UNIVERZITA KARLOVA
Filozofická fakulta
Katedra psychologie

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Adéla Becková

Struktura hudby a časová percepce

Music Structure and Time Perception

Praha 2020

Vedoucí práce: PhDr. RNDr. Tereza Nekovářová, PhD.

Chtěla bych poděkovat především vedoucí práce PhDr. RNDr. Tereze Nekovářové, PhD. za cenné připomínky a podporu při realizaci výzkumného projektu, Mgr. Veronice Rudolfové za podněty nejen k empirické části práce, trpělivost a ochotu a Mgr. Kristýně Malenínské za příhodné připomínky k práci. Mgr. Ing. Marku Vrankovi bych chtěla poděkovat za možnost využít databázi participantů laboratoře PLESS.

Výzkumný projekt v této práci byl podpořen SVS FF UK 2019, NÚDZ z programu NPU MŠMT č. LO1611 a GAČR č. 19-15728S.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně, že jsem řádně citovala všechny použité prameny a literaturu a že práce nebyla využita v rámci jiného vysokoškolského studia či k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze dne 8.12.2020

Adéla Becková

Abstrakt

Diplomová práce navazuje na bakalářskou práci *Hudba a percepce času* (Becková, 2017). Zabývá se časovou percepcí v hudbě. Podává přehled současných vlivných teorií a modelů ve výzkumu časové percepce obecně, i ve vztahu k hudbě, tj. modelů založených na existenci vnitřních časových hodin a modelů založených na pozornostních, paměťových a dalších dynamických procesech. Dále se práce zaměřuje na psychologické aspekty metra, rytmu a dalších hudebních charakteristik ve vztahu k časové percepci. Zmiňuje rovněž možné využití poznatků výzkumu na poli časové percepce v hudbě. V experimentu realizovaném v empirické části jsem aplikovala konkrétní poznatky z dosavadního výzkumu časové percepce na krátké zvukové stimuly v rozmezí několika sekund s využitím metody reprodukce. Podařilo se demonstrovat iluzi plného intervalu, iluzi rozděleného času a efekt výšky tónu na časovou percepci. Poznatky z experimentu by mohly být využity v návazném výzkumu a posloužit jako podklad pro další bádání v oblasti hudby a časové percepce.

Klíčová slova: časová percepce, hudební percepce, vnímání času

Abstract

The diploma thesis follows the bachelor‘s thesis Music and Time Perception (Becková, 2017). It focuses on time perception in music. It reviews current influential theories and models in the research of time perception, and also time perception models in relation to music, ie models based on the existence of internal time clocks and models based on attentional, memory and other dynamic processes. It also focuses on the psychological aspects of the metrum, rhythm and other musical characteristics in relation to time perception. Possible use of research findings in the field of time perception in music is also mentioned. In the experimental part I applied specific findings from the current research of time perception to short acoustic stimuli in the range of suprasecond intervals using reproduction as experimental paradigma. The filled-duration illusion, the divided time illusion and an effect of tone pitch were demonstrated. The findings from the experiment could be used in future research in the field of music and time perception.

Klíčová slova: time perception, music perception, psychology of time

Obsah

Úvod ... 9

TEORETICKÁ ČÁST

1. Terminologie ... 12
2. Hudebně-teoretický pohled na čas v hudbě ... 16
3. Úvod do časové percepce ... 19
   3.1 Počátky psychologického výzkumu časové percepce ... 19
   3.2 Pojetí psychologického času ... 20
   3.3 Retrospektivní a prospektivní paradigma ... 21
   3.4 Používané metody ve výzkumu časové percepce ... 22
   3.5 Modely intervalového časování ... 24
      3.5.1 Modely založené na vnitřních časových hodinách ... 24
      3.5.2 Modely nezaložené na vnitřních časových hodinách ... 30
   3.6 Neurobiologie časové percepce ... 33
      3.6.1 Teorie neurobiologie časové percepce ... 33
      3.6.2 Konkrétní oblasti mozku podílející se na časové percepci ... 34
   3.7 Vybrané kritické délky v časové percepci ... 35
4. Psychologické aspekty metra a rytmu ... 39
   4.1 Percepce metra ... 39
   4.2 Percepce rytmu ... 42
   4.3 Interakce metra a rytmu ... 44
5. Očekávání v hudbě a časová percepce ... 46
6. Emocionální odpovědi na hudbu a časová percepce ... 49
7. Konkrétní hudební charakteristiky a časová percepce ... 53
8. Využití výzkumu časové percepce v hudbě ... 56
   8.1 Komerční využití ... 56
   8.2 Kompozice ... 57
   8.3 Výzkum časové percepce ... 57

EMPIRICKÁ ČÁST

1. Teoretická východiska výzkumu ... 60
   1.1 Iluze plného intervalu ... 60
   1.2 Iluze rozděleného času ... 60
   1.3 Tónová výška ... 61
   1.4 Hudební zkušenosti ... 61
   1.5 Výzkumná otázka ... 61
2. Výzkumná metoda ... 63

2.1 Průběh experimentu ... 63
2.2 Konstrukce stimulů ... 64
2.3 Participanti ... 65
2.4 Etika ve výzkumu ... 66
2.5 Dotazník Gold-MSI ... 66
2.6 Použitý software ... 67
3. Výzkumné hypotézy ... 68
4. Výsledky ... 69
4.1 Demografické údaje – Deskriptivní statistika ... 69
4.2 Časový experiment – Deskriptivní statistika ... 70
4.2.1 Vyřazení odlehlých hodnot ... 70
4.2.2 Jednotlivé typy intervalů ... 70
4.2.3 Reakční čas ... 77
4.3 Test normality ... 78
4.5 Určení bodu indiference ... 78
4.6 Lineární smíšený model ... 80
4.6.1 Reprodukce ... 80
4.6.2 Reakční čas ... 84
4.7 Dotazník hudebnosti – Deskriptivní statistika ... 87
4.8 Přesnost v časovém experimentu a dotazník hudebnosti ... 88
5. Diskuze ... 91
5.1 Shrnutí výsledků ... 91
5.2 Diskuze výsledků ... 92
5.3 Limitace výzkumu ... 94
5.4 Využití výzkumu ... 94
Závěr ... 96
Reference ... 97
Seznam obrázků ... 107
Seznam grafů ... 108
Seznam tabulek ... 109
Seznam zkratek ... 111
Příloha 1. ... I
Příloha 2. ... III
Příloha 3. ... VI
Příloha 4. ... IX

Úvod

Hudba je umění odehrávající se v čase na rozdíl od například umění výtvarného, které je převážně statické. Proto se výzkum časové percepce často zaměřuje na hudbu jako výzkumný objekt. Hudba zahrnuje velké množství komplexních informací, které jsou hierarchicky uspořádány nejen dle pravidel hudební teorie, ale i dle nastavení našeho kognitivního systému. Psychologický výzkum časové percepce v hudbě by měl tedy probíhat mezioborově: zahrnout poznatky z psychologie, kognitivních věd, i muzikologie. Problematice času v hudbě se věnuje také hudební estetika, neurovědy, matematika, aj. Tato práce zaujímá hledisko převážně psychologické. Jak už vyplývá z názvu práce *Struktura hudby a časová percepce,* práce se bude zabývat informacemi zahrnutými v hudbě, které mohou přispět k ovlivnění toho, jak čas v hudbě člověk vnímá. Tato práce vychází z bakalářské práce *Hudba a percepce času* (Becková, 2017), navazuje na ni a doplňuje ji.

Jelikož je hudba umění odehrávající se v čase, nabízí se otázka, jakým způsobem se čas v hudbě manifestuje? Podléhá podobným nebo odlišným zákonitostem jako běžné vnímání času? Mohli bychom některé nálezy z výzkumů časové percepce rozšířit do hudebního prostředí? Dal by se některý z modelů časové percepce využít i pro vysvětlení času v hudbě?

V první kapitole se zaměřuji na hudební terminologii, které budu v dalších kapitolách užívat. Druhá kapitola představuje myšlenky z oblasti hudební teorie. Pro omezený rozsah této práce bylo vybráno pouze několik myšlenek pro vytvoření stručné představy o způsobu chápání percepce času v hudbě hudebními teoretiky a doplnění převážně psychologického zaměření na problematiku. Ve třetí kapitole představuji úvod do výzkumu psychologie časové percepce obecně. Ve čtvrté kapitole se konkrétně zaměřuji na psychologické aspekty metra, rytmu a jejich vzájemné interakce. V páté kapitole se věnuji teoriím očekávání v hudbě a jejich přesahem do vnímání času v hudbě. V šesté kapitole krátce představuji problematiku emocí v hudbě a nejvýznamnější výzkumy, které se zaměřily na možné ovlivnění vnímání času v hudbě prostřednictvím emocí. V sedmé kapitole se podrobněji zaměřuji na konkrétní hudební charakteristiky a jejich význam pro časovou percepci. V osmé kapitole shrnuji možné využití výzkumu časové percepce v hudbě.

Chtěla bych podotknout, že byť v textu zmiňuji místy i příklady z etnické hudby, soustředím se v této práci primárně na hudbu západní a na evropskou hudební tradici.

V empirické části práce se zaměřuji na několik konkrétních jevů, které by mohly souviset s percepcí času v hudbě. Realizovala jsem experiment, který vychází z návrhu

v bakalářské práci *Hudba a percepce času* (Becková, 2017). Experiment se pokusil otestovat některé vybrané poznatky z výzkumu časové percepce u krátkých zvukových nahrávek za využití metody reprodukce.

V práci je citováno podle normy APA (2010).

TEORETICKÁ ČÁST

1. Terminologie

Hudba jako časové umění by bez času a časování nemohla existovat, neboť čas je neoddělitelnou vlastností zvuků, ze kterých je hudba složena. Obecně lze říct, že hudební kompozice je ve své podstatě časová struktura. Tato struktura koresponduje s dalšími vlastnostmi a elementy hudby jako jsou výška tónů, barva tónů, dynamika, harmonická pravidla, melodie, aj. Časová struktura dodává těmto elementům pohyb, charakter, výraz a estetický charakter (Marijan, 2018).

Stěžejní vlastností západní hudby je její hierarchická organizace. Některé události v hudbě jsou strukturně důležité, jiné jsou však primárně ornamentální, mají hlavně estetickou kvalitu a při jejich odstranění by základní melodie skladby zůstala stejná. Pokud by byly odstraněny strukturně důležité tóny, melodie by se velmi změnila. Tato hierarchie je důležitá z hlediska časové struktury, ale také pro dynamiku hudby a estetický prožitek (Bigand &Poulin-Charronnat, 2011).

Na úrovni hudby je čas nejčastěji popisován prostřednictvím rytmu, metra a tempa. Hudebními teoretiky jsou tyto oblasti nazývány souhrnně jako *kinetická složka* (Tichý, 2002).

Považuji za důležité nyní nejprve vyjasnit některé pojmy hudební terminologie, které budu ve zbytku práce používat a vracet se k nim.

Tempo

Tempo označuje rychlost, s jakou je hudba hrána. Bývá označené v notovém záznamu na začátku skladby, kde předepisuje jednotné tempo pro celou skladbu. Může být však označeno i v průběhu skladby, kde udává, že se má rychlost skladby místně zvýšit nebo snížit. Označení může být dvojího typu: jako předepsané BPM (*beats per minute*, počet úderů za minutu) nebo předepsané názvoslovím. BPM je přesnější, udává, kolikrát se do jedné minuty vejde jedna základní časová jednotka (nota půlová, čtvrťová nebo osminová). Na tento číselný údaj se může nastavit metronom, kterého využívají hudebníci při nácviku skladeb v určité rychlosti. Při přednesu skladeb se metronom již nepoužívá. Názvosloví (nejčastěji italské) představuje spíše přibližné označení tempa – např. *andante, allegro, moderato* (Zenkl, 2003).

Často je žádoucí, aby tempo nebylo stejné po celou dobu skladby jako je předepsané, tedy aby byly v přednesu přítomny drobné odchylky od tempa, které interpret volí na základě svého vkusu, popř. vhodných způsobů provedení dané skladby. Této možnosti přechodně

upravit tempo při přednesu skladby se říká *agogika*, jedná se o výrazový prostředek (Zenkl, 2003).

Rytmus a metrum

Pojem *rytmus* se v hudební teorii, ale i mimo ni používá v různých významech, které nejsou vždy zcela přesně definovány (Zenkl, 2003). Přesnou definici rytmu komplikuje například i avantgardní hudba 20. století (Franěk, 2009).

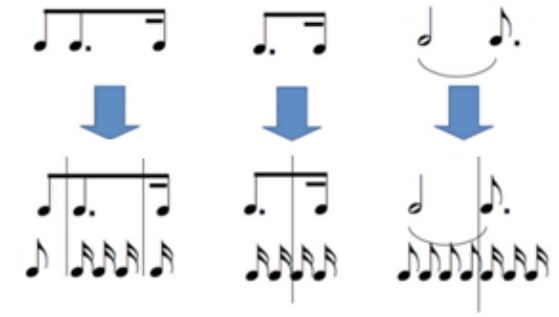
Z psychologického hlediska představuje rytmus strukturálně-časovou organizaci zvuků, která je charakterizována dvěma základními vlastnostmi: a) seskupováním zvuků (groupování) a b) periodickým opakováním (Franěk, 2009). Tyto dvě vlastnosti se pohybují v rámci metrických pravidel (Jones, 2014).

Nejelementárnější formou periodického opakování je *puls*. Znamená pravidelné opakování stejného prvku o totožné časové periodě. Puls bývá v časově psychologickém výzkumu nazýván někdy také *isochronní sekvencí* (Franěk, 2009). Důvody periodicity při uspořádání časového sledu impulsů v evropské hudbě jsou takové, že periodicita má zřejmě v posluchači vyvolat libé pocity, jakési nutkání pokračovat v již započaté pulzaci, ztotožnit se s pulzací atd. (Tichý, 2002). Předpokládá se, že vychází z fungování centrální nervové soustavy, například z periodicity nervových výbojů (Large & Snyder, 2009). Periodickou pulzaci je také možné spatřit v periodicitě některých tělesných funkcí, například v tepu srdce, či rytmu chůze (Franěk, 2009).

Rytmická strukturálně-časová organizace zvuků se projevuje napříč skupinami tónů, ale také v rámci jednoho tónu. Časová organizace v rámci jednoho tónu je zažívána jako pravidelná periodická pulzace (obrázek č. 1). Počet těchto pulsů se odvíjí od tempa, metra a typu tónu (nota čtvrťová, půlová atd.). Rozdělení pulsů v rámci tónu je důležité pro hudebníky k udržení přesnosti načasování tónů (Marijan, 2018).

Metrická struktura organizuje jednotlivé časové jednotky do formy. Vytváří časovou hierarchii, ve které jsou menší časové jednotky součástí (vloženy do) větších celků. V západní hudbě je metrické skládání vyjádřeno v časových poměrech, které jsou specifikovány v notových zápisech ve formě zlomku. Tento poměr označuje: základní časovou jednotku pro jeden takt[1] ve jmenovateli a počet těchto jednotek v taktu v čitateli. Například ¾ metrum znamená, že základní časová jednotka je nota čtvrťová a má se objevit v taktu třikrát (Jones, 2014).

