
Možnosti aplikace matematických znalostí v kontextu praktického provozování hudby



Petr Pařízek

The Application of Mathematical Knowledge in the Context of Music Performance

Abstract: This article focuses on the issue of using some mathematical knowledge about relationships between pitches to better understand the rules of intonation in a chamber orchestra or in a choir, primarily in the context of Baroque or Renaissance music and also, to some extent, contemporary microtonal music. The information presented here can be useful for players or singers as well as conductors or composers. Some crucial differences between intonation styles are mentioned and the danger of possible conflicts of contradictory intonation requirements is discussed. Next, some ideas are suggested for making the rules of proper intonation clear enough to the player so that he/she doesn't need to write down dozens of additional marks for adjusting the tuning. Finally, the differences between intonation

styles are quantified in detail so that the suggested ideas can be used for making clear and specific models of predictable intonation or possibly of unified intonation.

Keywords: intonation, tuning, interval, meantone, concord, pure interval, Renaissance, Baroque, microtones, performance, tuning adjustment, historical temperaments, novel temperaments, tempering.

Tento text je věnován problematice využití znalostí matematických vztahů tónů primárně v kontextu intonace v orchestru či ve sboru. Může být přínosem jednak dirigentům, jednak samotným hráčům, kteří chtějí kvalitně interpretovat buď barokní a renesanční hudbu, nebo naopak soudobou mikrointervalovou hudbu.

Text je rozdělen do dvou oddílů a každý z nich je dále členěn do několika bodů. V prvním oddílu jsou popsány možnosti aplikace znalostí konkrétních matematických souvislostí při intonaci ve vícehlasu, dále pak okolnosti spojené např. s odlišnostmi slohových období nebo se samotnou hrou na nástroj. Druhý oddíl podrobně popisuje z oněch matematických zákonitostí ty nejdůležitější a navrhuje konkrétní postupy, jak můžeme notový záznam interpretovat s dobře zvoleným způsobem intonace, ať už pro účely studia konkrétní skladby, nebo pro účely kvalitního přednesu.

Názvy tónů jsou zde uváděny odlišně než v tzv. Helmholtzově zápisu, neboť pro zcela jasný popis výšky tónů je často nežádoucí, aby rozdíl mezi velkým a malým písmenem znamenal rozdílné výšky, a už vůbec není v takových případech vhodné, aby zvýšení čísla oktávy někdy znamenalo vyšší oktávu a jindy nižší oktávu. Proto je zvolen zápis částečně inspirovaný tzv. vědeckým zápisem výšky tónu¹, někdy též zvaným americký standard pro zápis výšky tónu², zde je však přizpůsoben českému pojmenovávání tónů. Názvy tónů jsou uváděny vždy s velkým počátečním písmenem a v těch vzácných případech, kdy je nutné udat i oktávu, znamenají vyšší čísla vždy vyšší oktávy (nižší oktáva než malá se pak vyjadřuje záporným číslem).

Třebaže zde nebudeme používat lineární měření intervalů, pro účely definice uvedme, že výchozím čistým intervalům odpovídají frekvenční faktory 2/1 (oktáva), 3/2 (kvinta) a 5/4 (didymická velká tercie). Dnešnímu temperovanému půltónu pak odpovídá faktor $\sqrt[12]{2}$. V textu jsou však velikosti těchto výchozích intervalů měřeny výhradně logaritmičticky, aby nebylo třeba opakovaně střídát měření lineární a měření logaritmičké (což by mohlo zhoršit srozumitelnost v kontextu samotné hry na nástroj nebo zpěvu). Intervaly jsou měřeny v centech, s přesností na 3 desetinná místa, a to podle následujícího vzorce, kde „c“ je velikost intervalu vyjádřená v centech a „f“ je frekvenční faktor:

$$c = \frac{\log(f) \cdot 1200}{\log 2}$$

Další intervaly jsou pak získávány přičítáním či odčítáním příslušného počtu těchto výchozích údajů, nikoli násobením či dělením odpovídajícími faktory či jejich mocninami.

¹ Andre Mount. „Pitch“ [online]. In: *Fundamentals, Function, and Form*. 2009 [cit. 9. 4. 2020]. Dostupné z: <https://milnepublishing.geneseo.edu/fundamentals-function-form/chapter/5-pitch/>.

² Chelsey Hamm a kolektiv. „American Standard Pitch Notation (ASPN)“ [online]. In: Tíž. *Open Music Theory*. 2020 [cit. 3. 6. 2020]. Dostupné z: <https://viva.pressbooks.pub/openmusictheory/chapter/aspn/>.

I. Možnosti cílené intonace v praxi

1. V posledních letech se šíří myšlenka tzv. autentické interpretace, což je chvályhodné. Specializovaní hráči se hodně věnují otázkám frázování nebo melodických ozdob. Zdá se, že v některých zemích (např. v Anglii, Německu, Holandsku, Itálii či ve Francii) je právě tak velký význam přikládán i té skutečnosti, že s otázkou doby vzniku skladby je silně spojeno i téma intonace, konkrétně modelových druhů ladění. Podíváme-li se do historie, můžeme si všimnout, že právě v těchto zemích se v minulosti několikrát objevili lidé, kteří byli aktivními hudebníky a zároveň aktivními matematiky (Christiaan Huygens, Jean-Philippe Rameau, Gioseffo Zarlino, Wesley B. Woolhouse, Hermann von Helmholtz atd.). Např. německý flétnista a výrobce fléten Johann Joachim Quantz píše v roce 1752, že známe-li základní matematické vztahy mezi tóny, může nám to pomoci nejen při výrobě flétny, ale i při hře na ni (tj. především v otázce korekce výšky tónu, částečně pak i při práci s barvou tónu).³

Při podrobnějším pohledu do historie evropské intonace pochopíme, proč např. ve středověku bylo Dis vyšší než Es, proč v renesanci a z velké části v baroku bylo Dis naopak nižší než Es, jaké výhody a nevýhody má jeden způsob intonace oproti druhému nebo proč se pro některé skladby určitý způsob intonace hodí, a jiný nikoli. Budeme-li tyto znalosti opakovaně aplikovat v praxi při hře, dojdeme ještě k dalšímu zajímavému zjištění, totiž že celkový výraz interpretované skladby je sice značně dán užitým frázováním a jemnými změnami dynamiky či tempa, ale z velké části (z větší, než by se mnozí domnívali) je také určen užitým způsobem intonace.

Dobře zvoleným způsobem intonace přispějeme k dobrému přednesu někdy i u hudby méně invenční, zatímco nedůsledné či chaotické zacházení s intonací může i kvalitnímu dílu dát chladný a zcela nepřesvědčivý výraz. Tento jev si můžeme ověřit na mnohých akustických nástrojích, ale na těch klávesových jen obtížně. Avšak právě fakt, že ladění klávesových nástrojů nelze pohotově a rychle měnit, vedl v historii k velmi různým názorům na otázku, které ladění by mělo být pro klávesové nástroje to správné.⁴ Proto se o tuto problematiku zajímají i mnozí hráči např. na varhany či na cembalo, neboť varhany ve středověku užívaly jiný druh ladění než varhany v renesanci a podobně.

Mnohé odlišnosti různých způsobů intonace a různých druhů ladění je možné poměrně přesně definovat a systematicky zobecnit. Na základě onoho zobecnění můžeme celkem snadno dojít k takovým intonačním pravidlům, která nejenže z velké části zohledňují myšlenku autentické interpretace, ale především učiní naši intonaci zcela stabilní, a tudíž předvídatelnou. Tato stabilizace a systematizace zasluhují zvláště velkou pozornost primárně

³ Johann Joachim Quantz. *Pokus o návod, jak hrát na příčnou flétnu*. Praha: Supraphon, 1990.

⁴ Kyle Gann. „An Introduction to Historical Tunings“ [online]. 1997, aktualizováno 2019 [cit. 21. 6. 2020]. Dostupné z: <https://www.kylegann.com/histune.html>.

Robert Chuckrow. *Historical Tunings* [online] (stránky věnované historickým tónovým systémům). Aktualizováno 2016 [cit. 15. 5. 2020]. Dostupné z: <https://www.historicaltuning.com/>.

z praktických důvodů, neboť výrazně napomohou jak nácviku skladby, tak zlepšení kvality výsledných souzvuků.

O stabilní intonaci by tedy bylo dobré usilovat buď ve chvíli, kdy nechceme nácvik skladby činit obtížnější, než je nezbytně nutné, nebo ve chvíli, kdy mají akordy znít akusticky co možná nejsoudržněji, nebo ve chvíli, kdy má několik nástrojů (ať už současně, či po sobě) hrát s intonací velmi podobnou či téměř identickou, nebo ve chvíli, kdy chceme zamezit nežádoucím občasným odchylkám způsobeným nepředvídatelnou intonací. Všechny tyto možné situace mají jeden společný cíl – nastolit v intonaci řád a systém za účelem zlepšení kvality výsledné interpretace.

Protože v historii se vyskytovala i intonace nepředvídatelná, někdy se myšlenka předvídatelné intonace a myšlenka autentické interpretace nemohou slučovat. Zcela zřetelně se to týká hudby klasicismu, částečně pak hudby romantismu a v menší míře i hudby pozdně barokní. Tyto nestabilní způsoby intonace lze však většinou brát jako průběžné odchylování se od těch stabilních, tj. jako jakousi vyšší úroveň, k níž se můžeme případně přiklonit poté, co si osvojíme různé způsoby stabilní intonace.

