého Boëthia si oblíbil ostrogótský král Theoderich Veliký a ještě předtím, než jej nechal popravit, mu svěřil vysoký úřad *magister officiorum*. Boëthius měl v plánu sepsat úvod do všech čtyř disciplín *quadrivia*, za svého života však stihl pouze matematiku a hudbu. V traktátu nazvaném *De institutione musica*, rozděleného do pěti knih, detailně popisuje starořeckou hudební teorii, v té době snad ještě doznívající a nepovažovatelnou za zcela vymřelou. Je zvláštní, že ačkoli se Boëthiovo dílo řadí k jedněm z posledních děl starověku, svou funkci plnilo zejména jako pramen středověké a také novověké hudební teorie.

Snad všechny spisy hudebně teoretické a mnohé hudebně praktické zmiňují otázku ladění, totiž rozložení tónů v prostoru dle jejich výšek. Ze starořecké hudební teorie do teorie středověké přešlo především pythagorejské ladění a mody (ovšem pod jinými názvy). Zvláště raný středověk byl ve znamení jednohlasé melodie, ve které se ze starořecké teorie uplatňoval především tzv. diatonický rod – totiž tónový systém dělený na tetrachordy o velikosti čisté kvarty vnitřně dělené na dva celé tóny a jeden půltón (např. e-f-g-a). Méně se již používalo dědictví rodu chromatického – dělení kvarty na malou tercii a půltón (e-f-gis-a) – pozůstatky lze nalézt v kadencích gregoriánského chorálu. Zda se ve středověku užívalo také čtvrttónů rodu enharmonického (e-e*-f-a), dnes nevíme. Z doby, kdy by byl enharmonický rod ještě aktuální, se nedochovaly zcela přesné zápisy, některé neumatické značky však napovídají, že by tomu tak mohlo být.

4.1. Přirozené ladění

Již Boëthius zmiňuje takzvané přirozené ladění a vede spor o to, který starořecký teoretik měl ve velikostech intervalů pravdu. Ve svém díle hojně vycházel z Pythagora, snad i proto kritizuje pro svou revolučnost a matematickou nedokonalost ladění Aristoxenovo, které oproti Pythagorovi používá i přirozené tercie. Zatímco jednohlasému zpěvu raného středověku pythagorejské ladění velice vyhovovalo a bylo velmi dobře teoreticky popsitelné, časem přestaly být jako konsonance chápány pouze oktávy, kvarty a kvinty, ale i tercie, a to vzhledem ke stále složitějším souzvukům vícehlasé hudby. Dá se předpokládat, že již ve čtrnáctém století, v období zvaném *Ars nova*, začaly být tercie chápány jako konsonance, nová tří- až čtyřhlasá faktura si vymohla vertikálnější chápání hudby a čisté ladění již využívalo přirozených velkých i malých tercií. Čisté ladění by snad co do zvuku mohlo být ideálním řešením pro nástroje s pevným laděním, problém je velká pohyblivost jeho tónů, které jsou od sebe navzájem odvozovány, zvláště, zpívají-li se chromatismy. Při modulacích (do nepřilíživě vzdálených tónin) jsou pak disonantní již i ty nejzákladnější souzvuky.

Autoři *Artis novæ* začali být harmonicky velmi vynalézaví, problém byl, měl-li být zpěv doprovázen klávesovým nástrojem, či měla-li být na klávesovém nástroji hrána transkripce takové skladby. V italském rukopisu z poloviny 15. století *Codex Faenza* se nachází takových intavolací nebo variací na téma známé skladby několik, pravdou ovšem je, že na rozdíl od vokálních skladeb z tohoto rukopisu jsou klávesové skladby pouze dvouhlasé a velice vertikální, o harmoniích se zde téměř nedá hovořit. Navíc rukopis obsahuje mnoho listů s texty o hudební teorii, kde se popisují poměry výšek tónů, které zcela přesně odpovídají pythagorejskému ladění. Přirozené a pythagorejské ladění se bije právě ve velikostech tercií a sext a záhy se ukázalo, že zvláště vícehlasé skladby zpívané nebo hrané na nástroje s volnou výškou tónu při své interpretaci inklinují k interpretaci v čistých intervalech, tedy intervalech vycházejících z přirozené harmonické řady.

Intervaly snadno zpívatelné čistě, tj. bez zánějů jsou tyto:

1. Čistá prima (c-c, f-f), poměr frekvencí 1:1
2. Čistá oktáva (c-c', f-f'), poměr frekvencí 2:1
3. Čistá kvinta (c-g, f-c'), poměr frekvencí 3:2
4. Velká tercie (c-e, f-a), poměr frekvencí 5:4

Ve středověké teorii se bezvýhradně počítalo se zastoupením čisté primy, oktávy i kvinty. Velká tercie se v ladících teoriích snad po více než tisíci letech objevila až v traktátu španěle Bartholomea Rama de Pareia *Musica Practica*, vydaném roku 1482, přesnou tabulku vizte dále. Zajímavé je, že jeho teorie rozdělení tónů je místy totožná s teorií alexandrijského matematika druhého století Klaudia Ptolemaia. Pareiova modifikace pythagorejského ladění rozladila kvintu g-d' výměnou za změnu čtyř nejčastěji používaných velkých tercií z pythagorejských na přirozené. Takové ladění mohlo již dobře vyhovovat dobové hudební praxi i na klávesové nástroje. Nevýhodou bylo, že další čtyři tercie zůstaly pythagorejské a kvinta g-d' ve své velikosti přibližně 680 centů byla již silně disonantní.