[1] Takty jsou krátké úseky v hudební skladbě, které slouží ke členění skladby. Vyznačují se kolmými čarami. *„Takt je především praktický způsob zápisu hudby v notách, obyčejně se s metrem shoduje, ale může se od něho i odlišovat.“* (Zenkl, 2003, s. 34)



Obrázek 1: Rozdělení pulsů v rámci tónů (upraveno podle Marijan, 2018). Každá délka je složena z kratších pravidelných rytmických délek.

Základní metrické poměry jsou 2/1 a 3/1, říká se jim dvojné a trojné členění. Jones (2014) uvádí ještě složené poměry (např. 6/4, 9/8), které jsou poskládány z kombinací dvojného a trojného členění.

Metrum určuje přízvučné (těžké) a nepřízvučné (lehké) doby (*beaty*) Většinou metrum odpovídá taktům neboli takty odpovídají metru. Může být dvoudobé, třídobé, čtyřdobé apod. Metrum může posluchač slyšet v hudbě jako pravidelné střídání těžkých a lehkých dob (Zenkl, 2003).

Střídání těžkých a lehkých dob má implikaci také pro harmonická pravidla. Například modulace, zakončení hudebních frází, či změny vedení hlasu jsou načasovány většinou na těžkou dobu spíše než na lehkou (Marijan, 2018).

Mezi rytmem a metrem je vztah, doplňují se – hovoří se o metrorytmických vztazích v hudbě. Stručně řečeno: Metrum je pravidelné střídání dob přízvučných a nepřízvučných, rytmus je střídání tónů různých délek (Zenkl, 2003). Společně tvoří důležitou časovou komponentu v hudbě (Jones, 2014).

Frázování

Hudební fráze je část většího celku melodie. Melodické frázování je strukturně a funkčně jiné než metrické členění, které bývá označeno, jak již bylo řečeno, přízvučnými a nepřízvučnými dobami. Na rozdíl od toho melodické frázování je označeno tonálně významnými tóny (Jones, 2014).

Tonalita

Tonalita je systém vztahů mezi tónovými výškami. Tento systém představuje pevný celek skládající se z jednotlivých prvků, kde každý z prvků má jiný význam (Franěk, 2009).

Tonální systémy staví na využití stupnic, kterých je velké množství. Stupnice je řada tónů tóniny. V evropské hudbě se nejvíce užívají stupnice durové, mollové, dále i církevní, stupnice cikánská, pentatonická, celotónová a chromatická (Zenkl, 2003).

Tónina je soubor všech tónů uspořádaných podle určitých pravidel, má sedm stupňů. Centrálním prvkem je *tónika* – I. stupeň v tónině a také výchozí tón. Hudební skladby psané v určitých tóninách nemusí využívat všechny tóny z příslušné stupnice, ale tónika by měla mít roli hlavního tónu. Melodie tónikou často začíná, vrací se k ní nebo na ní končí. Pokud je melodie zakončena návratem na tóniku, působí jako uzavřená bez nutnosti dalšího pokračování (Zenkl, 2003).

Dalšími významnými stupni jsou IV. a V. stupeň – *subdominanta* a *dominanta*. Tyto stupně spolu s tónikou představují hlavní funkce. Ostatní stupně jsou funkce vedlejší, i tak však mají v tónině svůj význam. Například VII. stupeň – *tzv. citlivý tón* se vyznačuje tím, že „tíhne“ k tónice, vyžaduje rozvedení do tóniky (Zenkl, 2003).

2. Hudebně-teoretický pohled na čas v hudbě

Hudební teoretik Tichý (2002) rozlišuje čas, který se manifestuje v hudbě, jako čas fyzikální (měřený v jednotkách fyzikálního času – sekundy, minuty, hodiny) a čas hudebně-strukturní (takt, doba, nejčastější rytmická hodnota apod.). Při různých interpretacích téže skladby může docházet k naměření různého fyzikálního času, počet taktů však vždy zůstává stejný.

Marijan (2018) rozlišuje čas na objektivní (absolutní) čas, který je organizován v hudební kompozici, je přesně definován a na subjektivní (relativní) čas, který představuje psychologickou zkušenost. Subjektivní čas je časem v hlavě hudebníka a posluchače, zahrnuje představu struktury časové organizace hudební formy.

Jak již bylo řečeno, hudba je hierarchicky členěná struktura. Každý hudební celek je členěn na několika hierarchických úrovních, z nichž nejvyšší člení hudební celek na hlavní části z hlediska hudební formy (například rozšířená dvojdílná forma má dvě hlavní části po 32 taktech a desetitaktovou kodu), nejnižší zahrnuje průběh základních metrických jednotek (jednotlivé délky not) (Tichý, 2002).

Časovému členění na nejvyšších hierarchických úrovních se v rámci hudební teorie věnuje *nauka o hudebních formách a tektonice*. Nejnižším hierarchickým úrovním se věnuje *hudební kinetika* (Tichý, 2002).

Hudební forma

Nauka o hudebních formách zkoumá skladby, které jsou psány v určitém tematickém slohu. Jsou složeny z několika částí, které mohou být do určité míry odlišné, a ve kterých jsou představeny jedna nebo několik výrazných melodických myšlenek (témat). S tématy se v rámci celé skladby pracuje. Některé skladby 20. století však mohou být atematické. Mezi prvky hudební formy se zařazují například: *motiv, téma, figura, pasáž, dvoutaktí, třítaktí, věta, perioda, introdukce, koda apod.* Každá skladba má svou hudební formu, stejné typy skladeb mají formu většinou podobnou (Zenkl, 2003).

Podle Marijan (2018) závisí posluchačova percepce času v hudbě na porozumění strukturálním vlastnostem hudební formy. Hudební forma je podle ní hierarchická struktura elementů, které posluchači vnímají v časové následnosti a vytváří si postupně její mentální obraz. Tento mentální obraz je vytvářen na základě obeznámenosti s hudební syntaxí, záleží tedy na hudebních zkušenostech posluchače.

Například typická hudební fráze sestává ze dvou vět, které sdílejí stejné motivické prvky a sestávají ze stejného počtu taktů. Jediný rozdíl mezi nimi leží v závěru v každé

z frází – první fráze končí dominantou, druhá fráze se vrací na tóniku. Posluchač tuto „standartní“ strukturu očekává a její případné narušení vede i k narušení očekávání (viz kapitola č. 5 – *Očekávání v hudbě a časová percepce*). Vnímaná fráze se pak může stát komplikovanou, náročnou na orientaci a posluchač může mít pocit, že je fráze v nepořádku (Marijan, 2018).

Při vytváření časové struktury hudební formy se posluchači orientují hranicemi v jednotlivých hudebních frázích. Pokud tyto hranice nejsou jasně definovány nebo hudební fráze obsahuje rytmickou monotónnost, posluchači vnímají tyto fráze jako prodloužené, neukončené, popř. jako součást jednoho celku. Z toho důvodu mohou některé delší hudební celky připadat, jakože se udály „na jeden dech“, tedy najednou (Marijan, 2018).

Hranice mezi jednotlivými frázemi a segmenty mohou být určeny vícero elementy: tichem či pauzou, dynamikou, rytmem, změnou výšky, změnou melodické linky, podobnostmi či repeticemi (Clarke & Krumhansl, 1990).

S výše uvedenými způsoby vytváření časové organizace v hudbě pracují různé skladatelské techniky. Skladatelé často zkouší očekávání posluchačů v tomto ohledu narušovat. Mohou využívat kompozičních technik, které subjektivně prodlouží hudební frázi či sekci. Většinou se těchto technik užívá v krátkých hudebních úsecích, neboť prodlužování frází a absence zakončení vede k nesnadné orientaci v hudebním materiálu, což může být náročné na pozornost posluchače. Tyto krátké úseky bývají například introdukce k symfoniím, preludia, krátké fantazie s volnou formou apod. (Marijan, 2018).

Nejasné hranice jednotlivých frází se objevují například v introdukci k Beethovenově symfonii č. 1 C DUR, rytmická monotónnost například v Bachově preludiu C DUR. Oba tyto příklady dávají pocit, že hudební materiál uplynul jakoby „na jeden dech“. Zvláštním případem jsou kompozice 20. století, které často experimentují s hudebním materiálem. Na první poslech je u nich mnohdy těžké poznat, kde začínají a končí jednotlivé hudební fráze. Celkovou časovou strukturu hudební skladby si v těchto skladbách tedy posluchači vytváří až po poslechu celého jejich průběhu (Marijan, 2018).

Hudební kinetika

Pro hudební kinetiku jsou nejdůležitější nejnižší hierarchické úrovně celkové hudební struktury. Ty se projevují v rytmu, metru a tempu. Jejich popis vychází z hierarchických vlastností hudby.

Rytmus je v hudební kinetice chápán jako sekvence impulsů v čase, nikoliv pouze jako střídání tónů různé délky. Podle Tichého (2002) jde spíše o nástup rytmických impulsů než o jejich další průběh a konec. Časový interval k dalšímu tónu je zde definován jako

interval od jednoho rytmického impulsu k druhému bez ohledu na délku tónů. Na rytmické impulsy je dále nazíráno v rámci tzv. *distanční hierarchie*, která se zabývá vzdáleností (ve smyslu trvání) mezi jednotlivými na sebe navazujícími rytmickými impulsy, a tzv. *centrické hierarchie*, která se zabývá jejich vzájemnými vztahy nadřazenosti a podřazenosti a jejich seskupováním. Dále se hudební kinetika ve vztahu k rytmu zabývá hustotou rytmických impulsů v časovém průběhu skladby (například hudební pasáž může mít konstantní hustotu rytmických impulsů, která znamená, že impulsy jsou za sebou v průběhu skladby pravidelně uspořádány a délka mezi nimi je stále stejná, či nepravidelnou, ve které se v průběhu střídavě vyskytuje za sebou více a méně impulsů).

Metrum představuje v hudební kinetice abstraktní kostru kinetického dění v hudební struktuře, která je daná střídáním těžkých a lehkých dob. Vůči rytmu má metrum funkci jakési sítě. Ve vztahu k metru se hudební kinetika zabývá jeho různými druhy, například metrum jednoduché představuje dvojné a trojné členění, metrum složené jejich různé kombinace (Tichý, 2002).

Tempo hudební kinetika chápe jako mající vztah k fyzikálnímu času. Je zde definováno v podstatě obdobně jako BPM, tedy kolikrát se základní časová jednotka v hudební skladbě vejde do rozměru fyzikálního času (Tichý, 2002).

Pro podrobný výklad fungování hudební kinetiky v evropské hudbě z hlediska hudební teorie doporučuji *Úvod do studia hudební kinetiky* Vladimíra Tichého (2002).

Zajímavou publikací z hlediska jiné tradice než evropské hudby je *Rytmus a čas v etnické hudbě* Vlastislava Matouška (2003). Rytmus je v etnické hudbě významnou složkou, neboť jiné složky, které jsou běžnou součástí evropské hudby (např. melodie, harmonie, polyfonie atd.), zde nemají takové uplatnění nebo zde zcela chybí. Často je rytmus stěžejní prvek, dle kterého lze rozpoznat hudební projevy od jiných zvukových projevů některých etnických skupin. Tato publikace je zajímavá i z toho důvodu, že autor na příkladech ukazuje, že některé limity evropského hudebního myšlení nemusí představovat limity v hudbě jiných kultur (např. preference určitých poměrů při metrické a rytmické výstavbě), i když zároveň tvrdí, že stavební principy jsou univerzální (Matoušek, 2003).

3. Úvod do časové percepce

Percepce času je důležitou součástí našeho každodenního prožívání. Je esenciální proto, abychom dali význam vnímanému a prožívanému, abychom se ve světě dokázali správně zorientovat (Wearden, 2016). Nejen hudba, ale všechny podněty, které přijímáme z okolního světa, mají časovou složku. Zároveň je čas centrálním aspektem pro všechno naše chování a rozhodování (Matthews & Meck, 2016).

Podobně jako hudební teoretici v hudbě, i výzkumníci na poli psychologie časové percepce rozlišují dvě podoby času událostí – *objektivní čas* (můžeme jej fyzikálně měřit) a čas *subjektivní* (závisí na vnímání jednotlivce). Subjektivitu v časové percepci mohou potvrdit různé časové iluze. Tyto iluze mohou zapříčinit, že události, které jsou objektivně stejně dlouhé, však člověku stejně dlouhé subjektivně nepřipadají (Block, 2014; viz kapitola č. 7 – *Konkrétní hudební charakteristiky a časová percepce*).

3.1 Počátky psychologického výzkumu časové percepce

Způsob, jakým člověk vnímá čas se stal předmětem zkoumání experimentální psychologie již od jejích prvopočátků ve druhé polovině 19. století. Výzkumu časové percepce se věnoval například Fechner (1860), který ve svých *Elementech Psychofyziky* zmiňoval i experimenty na odhad časového trvání. Fechner tvrdil, že čas může být pozorován přímo, a že délka trvání stimulu či události je vnímatelná charakteristika události podobně jako je jasně vnímatelná např. barva předmětu (1860, cit. dle Wearden, 2016).

Významným pionýrem časových studií byl Karl von Vierordt, který prováděl velké množství experimentů zaměřených na percepci časového trvání. Roku 1868 formuloval tzv. *Vierordtův zákon*, když si všiml, že při reprodukci časových intervalů v určitém rozsahu byly nejkratší intervaly z rozsahu hodnoceny jako delší, než bylo jejich skutečné trvání, zatímco nejdelší intervaly byly hodnoceny jako kratší. Uprostřed se nacházel tzv. *interval indiference*, ve kterém participanti hodnotili časové intervaly nejpřesněji, s nejmenší odchylkou (1868, cit. dle Wearden, 2016). Intervalu indiference se nadále věnovali i další výzkumníci (mimo jiné i W. Wundt), kteří se víceméně shodovali na tom, že tento interval se nachází kolem hodnoty 0.7 s (tedy 700 ms), i když tato hodnota je stále diskutovaná (Wearden, 2016; podrobněji o intervalu indiference v kapitole č. 3.7 *Vybrané kritické délky v časové percepci*).

Pro pozdější zkoumání percepce času byly stěžejní tři publikace: Guyaueho z roku 1890 (*The Origin of the Idea of Time*; cit. dle Block, 2014), Jamese z roku 1890 (kapitola v Principech psychologie) a Nicholse z roku 1891 (článek *The Psychology of Time* v The

American Journal of Psychology). Od té doby vzniklo mnoho teorií a modelů časové percepce. Výzkum v této oblasti se věnuje velkému spektru témat, jako jsou biologické rytmy, vnímání délky trvání či kulturním rozdílům v časování. Na výzkumu se podílí různé psychologické podobory a disciplíny: behaviorální, kognitivní, vývojová, psychoanalytická, sociální psychologie a další (Block, 2014). Jsou vytvářeny různé modely časování a tyto modely jsou následně aplikovány na události každodenního života odehrávající se v čase (např. v hudbě) (Jones, 2014).

3.2 Pojetí psychologického času

Psychologický čas má tři aspekty: *následnost (sukcesi)*, *trvání* a *časovou perspektivu. Sukcese* znamená sekvenční posloupnost událostí (změn), ze kterých organismus může vnímat časový řád, následnost. *Trvání* označuje vlastnost trvání události, přičemž každá událost má určitou délku trvání, kterou organismus může vnímat a uložit si ji do paměti. Události mohou být rozděleny do časových period, tzv. intervalů, které mohou obsahovat další události. Délka těchto intervalů hraje roli v psychologii časové percepce. Větší množství takovýchto stejných intervalů může vytvořit epizodu. *Časová perspektiva* zahrnuje individuální zkušenosti a koncepce minulosti, přítomnosti a budoucnosti (Block, 2014).