Právě z těchto důvodů je hlavním cílem tohoto textu nikoli prosazování intonace zcela autentické, ale především prosazování intonace předvídatelné. Je však velmi důležité mít na paměti, že popsané stabilní způsoby intonace v mnoha aspektech myšlenku autenticity zohledňují, takže i kdybychom se pro ty nestabilní později nerozhodli a zůstali bychom u stabilních, na výrazné odchylky od autentické interpretace narazíme jen zřídka.

2. V následujícím textu budeme stěžejními matematickými vztahy mínit především ty, které vycházejí z rozdílů mezi pythagorejským a didymickým laděním, případně mezi pythagorejským a středotónovým laděním.⁵ Jedná se zde totiž o dva kontrastní způsoby

⁵ Margo Schulter. „Pythagorean Tuning - Just Intonation Context“ [online]. 2000 [cit. 12. 6. 2020]. Dostupné z: <http://www.medieval.org/emfaq/harmony/pyth5.html>.

Joe Monzo. „Pythagorean - 3-limit just intonation musical tuning system“ [online]. In: *Tonalsoft Encyclopedia*. 2005 [cit. 15. 5. 2020]. Dostupné z: <http://www.tonalsoft.com/enc/p/pythagorean.aspx>.

Gene Smith a kolektiv. „5-limit“ [online]. Aktualizováno 2018 [cit. 15. 6. 2020]. Dostupné z: <https://en.xen.wiki/w/5-limit>.

Joe Monzo. „Just intonation - microtonal musical tuning system and scale“ [online]. In: *Tonalsoft Encyclopedia*. 2005 [cit. 10. 3. 2020]. Dostupné z: <http://www.tonalsoft.com/enc/j/just.aspx>.

William Sethares. „About 5-limit Just Intonation“ [online]. 2008 [cit. 8. 4. 2020]. Dostupné z: <http://homepages.cae.wisc.edu/~sethares/software/TFSdocs/about5limit.html>.

Jan Škaroupka. *Systémy ladění*. Diplomová práce. Brno: MUNI, Pedagogická fakulta, Katedra hudební výchovy, 2007. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/g339d/Systemy_ladeni.pdf.

Luděk Zenkl. *ABC hudební nauky*. Praha: Bärenreiter, 2017.

Gene Smith. „Meantone“ [online]. Aktualizováno 2018 [cit. 15. 6. 2020]. Dostupné z: <https://en.xen.wiki/w/Meantone>.

Joe Monzo. „Meantone“ [online]. In: *Tonalsoft Encyclopedia*. 2005 [cit. 15. 5. 2020]. Dostupné z: <http://www.tonalsoft.com/enc/m/meantone.aspx>.

intonace (podrobněji viz oddíl II). V pythagorejském ladění je důležitý především charakter jednotlivých melodických hlasů a je kladen velký důraz na dobře znějící kvinty a kvarty. V didymickém a středotónovém ladění naopak hraje zcela klíčovou roli jev souzvuku jako komplexního akustického celku, vedení jednotlivých hlasů je dáno přesně definovanými požadavky na charakter akordů a je kladen velký důraz na dobře znějící tercie a sexty.

Mezi těmito dvěma způsoby intonace však existují i rozdíly výraznější a pro praxi důležitější. První uvedený způsob intonace (nazvěme jej melodický) používá malé sekundy poněkud užší, než jaké známe z běžného rovnoměrně temperovaného ladění (tj. než dnešní temperovaný půltón), a jeho tercie a sexty vykazují značnou míru akustické disonance kvůli neharmonickým rázům (zde hovoříme o samotné akustické disonanci, která nijak nesouvisí s otázkou, zda označíme interval za čistý či falešný vzhledem ke kontextu nebo sluchovým návykům). Ten druhý (nazvěme jej souzvukový) používá malé sekundy naopak širší a zvětšené primy užší než dnešní temperovaný půltón a jeho tercie a sexty se velmi blíží (vzácně dokonce rovnají) těm akusticky čistým (opět míněno čistým z hlediska samotné akustické konsonance, bez ohledu na konkrétní kontext a místní návyky). Tyto rozdíly můžeme aplikovat různými způsoby, avšak pravděpodobně nejpatrněji se projevují při hře na smyčcové nástroje, při zpěvu a při ladění nástrojů, zvláště pak při ladění orchestru pro hru intonačně citlivých kusů.

Chceme-li např. naladit smyčcový orchestr do středotónového ladění za účelem hry barokní či renesanční hudby, lze to provést i bez nutnosti klávesového nástroje, podle něhož bychom ladili jednotlivé tóny.⁶ Navíc pak mohou hráči nacvičovat např. jednotlivé party zvlášť, a i když zrovna nemají po ruce správně naladěný (nejčastěji klávesový) nástroj s pevnými výškami tónů, mohou intonovat svůj part téměř stejně dobře, jako když jsou takovým nástrojem doprovázeni (viz bod 9).

Na druhou stranu, pokud je klávesový nástroj naladěn do systému silně nepravidelného (např. do některého z kruhových ladění užívaných v baroku) a pokud se ostatní na jeho intonaci příliš upnou, může někdy vzniknout intonační chaos, zvláště ve chvíli, kdy klávesový nástroj, na nějž spoléháme kvůli pevným výškám tónů, je rozladěný a nemůže sloužit jako dobrý intonační model pro ladění orchestru. Nejhorší následky v tomto ohledu vznikají, jsou-li tímto rozladěným nástrojem varhany, které by pak bylo lepší nahradit např. cembalem nebo varhanami elektronickými.⁷

3. Znalosti matematických vztahů mezi tónovými výškami mohou napomoci objasnění důležitých intonačních zásad, na které bychom měli dbát při interpretaci tzv. staré hudby (tj. především hudby barokní a renesanční), nebo naopak při interpretaci soudobé

⁶ Bradley Lehman. „Practical instructions for tuning by ear“ [online]. Aktualizováno 2014 [cit. 15. 6. 2020]. Dostupné z: <http://www-personal.umich.edu/~bpl/larips/practical.html>.

⁷ Vlastní zážitek z koncertu.

mikrointervalové hudby (Harry Partch, James Tenney atd.).⁸ Například při hře barokní hudby není vhodná expresivní intonace, často užívaná při hře hudby z romantismu (takže nejde jen o otázku vibrata nebo barvy tónu, ale také intervalových úprav).

Úzce s tím souvisí i skutečnost, že se výrazně liší intonace vhodná pro hru/zpěv sólového hlasu od intonace vhodné pro hru/zpěv hlasu akordického. Zatímco sólistovi se někdy příslušných intonačních instrukcí částečně dostává, sborovému zpěvákovi či hráči v komorním souboru většinou ne. Je-li tento jindy hráčem sólovým, pak i při hře vícehlasu intonuje tak jako při hře sólové melodické linky, netuše, že pro vícehlas je to nevhodné.

4. Při práci s mikroladěním v soudobé hudbě nám matematické vysvětlení může pomoci pochopit, jak souvisejí mikrointerval v současné kompozici s mikrointervaly v historických laděních. Díky tomu někdy lépe porozumíme záměru skladatele. Navíc pak hudebníci budou všeobecně lépe znát skutečný význam mikrointervalů a nebudou jej zužovat např. pouze na čtvrttóny.

Tuto myšlenku je dobré prosazovat už proto, že kdybychom si spojili pojmy „mikrointerval“ a „čtvrttón“ příliš těsně, mohli bychom se domnívat, že všechna mikrointervalová hudba zní disonantně a melodicky nečistě, nebo dokonce že v hudbě barokní či renesanční se žádné mikrointerval nevyskytovaly.

Má-li u nás pojem „mikrointerval“ dodnes zhoršenou pověst, jejímu zlepšení napomůžeme nejlépe tím, že si připomeneme historické záznamy o hudební produkci a srovnáme je s možnostmi hudební produkce dnešní, především co do intonace různých druhů nástrojů – např. příčná flétna renesanční má jiné intonační možnosti než flétna současná.⁹

5. Má-li sbor doprovázený klavírem intonovat jinak než sbor bez doprovodu, je třeba vědět, co přesně zde znamená „jinak“. Abychom to mohli definovat lépe než pouhými vágními pojmy, musí se nám dostat potřebných znalostí a terminologie. Jsme-li tímto vybaveni, pak to dokážeme srozumitelně sdělit ostatním při vedení tělesa.

Prosazování této myšlenky je vhodné zejména u akademicky erudovaných hudebníků, neboť právě ti mohou nejlépe ovlivnit kvalitu příslušných souborů, ať už jsou tyto soubory zaměřené na hudbu historickou, či soudobou. Zpívá-li 10 sólistů nějakou skladbu původně sborovou a zní-li výsledek spíše jako 10 současných jednohlasů než jako jeden desetihlas, takový jev by pak nebyl brán jako samozřejmost, ale jako něco, co je možné při větší snaze částečně upravit k lepšímu.