4.2. Přirozené ladění Gioseffa Zarlina

O tom, že se v klávesové literatuře poloviny 15. století objevovaly v místech konsonancí stále častěji velké tercie, máme mnoho dochovaných rukopisů – zmínit lze kupříkladu tabulaturu *Fundamentum Organisandi* slepého norimberského varhaníka Conrada Paumanna, snad největšího mistra před Paulem Hofhaimerem. Mnoho míst v jeho skladbách však napovídá, že stále ještě počítal s nemodifikovaným pythagorejským laděním.

Práce Gioseffa Zarlina na poli hudební teorie je velmi významná, jakkoli některé její plody nebyly jinými hudebními vědci a zvláště hudebníky dále rozvíjeny. Je totiž velmi důsledně a přehledně sepsána a vydána. Velká část jeho

práce má detailně popsaný aritmetický základ, díky čemuž lze jeho myšlenky přesně rekonstruovat.

Jeho *Le Dimostrazioni Harmoniche* z roku 1571 je pak zcela aritmetické dílo, většinu knihy tvoří matematické tabulky všech hudebních intervalů, modů, komat, o kterých mělo v té době smysl mluvit, doplněné podrobným komentářem.

Na rozdíl od Pythagora, který pro poměry svých intervalů užíval svého tetrachordu 1-2-3-4, bylo jádrem Zarlinovy práce číslo 6, jež nazývá „senario“. Z čísel 1-2-3-4-5-6 odvozuje, stejně jako Pythagoras, poměry 2:1 pro oktávu, 3:2 pro kvintu a 4:3 pro kvartu, dále svou teorii rozšiřuje o intervaly založené na přirozených terciích, tedy 5:4 velkou tercií, 4:5 pro malou tercií a 5:3 pro velkou sextu. Protože však převrácením malé terciie pro svůj poměr 8:5 malá sexta obsahuje číslo 8, nebyla nejdříve v teorii zahrnuta, až později ji, až nerad, Zarlino zahrnul a své „senario“ tak rozšířil na „ottonario“, které však již obsahovalo pro něj nepoužitelné číslo 7. Ostatní intervaly odvozoval z intervalů, které již měl. Tím vytvořil své přirozené ladění, respektované dodnes, s tímto uspořádáním:

c 1:1, d 9:8, e 5:4, f 4:3, g 3:2, a 5:3, h 15:8, c 2:1

4.3. Zdvojená semitonia klávesových nástrojů jako výdobytek konsonantního chápání tercií

Nesmírně cennou informací organologickou je fakt, že Pareia byl pro čistotu pouhých čtyř velkých tercií ochoten obětovat čistotu kvinty g-d do té míry, že ji od její přirozené velikosti snížil o syntonické koma – přibližně čtvrtinu půltónu – což jednu z při hře nejpoužívanějších kvint velmi rozladí, taková kvinta je jen o schisma, tedy téměř zanedbatelně, čistší než tzv. vlčí kvinta v pythagorejském ladění. Stavba zdvojených semitonií u klávesových nástrojů přináší jediné řešení – posunutí vlčí kvinty do ještě zřídka hranější polohy nástroje. Otázka zní, byli by pozdně středověcí varhanáři ochotni obětovat čas a nemalé finance do stavby pythagorejsky laděných zdvojených semitonií v době,

kdy nebyla ani všeobecně rozšířená zvyklost stavět vždy všech pět semitonů v oktávě, a za situace, kdy čistota několika tercií byla přednější než přítomnost kvinty téměř vlčí velikosti v nejhranější poloze nástroje? Pokud byla kvinta v bezmála vlčí velikosti snesitelná v nejhranější poloze nástroje, jak by mohla být nesnesitelnou na okrajích ladění, kde je ve zvuku přímo žádoucí upozornit na fakt, že se jedná o tóninu vzdálenou? Zdvojená semitonia tedy nebyla rozšířením používaným pro lepší hru na pythagorejské ladění, ale byla vynucena tendencí k zachování přirozené velikosti tercií.

Tuto teorii potvrzuje i fakt, že v první zmínce o rozdělených klávesách pro enharmonicky zaměnitelné tóny (v kontraktu o stavbě varhan z 12. října 1480 pro katedrálu sv. Martina v toskánské Lucce)³ měly mít varhany doplňkové klávesy pro velkou tercii od tónu h (dis) a malou tercii od f (as). Pokud by byla stavba doplňkových kláves zamýšlena jako rozšíření možností hry na čisté pythagorejské ladění, nebylo by v kontraktu odvozeno umístění nových tónů pomocí tercií.

Prudká změna, jak je často popisována, ze změny pythagorejského na středotónové ladění, která proběhla kolem roku 1500, zřejmě nebyla natolik rychlá, ale začala postupným upřednostňováním přirozených tercií před přirozenými čistými kvintami i v ladění klávesových nástrojů v druhé polovině 15. století zřejmě v reakci na stále častější používání konsonantních tercií.