Všechny tyto aspekty psychologického času jsou v interakci při hudebním poslechu. Sukcese zahrnuje postup tónů po sobě v melodii, odkazuje na rozpoznání tónů od sebe. Hudební celky a jejich komponenty trvají po určitý časový interval, který je ohraničen určitými body v průběhu hudební skladby. Do časové perspektivy lze zařadit konkrétní psychický a fyziologický stav jedince (Jones, 2014).

Psychologický čas lze dále dělit podle délky časového rozsahu, se kterým pracuje na: a) *milisekundové časování*, b) *intervalové časování* a c) *cirkadiánní rytmy*. Milisekundové časování se zapojuje v rozsahu od několik desítek po stovky milisekund. Je důležité pro motorickou kontrolu, produkci řeči a hudby, tanec, aj. Intervalové časování pracuje s rozsahem od několika stovek milisekund, čímž se částečně překrývá s časováním milisekundovým, až po několik desítek sekund. Do tohoto časování spadá mnoho typů vědomě kontrolovaného chování od hledání a získávání potravy po rozhodovací procesy, či ovládání složitějších schopností jako je např. aritmetika. Intervalové časování bylo pozorováno kromě lidí i u ptáků, ryb, hlodavců a primátů. Cirkadiánní rytmy operují s 24hodinovým cyklem střídání světla a tmy, ovlivňují stav spánku a bdění (Buhusi & Meck, 2005).

Na výše uvedených způsobech časování se podílí odlišné neurální mechanismy v mozku (Buhusi & Meck, 2005; Grondin, 2019). To naznačuje, že psychologický čas nejspíše není jednotný proces (Grondin, 2019).

V souvislosti s krátkými časovými intervaly o rozsahu několik desítek milisekund se často hovoří o automatickém způsobu zpracování. V delších časových intervalech již hraje roli spíše vědomé zpracování a zapojení většího množství kognitivních procesů, např. pozornosti, paměti aj. Přesná časová délka, do které by byly zapojeny převážně automatické procesy, a od které by byly zapojeny další kognitivní mechanismy, však dosud nebyla experimentálně zjištěna, je pravděpodobné, že může docházet k určitému překryvu časových intervalů a při určení strategie zpracování časové informace bude záležet např. i na typu úlohy (Grondin, 2019).

Milisekundové časování je významné pro artikulaci řeči, senzomotorickou koordinaci, ale i pro motorickou kontrolu při produkci hudby. Repp (2001) například zjistil, že při synchronizaci ťukání prstem s udaným rytmem, lidé dokáží zareagovat i na podprahovou změnu rytmu a rychle se jí přizpůsobit.

Milisekundové časování zahrnuje krátké časové délky, které většinou postihují trvání jednotlivých tónů. Intervalové časování zahrnuje tóny složené do větších celků, které se v hudbě mohou projevovat od drobných figur, taktů, hudebních vět až po celkové trvání hudebních skladeb (Becková, 2017).

3.3 Retrospektivní a prospektivní paradigma

Studie časové percepce probíhají v tzv. *retrospektivním* nebo *prospektivním* paradigmatu. S přesnou distinkcí přišli roku 1976 Hicks, Miller a Kinsbourne. Prospektivní paradigma znamená, že lidé jsou dopředu informováni, že budou po skončení časového intervalu dotázáni na časový odhad. Retrospektivní paradigma znamená, že lidé dopředu neví, že budou dotázáni na trvání stimulu, otázka je neočekávaná a odhad časového intervalu probíhá zpětně.

Před rokem 1976 se místo pojmu „prospektivní paradigma“ používalo označení „prožívaná délka trvání“ (*„experienced duration“)* a místo pojmu *„*retrospektivní paradigma“ označení „zapamatovaná délka trvání“ *(„remembered duration“)* (Hicks, Miller, & Kinsbourne, 1976; Wearden, 2016). Podle Weardena (2016) jsou oba tyto zavádějící. Nejasnost spatřuje v tom, že i stimulus, o kterém dopředu víme, že budeme odhadovat jeho délku trvání, hodnotíme zároveň i zpětně (tedy retrospektivně) a je pro tento

úkol také důležité, abychom si trvání stimulu zapamatovali (*remembered duration*). Trvání je navíc vždy zažíváno (*experienced duration*).

Tyto termíny, ač možná nejasné, jsou již pevně zakořeněné ve výzkumu časové percepce. Jsou používány ke zpřesnění metodologie výzkumů. Ze studií vyplývá, že mechanismy zodpovědné za časový odhad v těchto paradigmatech jsou odlišné. Proto se pro jejich zkoumání používají různé metody. V rámci retrospektivního paradigmatu se většinou testují časové intervaly v délce několika sekund, zato v rámci prospektivního paradigmatu bývají testované intervaly kratší, v řádu milisekund až několika sekund (Grondin, 2019).

Při testování časové percepce se obvykle používá složitější experimentální design, ve kterém se hodnotí délka většího množství časových intervalů opakovaně, což umožňuje detekovat i malé odchylky v časovém odhadu. Čistě retrospektivní studie, které měří zapamatovanou délku trvání a spočívají v jedné prezentaci časového intervalu participantovi, jsou poměrně vzácné (Matthews & Meck, 2016).

3.4 Používané metody ve výzkumu časové percepce

Nejčastější metody užívané ve výzkumu časové percepce jsou následující: *metoda verbálního odhadu intervalu, produkce intervalu, reprodukce intervalu, srovnávání intervalů (metody diskriminace)* (Grondin, 2019).

V retrospektivních studiích se používají metody *verbální odhad intervalu* a *reprodukce intervalu*. V případě prospektivních studií se používají všechny uvedené metody (Grondin, 2019).

Metoda verbálního odhadu intervalu spočívá v prezentaci časového intervalu participantovi, který má za úkol odhadnout časové trvání intervalu v chronometrických jednotkách (sekundách, minutách).

V *metodě produkce intervalu* experimentátor zadá participantovi časový interval v časových jednotkách (nejčastěji v sekundách či minutách), který má participant za úkol produkovat. Obvykle se pro produkci intervalu užívá zmáčknutí tlačítka (např. mezerníku na klávesnici), kterým participant označí začátek a konec intervalu, nebo držení tlačítka v domnělé délce trvání intervalu.

Metoda reprodukce intervalu spočívá nejprve v prezentaci časového intervalu participantovi. Tato prezentace může mít podobu např. kontinuálního vizuálního nebo zvukového stimulu v délce časového intervalu, či krátkým zábleskem/tónem na začátku a na konci intervalu. Reprodukce intervalu může mít poté více podob: participant může podobně jako v metodě produkce zmáčknout tlačítko k označení začátku a konce intervalu, či držet

tlačítko v délce trvání intervalu. Někdy bývá reprodukce doplněna zábleskem/tónem, jako při prezentaci původního intervalu. Srovnání různých metod reprodukce se věnoval Mioni, Stablum, McClintock a Grondin (2014). Zjistil, že různé metody reprodukce nebyly ekvivalentní. Metoda zmáčknutí tlačítka na začátku a na konci intervalu vykazovala největší přesnost, metoda kontinuálního držení tlačítka zase nejmenší variabilitu. V obou případech může být metoda reprodukce problematická, protože kromě čistého časového odhadu je nutné zapojit i motorickou aktivitu.

Metody srovnávání intervalů (tzv. metody diskriminace) bývaly hojně využívány v raných psychofyzických experimentech časové percepce a stále jsou velmi rozšířeny. Ve zkratce jde o srovnání délky dvou intervalů, které jsou prezentovány po sobě. Obvykle participant uvádí, zda byl druhý prezentovaný interval kratší/delší než první. Užívá se tzv. standardní interval, jehož délka zůstává většinou stejná, a komparační interval, jehož délka se mění v jednotlivých experimentálních pokusech. V rámci této metody se ještě rozlišuje, zda pořadí standardního a komparačního intervalu zůstává stejné nebo se mění. Pokud je standardní interval prezentován vždy jako první, metoda se nazývá „*reminder task*“. Pokud se však pořadí intervalů náhodně mění v jednotlivých trialech, metoda se nazývá „*roving task*“ (Grondin, 2019). Ukázalo se, že výkon v časové diskriminaci je lepší, pokud je standardní interval prezentován jako první (Grondin & McAuley, 2009).

Obdobou výše popsané metody je párové srovnávání, ve kterém jsou po sobě prezentovány dva časové intervaly a subjekt má za úkol rozhodnout, který z nich byl delší (Thomas & Brown, 1974).

Mezi metody srovnávání patří také tzv. *srovnávání s implicitním standardem*. Tato metoda spočívá v tom, že o každém intervalu musí podle vlastního kritéria participant rozhodnout, zda je spíše „krátký“ či „dlouhý“. Časem se vytvoří reprezentace tzv. implicitního standardu. Variantou je tzv. *úloha bisekce (bisection),* ve které je na začátku experimentu prezentováno několik krátkých a dlouhých intervalů (tzv. kotev), poté musí účastník v každém trialu rozhodnout, ke které ze skupin intervalů, zda ke krátké či dlouhé, se prezentovaný interval blíží. Další možná varianta je *časová generalizace*, ve které je standardní interval prezentován několikrát na začátku, participant musí poté u každého komparačního intervalu rozhodnout, zda byl či nebyl stejně dlouhý jako standardní (Grondin, 2019).

3.5 Modely intervalového časování

Ve výzkumu časové percepce existuje již dlouho snaha lokalizovat oblast mozku zodpovědnou za zpracovávání plynutí času v lidském organismu. Na rozdíl od jiných dimenzí našeho vnímání (zrak, sluch apod.) však pro čas nebyla nalezena jedna konkrétní oblast, který by sloužila jako primární příjemce časových informací. Psychologický čas se chápat spíše jako abstrakci, konstrukt naší mysli, který jsme si vytvořili, abychom se pokusili vysvětlit koherenci událostí (Matthews & Meck, 2016).

Výzkum časové percepce je plný psychologických modelů, které se snaží popsat mechanismus fungování vnímání času u lidí a predikovat co nejpřesněji výsledky experimentů na časovou percepci (Grondin, 2019).

3.5.1 Modely založené na vnitřních časových hodinách

Velmi vlivná je myšlenka existence vnitřních časových hodin, které by měly funkci dedikovaného systému pro měření času (Wearden, 2016).

3.5.1.1 Předchůdci modelů vnitřních časových hodin

Teorie vnitřních časových hodin vzešla z výzkumů neurovědce Hudsona Hoaglanda a psychologa Marcela Francoise, kteří se poprvé zabývali možností vnitřních časových hodin, které by fungovaly na chemické bázi. Tyto „chemické hodiny“ zkoumali ve vztahu k teplotě těla (Hoagland, 1933; Francois, 1927, cit. dle Wearden, 2016).

Ústřední myšlenkou chemických časových hodin je, že všechny chemické reakce se odehrávají rychleji při zvýšení teploty. Chemické reakce, které slouží jako podklad chemickým hodinám, by se tedy měly odehrávat rychleji při vyšší teplotě a pomaleji při teplotě nižší. To by mělo mít efekt na časové odhady (Wearden, 2016).

Francois ve svých experimentech využíval elektrického proudu k navození zvýšené teploty těla, aby pozoroval vliv teploty těla na časové odhady člověka. Pozoroval, že při zvýšené teplotě těla lidé při úloze vyťukávání rytmu zrychlili (1927, cit. dle Wearden, 2016).

Hoagland se tématem začal zabývat v souvislosti s horečnatou nemocí své ženy, kterou během nemoci ošetřoval. Všiml si, že když na určitou dobu odešel a vrátil se, jeho žena se domnívala, že uběhlo mnohem více času než ve skutečnosti. Hoagland tento jev vysvětlil zvýšenou teplotou těla své ženy, kvůli které se zrychlila aktivita vnitřních chemických hodin, které „tikaly“ v horečnatém stavu rychleji. Nashromáždilo se tedy více „tiků“, což vedlo k nadhodnocení trvání časového intervalu (1933).

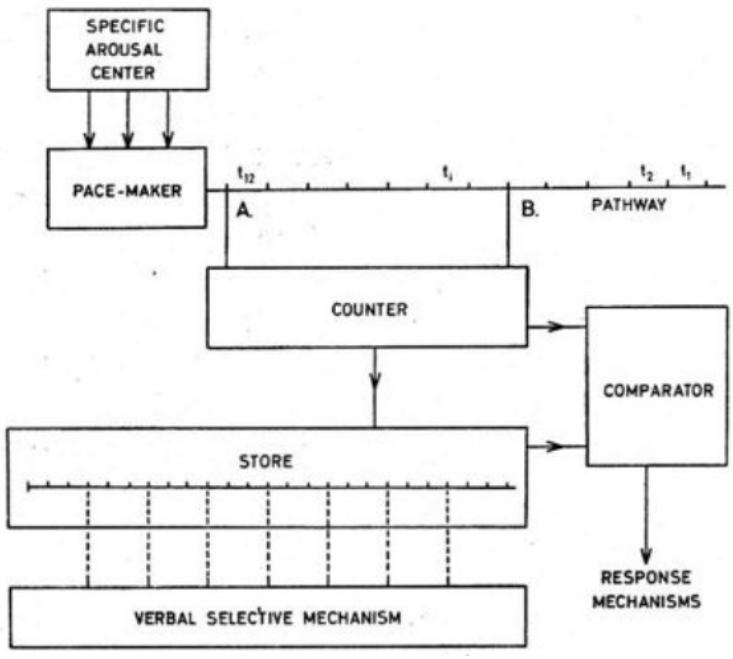
Tyto první výzkumy se staly podkladem pro pozdější první modely vnitřních časových hodin (Wearden, 2016).

3.5.1.2 Creelmanovy a Treismanovy modely

V 60. letech 20. století byly vydány dvě publikace, které jsou považovány za stěžejní pro položení základů modelů vnitřních časových hodin – Creelmanova (1962) a Treismanova (1963).

Creelmanovy experimenty byly založeny na diskriminaci délky dvou po sobě následujících sluchových stimulů. Participanti měli rozhodnout, zda byl delší první nebo druhý stimul. Creelman manipuloval s různými podmínkami, např. s rozsahem užitých intervalů a stupněm odlišnosti mezi nimi. Na základě těchto experimentů Creelman navrhl *tzv. teorii časové diskriminace*, která spočívala v návrhu hodinám podobnému mechanismu, který je složen ze *zdroje pulsů*, který produkuje pravidelné pulsy na základě délky jednotlivých stimulů, *mechanismu na sečtení těchto pulsů* a *rozhodovacího mechanismu* (Creelman, 1962). Tato teorie byla prvním modelem vnitřních časových hodin (Wearden, 2016).

Treisman (1963) rozpracoval tento model podrobněji. Udavač tempa (*pacemaker*) určuje tempo pulsů na základě aktuální úrovně fyziologické aktivace (*arousal*) jedince a produkuje pravidelné pulsy, které se shromažďují a následně jsou sečteny ve sčítači (*counter*). Výsledek může být uložen v zásobníku (*store*). Nakonec je obsah sčítače a zásobníku porovnán v komparátoru (*comparator*), kde se prostřednictvím rozhodovacího mechanismu (*response mechanism*) vygeneruje adekvátní odpověď (Treisman, 1963; viz obrázek č. 2).