⁸ Cristiano M. L. Forster. „Partch's Diamond“ [online]. In: Týž. *Musical Mathematics*. Aktualizováno 2020 [cit. 10. 6. 2020]. Dostupné z: <https://www.chrysalis-foundation.org/musical-mathematics-pages/partchs-diamond/>.

⁹ Simon Polak. „Tuning, temperaments and the traverso“ [online]. Datum neuvedeno [cit. 15. 5. 2020]. Dostupné z: <http://www.earlyflute.com/pages/traversotuning.html>.

Catherine Folkers. „Playing In Tune on a Baroque Flute“ [online]. Původně publikováno v časopisu *Traverso*. 1998 [cit. 15. 6. 2020]. Dostupné z: <http://www.flutehistory.com/Resources/Documents/TRAV101.pdf>.

Navíc působí-li dirigent či sbormistr s nějakým tělesem dlouhodobě, do jisté míry pak zastává částečně i roli výchovnou. Tehdy je nanejvýš vhodné, aby členy souboru zasvětil, neboť dnes, mnohem víc než např. před 60 lety, je kladen zvláště velký důraz na adekvátní interpretaci s ohledem na dobu vzniku skladby. Tito dobře informovaní členové pak nebudou barokní či renesanční hudbu hrát s výrazem vhodným pro hudbu romantismu, takže se slyšitelně zlepší celková soudržnost výsledného zvuku.

6. Matematické vysvětlení některých intonačních zásad může být užitečné i ve chvíli, kdy se ke hráčům nějaká informace opakovaně dostává zkreslená. Jako příklad uveďme pověstnou otázku velmi úzkých malých sekund (často spojovanou s citlivými tóny). Ty byly preferovány fixně zhruba do 15. století a pak pouze ornamentálně zase až v 19. století (např. vzdálenost C-Cis je zde širší než C-Des, takže Cis je vyšší než Des).

Málokdy se však ke hráčům na smyčcové nástroje či ke zpěvákům donese, že v mezičase (tj. přibližně od 16. do 18. století) byly preferovány malé sekundy nikoli užší, ale naopak širší než ty dnešní (kde C-Cis je užší než C-Des, takže Cis zní pak níž než Des). Jsme-li obeznámeni s matematickou reprezentací velikostí intervalů mezi tóny, pak si uvědomíme, že právě tato druhá část informace je důležitá pro kvalitní interpretaci vícehlasé hudby (a pochopíme proč).

Pro hráče barokní či renesanční hudby je toto vědění obzvláště vhodné, neboť druhý zmíněný způsob intonace by měl být preferován všude tam, kde je naším cílem vyladit akordy co nejbližší čistě přirozené intonaci. Renesanční a barokní hudba kladla na zvuk akordů velmi silný důraz, a proto je pro její intonaci tento způsob většinou žádoucí.

První zmíněný způsob intonace sice pomůže romantické expresivitě, ale naopak uškodí expresivitě barokní, neboť naruší akustickou soudržnost akordů. S ohledem na to je dobré důrazně připomenout, že barokní hudba nepoužívala intonační ornamentiku, spjatou s citlivými tóny, která se začala objevovat s příchodem romantismu a kterou mnozí sólisté v dobách pozdního romantismu uplatňovali již poměrně systematicky.¹⁰

Pozor – na intonaci vzdálených tónin nepravidelných klávesových ladění nelze nahlížet jako na příklad intonační ornamentiky, neboť takový systém byl na nástroji naladěn fixně a byl považován za praktickou náhražku ladění středotónového (nutnou jen proto, že klávesový nástroj nemá pohyblivou intonaci). Záměrné výraznější odchylky od středotónového ladění byly často téměř výsadou nástrojů klávesových a nástrojů strunných pražcových. Navíc v laděních silně nepravidelných působily spíše dojmem náhlého překvapení.

Situace v romantismu je odlišná jednak tím, že od fixního rovnoměrně temperovaného ladění se cíleně odchylovali hráči neklávesoví, dále tím, že se tyto úpravy týkaly hlavně

¹⁰ Ross W. Duffin. „Baroque Ensemble Tuning Introduction: In Extended 1/6 Syntonic Comma Meantone“ [online]. Aktualizováno 2018 [cit. 7. 6. 2020]. Dostupné z: <https://casfaculty.case.edu/ross-duffin/baroque-ensemble-tuning/>.

melodických hlasů, jednak tím, že jejich cílem bylo pozitivní posílení výrazu, a konečně tím, že byly v průměru nepochybně častější než odchylky u neklávesových hráčů v době baroka.

7. Třebaže doba romantismu již dávno pominula, pro představu správného přednesu jsou hráčům a dirigentům často i dnes doporučovány modely inspirované hudbou romantismu. Netýká se to však např. pouze vibrata nebo příslušného afektu, ale mnohdy také intonačních zásad spojovaných s romantismem (přestože přesvědčivé záznamy o systematickém užívání oné expresivní intonace se objevují pravděpodobně až po roce 1870). Pro takového interpreta či dirigenta je silně překvapivé už pouhé sdělení, že pravidla jemného odladování byla někdy opačná než ta z romantismu. Toto tvrzení se jich někdy dotýká tak osobně, že si ho nejdříve ani nechtějí připustit.¹¹

Projeví se to hlavně ve chvíli, kdy hudebník zběhlý v hudbě z romantismu najednou hraje v orchestru zaměřeném na barokní, nebo dokonce renesanční hudbu. V lepším případě to může být otázka např. smyčcových hráčů, kteří si do not píší skoro ke každé frázi spoustu detailních poznámek o odladění oproti jejich zvyklostem a kteří by si vystačili jen s několika základními poznámkami, kdyby jim někdo prozradil, že např. ve všech „těch a těch“ skladbách mají postupovat opačně, než to dělají při romantismu (tj. hrát C-Cis užší a C-Des širší atd.).

V horším případě to může být sám dirigent, neví-li přesně, jakou konkrétní intonaci by měl po hráčích požadovat. Bude-li však s otázkami intonace dobře seznámen, pak je nebude považovat za příliš jemné detaily, nezvolí intonaci nevhodnou nebo nahodilou a bude si vědom toho, že jejím zpřesněním se může slyšitelně posílit celkový výraz skladby. Mnohdy se setkáme např. u dobrého violoncellisty s výroky typu „On to tak vřele zahrál“; a poslechneme-li si jeho hru velmi pozorně, často zjistíme, že cca 90 % onoho vřelého výrazu je zásluhou pečlivé hráčovy intonace.¹²

8. Je dobré rovněž uvážit, že znalost rozdílů mezi melodickým (prvním uvedeným) a souzvukovým (druhým uvedeným) způsobem intonace může výrazně napomoci kvalitnímu nácviku skladby na kriticky důležitých místech a zamezit případům, kdy stavíme hráče do neřešitelné situace.

Např. pokud porotce na soutěži očekává od houslisty velmi úzké malé sekundy a zároveň čistě vyladěné tercie a sexty, chce po hráči nesplnitelné, aniž sám ví, že je to nesplnitelné.¹³

¹¹ Vlastní zkušenost na internetovém diskusním fóru. Tato diskuse není nikde archivována a příslušné fórum již neexistuje.

¹² Vlastní zkušenost z poslechu hudby.

¹³ Skutečnost, že se takové věci opravdu stávají, pravděpodobně není nikde výslovně zdokumentována, ale mezi orchestrálními hráči se občas o podobných zážitcích doslechneme z vyprávění.

Úzké malé sekundy totiž získáme při melodickém způsobu intonace, zatímco soudržně znějící tercie nebo sexty získáme při tom souzvukovém.

Tyto dva způsoby si matematicky protirečí, takže přiblížíme-li se k jednomu, oddálíme se od druhého (důkazem je dnešní 12tónové ladění, v němž z oněch dvou požadavků není splněn ani jeden). Zkoušíme-li najít kompromis nebo vynuceně splnit oba požadavky zároveň, můžeme omylem dohrát frázi např. jednou o čtvrttón výš a podruhé o čtvrttón níž, než bychom si přáli, což však tentokrát *není* vinou nepřesného hraní na nástroj!

V těchto případech jsou často na vině chybné instrukce k intonaci. Neví-li o tom ten, kdo nad hráčem dohlíží, nemůže o tom už vůbec vědět sám hráč, který pak intonační výchylky připisuje nedokonalostem vlastní hry, a trápí ho, že se jich nedokáže zbavit. Ve skutečnosti by stačilo více probírat tuto konkrétní oblast hudební akustiky a mít na paměti, že melodický způsob intonace byl prosazován hlavně v dobách, kdy nebylo cílem tvořit akordy, případně kdy měly akordy jen velmi podřadnou roli.

9. Je samozřejmé, že abychom byli schopni na nástroji kvalitně intonovat, musíme si vypěstovat velmi jasnou sluchovou představu o tom, jak má správně znít ten či onen interval, ať už se jedná o interval melodický, nebo o dvojsouzvuk. Pro správnou intonaci by tedy naše hra měla být primárně vedena představou sluchovou, nikoli např. hmatovou či vizuální. Proto je v tomto ohledu často doporučováno si témata při cvičení předzpívat, abychom ještě před hraním věděli, co vlastně má být slyšet.¹⁴ S příchodem nejednotné intonace se začal šířit názor, že jediná opravdu účinná metoda zlepšení soudržnosti zvuku je pohotové doladování se k okolním hráčům.¹⁵ Tato metoda však často vede ke slyšitelným intonačním výchylkám. Hráč totiž nejdříve odhadne výšku tónu jen přibližně a na tu cílovou se přesouvá až při hře.