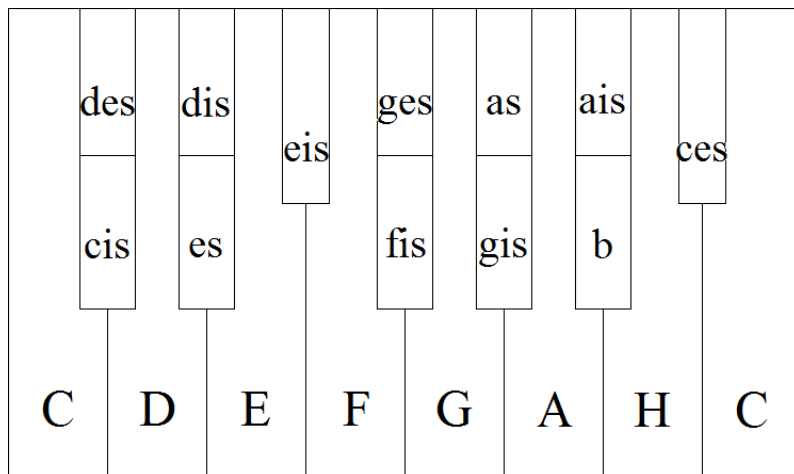
Skutečnosti, že 1/3 koma středotónové ladění dokáže rozdělit oktávu na 19 téměř shodných dílů (o tom podrobněji v přehledu ladění), si byli vědomi i stavitelé cembal 16. století a spolu s hudebními teoretiky (jako Nicola Vicentino) dali vzniknout archicembalu, nástroji s devatenácti klávesami v oktáv, na který bylo lze hrát diatonicky čistě (bez enharmonické záměny) v jakékoli tónině.

³ RATTE, Franz Josef. *Die Temperatur der Clavierinstrumente: Quellenstudien zu den theoretischen Grundlagen und praktischen Anwendungen von der Antike bis in 17. Jahrhundert*. Kassel: Bärenreiter, 1991. Veröffentlichungen der Orgelwissenschaftlichen Forschungsstelle im Musikwissenschaftlichen Seminar der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. ISBN 3-7618-0962-X.

Sled osmnácti kvint mezi devatenácti tóny archicembala byl následující:

ces-ges-des-as-es-b-f-c-g-d-a-e-h-fis-cis-gis-dis-ais-eis

Mezi eis a ces sice byla takzvaná vlčí kvinta (ve skutečnosti dvojnásobná sexta), ale její velikost ve 1/3 koma středotónovém ladění byla pouze o necelý cent menší než velikost kvinty, proto svému účelu sloužila i jako kvinta fes-ces nebo eis-his.



40. kapitola II. dílu Praetoriovy Syntagmy nese název *Clavicymbalum Vniversale, seu perfectum* a je nejen podrobným popisem archicembala, ale i návodem k notaci hudby a použití předností tohoto nástroje. Před samotnou

zmínkou o tom, že se s takovým cembalem, postaveným „gar sauber und sehr fleissig“ ve Vídni kolem roku 1589, setkal v Praze u Carla Luytona, píše ještě Praetorius doporučení varhaníkům, aby si, pokud to bude možné, na cembalech a varhanách nechali zdvojit kromě klávesy dis také klávesu gis. Dis takovým způsobem, aby bylo přirozenou velkou tercií od tónu h, a gis takovým způsobem, aby bylo přirozenou malou tercií od tónu f – myšleno tedy tón as. Tato nepatrná zmínka je cenným pramenem k poznání, že se v Praetoriově okolí zřejmě klávesa mezi d a e ladila jako **es** a klávesa mezi g a a jako **gis**.

5. Vznik nového ladění

První zmínka o středotónovém ladění se nachází v knize Arnolta Schlicka *Spiegel der Orgelmacher und Organisten* z roku 1511. Vedle středotónového ladění popisuje ještě své vlastní ladění varhan, popis je ale velmi nepřesný. V literatuře existuje mnoho pokusů o interpretaci popisu jeho ladění. Jisté je pouze to, že vzhledem ke svému stylu psaní byl Schlick zřejmě spíše pythagorejského zaměření. V historii nacházíme mnoho případů, kdy teoretický popis následuje zažitou praxi – Schlick zmínil nové ladění s důrazem na čistotu tercií zcela samozřejmě, dá se tedy usuzovat, že se praktikovalo již delší dobu. Schlick navíc píše:

„So ist im Laufe der letzten zwölf Jahre ein Werk gebaut worden, das hatte doppelte Semitonien im Manual und Pedal.“⁴

Vzhledem k tomu, že zdvojená semitonia jsou konstrukcí naprosto typickou pro nástroje předem určené ke středotónovému naladění, je dobře možné, že již dvanáct let před Schlickovým spisem, tedy roku 1499, středotónové ladění existovalo v natolik rozvinuté formě, že si vymohlo nevídanou a drahou konstrukci nástroje v podobě zdvojených semitonií nejen v manuálu, ale i pedálu.