Obrázek 2: Treismanův model vnitřních časových hodin (Treisman, 1963)

Pravidelné pulsy produkované udavačem tempa jsou podle Treismana konstantní v krátkých časových úsecích, ale liší se úlohu od úlohy (Treisman, 2013).

Treisman navrhl, že udavač tempa vnitřních hodin je citlivý na aktuální úroveň fyziologické aktivace (*arousal*) jedince. Vyšší *arousal* může být způsoben např. podmínkami experimentu. Při vyšším *arousalu* udavač tempa generuje pulsy rychleji, při nižším pomaleji. Treisman tento návrh využil pro vysvětlení tzv. *efektu natahování* (*lenghthening effect*), který pozoroval ve svých experimentech. Spočíval v tom, že s postupujícím časem experimentu se časové odhady prodlužovaly. S postupujícím časem experimentu v prospektivním paradigmatu se totiž postupně snižuje *arousal* participanta, udavač tempa produkuje pulsy pomaleji, bude tedy potřeba více reálného času k nashromáždění pulsů a časové odhady budou delší. Do modelu roli *arousalu* Treisman zahrnul jako tzv. specifické centrum arousalu *(specific arousal center)*, které je napojeno přímo na udavač tempa (Treisman, 1963).

Možné ovlivnění vnitřních časových hodin prostřednictvím fyziologické aktivace se stalo ve výzkumu časové percepce velmi významnou a zkoumanou proměnnou, zvláště ve spojení s emocemi (Wearden, 2016, viz kapitola č. 6. *Emocionální odpovědi na hudbu a časová percepce*). Efekt natahování by také mohl být vysvětlen prostřednictvím pozornostních modelů časové percepce (viz kapitola č. 3.5.2.1 *Pozornostní modely,* popř. kapitola č. 6 *Emocionální odpovědi na hudbu a časová percepce*).

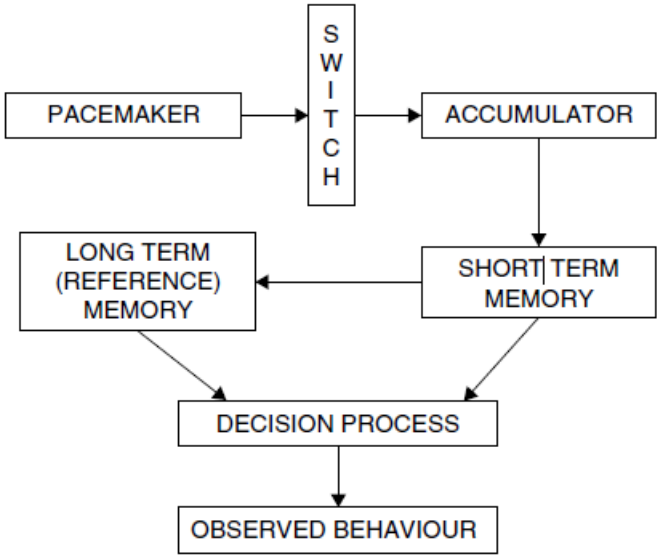
Navzdory tomu, že Treismanova práce poskytla výchozí bod pro kvantitativní modelování vnímání času, je poměrně málo citována a je překvapivě vynechána z několika stěžejních knih o časové percepci (Wearden, 2016).

3.5.1.3 Scalar expectancy theory

Scalar expectancy theory (dále jen SET, *skalární teorie očekávání*) byla formulována Gibbonem, Churchem a Meckem v roce 1984. Původně vznikla v souvislosti s časováním u zvířat, ale posléze byla používána i k popisu vnímání času u lidí (Wearden, 2016).

SET je podobná Treismanovu modelu. Model SET také zahrnuje vnitřní hodiny založené na udavači tempa a akumulátoru. Mezi udavač tempa a akumulátor je navíc umístěn *spínač*, který je v klidovém (nečasovacím stavu) zapnutý, žádné pulsy tedy k akumulátoru nepropouští. Ve chvíli, kdy udavač tempa začne produkovat pulsy, spínač se vypne a pulsy „tečou“ do akumulátoru. SET přidává ještě *dva paměťové zásobníky*: 1) pracovní paměť a 2) dlouhodobou (referenční) paměť (Gibbon, Church, & Meck, 1984).

Pracovní paměť je zodpovědná za dočasné hodnocení časového trvání, přímo reflektuje aktuální obsah akumulátoru. Neustále se proměňuje podle konkrétních intervalů. Referenční paměť slouží v časových experimentech k zapamatování referenčního (standardního). Zůstává konstantní po celý průběh experimentu (Gibbon et al., 1984).



Obrázek 3: Diagram SET (Wearden, 2016)

Finální a velmi důležitou částí systému SET je rozhodovací proces. Podle autorů teorie závisí na časové úloze, které byl participant vystaven. Například odlišný rozhodovací mechanismus se zapojuje při metodě časové generalizace, ve které má jedinec rozhodnout, zda je konkrétní časový interval stejně dlouhý jako interval standardní a při úloze bisekce, ve které participant rozhoduje, zda prezentovaný časový interval byl bližší krátkému nebo dlouhému standardnímu intervalu (Wearden, 2016).

Podle teorie SET je právě rozhodovací proces stěžejní pro predikci výstupů z celého časovacího systému. SET je díky tomu velmi flexibilní, neboť připouští variabilitu v závislosti na zadané úloze. Tato flexibilita bývá někdy kritizována, neboť dělá SET skoro nefalzifikovatelnou teorií (Wearden, 2016; Staddon & Higa, 1999).

Wearden (2016) uvádí příklad celého systému SET v akci (viz obrázek č. 3). K příkladu využívá metodu časové generalizace. Nejprve je několikrát prezentován standardní interval. Ve chvíli, kdy standardní interval započne, spínač (*switch*) mezi udavačem tempa (*pacemakeru*) a akumulátorem se vypne, pulsy z *pacemakeru* „tečou“ volně do akumulátoru (*accumulator*). Tento tok se přeruší ve chvíli, kdy interval skončí,

spínač se opět zapne. Počet pulsů v akumulátoru, který reprezentuje trvání standardního intervalu, je poslán do pracovní paměti (*short-term memory*) a poté do referenční (*long-term/reference memory*) paměti, aby sloužil k porovnávání jednotlivých intervalů. Zde se upevní reprezentace trvání standardního intervalu počátečním opakováním. Následně dochází ke stejnému procesu s jednotlivými porovnávanými intervaly, na rozdíl od standardu dojdou ale pouze do pracovní paměti. V této fázi dojde k porovnání obsahu pracovní a referenční paměti. Následuje rozhodovací proces (*decision process*), který determinuje participantovu odpověď (*observed behaviour*), zda je porovnávaný interval stejně dlouhý jako interval standardní či nikoliv.

SET je pojmenována jako *skalární teorie očekávání*. Přídavné jméno *skalární* je odvozeno od slova *scale* (stupnice, škála) odkazuje na skalární vlastnosti času, které SET předpokládá, že intervalový čas má. Tyto vlastnosti jsou: 1) průměrná přesnost odhadů a 2) skalární vlastnosti variance. Průměrná přesnost odhadů znamená, že časové odhady jedince jsou v průměru rovny skutečnému trvání zadaného časového intervalu. Skalární vlastnosti variance znamenají, že s prodlužující se délkou odhadovaných intervalů se směrodatné odchylky odhadů lineárně zvětšují. Znamená to, že by v intervalovém časování měl platit Weberův zákon (Wearden, 2016).

Weberův zákon se týká schopnosti rozlišovat stimuly. Podle něj v průběhu stimulu hodnota diferenčního prahu (tedy nejmenšího rozdílu stimulu, který člověk ještě dokáže vnímat) vzrůstá proporciálně s velikostí stimulu. Poměr mezi diferenčním prahem a velikostí stimulu by tedy měl zůstat stejný (tento poměr se nazývá *Weberova frakce*). Ukázalo se, že Weberův zákon platí ve velkém množství případů experimentů na časovou percepci[2] (např. v úlohách diskriminace), jsou však také případy, kdy neplatí (Grondin, 2019). Například ten Hoopen et al. (1995) zjistili, že v časových délkách od 100 do 240 ms byl diferenční práh stejný cca 14 ms, teprve poté začal s rostoucí délkou postupně vzrůstat. V jiných experimentech se ukázala Weberova frakce jako stálá do cca 1,3 sekundy, kdy začala vzrůstat (Grondin, 2012).

Interpretace této skutečnosti může být i taková, že intervaly delší než 1,3 sekundy by mohly být náročnější pro pracovní paměť na zpracování a udržení, a tak je pro člověka nutné zapojit odlišné časové strategie. Grondin (2019) uvádí, že u intervalů nad 1,3 sekund je výhodné zapojit např. počítací strategie k segmentaci časových úseků. Odlišné časové strategie by mohly reflektovat zvyšující se Weberovu frakci s delšími intervaly.

[2] Velikost stimulu ve Weberově zákoně v úlohách na časovou percepci představuje délku zadaného časového intervalu.

SET se ukázala být jako velmi užitečná hypotéza, neboť ji lze aplikovat na velké množství experimentálních případů časové percepce, a to z toho důvodu, že zahrnuje do svého modelu i pozornostní, paměťové a rozhodovací procesy (Grondin, 2019).

3.5.1.4 Attentional Gate Model

Model Blocka a Zakaye z roku 1995 vychází z Treismanova modelu a SET. Do modelu je místo spínače v SET přidána pozornostní komponenta ve formě *tzv. pozornostní brány*. Ta ovlivňuje množství pulsů, které dorazí do akumulátoru. Pokud je plynutí času věnováno více pozornosti, brána je více otevřená a pulsy volně proudí z udavače tempa do akumulátoru. Pokud je pozornost odvedena k jiné úloze, brána je více zavřená a brání volnému průchodu pulsů do akumulátoru (Block & Zakay, 1995).

3.5.1.5 Model hierarchických hodin

Model hierarchických hodin Shaffera (1982) je založený na konceptu společných operací většího množství vnitřních hodin. Tyto hodiny odráží hierarchii dané události – některé hodiny sledují činnost intervalů na vyšší úrovni, jiné hodiny sledují činnost intervalů vložených do těchto větších časových intervalů. Hodiny spolu interagují a mohou reflektovat obsah časových intervalů a na základě toho pozměnit rychlost produkce pulsů.

Shaffer (1982) tento model vztahuje přímo na časování v hudbě. Uvádí, že například při hraní složitých polyrytmických struktur odlišných pro jednotlivé ruce se zapojují různé hierarchické hodiny pro každou ruku zvlášť, což umožňuje přesnou kontrolu nad oběma rytmy.

3.5.1.6 Modely bez pacemakeru

Staddon a Higa (1999) navrhli *model multiple-timescale (MTS)*, který spočívá na kaskádách chronometrů. Odhadovaná délka trvání se zde odvíjí od síly stop těchto kaskád v paměti. Jedinec tedy nepočítá naakumulované pulsy, ale rozhoduje o časovém trvání podle síly paměťové stopy.

Wackerman a Ehm (2006) navrhli tzv. *dual klepsydra model*. Je založený na přirovnání k vodním hodinám, které spočívají v procesech přítoku a odtoku časových informací. Stavy těchto procesů jsou neustále porovnávány. Akumulace uplynulého časového trvání zde probíhá v tzv. *unikající klepsydře*, která pasivně ztrácí svůj obsah v důsledku absence externích stimulů. Čas v tomto modelu není přímo pozorovatelný, pouze stav naplnění klepsydry.

3.5.2 Modely nezaložené na vnitřních časových hodinách

3.5.2.1 Pozornostní modely

Pozornostní modely vychází z pozorovaného vlivu pozornosti na vnímání času. Pokud je pozornost odvedena od vnímání času, lze pozorovat tzv. *efekt zkrácení* (*shortening effect*), časové odhady jsou podhodnocovány. Pokud je naopak pozornost věnována vnímání času, lze pozorovat tzv. *efekt natahování* (*lengthening effect*) (Droit-Volet, Fayolle, & Gill, 2011).

Pozornostní modely jsou většinou spojovány s prospektivním paradigmatem, nicméně ukazuje se, že pozornost hraje roli i u retrospektivního paradigmatu (Grondin, 2019).

Pozornost v retrospektivním paradigmatu

„A watched pot never boils“ (Grondin, 2019, s. 56).

Známé pořekadlo o tom, že pokud pozorně sledujeme, kdy se začne vařit voda v hrnci, subjektivně se nám zdá doba, než se začne voda vařit, delší, než pokud bychom hrnec nesledovali. Cahoon a Edmons uprovedli experiment (1980), kterým se pokusili tento jev *tzv. fenomén sledovaného hrnce (watched pot phenomena)* ověřit. Požádali participanty, aby se shromáždili kolem hrnce s vodou na zapnutém sporáku. Experimentátor jim sdělil, že se vrátí, až bude experiment připravený. Určité části participantů však řekl, že pro něj mají přijít, až se voda začne v hrnci vařit. Po čtyřech minutách se experimentátor vrátil a zeptal se participantů na odhad, kolik času uplynulo od jeho odchodu po jeho návrat. Ukázalo se, že participanti, kteří měli za úkol sledovat, zda se voda v hrnci vaří, měli odhady delší v porovnání s kontrolní skupinou, která měla pouze čekat, až pro ni experimentátor přijde.

V jiném experimentu Boltz (1993) zadal participantům za úkol detekovat chyby v tonalitě v populárních písních. Nejprve participanti absolvovali první blok o 36 trialech, poté měli 3 minuty pauzu. Před začátkem druhého bloku jim bylo řečeno, že jsou v první třetině, jedné polovině nebo ve dvou třetinách experimentu. Poté následoval druhý blok sestávající opět z 36 trialů, byl tedy stejně dlouhý jako první blok. Po jeho skončení měli participanti uvést, který z bloků jim přišel delší. Ukázalo se, že participanti, kteří očekávali, že druhý blok bude delší (bylo jim v polovině řečeno, že jsou v první třetině celého experimentu), považovali druhý blok za delší než první. Naopak ti, kteří očekávali, že bude druhý blok kratší, jej vnímali jako kratší než první.

Pozornost v prospektivním paradigmatu

Role pozornosti při vnímání času byla v prospektivním paradigmatu zkoumána experimenty, které užívaly tzv. dvojité úlohy, které spočívají v tom, že participanti mají vykonávat dvě úlohy současně (jedna z nich je časový odhad). V těchto experimentech se ukazuje, že pokud věnujeme více pozornosti plynutí času, budeme uplynulou událost hodnotit jako delší, než když je naše pozornost odvedena jinou úlohou (Block, Hancock, & Zakay, 2010).

Výše popsané jevy se ukazují i v hudebním kontextu. Franěk (2009) uvádí, že při vnímání zvukového podnětu člověk provádí kromě vnímání jeho délky i jeho celkovou akustickou analýzu. Pokud je pozornost odvedena od plynutí času k akustické analýze podnětu, může být jeho délka vnímána jako kratší oproti skutečnosti. Akustická analýza zde funguje jako jiná úloha, kterou byla odvedena pozornost od plynutí času. Konkrétním příkladem může být například analýza souzvuku, která vyžaduje více pozornosti k akustické analýze než samotný tón. Souzvuk může být vnímán jako kratší než samotný tón stejné délky (Franěk, 1989, cit. dle Franěk, 2009).