Takový přesun může někdy být třeba i v rozsahu osminotónu, což se vzácně dá ignorovat v jednohlasu, ale v souzvuku si toho všimne mnohý vnímavější hudebník, není-li na desítky metrů daleko od hráčů. Jestliže očekáváme tón o neměnné výšce a zahráný tón neměnnou výšku nemá, vnímáme takový jev většinou jako silně nežádoucí a posluchačova pozornost je náhle odvedena od vlastního obsahu skladby.

Mnohem účinnější metoda je ta, že se hráči dopředu jasně domluví, jakou konkrétní intonaci zvolí (případy, kdy toto nelze přesně provést, jsou vzácné). Mohou pak nacvičovat

¹⁴ Charles Laux. „How PURE is your orchestra's intonation?“ [online]. 2015 [cit. 8. 3. 2019]. Dostupné z: <https://www.orchestrateacher.net/pure-intonation/>.

Kirk D. Moss. „5 Steps to Improving Intonation in Your String Orchestra“ [online]. 2017 [cit. 2. 6. 2020]. Dostupné z: <https://www.alfred.com/blog/5-steps-improving-intonation-your-string-orchestra/>.

¹⁵ James South. „Band and Orchestra Intonation: Teaching an Ensemble Skill“ [online]. 2006 [cit. 9. 5. 2020]. Dostupné z: https://www.midwestclinic.org/user_files_1/pdfs/clinicianmaterials/2006/james_south.pdf. „Intonation solutions for orchestral players“ [online]. In: *The University Of Oregon Orchestra Program*. 2018 [cit. 6. 3. 2020]. Dostupné z: <https://uosymphony.com/resources/intonation-solutions-for-orchestral-players/>.

party každý zvlášť, a přesto, když posléze hrají všichni současně, může výsledný zvuk působit akusticky jednotně.

Tento jev je zvláště výrazný u onoho souzvukového způsobu intonace, vhodného především pro renesanční a barokní hudbu. Můžeme si jej v praxi vyzkoušet tak, že pod kontrolou metronomu postupně nahráváme jednotlivé jednohlasé party zvlášť, bez poslouchání partů dříve nahraných, a poté pustíme všechny záznamy současně. Budeme-li ona pravidla souzvukového způsobu intonace dodržovat dostatečně důsledně, pak i při této metodě získáme koherentně znějící akordy.

10. Nyní se nabízí otázka, jak máme na základě všeho toho, co bylo doposud řečeno, učinit z intonace nepředvídatelné intonaci předvídatelnou (neboť právě to by mělo být cílem pozorného interpreta). Odpověď se liší jednak podle doby vzniku skladby, jednak podle toho, které nástroje hrají doprovodné hlasy a které hrají sólovou melodickou linku, a dále podle toho, zda si přejeme intonaci nejen předvídatelnou, ale i sjednocenou (v některých případech je přijatelná volba různých způsobů intonace pro různé skupiny nástrojů, i když hrají současně).

Je však třeba mít na paměti, že v historii se často vyskytovala také intonace nepředvídatelná. Účelem předvídatelné intonace je především celkové zlepšení intonace, usnadnění nácvičku skladby v praxi a ujasnění intonačních zásad, nikoli přímo autentická interpretace. Na druhou stranu by i takové ujasňování intonačních zásad mělo být z větší části v souladu s historickým očekáváním (i když nepředvídatelnou intonaci vyloučíme).

Sjednocení intonace směrem k melodickému způsobu (tj. přibližně k pythagorejskému ladění) je zcela jistě vhodné pro hudbu zhruba do poloviny 15. století. Tehdy bychom měli mít na paměti, že malá sekunda má být užší než zvětšená prima, že tercie a sexty by měly být slyšitelně vzdálené od těch akusticky čistých (velké širší než čisté, malé užší) a že je zcela v pořádku, podaří-li se nám vyladit kvinty a kvarty do čisté podoby (neboť pythagorejské ladění, charakteristické zcela čistými kvintami a kvartami, je s těmito pravidly v souladu).

Směrem k souzvukovému způsobu (tj. ke středotónovému ladění) můžeme sjednotit intonaci v případě, že hrajeme hudbu renesanční, a z velké části to platí i pro hudbu barokní (s výjimkou pozdního baroka, kdy byly klávesové nástroje často laděny nepravidelně). Tehdy jsou žádoucí malé sekundy naopak poměrně široké a zvětšené primy úzké, přičemž tercie a sexty se mohou přibližovat, nebo vzácně dokonce rovnat terciím a sextám akusticky čistým (tj. didymickým).

Zároveň je u souzvukového způsobu často nutné místo čisté kvinty či kvarty zařadit jemně zúženou kvintu či jemně rozšířenou kvartu, aby se výsledné tercie a sexty mohly těm akusticky čistým dostatečně přiblížit. Ladíme-li např. prázdné struny houslí, ve stoupající kvintě A1-E2 (míněno A jednočárkované, nikoli v kontra oktávě) by se měly ozvat zhruba 3–4 rázy za sekundu, přičemž v každé nižší kvintě by jejich rychlost měla být cca 2/3 rychlosti té předchozí.

Souzvukový způsob intonace se nemusí vztahovat pouze na akordické hlasy. Především v renesanční a barokní hudbě je naopak vhodné, aby se pro něj rozhodl i sólista (není-li ve skladbě explicitní pokyn k nějaké výjimečné intonační výchylce). Neznamená to, že by sólista neměl prostor pro jemné intonační výchylky posilující výraz. Pouze je třeba dbát na to, jaké intervaly či výšky tónů považujeme za ty výchozí, od nichž se odchylujeme.

Sjednocování intonace není nutné, pokud je klávesový nebo strunný pražcový nástroj naladěn do nepravidelného ladění (např. při hře hudby pozdně barokní či hudby klasicistní) či pokud chce sólista uplatnit expresivní intonaci (přijatelnou pro hudbu z dob pozdního romantismu či z počátku 20. století, eventuálně pro hudbu vrcholného romantismu v případech, kdy není cílem vyloženě autentická interpretace). Ať už je sólista doprovázen nástrojem klávesovým, či jiným, v prvním případě pak zvolí spíše onen souzvukový způsob intonace (tj. podobný středotónovému ladění) a ve druhém případě ten melodický (tj. podobný pythagorejskému).

Ať už si hráč vybere kterýkoli způsob intonace, měl by pak u něj zůstat, pokud se v průběhu skladby jeho role zásadně nezmění (např. pokud není jednou hráčem sólového partu a jindy součástí akordického doprovodu). Např. sólista romantického houslového koncertu může v rámci jedné a téže fráze buď vyladovat tercie do čistých, nebo zužovat malé sekundy, ne však obojí současně (aby nedovolil intonaci nepředvídatelnou, kterou nelze stabilizovat a jasně definovat).

Výjimkou jsou některé dechové nástroje (především nástroje žesťové a klarinet), u nichž je zvykem se co nejčastěji přibližovat onomu souzvukovému způsobu intonace, zatímco k tomu melodickému přikračují málokdy. Nutno však podotknout, že např. u fléten je situace odlišná, neboť již na přelomu 19. a 20. století je v historii (zejména ve Francii) dokumentováno prosazování expresivní intonace na flétně.

Pozor – jak při nepravidelném ladění, tak při expresivní intonaci se může stát, že se od intonace doprovodného nástroje odchyluje několik nástrojů současně. Tehdy je nanejvýš vhodné, aby se způsoby intonace nelišily v rámci jedné nástrojové skupiny. Výjimkou je situace, kdy někteří z oné skupiny hrají samostatné jednohlasé melodické linky a spolu s tím jiní hrají akordický doprovod. Pokud tedy např. tři houslové hlasy mají spíše funkci tří samostatných hlasů než jednoho trojhlasého celku a hráči se rozhodnou pro melodický způsob intonace, pak by u něj měli zůstat po celou skladbu, bez ohledu na to, zda si jej zvolili i hráči akordických hlasů (třebaže jde stále o smyčcové hráče).

Pokud systematické užívání melodického způsobu intonace je z nějakého důvodu pro skladbu nežádoucí (např. kvůli neklidnému charakteru tercií a sext), má i hráč melodické linky možnost zvolit jiný než onen melodický způsob intonace, ať už ten souzvukový, nebo variantu někde mezi nimi (podobnou dnešnímu rovnoměrně temperovanému ladění). Avšak i v takovém případě by pak měli všichni, kteří hrají samostatné melodické linky současně, volit tentýž způsob intonace.

II. Vztah zvukové a psané podoby tónových výšek a intervalů

1. V historii evropské hudby se vystřídalo několik preferovaných druhů ladění, z nichž některé byly pravidelné a jiné nepravidelné. Pravidelný tónový systém se vyznačuje tím, že všechny jeho existující intervaly můžeme získat vrstvením malého počtu (většinou maximálně tři) různých výchozích intervalů. Toto platí jak u tónových systémů historických, tak u těch nově objevených.¹⁶

V současnosti je nejznámějším pravidelným laděním běžné rovnoměrně temperované ladění, jehož všechny intervaly vyjádříme celým počtem stejně velkých půltónů, přičemž jeden půltón má velikost 100 centů. Např. oktáva sestává ze 12 půltónů (1 200 centů), kvinta ze 7 (700 centů) a podobně. V tomto případě se tedy jedná o ladění jednorozměrné.