Schlick dále vysvětluje přednost středotónového naladění nástroje v přirozených velikostech tercií a obhajuje tím rozladění kvint:

„Daß aber die Quinten gegen ihre Natur gezwungen werden, tiefer zu schweben, geschieht nicht ohne Grund. Ließe man sie rein und gut, dann wurden die Terzen viel zu hoch. Um diesem Übelstand zuvorzukommen, muß man die Quinte schwächer und tiefer einziehen.“⁵

⁴ SCHLICK, Arnolt. *Spiegel der Orgelmacher und Organisten*. 1511, s. 34. „Tak byl během posledních dvanácti let postaven stroj, který měl dvojité semitonia (černé klávesy) v manuálu a pedálu.“

⁵ SCHLICK, Arnolt. *Spiegel der Orgelmacher und Organisten*. 1511, s. 35. „Že ale kvinty, oproti jejich přirozené velikosti, chvějí (jsouce ve velikosti užší), není bezdůvodné. Pokud by byly zanechány čistými a dobrými, tercie by byly příliš velké. Aby se předešlo tomuto nedostatku, musí se kvinty natáhnout (naladit) slaběji a níže.“

5.1. Ladění jako dělení oktávy na 12 půltónů

Středověká praxe modálního zpěvu nepoužívala naostřených chromatických tónů mnoho, jako historicky první „černá klávesa“, byť ve zpěvu, se objevila dvojakost tónu b na **b rotundum** a **b quadratum**, podle tvaru písmene v zápisu hudby kulaté nebo hranaté b. Z b quadrata vznikl tón h, z b rotunda pak tón b, dnes chápaný jako snížené h, v té době byly ale b a h dvě rovnocenné varianty téhož tónu. Další chromatické tóny se objevily naostřením, často v kadencích (např. do kvarty g-c bylo oblíbené dojít z citlivější stoupavé kvarty fis-h). Postupem času se takové naostřené tóny staly rovnocennějšími tónům základním a byly zřejmě stále více disponovány do nástrojů. V knize *Musique et tempérament* od Pierre-Yvese Asselina je zmíněno, že kolem roku 1450 Henri Arnaut de Zwolle jako první, kdo je znám, sjednotil enharmonicky zaměnitelné tóny a zmínil dělení oktávy na dvanáct půltónů.⁶ Že by enharmonicky zaměnitelné tóny (cis-des, fis-ges) sjednotil, pravda úplně není; ve svém spise má mnoho perfektně provedených ilustrací, ve kterých velice důsledně rozlišuje mezi tónem vzniklým snížením (des z tónu d) a tónem vzniklým zvýšením (cis z tónu c). Předkládá ale také několik ilustrací klávesových nástrojů, na kterých je jasně vidět rozdělení oktávy na 12 půltónů. Ve svém díle není osamocen, ve stejné době vzniklo vícero traktátů s podobným popisem tónového systému a dělení oktávy. Henri Arnaut de Zwolle působil na území dnešní Belgie, rozsah jím popsaných nástrojů byl chromaticky H-f'' pro varhany, H-a'' pro clavisimbalum a H-h'' pro clavichord. Z jižního Německa ve stejné době vzešel rukopis, dnes známý jako tabulatura Buxheimer Orgelbuch, ve kterém je na listu 169r popsán rozsah dobových varhan – stejně jako u Henriho Arnauta chromaticky H-f''. V samotné tabulatuře se ovšem důsledně rozlišuje mezi hraním tónu gis nebo as, dis nebo es. Nebylo ale samozřejmostí, aby měl nástroj všechna semitonia, dnes černé klávesy, vždyť ještě Arnolt Schlick r. 1511 píše:

⁶ SCHOLLEOVÁ, Barbora. *Nerovnoměrná ladění v historii a dnešní praxi*. Praha, 2012, s. 11.

„Orgelwerke oder Positive, ... desgleichen andere Instrumente, ... wie Klavichorde, Klavizimbeln, ... die semitonien haben, können unmöglich überall recht eingezogen und wohlklingend gestimmt werden.“⁷ Z této věty „nástroje, které mají semitonia“, jasně vyplývá, že nástroj mít všechna semitonia nemusel, ba mohl mít třeba pouze diatonické klávesy.

5.2. Problematika půltónů

V pythagorejském ladění se používalo hlavně diatonických církevních stupnic, samotné teoretické traktáty často ani jiné půltóny než e-f, a-b, b-h a h-c nepopisují. S rozvojem chromatiky na konci středověku přibývaly půltóny, až se objevily klávesnice s oktávou dělenou na dvanáct tónů.

S rozvojem enharmonického chápání tónů se smazaly rozdíly půltónů diatonických a chromatických.

Diatonický půltón (e-f) je interval mezi dvěma různými tóny, mezi sebou vycházejícími většinou z církevních modů.

Chromatický půltón (f-fis) je interval mezi dvěma variantami téhož tónu, vzniká zvýšením či snížením.