Tyto výsledky mohou být interpretovány v kognitivním rámci bez nutné přítomnosti vnitřních časových hodin, a to prostřednictvím distribuce pozornostní kapacity. Podle Thomase a Weaver (1975) existují dva na sobě nezávislé procesory, jeden pro zpracování časových informací, druhý pro zpracování nečasových informací. Pokud dojde k vykonávání dvou úloh najednou, z nichž jedna je časový odhad, dojde k distribuci částí pozornosti mezi oba procesory. Časový odhad je výsledkem výstupu obou těchto procesorů.

Mechanismy výše popsaných jevů jsou popisovány i prostřednictvím modelu vnitřních časových hodin. SET obsahuje ve svém modelu spínač, který se vypne, jakmile je podnětu věnována pozornost. Velkou roli má pozornost i u modelu Blocka a Zakaye (1995) – *Attentional Gate Model* (viz kapitola č. 3.5.1.4).

3.5.2.2 Paměťové modely

Modely časové percepce založené na paměti popisují zejména výkon v metodách časového odhadu v rámci retrospektivního paradigmatu (Wearden, 2016).

Vlivný model založený na paměti představil Ornstein (1969). Přišel s tzv. *metaforou velikosti úložiště* (*storage-size*), která znamená, že vnímaná délka trvání určité události závisí na velikosti úložného prostoru pro tento interval. Čím více je událostí k uložení a čím větší je jejich komplexita, tím se zvětšuje úložný prostor. S velikostí úložného prostoru se prodlužuje vnímaná délka trvání časového intervalu. V praxi to znamená, že do

retrospektivního hodnocení délky intervalu, vstupuje komplexita a počet událostí uložených v paměti, které se staly během odhadovaného intervalu. Čím větší je komplexita a počet událostí, tím větší je i vnímaná délka časového intervalu (Ornstein, 1969).

Block a Reed (1978) navrhli tzv. *model kontextuální změny*. Podle tohoto modelu není hlavní proměnnou velikost úložného prostoru, ale zapamatovaný počet změn kontextu v odhadované události. Za kontextuální změnu autoři považují například změnu strategie zpracování informací (např. změna ze zpracovávání slov z hlediska významu na zpracovávání z hlediska struktury).

Podobný model navrhl Poynter (1983). Jeho *model změnové segmentace* (*change-segmentation model*) operuje s počtem segmentací časového intervalu jako hlavní proměnnou. Čím více je tedy časový interval rozdělen na části, které indikují změnu, tím delší subjektivně připadá. Tímto modelem by mohla být vysvětlena i jedna z časových iluzí tzv. *iluze rozděleného času* (*divided time interval*), která znamená, že pokud je časový interval rozdělen na více částí, např. když je tón v intervalu přerušován, bývá odhadován jako subjektivně delší než tón, který obsahuje méně rozdělení, např. kontinuální tón (ten Hoopen, 2008; viz kapitola č. 7 *Konkrétní hudební charakteristiky a časová percepce*).

Výše uvedené jevy se mohou projevit i v hudbě. Pokud bude například hudební skladba složitější, bude obsahovat více melodických linek, popř. více nástrojů, může být hodnocena jako delší v trvání z důvodu větší komplexity. Jako kontextuální změna může být považována například transpozice do jiné tóniny, změna nástroje hrajícího melodii, změna metra či tempa apod.

3.5.2.3 Dynamic attending theory

Mari R. Jones (2018) ve své rozsáhlé výzkumné práci na poli časové percepce namítá, že modely vnitřních časových hodin a intervalové modely v reálném životě neobstojí. Tvrdí, že opomíjí roli kontextu a struktury jednotlivých událostí.

V experimentu, který provedla společně s McAuleym (McAuley & Jones, 2003) představila participantům před prezentací standardního a komparačního intervalu izochronní kontext s fixní periodou 600 ms. Participanti měli tento kontext ignorovat a určit, zda byl komparační interval delší, stejně dlouhý, nebo kratší než standardní. Délka standardního intervalu variovala – končil buď přesně jako izochronní kontext (600 ms), byl delší (660 ms) nebo kratší (540 ms). Ukázalo se, že nejlepší odhady měli participanti u přesných standardů, tedy těch, které se shodovaly s fixní periodou (byly tedy očekávané). Na tomto příkladu McAuley a Jones vysvětlují, že hodinové modely (SET) selhávají, neboť nepočítají s rolí

kontextu a předpokládají stejně dobrý výkon u všech intervalů (očekávaných i neočekávaných). Naopak model *Dynamic Attending Theory* (dále jen DAT, *teorie dynamického zaměření pozornosti* – překlad dle dizertační práce P. Duška z roku 2011), který sama navrhla, počítá s vlivem kontextu a očekávání, správně tedy předpovídá horší výkon u neočekávaných standardních intervalů.

DAT se zaměřuje na časovou strukturu biologických rytmů uvnitř jedince, ale také na rytmickou strukturu externích událostí, které jedinec vnímá, a to jak na lokální (v rámci jednoho trialu) i na globální úrovni (průběh celé události). Tato rytmická struktura, určitý časový kontext, je přítomna ve všech událostech. Biologické rytmy odpovídají aktivitě vnitřních neurálních oscilací, které ovlivňují vnímání očekávaných i neočekávaných časových intervalů (Jones, 2018).

Hlavní myšlenkou DAT je, že rytmus externí události navodí vnitřní neurální oscilaci jedince, která dále odpovídá rytmu externí události. Dojde k tzv. *nastavení* (*entrainment*), kdy se vnitřní oscilace rytmicky nastaví na vnější. Nadále jsou oba rytmy v intenzivní interakci. Dochází zde k očekávání budoucího vývoje oscilace, popř. k modifikaci oscilační aktivity, pokud dojde ke změně v kontextu (Jones, 2018).

Hudba je jedna z externích událostí, která je bohatě strukturována. Obsahuje různé hierarchické roviny, kterých si posluchač při vnímání melodie často nemusí hned všimnout. Z toho důvodu je DAT vhodným modelem pro přiblížení se k percepci času v hudbě. Na možnou aplikaci DAT na hudbu se soustředí kapitola č. 4 – *Psychologické aspekty metra a rytmu*.

3.6 Neurobiologie časové percepce

Na základě výzkumu prostřednictvím zobrazovacích metod je zřejmé, že se na časové percepci podílí více oblastí spíše než jeden konkrétní okruh. Proto se někteří autoři kloní k myšlence, že by mohl existovat základní časovací systém, který by byl však podpořen dalšími oblastmi, jejichž aktivita by se odvíjela od daného kontextu (např. lokální aktivita závislá na smyslové modalitě) (Grondin, 2019).

3.6.1 Teorie neurobiologie časové percepce

Existuje více teorií, jak by mohl neurobiologický základ časové percepce fungovat. Nejvlivnější jsou *teorie centrálního časového systému* a *rozptýleného časového systému* (Muller & Nobre, 2014).

Teorie centrálního časovacího systému

Tato teorie vychází z modelů založených na existenci vnitřních časových hodin, tedy základního mechanismu zodpovědného za percepci času. Pulsy generované udavačem pulsů by mohly být založeny na periodickém neurálním procesu. Jako možné časové systémy byly navrženy mozeček a bazální ganglia hlavně kvůli strukturální architektuře těchto mozkových oblastí (Muller & Nobre, 2014).

Rozptýlený časový systém

Během časových úloh byla pozorována aktivita v různých oblastech mozku. Rozptýlený časový systém by znamenal, že by se na vnímání času podílely oblasti uspořádané v síťové struktuře, které jsou zodpovědné primárně za jiné kognitivní procesy. Vnímání času by pak bylo doprovodným jevem těchto procesů (Muller & Nobre, 2014).

Jeden z modelů rozptýleného časového systému *State-dependent network (SDN)* model navrhuje, že neurální sítě zodpovědné za zpracování senzorických informací, by také mohly kódovat i jejich časovou složku. Určité lokální neurální obvody jsou schopny zpracovávat jak prostorové, tak časové informace. Tyto procesy jsou spolu spojeny. Schopnost vykazovat čas ve spojení s prostorem by tedy byla rozptýlena v mozku v různých lokálních obvodech. Model je však schopen vysvětlení jen krátkých časových úseků v řádu milisekund (Karmarkar & Buonomano, 2007; Muller & Nobre, 2014).

3.6.2 Konkrétní oblasti mozku podílející se na časové percepci

Mozeček (*cerebellum*)

V různých studiích bylo zjištěno, že během perceptuálních i motorických časových úloh trvajících od jednotek po stovky milisekund je aktivní mozeček (Ivry, 1996). Tato zjištění jsou podpořena projevenými deficity v časové percepci a časovém usuzování při poškození mozečku. Byl navrhnut i model, který by mohl ukazovat, na jakém principu časové kódování v mozečku funguje. Podle tohoto modelu stimulus spouští aktivitu v granulárních buňkách mozečku, které vysílají signál do interneuronů a odtud opět zpět ve skocích. Podle frekvence a míry aktivity těchto buněk Purkyňovy buňky rozpoznají určité známé časové intervaly (Muller & Nobre, 2014).

Mozeček se ukázal být aktivní i v rytmických úlohách, například při nutnosti přesného načasování rytmického pohybu prstů, rukou nebo nohou, při odhadech trvání velmi krátkých tónů apod. Může mít tudíž velký význam pro produkci i vnímání rytmu v hudbě (Keele & Ivry, 1991). Dále je v řešení studií, zda by kůra mozečku mohla přechovávat paměťové stopy pro časové trvání určitých stimulů (Muller & Nobre, 2014).

Bazální ganglia

Další oblastí mozku podílející se na časové percepci je systém bazálních ganglií. Na roli bazálních ganglií v časové percepci ukazují deficity v časování při poškození této oblasti. Při poškození striata (části bazálních ganglií) při Parkinsonově chorobě dochází k deficitům v časovém usuzování. Klíčovým neurotransmiterem pro správnou funkčnost striata je dopamin. Nerovnováha dopaminu způsobuje časovou distorzi, která je příznakem jak Parkinsonovy choroby, tak dalších psychických onemocnění, např. schizofrenie (Allman & Meck, 2012).

Úlohu striata a dopaminového systému v časové percepci potvrzují studie na animálních modelech. Rovněž pravidelné uspořádání (architektura) bazálních ganglií by odpovídala možnosti kódování časových intervalů (Muller & Nobre, 2014).

Pro úlohu bazálních ganglií v časové percepci byl navržen *model SBF* (*striatal beat frequency model*), který vychází z modelu SET (*skalární teorie očekávání*). Měření času je v něm založeno na detekci oscilačních procesů v kortikostriatálních závitech v rámci určité časové události. V tomto modelu striatum zachycuje tyto oscilační procesy až do té doby, dokud nedostane signál ze substantia nigra, která vypustí dopamin do striatálního systému. S postupující zkušeností se striatum „naučí“ rozpoznat, že určitá oscilační aktivita je spojena s určitým časovým trváním. Striatum slouží i jiným významným neuronálním procesům (např. senzomotorické rozhodování, dopaminový systém odměn) (Muller & Nobre, 2014).

Další korové oblasti spojené s časovou percepcí

Při delších intervalech, které je potřeba udržet v paměti, se ukázal být aktivní *dorsolaterální prefrontální kortex*. Jako další důležitá oblast pro časovou percepci byla zjištěna *suplementární motorická oblast*, a to pro krátké časové intervaly, i pro intervaly nad 1 s. *Pravý posteriorní parietální kortex* má nejspíše úlohu při spojování senzorických a motorických procesů, ukázal se také být významný při zpracovávání krátkých intervalů od 300 do 1200 ms (Macar & Vidal, 2009; Wiener, Turkeltaub, & Coslett, 2010; Bueti, Walsh, Frith, & Rees, 2008; Grondin, 2019).

3.7 Vybrané kritické délky v časové percepci

Práh rozlišení dvou událostí

Ve výzkumu času jako sukcese se většinou zkoumá rozlišení velmi krátkých událostí, které se objevují krátce po sobě. Nejvíce byly studovány sluchové a vizuální podněty, jejichž rozlišení se ve výzkumech lišilo. Rozlišení sluchových podnětů bylo reportováno jako přesnější. Lidé byli schopni rozlišit rozdíl 2 ms mezi dvěma zvukovými stimuly a poznat, že

stimuly nebyly simultánní. Pokud byli však tázáni na pořadí zvukových stimulů, bylo potřeba 20 ms k rozlišení, který stimul byl první, a který druhý (Exner, 1875; cit. dle Hirsh & Sherrick, 1961).

Ve zrakových experimentech s binokulární prezentací stimulů byl hraniční rozdíl pro rozpoznání dvou stimulů 44 ms. To znamená, že pokud byl mezi stimuly rozdíl menší než 44 ms, byly vnímány jako jeden stimulus. Jednalo se však o případ, kdy byl stimul prezentován na stejnou oblast sítnice (Exner, 1875; cit. dle Hirsh & Sherrick, 1961). Westheimer a McKee (1977) prezentovali dva stimuly každý dlouhý 100 ms binokulárně na sousední oblast sítnice s rozdílem 3-10 ms mezi stimuly. Lidé uváděli, že vidí jeden stimulus ve zdánlivém pohybu. Když rozdíl mezi stimuly stoupl na 20 ms, percepce pohybu se stala očividná. S dalším prodlužováním intervalu nad 100 ms mezi stimuly byly stimuly vnímány jako sukcesivní bez očividného pohybu (Kahneman & Wolman, 1970).

Klíčový interval pro rozpoznání následnosti dvou stimulů stejné modality se obecně považuje kolem 50-60 ms (Elliott & Giersch, 2016).

V případě integrace dvou smyslových modalit, tedy pokud se rozhodujeme, zda byly zvuk a záblesk simultánní či sukcesivní, hranice pro rozpoznání následnosti je spíše kolem 200 ms. Je zde však určitá asymetrie – budeme rychlejší v určení, že zvuk dorazil před zábleskem, než naopak (van Wassenhove, Grant, & Poeppel, 2007).

Franěk (2009) se v souvislosti s hudbou zmiňuje o *prahu fúze* a *prahu vnímání pořadí*. V hudbě se může uplatnit například při vnímání souzvuků. Pokud interval mezi tóny nepřekročí práh fúze, vnímáme tóny souzvuku jako znějící ve stejném okamžiku. Pokud je tento práh překročen, vnímáme, že v nástupu jednotlivých tónů byl rozdíl. Pro přesné rozpoznání načasování jednotlivých tónů po sobě je však nutné, aby byl překročen i práh pro vnímání pořadí.

Psychologický okamžik

V souvislosti s vnímáním simultaneity či sukcesivity dvou událostí se často mluví o *psychologickém okamžiku.* Je definován jako „okno“, ve kterém jsou senzorické podněty vnímány jako současné. Po překročení tohoto okna budou vnímány jako sukcesivní (Grondin, 2019; Elliott & Giersch, 2016).

Stroud (1967) navrhl pro psychologický okamžik *tzv. hypotézu diskrétního okamžiku (discrete-moment hypothesis)*. Tato hypotéza tvrdí, že všechny přicházející informace jsou zpracovány v časově sukcesivních diskrétních vzorcích či skenech. Allport navrhl alternativu, *tzv. hypotézu cestujícího okamžiku* (*travelling-moment hypothesis*), která tvrdí,

že informace jsou zpracovávány, jako by byly vnímány skrze neustále se pohybující „okno“ s fixní durací, nikoliv jako časově diskrétní vzorky (Allport, 1968).