V historii se však setkáme i s laděními dvojrozměrnými, jejichž intervaly získáváme různými kombinacemi dvou na sobě nezávislých intervalů (tj. každý interval daného ladění získáme tak, že k celému počtu jedné výchozí intervalů přičteme nebo od něj odečteme celý počet těch druhých). Tyto výchozí intervaly jsou známy jako „perioda“ a „generátor“. Užití dvou výchozích intervalů je zde nutné, neboť mnohé intervaly užívané v těchto laděních se při pouhém jednom výchozím intervalu získat nedají. Poměr velikosti periody a velikosti generátoru je totiž v takových případech iracionální, takže žádný celý počet period neodpovídá celému počtu generátorů a naopak.

Existují dokonce i ladění trojrozměrná, v nichž se kromě periody používají ještě dva další na sobě nezávislé intervaly (tj. dva generátory). Velikost každého generátoru ve vztahu k periodě je i v těchto laděních v iracionálním poměru, právě tak jako velikost jednoho generátoru ve vztahu ke druhému či k periodě. Proto i zde najdeme mnoho intervalů, které nelze získat kombinacemi pouhých dvou výchozích intervalů, takže musíme použít tři.

Připomeňme si, že množina tónů bez posuvek uzavřená do rozsahu oktávy představuje diatonickou stupnici, mezi jejímiž sousedními tóny najdeme intervaly o různých velikostech, nikoli o jedné a téže velikosti. Skutečnost, že vzdálenosti mezi sousedními tóny diatonické stupnice nejsou všechny stejné, se však v samotném notovém zápisu neodráží, a proto bylo nutné pro potřeby transpozice zavést posuvky.

Jsou-li všechny čisté kvinty stejně velké, mezi sousedními tóny pak najdeme dvě různé vzdálenosti; jednu pro velkou sekundu, jednu pro malou (jedinou výjimkou je 7tónové rovnoměrné ladění, neboť v něm existuje jen jedna velikost sekundy). Odtud je zřejmé, že notový zápis bez posuvek reprezentuje hudbu interpretovanou v systému, který je ve zvukové podobě dvojrozměrný. Zavedením posuvek se stává dvojrozměrným i notový zápis sám a díky tomu je možné zapsat jeden a tentýž hudební úsek hraný od různých výchozích tónů (tj. v různých transpozicích).

¹⁶ Graham Breed. „The Regular Mapping Paradigm“ [online]. 2009 [cit. 10. 6. 2020]. Dostupné z: <http://x31eq.com/paradigm.html>.

Aby na základě jednoho tónového systému mohl vzniknout prakticky použitelný způsob intonace, je třeba, aby daný systém byl nejen pravidelný, ale také zcela kompatibilní se zvoleným způsobem notového zápisu. Z tohoto hlediska se jako ideální jeví ty případy, v nichž tónový systém užitý na nástroji je dvojrozměrný, neboť běžná hudební notace je, z hlediska interpretace tónových výšek, rovněž dvojrozměrná.

Často lze také pro zvukovou podobu zvolit systém jednorozměrný a psát v systému dvojrozměrném. To je případ mnohých současných nástrojů, které jsou naladěny do rovnoměrného (tj. jednorozměrného) ladění, takže např. tóny Cis a Des pak znějí sice stejně, ale v notách se píšou různě.

Pokud pro zvukovou reprezentaci zvolíme systém trojrozměrný, nebude možné zahrnout skladbu jednoznačně zapsat. Tehdy totiž často narazíme na tóny, které sice mají různě znějící výšky, ale v zápisu jsou přesto vyjádřeny shodně. Tak vzniká problém zcela opačný, než byl v případě ladění jednorozměrného (kdy jedna a tatáž znějící výška tónu mohla být zapsána pokaždé jinak).

Pozor – hudbu hranou v mnohých nově objevených dvojrozměrných laděních nelze v běžné notaci zapsat, přestože jejich zvuková podoba je rovněž dvojrozměrná. Při podrobném zkoumání těchto nových ladění zjistíme, že do běžné notace můžeme zapsat hudbu jen v těch, jejichž tónový materiál můžeme popsat řetězením kvint nebo kvart, redukovaných do rozsahu oktávy.

Hrajeme-li tedy hudbu v takovém ladění, které jako generátor užívá jiný interval než kvintu nebo kvartu, pak se vyskytnou oba zmíněné problémy současně – tj. některé zvukově shodné tóny budou zapsány různě a naopak některé zvukově rozdílné tóny budou zapsány shodně.¹⁷ Tato skutečnost však nemusí být na překážku, neboť odlišný tónový systém hraje roli nejen jiné zvukové reprezentace, ale i zcela nového harmonického systému, který má jiná pravidla o vedení hlasů než ta, jež známe z běžné funkční harmonie.

Připomeňme si, že pokud redukuje řetězec 6 čistých kvint nebo kvart do rozsahu jedné oktávy, výsledná stupnice bude sestávat ze 7 tónů na oktávu a bude mezi sousedními tóny obsahovat 5 intervalů větších a 2 menší (tj. 5 velkých sekund a 2 malé sekundy). Pokud podobně redukuje do rozsahu oktávy např. řetězec 6 jemně rozšířených malých tercií, výsledná stupnice bude sice rovněž sestávat ze 7 kroků do oktávy, ale mezi sousedními tóny najdeme 4 kroky větší a 3 menší. Jako příklad uvedme aproximaci ve 34tónovém rovnoměrném ladění, v němž malá tercie sestává z 9 kroků a oktáva ze 34, takže vzdálenosti mezi sousedními tóny stupnice pak budou: 2, 7, 2, 7, 2, 7, 7.

¹⁷ Paul Erlich. „A Middle Path Between Just Intonation and the Equal Temperaments“ [online]. Aktualizováno 2015 (původně publikováno v časopisu *Xenharmonikôn*, 2004) [cit. 20. 6. 2020]. Dostupné z: <https://sethares.engr.wisc.edu/paperspdf/Erlich-MiddlePath.pdf>.

Graham Breed. „Prime Based Error and Complexity Measures“ [online]. 2008 [cit. 5. 8. 2020]. Dostupné z: <http://x31eq.com/primerr.pdf>.

Při řetězení jiných intervalů můžeme dokonce mezi sousedními tóny stupnice získat více než 2 různé velikosti. Chceme-li získat pouze 2, musíme pak zjistit, který jiný počet tónů než 7 k tomu lze použít. Přičteme-li k tomu dříve zmíněnou skutečnost, že tyto nové dvojrozměrné systémy současně fungují jako nové harmonické systémy, dojdeme k závěru, že pro jejich zápis by bylo vhodnější pokusit se najít formát zcela nový, který nebude od začátku očekávat 7 tónů do oktávy, než se pokoušet nastavovat možnosti standardní notace.

Třebaže se v historii evropské hudby vystřídala i řada tónových systémů nepravidelných, v následujícím textu se zaměříme výlučně na ty pravidelné, s výjimkou ladění užívaných až v 19. století nebo na samém konci 18. století. Patří sem tudíž ladění pythagorejské, didymické, různé verze ladění středotónového, ale už ne současné ladění rovnoměrně temperované (přestože i to je pravidelné). Ve všech těchto laděních předpokládáme shodnou velikost čisté oktávy, jmenovitě 1 200 centů (tj. 12 nynějších temperovaných půltónů).

2. Pythagorejské ladění je dvojrozměrné ladění, které ve funkci periody užívá čistou oktávu o velikosti 1 200 centů a ve funkci generátoru užívá buď čistou kvintu o velikosti 701,955 centu, nebo čistou kvartu o velikosti 498,045 centu. Každá oktáva, kvinta či kvarta zní v tomto ladění akusticky zcela čistě. Všechny ostatní intervaly vznikají různými kombinacemi celého počtu oktáv a kvint, je-li generátorem kvinta, případně oktáv a kvart, je-li generátorem kvarta (např. abychom zvýšili tón o velkou sekundu, snížíme jej o oktávu a výsledný tón dvakrát zvýšíme o kvintu).

Jestliže podle těchto požadavků utvoříme 12tónovou chromatickou stupnici uzavřenou do oktávy, zjistíme, že místo 12 shodných půltónů najdeme mezi sousedními tóny 7 intervalů menších a 5 větších. Menší interval (o velikosti 90,225 centu) totiž představuje malou sekundu, zatímco větší interval (o velikosti 113,685 centu) představuje zvětšenou primu. Tuto skutečnost si můžeme ověřit prostým zapsáním chromatické stupnice do not, z čehož zjistíme, že malá sekunda se objevuje 7× a zvětšená prima 5×.