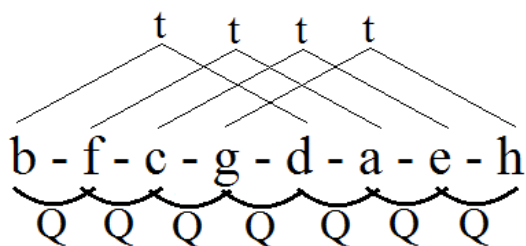
Není proto logické, aby půltón diatonický a půltón chromatický měl stejnou velikost z toho důvodu, že má nejen jiný způsob vzniku, ale odvozuje se i od jiného tónu a v hudbě má zcela jinou funkci. Skutečnost, že velikosti diatonických a chromatických půltónů jsou ve středotónových laděních (kromě rovnoměrně temperovaného) různé, tyto logické důvody zcela reflektuje.

⁷ SCHLICK, Arnolt. *Spiegel der Orgelmacher und Organisten*. 1511, s. 34.

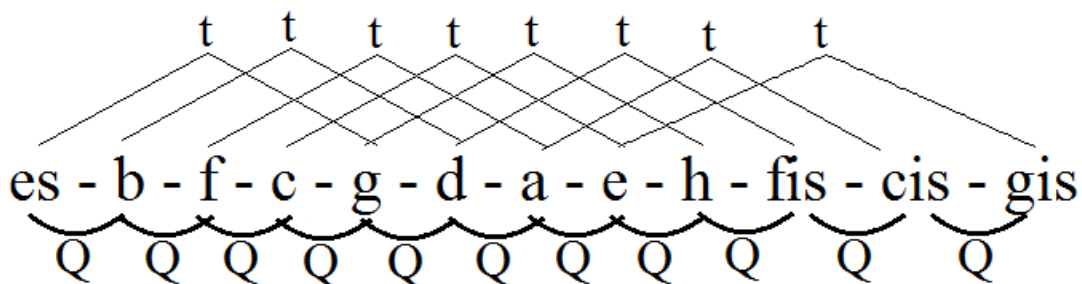
6. Popis nejdůležitějších středotónových ladění

6.1. Pythagorejské ladění

Zvláště ve středověku bylo pythagorejské ladění používáno více jako popis tónového prostoru než jako popis systému ladění nějakého nástroje. Objev tohoto ladění se připisuje již Pythagorovi ze Samu, nejlegendárnějšímu z antických filosofů matematiků. Pythagoras ovšem rozhodně nevyvinul systém dvanáctitónového ladění pro hudební nástroje. Z kusých zpráv, co o něm a jeho škole máme, vyplývá, že pouze řešil problematiku dělení tetrachordu o velikosti přirozené čisté kvarty. Dají-li se ovšem dvě takové kvarty na sebe, vznikne pythagorejská durová diatonika. S přidáním ještě jedné kvinty na středověké rozlišování tónu b/h vznikl systém, popisovaný po několik staletí v mnoha traktátech od Boëthia až do konce 15. století, tedy tisíc let.



Způsobem, uvedeným na obrázku vlevo, byl popisován diatonický systém. Ostatní tóny, semitonia, pokud jimi nástroj disponoval, byly chápány jako chromatické doplňky a jejich značení zdaleka nebylo jednotné, v teoretických traktátech se někdy ani neobjevovalo. Nejčastější způsob značení, používaný též v německých tabulaturách až do 18. století, bylo enharmonické sjednocení semitoníí dis/es, gis/as apod. pod symboly cf, df, ff, gf.



Q = přirozená čistá kvinta

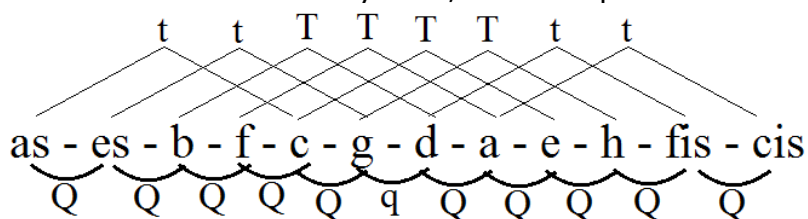
t = pythagorejská tercie

Postup ladění nástroje byl jednoduchý. Po stanovení referenčního tónu (kterým mohl být jakýkoli tón, nikoli nutně dnešní komorní a) se od něj odvozovaly kvinty směrem nahoru i dolů, přičemž se nejčastěji ob kvintu učinil oktávový skok - kvůli tomu, aby se nejprve naladily tóny přibližně vprostřed

rozsahu nástroje, neboť tam je ladění nejsnazší. Po naladění všech tónů oktávy se naladily čisté oktávy všech tónů celého rozsahu nástroje.

6.2. Pareiovo ladění

Velmi konstruktivní modifikací pythagorejského ladění je systém, který ve svém traktátu o hudbě z roku 1482 popsal Bartholomé Ramos de Pareia. Vyšel z ladění pythagorejského, jedinou změnou, kterou provedl, bylo, že začal naladěním přirozené velké tercie f-a⁸, ostatní tóny naladil čistě pythagorejsky – v kvintovém kruhu od tónu as do tónu g byly samé přirozené kvinty, stejně jako mezi tóny d a cis. Kristian Wegscheider a Helmut Werner v komentáři o ladění Arnolta Schlicka z roku 1511 tvrdí, že Schlickovo ladění vychází z ladění pythagorejského, stejně jako ladění Pareiovo.⁹ To je jistě pravda, vždyť většina čistých kvint Pareiova ladění je přirozených. Nicméně přirozená velká tercie není umístěná náhodně, nachází se zcela uprostřed ladění, čímž dal Pareia najevo, že právě čistota této a dalších třech velkých tercií je prioritou; čistota kvint je brána zřejmě spíše jako dobový úzus, než jako Pareiova výsostná preference. Arnolt Schlick o 29 let později píše, že nejpoužívanější velké tercie (a proto tercie zvláště vhodné k přirozenému naladění) jsou f-a, c-e, g-h, což, jak je dobře vidět na zákresu kvintové řady dole, dobře odpovídá Pareiovu záměru.