Tyto modely (Stroudův i Allportův) předpokládají existenci neurálního časovače, který by nebyl ovlivněný externími událostmi. To nicméně neodpovídá zjištěním, že parametry stimulu (jako je například jeho komplexita či intenzita) mají velký vliv na časový odhad psychologického okamžiku (Block, 2014, viz kapitola č. 7 – *Konkrétní hudební charakteristiky a časová percepce*).

Některé neurologické výzkumy spojovaly okamžik přítomnosti s hypotetickým skenováním, které by mohlo odpovídat v alfa rytmu elektroencefalogramu, který má frekvenci 8-12 Hz, tedy cyklů za sekundu, přičemž zhruba 100 ms na cyklus. Různí výzkumníci však dospěli k odlišné délce trvání tohoto hypotetického časového rozpětí – 90 ms (Hylan, 1903), 50-200 ms (Stroud, 1955), 140-170 ms (White, 1963) a 70-100 ms (Allport, 1968) (cit. dle Block, 2014).

Psychologická přítomnost

Za *psychologickou přítomnost* je považováno časové kontinuum s rozsahem několika vteřin. William James (1890) nazývá toto kontinuum jako tzv. *zdánlivou přítomnost* (*specious present).*[3] Fraisse (1978) užívá termínu *psychologická přítomnost* nebo *vnímaná přítomnost*, která podle něj trvá od 2 do 5 s. Dle něj se jedná o časový rozsah stimulací, které mohou být v daný část vnímány, bez toho, aby musely být zopakovány během nebo po stimulaci. Pöppel (2004) podporuje tuto teorii tím, že by mohl existovat neurokognitivní mechanismus, který by byl založen na časové integraci probíhající během dvou až třísekundového okna, díky němuž bychom měli dojem přítomnosti. Naopak White ve svém kritickém článku z roku 2017 tvrdí, že tato časová integrace se nepojí s žádným konkrétním trváním, nýbrž s hustotou a množstvím informací v daném okně, které se neustále aktualizují, aby naše vnímání okolního světla zůstalo koherentní. Toto okno nazývá „*obálka integrace*“ (White, 2017). Délka psychologického okamžiku tedy zůstává dosud diskutovaná (Grondin, 2019).

Interval indiference

Již zmíněný interval indiference je definován jako interval, ve kterém jsou lidé v reprodukčních odhadech nejpřesnější, ve kterém nemají tendenci systematicky nadhodnocovat ani podhodnocovat délku odhadovaného časového intervalu. Tento interval

3 W. James přirovnává tuto zkušenost k jízdě na osedlaném koni, ze kterého se díváme oběma směry vpřed a vzad, obdobně jako můžeme nahlédnout do minulosti a přítomnost (James, 1890).

se v literatuře nejčastěji objevuje cca kolem 07. s (Grondin, 2019). Existují však výzkumy, ve kterých se interval indiference pohyboval v rozmezí od 2 do 2.5 s, čímž byl spojován s trváním psychologické přítomnosti 3 s (Pöppel, 2004).

V jiných výzkumech se ukázalo, že interval indiference nebyl fixní hodnotou. Spíše se zdálo, že se mění v závislosti na rozsahu užitých intervalů (Lejeune & Wearden, 2009).

Je také možné, že pro různé modality funguje mechanismus intervalu indiference odlišně. Např. ve výzkumu Noulhiane, Pouthase a Samsona (2009) byl pro vizuální modalitu interval indiference kolem 3 s, ale pro sluchovou modalitu se měnil v závislosti na rozsahu užitých intervalů.

Výsledky výzkumů na intervalu indiference jsou tedy spíše neurčité než jednoznačné. Většina studií se shodla, že existuje určitý rozsah v časových odhadech, ve kterém jsou lidé v odhadech nepřesnější, na druhou stranu některé studie takový rozsah nenašly. Přesný mechanismus a podmínky, za kterých interval indiference nastává, tedy nejsou dosud známy (Grondin, 2019).

Udržení tempa

Pokud dostane jedinec za úkol si zvolit libovolné tempo a udržovat ho prostřednictvím např. pravidelného ťuknutí prstu, zvolené tempo se většinou bude nacházet v rozsahu od 300 do 700 ms. Liší se však podle věku: děti preferují 300 ms, mladí dospělí 600 ms a starší lidé 700 ms (McAuley, Jones, Holub, Johnston, & Miller, 2006).

Při úlohách udržení zadaného tempa je výkon nejlepší v rozsahu od 300 do 800 ms (Drake & Botte, 1993).

Při periodě 0.6 do 0.75 sekund jsou lidé nejpřesnější v udržení tempa v hudbě. Tento rozsah je ekvivalentní k tempu mezi 80 a 100 BPM. Pokud jsou lidé instruováni, aby udrželi tempo rychlejší nebo pomalejší, mají tendenci buď zrychlovat nebo zpomalovat směrem k optimálnímu tempu (Huron, 2006).

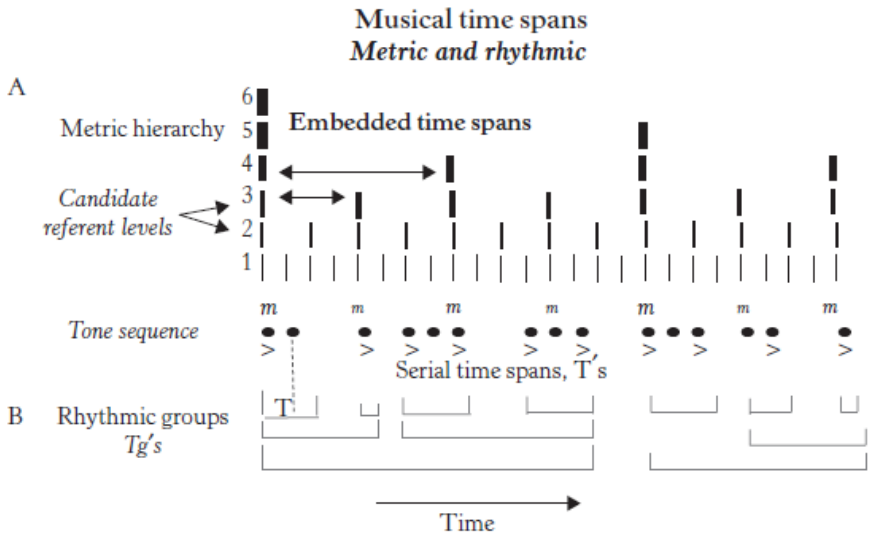
4. Psychologické aspekty metra a rytmu

V psychologickém výzkumu času v hudbě se často pohlíží na percepci metra a rytmu jako na dva odlišné procesy. Metrum bývá spojováno s periodickým opakováním vnitřních časových hodin, rytmus bývá naopak vysvětlován prostřednictvím vnitřních vrozených tendencí k seskupování vnímaných prvků (např. Gestalt zákonů) (Jones, 2018). Jaký je vztah mezi metrem a rytmem v hudbě? Sdílejí některé psychologické procesy nebo se od sebe procesně zásadně liší?

4.1 Percepce metra

Jak již bylo zmíněno výše (viz kapitola 1. a 2.), metrum odkazuje na určitou pravidelnost ve střídání těžkých a lehkých dob. Toto střídání umožňuje posluchači vnímat metrickou hierarchii (Jones, 2011).

Metrická hierarchie (viz obrázek č. 4, část A) obsahuje překrývající se (vestavěná, *Embedded*) časová rozpětí, která jsou odlišná od rozpětí sériových (*Serial*), ta se naopak uplatňují při rytmickém seskupování (viz obrázek č. 4, část B) (Jones, 2018).



Obrázek 4: Nákres tónové sekvence, její metrické hierarchie a rytmických seskupení (Jones, 2018).

Část A – Metrická hierarchie beatů s překrývajícími se časovými rozpětími (Embedded time spans) – vertikální čáry. Hraniční body těchto rozpětí tvoří prvky, které jsou akcentované. Část B – Sériová časová rozpětí (Serial time spans) představují rytmické seskupování – horizontální čáry.

Současný výzkum času v hudbě vychází z práce Fraisseho (1978), který se zabýval rytmickým seskupováním. Zjistil, že lidé používají určité preferované sériové časové poměry k segmentaci rytmických skupin. Jsou to poměry 1/1 v rámci skupiny a 2/1 mezi skupinami. Fraisseho zjištění testoval Povel (1981), který ověřil, že lidé preferují poměr 2/1, ale i 3/1. Oba tyto poměry lidé preferují i v metrickém kontextu.

Preferované poměry se uplatňují při výstavbě metra, ale i při rozdělení jednotlivých not na menší (např. nota celá se rozdělí na dvě noty půlové, nota půlová na dvě noty čtvrťové nota čtvrťová na trioly apod.). Vytváření a reprodukce dvojného a trojného členění v jednom vzorci (popř. jejich násobků) je obtížné, což se ukázalo i v experimentech (Povel, 1981). Matoušek (2003) uvádí, že v etnické hudbě se však skládání dvojného a trojného členění běžně vyskytuje.

Obecná pravidla pro konstrukci metra

Lerdahl a Jackendoff (1983) formulovali obecná pravidla, kterým by měla konstrukce metra podléhat. Tato pravidla lze vidět i na obrázku č. 4. Například beaty (doby, základní časové jednotky) na všech hierarchických úrovních se musí shodovat s beaty na nižších úrovních. Dále beaty na jedné úrovni se vždy skládají ze stejného počtu beatů na nižší úrovni. Akcentované beaty se objevují v bodech, kde se setkávají beaty na více úrovních. Porušení těchto pravidel vede k narušení vnímání metra v hudbě.

Teorie kódování

Teorie kódování vychází z modelů založených na vnitřních časových hodinách. Metrické sekvence s pravidelnými rytmickými akcenty navodí ty „správné“ hodiny, které vedou k efektivnímu kódování sériových časových intervalů. Nemetrické sekvence tyto hodiny naopak nenavozují (Povel & Essens, 1985).

Proces, který teorie popisuje, má dvě fáze. V první fázi dojde ke spojení odpovídajících akcentů s tiky vnitřních hodin. Metrické sekvence obsahují akcenty, které odpovídají tikům správných hodin, tedy takových hodin, které mají nejméně odchylek od metrické sekvence a snaží se tyto odchylky minimalizovat. Tyto hodiny pak představují jakousi fixní časovou síť a tam, kde tikají, vznikají tzv. *metrické akcenty* (na obrázku č. 4 značené symbolem *m*). Výběr správných hodin je vyjádřen rovnicí: $C = W*s + u$, kde $W*s$ znamená počet tiků hodin, které spadnou do ticha (tzv. *negativní evidence*, tedy není zde tón, i když hodiny zde „tiknou“), u znamená počet tiků hodin na neakcentovaných prvcích. C tak značí celkovou míru proti-evidence zvolených hodin. Pokud je C nízké, indikuje to větší míru shody zvolených hodin s metrickou sekvencí. Ve druhé fázi je metrická (ale i

nemetrická) sekvence převedena na symbolický kód podle určité strategie, např. podle délky intervalu mezi jednotlivými akcenty (Povel & Essens, 1985).

Při experimentálním ověřování teorie byli lidé nejpřesnější při reprodukci metrických sekvencí, což odpovídá predikcím (Povel & Essens, 1985).

K původní teorii bylo přidáno i několik obměn výše uvedené rovnice, které zahrnují positivní evidenci místo negativní (*model P* – positivní) nebo positivní i negativní evidenci (*model H* – hybridní). Positivní model počítá místo s počtem tiků hodin, které spadnou do ticha (*W*s*), s počtem tiků hodin, které jsou správně na akcentovaných prvcích (*W*a*). Hybridní model pracuje jak s odchylkami, tak s tiky hodin na akcentovaných prvcích, jeho výpočet je roven rozdílu *P* a *C* modelu. Na rozdíl od *C* modelu, pokud jsou *P* a *H* vysoké, indikuje to větší míru shody zvolených hodin s metrickou sekvencí. Ukázalo se, že hybridní model nejlépe predikoval přesnost hudebníků, kdežto původní *C* model založený pouze na negativní evidenci predikoval nejlépe přesnost nehudebníků, ale i hudebníků při velmi rychlém hudebním tempu. Tedy nehudebníci (ale i hudebníci při rychlém tempu) jsou spíše ovlivněni odchylkami, kdežto hudebníci zapojují jak odchylky, tak potvrzení správnosti navozených hodin (McAuley & Semple, 1999).

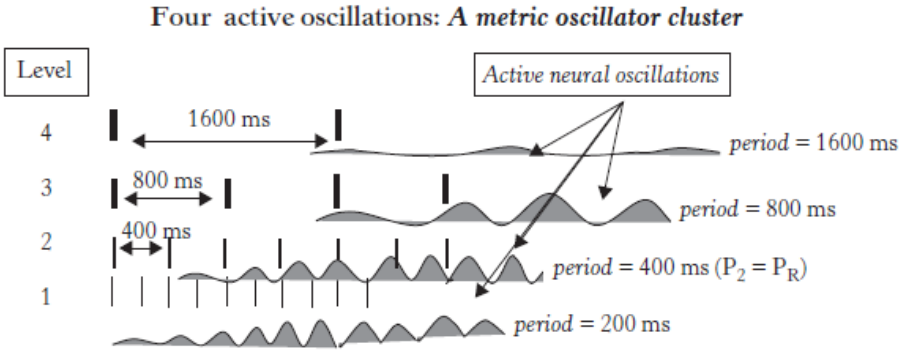
Teorie kódování a příslušný model je založen převážně na procesech paměti, prostřednictvím kterých se vytváří příslušný kód odrážející metrickou sekvenci. Podle Jones (2018) však neodráží přímo sledování hudební struktury v aktuálním momentu a flexibilní přizpůsobení se novému hudebnímu materiálu.

Teorie metrické vazby

Tato teorie vychází z DAT (*Dynamic attending theory*, viz kapitola 3.5.2.3). Stěžejním termínem DAT je tzv. *nastavení* (*entrainment*). Jedná se o biologický proces, který spočívá v adaptivní synchronizaci vnitřních oscilací s kontextem externí události. V hudebním kontextu to funguje tak, že časová rozpětí na metrické úrovni mohou navodit korespondující neurální oscilaci. Ta má podobu rekurentních časových rozpětí o fázi, která se přizpůsobuje odchylkám od očekávání (Jones, 2011).

Tyto neurální oscilace mají několik vlastností. Zaprvé, trvají v čase a odrážejí vnímaný kontext. Zadruhé, perioda oscilace je stabilní, místně jinak načasovaný tón ji pouze krátce naruší, poté se perioda opět vrátí ke stabilitě. Zatřetí, tyto oscilace mají adaptivní vlastnosti, reagují na neočekávaný kontext události upravením oscilační fáze a periody. Začtvrté, v jednom momentě může být aktivní větší počet navzájem provázaných oscilací současně (Jones, 2011).

Poslední čtvrtá vlastnost tvoří podklad teorie metrické vazby. Ta tvrdí, že když jsou aktivní dvě a více oscilací současně, časem se na sebe naváží a vytvoří tzv. *metrický cluster* (viz obrázek č. 5).



Obrázek 5:Metrický cluster čtyř aktivních oscilací (Jones, 2018)

Nejprve rekurentní kontext navodí oscilaci s periodou 200 ms, která nejvíce odpovídá kontextu. Postupně se však aktivují další oscilace vyšší úrovně podle toho, jak kontext pokračuje. Současně aktivní oscilace se na sebe naváží a poté vytvoří metrický cluster, který se zformuje do převládající metrické formy (dvojné či trojné metrum).