Odtud je tudíž zřejmé, že v pythagorejském ladění je malá sekunda užší než zvětšená prima a že je-li tedy např. výška tónu C neměnná, pak je Cis vyšší než Des. Při velmi pozorném poslechu můžeme i pouhým uchem zaregistrovat, že malá sekunda je užší než dnešní temperovaný půltón a že zvětšená prima je naopak širší. Vzdálenost, o kterou se enharmonicky příbuzné tóny liší, činí 23,460 centu a nazývá se pythagorejské koma.

Protože enharmonicky příbuzné tóny zde nemají shodné výšky, při ladění klávesových nástrojů musíme velmi pečlivě uvážit, které tóny chceme do naší stupnice zařadit s ohledem na hranou hudbu. Pro běžnou klaviaturu se 12 klávesami na oktávu se v historii nejčastěji volily tóny od 2. sníženého do 3. zvýšeného (tj. od Es do Gis), případně od 1. sníženého do 4. zvýšeného (tj. od B do Dis).¹⁸ Hudebník si musel před vlastním hraním

¹⁸ Margo Schuller. „Pythagorean Tuning - Just Intonation Context“ [online]. 2000 [cit. 12. 6. 2020]. Dostupné z: <http://www.medieval.org/emfaq/harmony/pyth5.html>.

ověřit na nástroji několik stěžejních intervalů, aby se ujistil, které tóny jsou na něm skutečně naladěny.

Zda je na nástroji naladěn tón Dis nebo Es, to si ověříme nejlépe zahráním řetězce po sobě jdoucích kvint či kvart. Je-li použit tón Es, pak při pokusu o kvintu Gis-Dis zazní zmenšená sexta Gis-Es. Je-li použit tón Dis, při pokusu o kvintu Es-B zazní zmenšená sexta Dis-B. Pythagorejská zmenšená sexta je výrazně užší než čistá kvinta a zní akusticky disonantně.

Připomeňme si, že pythagorejské tercie a sexty jsou podřízeny požadavku zcela čistých kvint a kvart, takže se sice dají utvořit vrstvením čistých kvint a kvart, avšak obsahují rychlé neharmonické rázy a sluchově netvoří dojem akusticky čistých intervalů. Čistě znějící tercie a sexty sice existují, ne však v pythagorejském ladění. Pythagorejské velké tercie a sexty jsou ve srovnání s nimi slyšitelně širší, zatímco pythagorejské malé tercie a sexty jsou slyšitelně užší (než ty zcela čisté).

V pythagorejském ladění dokonce existují intervaly, které se od čistě znějících tercií a sext liší pouze o necelé 2 centy, avšak tyto intervaly zde nikdy nemají hodnotu tercií či sext.¹⁹ Konkrétně se jedná o zvětšenou sekundu (připomínající malou tercii), zmenšenou kvartu (připomínající velkou tercii), zvětšenou kvintu (připomínající malou sextu) a zmenšenou septimu (připomínající velkou sextu). Chceme-li tedy např. zaměnit trojzvuky A-Cis-E a A-C-E za jejich akusticky konsonantnější protějšky, použijeme A-Des-E a A-His-E.

Odtud je patrné, že z hlediska notového zápisu je sice Cis vyšší než Des, ale v kontextu souzvuků se může někdy hodit hrát Cis místo Des nebo naopak. Psané Cis je tedy vyšší než psané Des, ale znějící tón užitý na místě tónu Cis může v případě potřeby být naopak nižší než znějící tón užitý na místě tónu Des. Takové zaměňování je v historii dokumentováno dokonce i na klávesových nástrojích, které v průběhu 15. století často užívaly na horních klávesách jen tóny snižené, ale ty byly hrány na místě psaných zvýšených (např. Des-E místo Cis-E atd.).

3. Na konci 15. století nastupuje ladění didymické (často zvané 5limitové). Jedná se o trojrozměrné ladění, jehož periodou je rovněž oktáva o 1 200 centech, prvním generátorem je tatáž kvinta nebo kvarta jako v pythagorejském ladění a druhým generátorem je didymická velká tercie o 386,314 centu nebo (jakožto doplněk do kvinty) didymická malá tercie o 315,641 centu. Při samotné realizaci stupnice můžeme pak zařadit i didymickou velkou či malou sextu (tj. oktavový doplněk tercií).

Didymické tercie a sexty znějí, na rozdíl od tercií a sext pythagorejských, zcela čistě. Hlavním cílem didymického ladění je nahradit pythagorejské tercie a sexty terciemi a sextami akusticky čistými, a to všude tam, kde pak nedojde k rozladění jiných důležitých okolních

¹⁹ Joe Monzo. „Schismic tuning / schismatic tuning“ [online]. In: *Tonalsoft Encyclopedia*. 2005 [cit. 15. 8. 2020]. Dostupné z: <http://www.tonalsoft.com/enc/s/schismic-tuning.aspx>.

intervalů v kontextu konkrétní skladby (viz níže). Vzdálenost, o kterou se didymické tercie a sexty liší od těch pythagorejských, činí 21,506 centu a nazývá se syntonické koma.

Didymické ladění umožnilo terciím a sextám v rámci fráze působit v roli klidového stavu (což dříve mohly jen kvinty, kvarty nebo oktávy). Zároveň však přineslo několik zásadních změn co do melodických kroků. Především platí, že v pythagorejském ladění je malá sekunda užší než současný půltón a zvětšená prima je širší, zatímco v didymickém ladění je to naopak (111,731 centu na malou sekundu, 70,673 centu na zvětšenou primu). Navíc didymická zvětšená prima je dokonce o dvě syntonická komata užší než zvětšená prima pythagorejská, takže je poněkud zavádějící ji stále označovat za druh „půltónu“. Je-li tedy v pythagorejském ladění Cis vyšší než Des, v ladění didymickém je Cis naopak nižší než Ddes a navíc je tento rozdíl zřetelně větší (41,058 centu ve srovnání s 23,460 centu).

Další výrazná změna je v tom, že ať už utváříme tónový materiál jakýmkoli způsobem, didymické ladění je v každém případě trojrozměrné, neboť žádný z jeho charakteristických intervalů (tj. žádnou didymickou tercii nebo sextu) nelze vyjádřit kombinacemi celého počtu čistých oktáv a kvint, případně kvint a kvart. V důsledku toho jsou pak mnohé zvukově odlišné intervaly zapsány shodně. Shodně zapsané intervaly jsou ty, jejichž zvuková podoba se liší o zmíněné syntonické koma, případně o 2 nebo vzácně o 3 syntonická komata.

Nejčastěji si této odlišnosti všimneme u velkých sekund, neboť pro správnou intonaci např. v tónině C dur je nutné mezi tóny C-D použít širší velkou sekundu a mezi tóny D-E použít sekundu užší, zatímco v tónině a moll je to naopak (tj. velká sekunda C-D je pak užší než sekunda D-E). Chceme-li tedy hrát zcela čistě jednou v tónině C dur a jindy v tónině a moll, měli bychom mít na nástroji k dispozici dvě různé výšky tónu D, přestože obě jsou v zápisu vyjádřeny touž notou D.

Tam, kde z praktických důvodů nelze při hře volit různé výšky pro shodně zapsanou notu, nezbyvá než akceptovat, že ten či onen interval na daném nástroji nelze v čisté podobě zahrát. Zvolíme-li totiž z oněch dvou velkých sekund tu nesprávnou, některý z dalších intervalů tím silně rozladíme. Nejčastěji pak vzniká příliš úzká kvinta nebo příliš široká kvarta, což jsou intervaly natolik disonanční, že jsou pro jakékoli provozování akordické hudby zcela nepoužitelné.

Protože notový zápis je dvojrozměrný a didymické ladění je trojrozměrné, nelze žádným způsobem pomocí běžné notace jednoznačně zapsat hudbu komponovanou v přísném didymickém ladění, neboť značná část informací bude v zápisu chybět. Vzniká tím však i opačný problém. Hudbu zapsanou do běžné notace nemůžeme jednoznačně převést do didymického ladění, neboť pro jednu zapsanou notu existuje několik znějících výšek tónu. Při převodu psané podoby na zvukovou jsme pak často nuceni si chybějící informaci domýšlet z harmonického kontextu a ten je mnohdy tak komplikovaný, že ani při podrobné analýze dané skladby nelze takový převod jednoznačně definovat.

Abychom mohli používat běžnou notaci, a přitom jednoznačně zapsat hudbu komponovanou v přísném didymickém ladění, museli bychom kromě posuvek „#“ a „b“ zavést

ještě další dvojici znaků, kterými bychom vyjadřovali zvýšení či snížení o syntonické koma. Žádné takové rozšíření se však v historii v praxi neujalo.

Příslušnou stupnici můžeme v daném pravidelném ladění utvořit buď vrstvením jejích melodických kroků (tj. intervalů mezi sousedními tóny), nebo vrstvením intervalů definujících harmonickou strukturu (např. period a generátorů). V každém případě to znamená, že v didymickém ladění musíme takové výchozí intervaly použít tři různé (bez ohledu na to kolikrát). Jako příklad zvolíme z oněch dvou možností tu první a uvedeme 12tónovou chromatickou stupnici, konkrétně její čistě vyladěnou variantu, která skutečně obsahuje 3 různé velikosti intervalu mezi sousedními tóny.