Q = přirozená čistá kvinta

T = přirozená velká tercie

q = kvinta snižená o syntonické koma

t = pythagorejská tercie

⁸Intervalem f-a (ovšem ne odvodit f od a, ale a od f!) doporučuje začít nástroj ladit i Michael Praetorius ve druhém díle své *Syntagmy Musicum*, tón f označuje jako „Chormessiger oder rechter Thon, nach deme sich das Instrument leiden wil.“

⁹ WEGSCHEIDER, Kristian; WERNER, Helmut. Richtlinien zur Erhaltung wertvoller historischer Orgeln. *Studien zur Aufführungspraxis und Interpretation von Instrumentalmusik des 18. Jahrhunderts*. 1981, Heft 12.

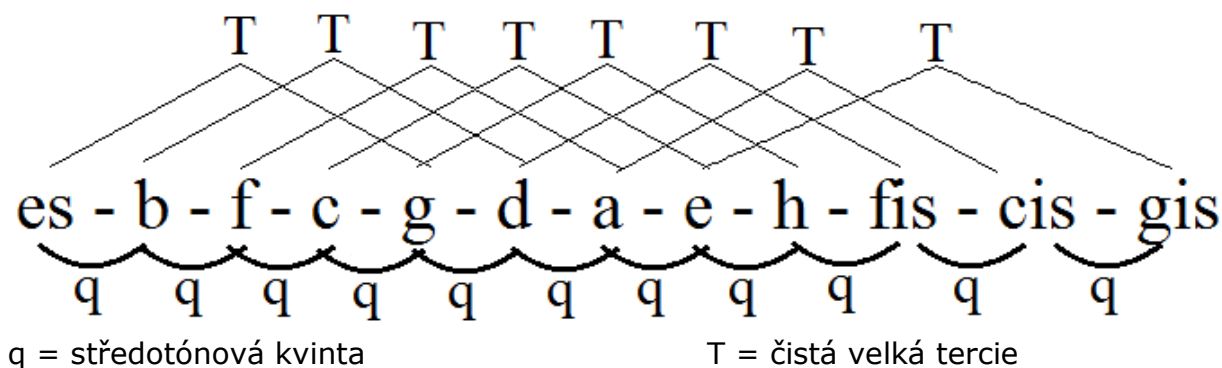
6.3. 1/4 koma středotónové ladění

Použije-li se bez jakékoli specifikace termín středotónové ladění, v drtivé většině případů je jím myšleno 1/4 koma ladění. Již výše byly zhruba popsány principy ladění.

Co ale znamená „1/4 koma“? Tento zlomek neznačí nic jiného, než míru temperace čistých kvint. Komatem je zde ovšem myšleno koma syntonické, tedy rozdíl mezi čistou a pythagorejskou tercií.

V ladění tohoto systému se postupuje jednoduše – jako první se naladí přirozená velká tercie f-a, do níž se vejdu čtyři kvinty, totiž f-c, c-g, g-d, d-a¹⁰. Každou z těchto kvint je oproti jejich přirozené velikosti nutné rovnoměrně rozladit, aby se vešly to tercie f-a; jinými slovy, tóny c, g, d je v intervalu f-a nutné rozmístit rovnoměrně.

Protože čtyři na sebe postavené kvinty dají tercii pythagorejskou a protože je nutné jejich společnou velikost vměstnat do velikosti tercie přirozené, která je od tercie pythagorejské menší o syntonické koma, neznamená zlomek 1/4 nic jiného, než snížení každé ze čtyř kvint právě o čtvrtinu syntonického komatu, v tu chvíli se z nich stanou ještě dobře únosné kvinty středotónové, které ovšem čtyři na sebe postavené již dají zcela konsonantní velkou tercii přirozenou.



¹⁰ PRÆTORIUS, Michael – Syntagma musicum, Tomus secundus de Organographia, s. 152-158.