Jones (2011, s. 85) uvádí podstatu metrické vazby ve zkratce: *„Oscillation that align together, bind together.“*

Vazba mezi jednotlivými oscilacemi nezávisí pouze na společné oscilaci, ale také na vzájemných rezonančních vztazích, periodě a fázi. Mezi oscilacemi jsou tak odlišnosti ve stabilitě – měně stabilní jsou takové oscilace, které se v těchto vlastnostech liší od většiny ostatních oscilací (Jones, 2011).

4.2 Percepce rytmu

Rytmus je založen na sériových časových intervalech (viz obrázek č.4). Percepce rytmu bývá často popisována prostřednictvím Gestalt zákonů, které se nevztahují pouze na hudební percepci, ale na určité vrozené procesy vnímání obecně. Z toho by mohlo vyplývat, že i percepce rytmu je vrozená, založena na automatických univerzálních procesech seskupování. Některými autory je tím vymezována od percepce metra, neboť ta bývá považována za naučenou (Jones, 2011).

Mezi Gestalt zákony, které se uplatňují při percepci rytmu (nejen rytmu, ale i jiných hudebních struktur, např. melodie) patří například*: zákon proximity (blízkosti), similarity (podobnosti), společného osudu (pokračování)* a další (Franěk, 2009).

Zákon proximity znamená, že prvky, které si jsou časově a prostorově blízké, jsou vnímány jako součásti jednoho celku. Tedy například tóny, které mají podobnou výšku a nejsou od sebe intervalově příliš vzdáleny, mohou být považovány za součásti jednoho celku (Bregman, 1990).

Zákon similarity znamená, že prvky, které si jsou podobné, jsou vnímány jako součásti jednoho celku. V hudebním prostředí tato podobnost může znamenat stejnou intenzitu či barvu (témbr) (Franěk, 2009).

Zákon společného osudu znamená, že prvky, které procházejí podobnými změnami, či míří stejným směrem, budou pravděpodobně vnímány jako součásti stejné skupiny. V hudbě lze tento jev spatřit například při vnímání rozloženého akordu či souzvuku. Vnímáme, že tóny, které po sobě následují v akordu, jsou části jednoho celku. Tóny, které patří do takové logické řady (jako je rozložený akord), vnímáme jako součásti stejné skupiny, i když některé prvky z řady mohou chybět (Franěk, 2009).

Scruton (2009) přidává k výše uvedeným ještě *zákon figury a pozadí*. V hudbě vnímáme melodickou linku, která vystupuje do popředí jako figura a harmonický doprovod, který má funkci pozadí. Melodická linka a doprovod se mohou střídat například u různých nástrojů v orchestru či v pravé a levé ruce hráče na piano. Melodie tak může být chvíli ve vyšších polohách a hlubší tóny mohou sloužit jako doprovod, v další části hudební skladby mohou hlubší tóny vystupovat dopředu jako melodie a vyšší tóny sloužit jako doprovodné pozadí.

Prostřednictvím Gestalt zákonů vysvětloval Fraisse výsledky svých experimentů s rytmem. Například zjistil, že při percepci rytmu 300-289-540 ms (krátký-krátký-dlouhý) mají lidé tendenci preferovat jednodušší formu 300-300-600 ms. Tento jev Fraisse vysvětloval prostřednictvím *zákonu dobrého tvaru*, který se uplatňuje i při preferenci určitých poměrů (1/1, 1/2, 2/1), jak již bylo zmíněno (Fraisse, 1978). *Zákon dobrého tvaru (pregnance)* znamená, že vnímáme jakékoli uspořádání prvků takovým způsobem, který prvky organizuje co nejjednodušeji tak, aby vytvářely stabilní, souvislou formu (Sternberg, 2002).

Ačkoli Gestalt zákony vzhledem k rytmické percepci mnohé vystihují, jsou pouze deskripcí fenoménu, nikoli jeho vysvětlením (Jones, 2011).

Rytmický profil atraktoru

Tato teorie vychází z DAT a rozšiřuje teorii DAT o rytmus. Termín *rytmický profil atraktoru* znamená, že jednotlivé neustále se měnící skupiny sériového časového rozpětí (viz obrázek č. 4) navozují přetrvávající vnitřní referenční periodu, kterou posluchači používají ke srovnávání s dalšími skupinami následujícími v čase. Rytmický profil atraktoru se stává specifickým časovým vzorcem, který je v interakci s metrickým clusterem. (Jones, 2018).

4.3 Interakce metra a rytmu

Pro rytmickou i metrickou percepci jsou důležité akcenty. Akcenty jsou výrazné body v řadě prvků, které na sebe upoutávají pozornost. Kolem *rytmických akcentů* se perceptuálně tvoří seskupení ostatních neakcentovaných prvků. Tak dochází ke strukturování původně nestrukturovaných řad prvků. Rytmické akcenty tedy slouží k ohraničení a vymezení jednotlivých sériových časových rozpětí, jednotlivých skupin (na obrázku č. 4 jsou rytmické akcenty v sekvenci tónů značeny symbolem *>). Metrické akcenty* se tvoří tam, kde pomyslně tikají správné vnitřní hodiny (na obrázku č. 4 jsou označeny metrické *m*) (Franěk, 2009; Jones, 2011).

Existují *objektivní* a *subjektivní* akcenty. *Objektivní akcent* je přítomný ve vlastnostech akcentovaného prvku, je měřitelný. V případě metrického akcentu je důležitá pravidelnost kontextu. Objektivní metrické akcenty mohou být zdůrazněny například větší intenzitou zvuku. V případě objektivního rytmického akcentu se jedná o změny na lokální úrovni jednotlivých rytmických skupin, může to být například delší zvuk oproti ostatním tónům. *Subjektivní akcent* může vznikat i na objektivně neakcentovaných identických prvcích, které se vyskytují na metricky významných bodech v časovém průběhu. Subjektivní akcent existuje pouze v mysli posluchače, vyplývá z očekávání dalšího průběhu metrické a rytmické struktury a z toho plynoucí zaměřené pozornosti na konkrétní body v průběhu skladby (Jones, 2018).

Čím více je objektivní akcent přítomný v metrické struktuře, tím menší je prostor pro vytváření subjektivních akcentů. Naopak, pokud je metrická struktura nehierarchická a je vytvořena z objektivně neakcentovaných prvků, převažuje subjektivní akcent (Tichý, 2002).

Teorie kódování

V teorii kódování Povela a Essense (1985) úzce souvisí metrická percepce s rytmickou. Správné vnitřní hodiny se prvně aktivují na základě pravidelných rytmických akcentů. V časech, kdy tikají, vznikají metrické akcenty, které mohou, ale nemusí odpovídat všem rytmickým akcentům.

Společná aktivita

Jones (2018) tvrdí, že percepce metra a rytmu není nezávislá, dochází zde k interakci metrického clusteru a rytmického profilu atraktoru, a to tak, že se na sebe navzájem nastaví a sdílí stejnou referenční oscilaci.

Procesy vzájemného nastavení oscilací a vytváření metrických clusterů jsou založeny na předpokladu periodického opakování hudební události. Usnadňují vnímání hudebního metra a rytmu, šetří zdroje pozornosti a umožňují synchronizaci (projevující se například ťukáním si do rytmu) (Stevens & Byron, 2011). Franěk (2009) uvádí, že nepravidelnost v rytmice však běžně existuje v podobě rytmických vzorců více či méně komplikovaných, které je sice těžké reprodukovat odděleně v laboratorních podmínkách, popř. při prvním přečtení notového zápisu, ale v hudebním kontextu pod vlivem určitých prvků je jejich produkce umožněna. V hudbě, zvláště jiné než západní, existují i zcela neperiodická metra a rytmy (například v japonském Gagaku nebo tibetské chrámové hudbě) (Huron, 2006). Jones argumentuje, že pokud v hudbě není přítomna explicitní pravidelnost, která by umožnila vzájemné nastavení oscilací, posluchač se nastaví na takovou periodu oscilace, kterou považuje za centrální tendenci v délce period (Barnes & Jones, 2000). Periodicita jako taková není pro vytvoření očekávání dalšího průběhu hudby nutná, místo toho se posluchači řídí celkovou časovou strukturou události. Huron (2006) tvrdí, že alespoň nějaká časová struktura v hudbě by však měla být předvídatelná k tomu, aby se vytvořilo očekávání jejího dalšího průběhu, které je významné při vytváření estetického prožitku při poslechu (viz dále).

5. Očekávání v hudbě a časová percepce

Očekávání je významnou součástí mnoha událostí v lidském životě, i hudebního poslechu. Přesná očekávání jsou biologicky důležitá.

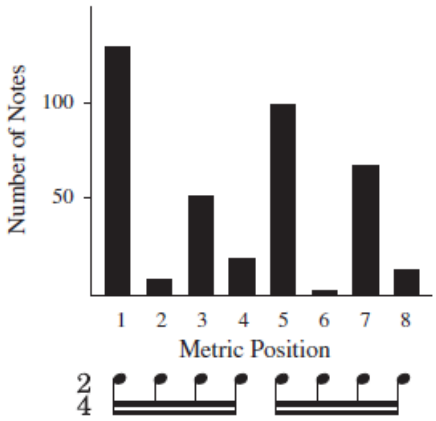
Zaprvé z toho důvodu, že tím šetříme energii. Pokud bychom na každou událost reagovali jako na novou, neočekávanou, vedlo by to k výdeji většího množství energie. Na očekávanou událost můžeme zareagovat až ve chvíli, kdy k ní má skutečně dojít, nevydáváme energii zbytečně dopředu. Zadruhé z toho důvodu, že naplněné očekávání usnadňuje zaměření pozornosti. V rámci hudebního poslechu nezaměřujeme pozornost rovnoměrně na celý průběh hudební skladby. Místo toho je pozornost vedena k určitým momentům v čase, které jsou nejvíce očekávané. Tímto je šetřena i kapacita pozornosti (Huron, 2006).

Teorie očekávání korespondují s teoriemi o tzv. prediktivním mozku, v rámci kterých je primárně očekávané neustále srovnáváno se skutečnými senzorickými daty (Kraus, 2020).

Zaměření pozornosti na základě očekávání a usnadnění vnímání zvuků se ukázalo v experimentu Jones, Moynihan, MacKenzie a Puente (2002). Participantům byl prezentován první tón o určité tónové výšce, následovala řada tónů, které měly funkci distraktorů. Tyto distraktory byly pravidelně načasovány. U posledního z řady tónů se mělo posoudit, zda má stejnou tónovou výšku jako první tón. S jeho přesným časovým umístěním však bylo manipulováno. Ukázalo se, že participanti byli nejpřesnější v rozlišení tónové výšky takových tónů, které byly načasovány tak, že nejvíce odpovídaly kontextuálnímu očekávání a nejméně přesní byli v tónech, které byly nejvíce nečekané. Tento efekt přetrvával, dokud byl kontext pravidelný, nenastal, když byl kontext nepravidelný.

Jak už bylo řečeno v předchozí kapitole, hudba je vystavěna na hierarchické struktuře metra a rytmu. Percepce metra a rytmu je závislá na periodickém opakování, díky kterému jedinec dopředu očekává, co v dalším průběhu skladby nastane. Nejde však pouze o periodické opakování v rámci kontextu jedné události, ale o obecné principy vytváření hierarchické struktury. Například na některých pozicích v rámci jednoho taktu v hudbě je větší pravděpodobnost přítomnosti tónů. Na obrázku č. 6 je zanesena typická frekvence tónů na jednotlivých šestnáctinových notách na různých metrických pozicích v dvoudobém taktu u 13 dětských skladeb z Portorika. Nejvíce tónů bylo na první metrické pozici (na první době v taktu). Druhá nejvíce frekventovaná pozice byla pátá (druhá doba v taktu). Třetí a sedmá

pozice představují druhou polovinu jednotlivých dob. Naopak na druhé, čtvrté, šesté a osmé pozici bylo tónů přítomno výrazně nejméně (Huron, 2006).



Obrázek 6: Metrická organizace 13 dětských skladeb z Portorika (Huron, 2006)

Z výše uvedeného příkladu vyplývá, že posluchač může dopředu očekávat budoucí průběh skladby a konkrétní umístění jednotlivých tónů v metricko-rytmické hierarchii.

Tento jev byl ověřován v experimentu Palmer a Krumhansl (1990), ve kterém byl participantům nejprve prezentován metrický kontext (2/4, 4/4, 3/4 a 6/8 - dvojné či trojné dělení), poté pauza a nakonec tón, u něhož měli participanti hodnotit, do jaké míry se hodí (*„goodness of fit“*) do předem vyslechnutého kontextu. Nejvyšší míru *goodness of fit* měly tóny, které byly umístěny, tj. začínaly na nejvýznamnějších pozicích v metrické hierarchii (na začátku jednotlivých dob v taktu). Experiment také ukázal rozdíl mezi hudebníky a nehudebníky. Ačkoli zde panovala shoda mezi oběma skupinami, hudebníci vykazovali přesnější odhady (vyšší míru *goodness of fit* na významných metrických pozicích). Tento experiment potvrzuje nejen význam očekávání při hudebním poslechu, ale také ukazuje na možné ovlivnění hudebním tréninkem.

Hudební zkušenost je pro očekávání dalšího průběhu skladby významná i z důvodu očekávání dalšího průběhu melodie a harmonických změn. Tato očekávání vychází z tonální hierarchie a pravidel organizace tonálních vztahů. Jak již bylo řečeno (viz kapitola č. 1. *Terminologie*) v tónině mají různě stupně jednotlivé funkce. I. stupeň – *tónika* je základní tón, představuje jakési centrum tóniny. Skladba většinou začíná a končí na tónice, což je provázeno subjektivním pocitem uzavřenosti. Naopak VII. stupeň – *citlivý tón* vyžaduje rozvedení do tóniky, „tíhne“ k tónice (Zenkl, 2003).

Posluchači jsou citliví na rozdělení jednotlivých stupňů v tónině a na jejich typické střídání v průběhu skladby. Tomuto střídání se říká kadence. Prototypická kadence v západní

hudbě je postup *tónika-subdominanta-dominanta-tónika* (I.-IV.-V.-I. stupeň). Tato kadence navozuje silný pocit zakončení, neboť začíná a končí na tónice. Kadencí je však více, liší se od sebe i v rámci hudebních žánrů či kultur (Huron, 2006).

Kadence se od sebe mohou lišit v navození pocitu zakončení. Kultury, které nevychází ze západní hudební tradice, mají své vlastní kadence, které pro navození pocitu uzavření nepracují se stupni v tónině, ale mají například typické zakončení trylkem nebo specifickým postupem tónů (Huron, 2006).

Naplnění či nenaplnění očekávání uzavření hudební skladby se může podílet na způsobu, jakým je vnímán čas v hudbě. V experimentu Jones a Boltze (1989) participanti porovnávali délku dvojic melodií, jejichž délka se pohybovala od 34 do 37 not. Melodie byly manipulovány tak, že byly buď předčasně, přesně či opožděně tonálně ukončeny. Ukázalo se, že melodie, které byly ukončeny před návratem na tóniku, lidé hodnotily jako krátké, zatímco ty, které končily až po návratu na tóniku, jako dlouhé, i když byly ve skutečnosti totožné v časové délce.

Marijan (2018) uvádí, že posluchač očekává i typickou strukturu hudební formy skladby. Pokud je tato struktura pozměněna, popř. narušena, vnímaná fráze se může stát komplikovanou, v nepořádku a náročnou na orientaci (viz kapitola č. 2).