V následující stupnici se v jedné oktávě celkem 4× vyskytuje didymická malá sekunda, 5× se objevuje zvětšená prima, 3× se objevuje rozšířená malá sekunda. Žádný z užitých tónů zde není duplikován o syntonické koma výš nebo níž. Velikosti intervalů jsou uvedeny s přesností na 1/1 000 centu. Symboly „>“ a „<“ vyjadřují zvýšení či snížení o syntonické koma oproti pythagorejskému ladění.

C	–	Cis<<	70,673
Cis<<	–	D	133,237
D	–	Es>	111,731
Es>	–	E<	70,673
E<	–	F	111,731
F	–	Fis<<	70,673
Fis<<	–	G	133,237
G	–	Gis<<	70,673
Gis<<	–	A<	111,731
A<	–	B>	133,237
B>	–	H<	70,673
H<	–	C	111,731

4. Než aby se notový zápis přizpůsoboval zvukové podobě, počátkem 16. století se objevuje návrh upravit ladění tak, aby bylo zcela kompatibilní s notovým zápisem – tj. aby i zvuková reprezentace byla dvojrozměrná. Tak vzniká středotónové ladění. Jeho tónový materiál můžeme rovněž tvořit kombinacemi oktáv a kvint nebo oktáv a kvart, podobně jako v ladění pythagorejském, avšak na rozdíl od něj se zde užívají kvinty slyšitelně užší než čisté (mnohem užší než v dnešním 12tónovém rovnoměrném ladění), a proto při užití čistých oktáv je nutné naopak použít kvarty širší než čisté.

Za necelých 200 let praktického užívání středotónového ladění existovaly různé názory na otázku, kdy je lepší zužovat kvinty jen jemně a kdy se hodí zužovat je výrazněji. Přesto však cílem všech verzí středotónového ladění bylo v ideálním případě zúžit všechny kvinty stejně (tj. pokud v rámci jednoho ladění některé kvinty zúžíme o 3 centy a jiné o 7 centů,

nezařazujeme takové ladění mezi pravidelné středotónové systémy). Pozor – středotónové systémy neuzavírají kvintový kruh, takže je-li naším cílem zúžit všechny kvinty stejně, miníme tím vždy pouze skutečné kvinty, nikoli např. zmenšenou sextu, kterou můžeme v kruhových systémech enharmonicky zaměnit za kvintu.

Čím více zúžíme kvinty nebo rozšíříme kvarty, tím více se výsledné tercie a sexty přiblíží terciím a sextám didymickým. V extrémním případě, kdy malá tercie a velká sexta zní zcela čistě, jsou kvinty zúžené a kvarty rozšířené o více než 7 centů. Tak silné odladění kvint a kvart se projevuje jako rychlé záněje, které mohou u některých zvukových barev působit poněkud rušivě.

Naproti tomu, pokud zúžíme kvinty a rozšíříme kvarty o pouhé 4 centy, mohou se záněje projevovat v terciích a sextách. Proto byly většinou preferovány možnosti někde uprostřed. Je však doloženo, že např. v baroku (než přišla ladění nepravidelná) byly obecně užívány kvinty méně zúžené (a kvarty méně rozšířené) než v renesanci.²⁰

Tvoříme-li 12tónovou chromatickou stupnici v některém ze středotónových systémů, všimneme si, že čím více zužujeme kvinty a rozšiřujeme kvarty, tím je malá sekunda širší než zvětšená prima. Protože enharmonicky příbuzné tóny jsou v řetězci vzdáleny o 12 kvint nebo kvart, s každou změnou velikosti kvinty nebo kvarty se vzdálenost enharmonicky příbuzných tónů změní 12× výrazněji. Např. při kvintě o velikosti 698 centů se enharmonicky příbuzné tóny liší o 24 centů, zatímco při kvintě o velikosti 695 centů se liší o 60 centů (tj. víc než o čtvrttón).

Další důležitý fakt je ten, že stejně jako v ladění didymickém vychází i v laděních středotónových např. Cis nižší než Des, Dis nižší než Es atd. (tj. opačně oproti pythagorejskému ladění). Protože tyto rozdíly mohou někdy být až překvapivě velké, můžeme v takovém případě hovořit i o nutnosti rozšířeného intervalového vnímání – tj. pro správnou intonaci bychom měli sluchem rozeznat nejen rozdíl mezi velkou a malou tercií, ale i např. mezi malou tercií a zvětšenou sekundou nebo mezi velkou tercií a zmenšenou kvartou.

Nejvýraznější z těchto všech bývá rozdíl mezi malou sekundou a zvětšenou primou, který si můžeme snadno osvojit v případě, že máme možnost ve středotónovém ladění sami opakovaně hrát. Např. používáme-li kvinty o velikosti 696 centů, pak každá malá sekunda bude mít velikost 120 centů a každá zvětšená prima bude mít velikost 72 centů, a to bez výjimky. Pokud se naučíme tyto rozdíly dostatečně přesně identifikovat sluchem a hrát na nástroji, můžeme tuto dovednost využít nejen pro účely jedné konkrétní skladby, ale i pro účely desítek či stovek skladeb z téhož období.

²⁰ Joe Monzo. „Meantone“ [online]. In: *Tonalsoft Encyclopedia*. 2005 [cit. 15. 5. 2020]. Dostupné z: <http://www.tonalsoft.com/enc/m/meantone.aspx>.

Ross W. Duffin. „Baroque Ensemble Tuning Introduction: In Extended 1/6 Syntonic Comma Meantone“ [online]. Aktualizováno 2018 [cit. 7. 6. 2020]. Dostupné z: <https://casfaculty.case.edu/ross-duffin/baroque-ensemble-tuning/>.

U některých nástrojů je sluchová představa jediným použitelným vodítkem ke správné intonaci, a proto je její cílené rozvíjení zvláště na místě. Např. při hře na moderní příčnou flétnu můžeme kombinovat změny úhlu nátisku s alternativními hmaty, ale případy, kdy alternativní hmat sám postačuje, jsou vzácné. Za všechny uveďme např. alternativní hmat na Cis3 (tj. ke hmatu na D3 přidáme 1. prst v pravé ruce), přičemž standardní hmat pak užíváme pouze pro Des.²¹

5. Protože jak pythagorejské, tak středotónové ladění je dvojrozměrné, můžeme v podstatě kteroukoli existující hudbu převést z běžné hudební notace do zvukové podoby v pythagorejském nebo ve středotónovém ladění. Z tohoto pohledu jsou intonační pravidla v pythagorejském i ve středotónovém ladění zcela stabilní a předvídatelná. Nutno však připomenout, že pravidla intonace podle pythagorejského ladění a pravidla intonace podle středotónového ladění jsou vzájemně protichůdná, a proto nelze vyhovět oběma přístupům současně.

Při provádění konkrétního díla bychom tedy měli mít dostatečně jasnou představu o tom, zda mají primární roli hrát melodické linie jednotlivých hlasů, nebo harmonická struktura. Např. ve středověké hudbě nebylo cílem tvořit akordy, a je tudíž logické, že v té době bylo preferováno pythagorejské ladění. Naproti tomu hudbu renesanční a z velké části i hudbu barokní je vhodné interpretovat v ladění středotónovém. Výjimkou jsou případy, kdy ve skladbě z dob pozdního baroka hraje silnou roli klávesový nástroj a je nutné hledat kompromisní řešení (neboť intonace klávesových nástrojů byla tehdy často považována za neuspokojivou a jejich ladění byla nepravidelná).

Chceme-li dát najevo samostatnost jednotlivých hlasů v sólové romantické kompozici, může nám jako intonační model posloužit buď samotné pythagorejské ladění, nebo vzácně i takový pravidelný dvojrozměrný systém, jehož kvinty jsou dokonce o několik centů širší než v pythagorejském ladění. Pythagorejské ladění zároveň může posloužit k posílení romantické expresivity, neboť zejména v pozdním romantismu byly u neklávesových sólových nástrojů preferovány malé sekundy poměrně úzké, podobné těm z pythagorejského ladění. Chceme-li však souzvukem získat celek znějící akusticky jednotně, je vhodné užít některé z ladění středotónových nebo ve vzácných případech ladění didymické.

Z celého předchozího textu je patrné, že mají-li souzvuky mít charakter akusticky jednotných celků, je třeba zvolit malé sekundy nikoli užší, ale naopak širší než současný půltón, přičemž onen užší interval pak používáme pouze ve významu zvětšené primy, nikoli malé sekundy. Tím je vysvětleno, proč za žádných okolností není možné najít takové ladění, které by nabízelo soudržně znějící tercie a sexty a současně s tím úzké malé sekundy.

²¹ K tomuto závěru dojdeme, pokud jsme dobře teoreticky obeznámeni s charakteristickými vlastnostmi flétny nebo pokud sami na flétnu hrajeme a máme možnost experimentovat.

Za všechny příklady uvedme spoj dvou trojzvuků: H-E-Gis, C-E-A. Zahrajeme-li tento spoj v pythagorejském ladění, pak sice získáme úzké malé sekundy, ovšem za cenu toho, že tercie a sexty neznějí akusticky čistě. Zahrajeme-li jej v ladění didymickém, oba akordy znějí stabilně a čistě, ale malé sekundy jsou o syntonické koma širší než předtím.