6.4. 1/3 koma středotónové ladění

Konstrukce tohoto ladění může být zřejmá z popisu ladění předcházejícího – všechny kvinty se sníží o jednu třetinu syntonického komatu. To přináší jednu nesmírnou výhodu – všechny malé tercie jsou přirozené, neboť tři přirozené kvinty (f-c-g-d) snížené dohromady o syntonické koma umožní vměstnání jedné malé tercie mezi d-f, a to ve své přirozené velikosti 315,6 centů.

$$\left(\frac{3}{2}\right)^3 : \frac{81}{80} \times \frac{6}{5} = \frac{27}{8} \times \frac{80}{81} \times \frac{6}{5} = \frac{12960}{3240} = \frac{4}{1} \quad \text{Důkaz výše uvedeného tvrzení}$$

Nevýhodou ladění ovšem je, že velké tercie se svými 379,145 centy již lehce ztrácejí durový charakter a rozdíl mezi chromatickým a diatonickým půltónem je dvojnásobný (63,5 c/126,07 c), což nemusí každému vyhovovat. Významný je ale tento fakt pro konstrukci jednoho z ladění moderní mikrotonální hudby, rovnoměrně dělicího oktávu na 19 dílů (velikost jednoho dílu je $1200 \text{ c} : 19 = 63,158 \text{ c}$, což je téměř nerozeznatelné od chromatického půltónu 1/3 koma středotónového ladění). Na takové rovnoměrně temperované ladění lze hrát z toho důvodu velmi stylově i renesanční a raně barokní klávesovou literaturu.

6.5. 2/7 koma středotónové ladění

Zarlinem popsané ladění stojí na půli cesty mezi klasickým 1/4 koma a velmi úzkým 1/3 koma, díky čemuž jsou velké i malé tercie velmi dobré, téměř čisté. Problém je s laděním tohoto systému; spočítat lze velmi dobře, ale realizace je kvůli složitosti rozdělení 2/7 syntonického komatu věcí spíše náhodnou, přesto existují nástroje (několik varhan v severním Německu), na kterých se toto ladění vyskytuje.

6.6. 1/5 koma středotónové ladění

Konstrukce tohoto ladění je podobná konstrukci 1/3 koma ladění s tím rozdílem, že ladicí praxe je ještě složitější. Po naladění přirozené tercie f-a je

nutné naladit přirozenou kvintu a-e a interval f-e roztemperovat do pěti kvint, kde každá je zmenšena o $\frac{1}{5}$ syntonického komatu. Další tóny je naladit již složitější, tón h se naladí jako přirozená kvinta od e, přičemž e je nutno prozatímně naladit jako čistou tercii od c a poté zpět doladit na velikost temperované kvinty. Tímto postupem lze naladit celý nástroj. Protože je však celá procedura zdlouhavá a nepřesná, toto ladění spolu s $\frac{1}{6}$ koma a dalšími bývá označováno jednoduše jako modifikované středotónové ladění.

6.7. Enharmonické modifikace středotónových ladění

Zvláště ceciliánská hudební tradice má velký problém s interpretací hudby na středotónová ladění – ne, že by za to snad mohla ladění, problém je, že častým využíváním vzdálených tónin je nutná enharmonická výpomoc v podobě disonantního gis-c-es místo as-c-es apod. Jistým (někdy ne nepříjemným ústupkem) může být rozšíření kvint na okraji ladění (např. fis-cis, cis-gis, es-b) ku prospěchu zpřístupnění vzdálených tónin, vlčí "kvinta" přestane být natolik vlčí. Nevýhodou je jistá deformace tercií některých základních akordů a rozšíření disonantnosti z vlčí kvinty na celé pásmo lehce vlčích kvint, např. fis-cis-gis-es-b. Malá disonantnost ale na škodu být vůbec nemusí, slouží totiž jako výborný ukazatel skutečnosti, že se hraje ve vzdálené tónině.

6.8. Rovnoměrně temperované ladění

Již Gioseffo Zarlino nastínil možnost vytvoření ladění, které by rovnoměrně dělilo oktávu na dvanáct půltónů. Jeho teorie však ve své době nezaznamenala širší ohlas a o možnostech rovnoměrné temperace se znovu začalo mluvit až na konci 18. století. Hromadný přechod klávesových nástrojů (zejména klavíru) na rovnoměrně temperované ladění se udál v polovině 19. století.

7. Závěr

V práci jsem se snažil vykládat fakta jiných prací srozumitelněji a s přidáním praktických poznámek a příkladů. Je ale pravda, že proniknout do systémů ladění vyžaduje překonat jistou hranici, kterou jsem mohl nezasvěcenému čtenáři pouze přiblížit.

Je zde podrobně nastíněn vývoj od pythagorejského až k pozdním středotónovým laděním. Při tvorbě byl kladen důraz na srozumitelnost a návaznost terminologickou i faktickou. V práci jsou přítomny četné matematické vzorce, které jsem se snažil počítat srozumitelným způsobem i pro laika.

Práci bych doporučil přečíst zejména lidem se zájmem o problematiku starých ladění kvůli možnosti rozšíření jejich obzorů i kvůli následné interpretaci vhodných skladeb. Nepřinesl jsem ve své práci nová, neznámá fakta, období, kdy byla středotónová ladění živá, skončilo před čtvrt tisíciletím. Snažil jsem se však psát práci z jiného úhlu - totiž ne z pohledu člověka dnešní doby, který poslouchá falešný fis dur středotónových varhan, ale zcela naopak, z pohledu člověka, který vychází z pythagorejského systému a nově příchozí středotónové ladění vnímá jako řešení syntézy pythagorejského a čistého ladění, která otevírá obzor širokým možnostem interpretace i hudební teorie.

8. Seznam použité literatury

ARNAUT DE ZWOLLE, Henri. *Manuskript bez názvu*. circa 1450.