Nabízí se otázka, co by se stalo, kdybychom se pokoušeli čistě matematicky „násilím“ vynutit splnění obou požadavků současně. Dosáhneme toho např. tak, že v didymickém ladění cíleně vždy použijeme zvětšenou primu namísto malé sekundy. Ve spodním hlasu tudíž zvolíme postup Ces-C a v horním As-A. Aby byly trojzvuky kompletní a zcela čisté, znamená to, že místo opakovaného E-E musíme ve středním hlasu zvolit postup Fes-E.

Původně se tedy jednalo o jeden a tentýž tón, ale zde musí střední hlas najednou klesnout více než o 40 centů. Tento interval je však příliš velký na to, abychom jej považovali za jemně odladěnou primu. Je proto poněkud zavádějící považovat tento upravený spoj za aproximaci spoje původního. Ve výsledku dělá tento spoj píše dojem spoje zcela nového a je-li posluchač explicitně žádán, aby jej považoval za aproximaci toho původního, pak ono snížení ve středním hlasu může být pro sluch matoucí.

Literatura

- Breed, Graham. „Prime Based Error and Complexity Measures“ [online]. 2008 [cit. 5. 8. 2020]. Dostupné z: <http://x31eq.com/primerr.pdf>.
- . „The Regular Mapping Paradigm“ [online]. 2009 [cit. 10. 6. 2020]. Dostupné z: <http://x31eq.com/paradigm.html>.
- Duffin, Ross W. „Baroque Ensemble Tuning Introduction: In Extended 1/6 Syntonic Comma Meantone“ [online]. Aktualizováno 2018 [cit. 7. 6. 2020]. Dostupné z: <https://casfaculty.case.edu/ross-duffin/baroque-ensemble-tuning/>.
- Erlach, Paul. „A Middle Path Between Just Intonation and the Equal Temperaments“ [online]. Aktualizováno 2015 (původně publikováno v časopisu *Xenharmonikôn*, 2004)[cit. 20. 6. 2020]. Dostupné z: <https://sethahares.engr.wisc.edu/paperspdf/Erlach-MiddlePath.pdf>.
- Folkers, Catherine. „Playing In Tune on a Baroque Flute“ [online]. Původně publikováno v časopisu *Traverso*. 1998 [cit. 15. 6. 2020]. Dostupné z: <http://www.flutehistory.com/Resources/Documents/TRAV101.pdf>.
- Forster, Cristiano M. L. „Partch's Diamond“ [online]. In: Týž. *Musical Mathematics*. Aktualizováno 2020 [cit. 10. 6. 2020]. Dostupné z: <https://www.chrysalis-foundation.org/musical-mathematics-pages/partchs-diamond/>.
- Gann, Kyle. „An Introduction to Historical Tunings“ [online]. 1997, aktualizováno 2019 [cit. 21. 6. 2020]. Dostupné z: <https://www.kylegann.com/histune.html>.
- Hamm, Chelsey, a kolektiv. „American Standard Pitch Notation (ASPN)“ [online]. In: Týž. *Open Music Theory*. 2020 [cit. 3. 6. 2020]. Dostupné z: <https://viva.pressbooks.pub/openmusictheory/chapter/aspn/>.
- Chackrow, Robert. *Historical Tunings* [online] (stránky věnované historickým tónovým systémům). Aktualizováno 2016 [cit. 15. 5. 2020]. Dostupné z: <https://www.historicaltuning.com/>.
- „Intonation solutions for orchestral players“ [online]. In: *The University Of Oregon Orchestra Program*. 2018 [cit. 6. 3. 2020]. Dostupné z: <https://uosymphony.com/resources/intonation-solutions-for-orchestral-players/>.
- Laux, Charles. „How PURE is your orchestra's intonation?“ [online]. 2015 [cit. 8. 3. 2019]. Dostupné z: <https://www.orchestrateacher.net/pure-intonation/>.
- Lehman, Bradley. „Practical instructions for tuning by ear“ [online]. Aktualizováno 2014 [cit. 15. 6. 2020]. Dostupné z: <http://www-personal.umich.edu/~bpl/larips/practical.html>.
- Monzo, Joe. „Just intonation – microtonal musical tuning system and scale“ [online]. In: *Tonalsoft Encyclopedia*. 2005 [cit. 10. 3. 2020]. Dostupné z: <http://www.tonalsoft.com/enc/j/just.aspx>.
- . „Meantone“ [online]. In: *Tonalsoft Encyclopedia*. 2005 [cit. 15. 5. 2020]. Dostupné z: <http://www.tonalsoft.com/enc/m/meantone.aspx>.
- . „Pythagorean– 3-limit just intonation musical tuning system“ [online]. In: *Tonalsoft Encyclopedia*. 2005 [cit. 15. 5. 2020]. Dostupné z: <http://www.tonalsoft.com/enc/p/pythagorean.aspx>.
- . „Schismic tuning / schismatic tuning“ [online]. In: *Tonalsoft Encyclopedia*. 2005 [cit. 15. 5. 2020]. Dostupné z: <http://www.tonalsoft.com/enc/s/schismic-tuning.aspx>.
- Moss, Kirk D. „5 Steps to Improving Intonation in Your String Orchestra“ [online]. 2017 [cit. 2. 6. 2020]. Dostupné z: <https://www.alfred.com/blog/5-steps-improving-intonation-your-string-orchestra/>.
- Mount, Andre. „Pitch“ [online]. In: *Fundamentals, Function, and Form*. 2009 [cit. 9. 4. 2020]. Dostupné z: <https://milnepublishing.geneseo.edu/fundamentals-function-form/chapter/5-pitch/>.
- „Physics Tutorial: Interference and Beats“ [online]. In: *The Physics Classroom*. 1996 [cit. 5. 3. 2020]. Dostupné z: <https://www.physicsclassroom.com/class/sound/Lesson-3/Interference-and-Beats>.
- Polak, Simon. „Tuning, temperaments and the traverso“ [online]. Datum neuvedeno [cit. 15. 5. 2020]. Dostupné z: <http://www.earlyflute.com/pages/traversotuning.html>.
- Quantz, Johann Joachim. *Pokus o návod, jak hrát na příčnou flétnu*. Praha: Supraphon, 1990.
- Sethares, William. „About 5-limit Just Intonation“ [online]. 2008 [cit. 8. 4. 2020]. Dostupné z: <http://homepages.cae.wisc.edu/~sethares/software/TFSDocs/about5limit.html>.

Smith, Gene, a kolektiv. „5-limit“ [online]. Aktualizováno 2018 [cit. 15. 6. 2020]. Dostupné z: <https://en.xen.wiki/w/5-limit>.

———. „Meantone“ [online]. Aktualizováno 2018 [cit. 15. 6. 2020]. Dostupné z: <https://en.xen.wiki/w/Meantone>.

South, James. „Band and Orchestra Intonation: Teaching an Ensemble Skill“ [online]. 2006 [cit. 9. 5. 2020]. Dostupné z: https://www.midwestclinic.org/user_files_1/pdfs/clinicianmaterials/2006/james_south.pdf.

Schulter, Margo. „Pythagorean Tuning - Just Intonation Context“ [online]. 2000 [cit. 12. 6. 2020]. Dostupné z: <http://www.medieval.org/emfaq/harmony/pyth5.html>.

———. „Pythagorean Tuning - More details“ [online]. 2000 [cit. 12. 6. 2020]. Dostupné z: <http://www.medieval.org/emfaq/harmony/pyth4.html>.

———. „Pythagorean Tuning - Basic concepts“ [online]. 2000 [cit. 12. 6. 2020]. Dostupné z: <http://www.medieval.org/emfaq/harmony/pyth2.html>.

Škaroupka, Jan. *Systémy ladění*. Diplomová práce. Brno: MUNI, Pedagogická fakulta, Katedra hudební výchovy, 2007. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/g339d/Systemy_ladeni.pdf.

Truax, Barry. „Beats“ [online]. In: *Handbook For Acoustic Ecology*. 1999 [cit. 12. 6. 2020]. Dostupné z: <https://www.sfu.ca/sonic-studio-webdav/handbook/Beats.html>.

Wolfe, Joe. „Beats (from Physclips)“ [online]. In: *School of Physics - UNSW*. 2005 [cit. 14. 3. 2020]. Dostupné z: <https://www.animations.physics.unsw.edu.au/jw/beats.htm>.

Zenkl, Luděk. *ABC hudební nauky*. Praha: Bärenreiter, 2017.

Tato studie vznikla na Akademii múzických umění v Praze v rámci projektu „Institut mikrointervalové hudby“ podpořeného z prostředků Institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace, kterou poskytl MŠMT v roce 2020.

Petr Pařízek působí v současné době jako pedagog na JAMU v Brně. Vystudoval hru na klavír, na flétnu a skladbu. Docházel také na hodiny harmonie a skladby ke skladateli a muzikologu Danielovi Forró. Jak ve skladbě, tak ve výzkumu se Pařízek zaměřuje na alternativní hudební ladění, nestandardní harmonické systémy, vztah mezi barvou zvuku a stupnicemi, tvořivé využívání audio efektů DSP a propojování harmonických a sónických prvků v hudbě. V řadě svých prací se zabývá akustickou interferencí v rámci konkrétních ladění, což je téma, které se do jisté míry prolíná s problematikou ladění barokní a renesanční hudby.