ASSELIN, Pierre-Yves. *Musique et tempérament*. Paris: Costallat, 1985. ISBN 2905335009.

BOËTHIUS, Anicius Manlius Torquatus Severinus. *De institutione musica*. 507.

Buxheimer Orgelbuch. Buxheim, circa 1460.

Codex Faenza. Faenza, circa 1460.

FINSCHER, Ludwig, Britta CONSTAPEL a Sabrina QUINTERO (eds.). *Die Musik in Geschichte und Gegenwart: allgemeine Enzyklopädie der Musik begründet von Friedrich Blume*. 2., neubearb. Ausg. Kassel: Bärenreiter, 2008. ISBN 3-7618-1100-4.

HUTTER, Josef. *Hudební myšlení*. Praha: Dr. Václav Tomsa, 1943.

CHUDÝ, Karel. *Intonace a ladění: Specifika ladění ve smyčcovém kvartetu a rozdíly vůči sólové hře*. Praha, 2012.

KOUKAL, Petr. *Dobře rozladěné varhany: k dějinám hudebního ladění v českých zemích*. 1. vyd. Telč: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Telči, 2013. ISBN 978-80-905631-0-0.

RAMOS DE PAREIA, Bartholomé. *Musica Practica*. 1482.

SCHLICK, Arnolt. *Spiegel der Orgelmacher und Organisten*. 1511.

SCHOLLEOVÁ, Barbora. *Nerovnoměrná ladění v historii a dnešní praxi*. Praha, 2012.

WEGSCHEIDER, Kristian; WERNER, Helmut. Richtlinien zur Erhaltung wertvoller historischer Orgeln. *Studien zur Aufführungspraxis und Interpretation von Instrumentalmusik des 18. Jahrhunderts*. 1981, Heft 12.

9. Přílohy

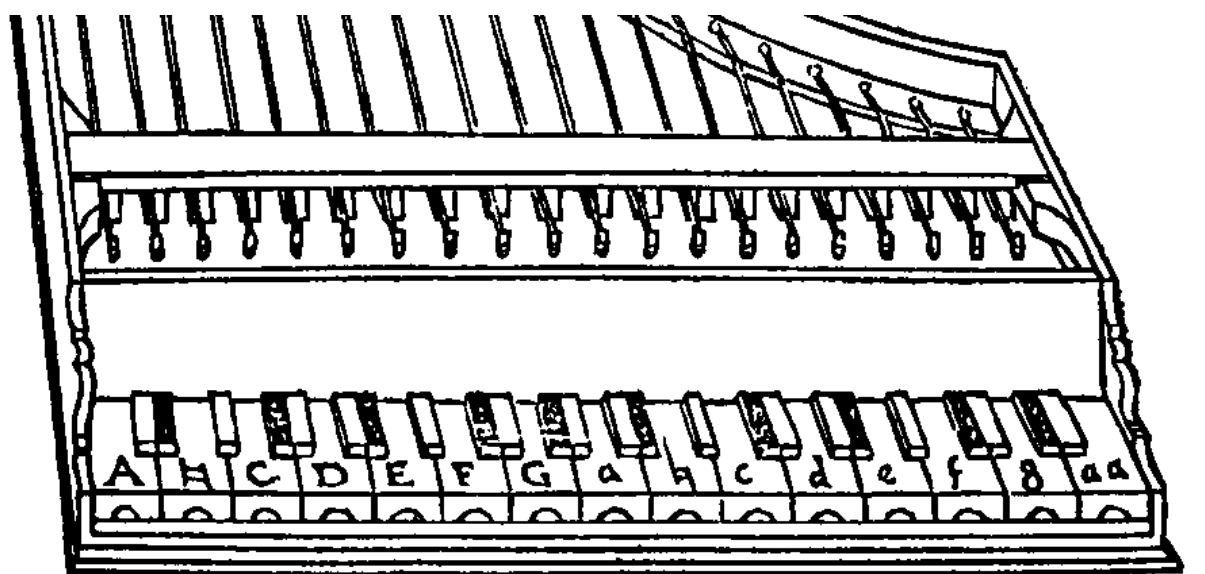
Příloha č. 1 – Velikosti příznačných intervalů nejdůležitějších středotónových ladění (v centech)

ladění	kvinta	vlčí "kvinta"	velká tercie	vlčí "velká t."	malá tercie	diaton. půltón	chrom. půltón
pythagorejské	701,955	678,495	407,820	384,360	294,135	90,225	113,685
rovnom. temp.	700,000	700,000	400,000	400,000	300,000	100,000	100,000
1/5 koma	697,654	725,809	390,615	418,770	307,039	111,731	83,576
1/4 koma	696,578	737,637	386,314	427,373	310,265	117,108	76,049
2/7 koma	695,810	746,086	383,241	433,517	312,569	120,948	70,672
1/3 koma	694,786	757,351	379,145	441,710	315,641	126,069	63,504

Příloha č. 2 – Detail kláves varhan v klášterním kostele švýcarské obce Bellelay



Příloha č. 3 – Vyobrazení klaviatury archicembala v Zarlínově spisu *Le istituzioni harmoniche*



Příloha č. 4 – Vyobrazení klávesnice obdobného archicembala od Nicoly Vicentina