Ne vždy je to však na škodu. Změny v přesném časování a odchylky od posluchačova očekávání slouží také hudebníkům ke komunikaci s posluchačem. Franěk (2009, s. 113): „*Změny přesného časování najdeme často na konci hudební fráze, na rozhraní mezi frázemi, na vrcholu melodie či na dalších důležitých místech hudební skladby.“* Časové odchylky od přesné rytmicko-metrické pravidelnosti tato místa zdůrazňují.

6. Emocionální odpovědi na hudbu a časová percepce

Emoce jsou komplexním jevem, který má více stránek: zážitkovou, fyziologickou, behaviorální a výrazovou. Tyto složky jsou mezi sebou úzce propojeny (Franěk, 2009).

Hudba je v běžném životě s emocemi často spojována. Lidé využívají hudbu k navození emocí, k uvolnění emocí, k příjemnému prožitku či uvolnění stresu. Přesto však přesný mechanismus emocí spojených s hudbou není plně objasněn (Juslin, 2011).

V psychologickém výzkumu emocí v hudbě je důležité rozlišovat mezi percepcí konkrétních emocí v hudbě a navození emocí hudbou v posluchači, neboť je možné, že za tyto procesy jsou zodpovědné odlišné mechanismy. Také typ emocí spojený s jednotlivými procesy může být odlišný (Juslin, 2011).

Navození emocí hudbou

Navození emocí hudbou je zkoumáno více metodami. Patří mezi ně například: poslechové experimenty, dotazníky, deníkové záznamy, rozhovory, psychofyziologické měření (např. měření tepu srdce, biofeedback atd.) a funkčně zobrazovací metody. Nejčastěji jsou využíván dotazníky a další sebeposuzovací nástroje. Metody bývají také často kombinovány (Juslin, 2011).

Ve studii z roku 2008 byl použit přístroj, do kterého měli participanti sedmkrát během dne v náhodných intervalech po dobu dvou týdnů zanést informace o aktuálních činnostech, které vykonávají, a emocích s nimi spojených. Ukázalo se, že hudba se objevila ve 37 % všech odpovědí a v 64 % případů s hudbou participanti uvedli, že hudba nějakým způsobem ovlivnila jejich pocity. Obvyklé hudbou navozené emoce byly štěstí-euforie a nostalgie-touha (Juslin, Liljeström, Västfjäll, Barradas, & Silva, 2008).

Přesný mechanismus navození emocí však není objasněn. Patrně se jedná o komplexní souhru mezi hudbou, posluchačem a situací. Podle Juslina (2011) hrají roli při navozování emocí hudbou tyto faktory: hudební (např. naplnění či nenaplnění hudebního očekávání), individuální (věk, pohlaví, hudební preference, hudební zkušenosti, aktuální nálada jedince apod.) a situační (akustické podmínky, zda poslech probíhá o samotě, či ve skupině, způsob provedení hudební skladby atd.).

Percepce emocí v hudbě

Výzkum percepce konkrétních emocí v hudbě se soustředí na vztah mezi konkrétní hudební strukturou a vnímaným výrazem. Hudební strukturou je například tempo, hlasitost, výška tónu, interval mezi tóny, tónina, rytmus, harmonie atd. Studie v této oblasti spočívají v prezentaci hudebních úseků participantům, kteří mají reportovat vnímaný výraz. Například

rychlé tempo bývá asociováno s aktivitou, vzrušením, štěstím, radostí, příjemností, překvapením, potencí, hněvem a strachem. Pomalé tempo s klidem, mírem, smutkem, nudou či odporem. Durová tónina může být asociována se štěstím a radostí, mollová se smutkem. Hlasitost může být asociována s výrazy síly, vzrušení, tenze, hněvu, tichá hudba s výrazy smutku, klidu, jemnosti a strachu (Gabrielsson, 2011). Jednotlivým strukturám a jejich možné asociaci s konkrétním emocionálním výrazem se dlouhodobě věnují Gabrielsson a Lindström, jejichž práce lze najít v ucelených publikacích zaměřených na hudbu a emoce, popř. na hudební psychologii (např. Juslin & Sloboda, 2001; Hallam, Cross & Thaut, 2011).

Emocím a hudbě se věnují také teorie očekávání (viz předchozí kapitola č. 5). Podle Hurona (2006) je naplnění a nenaplnění očekávání spojeno s emocionálním prožitkem hudebního poslechu. Nenaplnění očekávání vede k určitému překvapení, na které navazuje adekvátní emocionální reakce. Huron považuje za nejčastější emoce spojené s tímto procesem vzrušení, pobavení a hrůzu. Reakce na neočekávané se může změnit s větší obeznámeností s konkrétní skladbou. Jednotlivé emocionální reakce, které se uplatnily při prvním poslechu, se proměňují každá jiným způsobem. Vzrušení má tendenci se více prohlubovat, pobavení se mění do pocitu divnosti a hrůza se často mění do vzrušení. Oproti tomu splněné očekávání je spojeno s pozitivními pocity. Na tomto principu funguje například práce s napětím a uvolněním v hudbě (Huron, 2006). Příklady napětí a uvolnění jsou rozvod citlivého tónu do tóniky nebo rozvod disonance do konsonance (Zenkl, 2003).

Jedna z hypotéz, která se pojí s teorií očekávání, je o vztahu mezi předvídatelností, komplexitou stimulu (např. melodie) a jeho preferencí. Podle této hypotézy je možné tento vztah vyjádřit prostřednictvím tzv. U-funkce. Tato funkce vyjadřuje, že ideální estetické podmínky spočívají v optimálním vybalancování předvídatelných a nepředvídatelných prvků ve stimulu. To by odpovídalo aktuálním teoriím o tzv. prediktivním mozku, kde středně těžká komplexita stimulů optimálně redukuje chyby v predikci, a proto je vnímána jako příjemná (Kraus, 2020).

Vliv emocí na časovou percepci

Když se dobře bavíme, zdá se, že čas ubíhá rychle. Když se nudíme, máme pocit, že se čas táhne. Tento a další podobné jevy mohou být vysvětleny například prostřednictvím pozornostních modelů časové percepce. Pokud emocionální obsah události odvede pozornost od vnímání plynutí času, odhadovaná délka události pak bude podhodnocována (Droit-Volet & Meck, 2007).

Naopak vyšší úroveň fyziologické aktivace (*arousal*) odhadovanou délku vnímané události subjektivně prodlužuje. Hodinové modely tento jev vysvětlují tím, že *arousal*

urychlí produkci pulsů v udavači tempa, čímž zapříčiní nashromáždění většího počtu pulsů v akumulátoru, a tedy subjektivní nadhodnocení odhadované události (Droit-Volet & Meck, 2007).

To se ukázalo např. v experimentu Droit-Volet, Fayolle a Gill (2011), ve kterém participanti před úlohou na časový odhad nejprve zhlédli film, který měl navodit strach, smutek nebo byl neutrální. V podmínce smutku a neutrálního podnětu nedošlo k žádným změnám v časových odhadech, i když v případě smutku participanti uváděli, že byli po zhlédnutí filmu smutnější a jejich *arousal* byl nižší. V případě strachu došlo k nadhodnocení časových odhadů. To autoři vysvětlují větším *arousalem* při strachu a v důsledku toho urychlením vnitřních časových hodin.

Jelikož je poslech hudby často spojen s navozením emocí (viz výše), a tedy i doprovodného *arousalu*, nabízí se i možnost, že by prostřednictvím většího *arousalu* navozeného hudbou mohlo dojít k časové distorzi během hudebního poslechu.

Tento jev byl zkoumán v experimentu z roku 2013, ve kterém participanti odhadovali délku krátkých hudebních nahrávek, kterými bylo manipulováno ve smyslu emocionální valence a *arousalu*. Valence byla manipulována prostřednictvím příjemné a nepříjemné verze hudebních nahrávek. Příjemná verze byla tonální, nepříjemná verze byla tou samou verzí puštěnou pozpátku. Tím se narušily tonální vztahy mezi tóny a nahrávka byla hodnocena jako nepříjemná. *Arousal* byl manipulován skrze tempo nahrávek a orchestrální či pianovou verzi nahrávky. Zjistilo se, že rychlejší tempo a orchestrální nahrávky vzbuzovaly větší *arousal*. Participanti nadhodnocovali trvání nahrávek v rámci podmínky vyššího tempa, nikoliv však za podmínky orchestrální nahrávky, byť byla hodnocena jako vzbuzující větší *arousal* než pianová. K nadhodnocení trvání také došlo v případě nepříjemných nahrávek. Oba nálezy autoři vysvětlují výše uvedenými mechanismy. K nadhodnocení z důvodu rychlejšího tempa, a tedy většího *arousalu* došlo kvůli urychlení vnitřních časových hodin. Naopak k nadhodnocení v případě nepříjemné nahrávky došlo na základě pozornostních procesů – nepříjemný podnět upoutal pozornost směrem k plynutí času (viz kapitola č. 3.5.2.1 *Pozornostní modely časové percepce*) (Droit-Volet, Ramos, Bueno & Bigaud, 2013).

Výše popsaný jev by se dle mého názoru mohl vysvětlit i prostřednictvím dalších modelů časové percepce – teorie očekávání a paměťovými modely. Je možné, že v důsledku narušených tonálních struktur v případě nepříjemné verze nahrávky, došlo k narušení očekávání participantů, nahrávky pro ně byly nepřehledné a komplexní (na rozdíl od tonálních nahrávek, ve kterých bylo snazší se zorientovat). To mohlo být vyhodnoceno tak,

že se toho stalo během odhadované časové epizody více, a z toho důvodu došlo k nadhodnocení časového trvání (Becková, 2017). V případě tempa by mohl hrát roli podobný paměťový mechanismus. Jelikož tempo bylo rychlejší, stihlo se toho stát více.

7. Konkrétní hudební charakteristiky a časová percepce

Experimenty v oblasti časové percepce ukazují, že subjektivní prožitek plynutí času je často odlišný od objektivního trvání. Subjektivní délka posuzovaných časových intervalů může být ovlivněna různými faktory – například intenzitou zvuku, výškou (frekvencí) tónu, či informacemi obsaženými v intervalu.

Intenzita

Intenzivnější zvuky mohou být vnímány jako subjektivně delší než stejně dlouhé méně intenzivní zvuky (Goldstone & Lhamon, 1974; Berglund, Berglund, Ekman & Frankehaeuser, 1969). V hudbě se může jednat o hlasitější tóny či akordy. Mechanismus subjektivního ovlivnění časové percepce u intenzivních podnětů bývá vysvětlován prostřednictvím modelů, které pracují s pozorností. Intenzivní prvek pravděpodobně přepojí pozornost do aktivního stavu, což vede k tomu, že časovému průběhu je věnováno více pozornosti a dojde k nadhodnocení trvání prvku (viz kapitola 3.5.2.1 *Pozornostní modely*) (Franěk, 2009).

Výška tónu (frekvence)

S větší tónovou výškou tónu stoupá také jeho subjektivní trvání aneb tóny s vyšší frekvencí bývají hodnoceny jako delší než tóny s nižší frekvencí (Dawson, Aalto, Simko, & Vainio, 2017; Brigner, 1988). Tento jev bývá vysvětlován prostřednictvím výše zmíněného jevu s intenzitou, neboť z fyzikálního hlediska závisí percepce intenzity tónu mj. i na jeho frekvenci. Vyšší tóny by mohly být vnímány jako intenzivnější, kvůli čemu by mohly být subjektivně nadhodnoceny. V jiných experimentech se však ukázalo, že tomu tak není a tónová výška a intenzita mají vliv na subjektivní vnímanou délku tónu spíše samostatně prostřednictvím jiného mechanismu (Dawson et al., 2017).

Plný a prázdný interval

Iluze plného intervalu (tzv. *filled-duration illusion*) znamená, že plné časové intervaly vyplněné dlouhým tónem či několika tóny se zdají být subjektivně delší než prázdné časové intervaly vyplněné pouze dvěma krátkými tóny na začátku a na konci, které časový interval pouze ohraničují, i když jsou oba intervaly objektivně stejně dlouhé (Thomas & Brown, 1974; Wearden, Norton, Martin & Montford-Bebb, 2007).

SET (*Scalar expectancy theory*) vysvětluje, že by iluze mohla nastávat prostřednictvím urychlení vnitřních časových hodin při plných intervalech oproti prázdným intervalům nebo z důvodu rychlejšího zavírání a pomalého znovuotevírání spínače mezi udavačem tempa a akumulátorem u plných intervalů. V obou možných vysvětlení by do

akumulátoru bylo „doručeno“ více tiků při časování plných intervalů než při časování prázdných intervalů (Wearden et al., 2007).

S podobnou myšlenkou pracuje i model pozornostní brány Blocka a Zakaye, ve kterém pozornost věnovaná plynutí času otevírá pozornostní bránu, kterou pak proudí více tiků do akumulátoru. Tato brána by byla více otevřena pro plné intervaly, tudíž by byly nadhodnocovány oproti trvání intervalů prázdných (Block & Zakay, 1995).

Repp a Marcus (2010) tuto iluzi dále specifikují a v čistě akustickém prostředí nazývají jako *„sustained sound illusion“* (SSI) – iluzi kontinuálního tónu, který je vnímán jako subjektivně delší než ticho. SSI tím rozlišují od iluze, která vzniká, když je interval naplněn více než jedním tónem – iluze rozděleného času (viz dále).

V hudbě se iluze plného intervalu může vyskytnout například v poměru mezi délkou zvuku a pauzy v rámci jedné doby v taktu. Pokud je doba vyplněna dlouhým tónem a krátkou pauzou, může být vnímána jako subjektivně delší než doba, která je vyplněna krátkým tónem a dlouhou pauzou (Franěk, 2009).

Dále se plné a prázdné intervaly mohou vyskytnout v artikulaci tzv. *legato* a *staccato*. *Legato* znamená, že tóny je třeba hrát vázaně. Takové tóny tedy sestávají z plných intervalů. *Staccato* znamená, že tóny je třeba hrát krátce, odděleně, aby mezi nimi byla mezera, tedy krátký prázdný interval (Repp a Marcus, 2010).

Rozdělení časového intervalu

Iluze rozděleného času *(„divided time illusion“)* znamená, že časové intervaly rozdělené jednou nebo více událostmi jsou vnímány jako subjektivně delší než nerozdělené intervaly (ten Hoopen, 2008).

Tato iluze by mohla být vysvětlena prostřednictvím Poynterova *modelu změnové segmentace* (1983, viz kapitola č. 3.5.2.2 *Paměťové modely*). Hlavní proměnnou určení časové délky je zde počet segmentací intervalu. Čím více je interval segmentován, tím bude vnímán jako delší.

Repp a Bruttomesso (2009) iluzi aplikují na rytmické sekvence v hudbě. Tvrdí, že rozdělení časového intervalu vede k subjektivní percepci pomalejšího tempa. V rámci svých experimentů s hudebníky i nehudebníky zjistili, že lidé mají tendenci při přehrávání rozdělených rytmických pasáží zrychlovat, tedy kompenzovat subjektivně zpomalené tempo rozděleného úseku. Zároveň provedli analýzu tempa přehrávání dvou variací z Beethovenových sonát z nahrávek slavných pianistů. Zjistili silnou tendenci hrát první z variací, která byla více rozdělena, rychleji než téma, které obsahovalo spíše méně dělených pasáží (viz obrázek č. 7).

Kromě výše zmíněného provedli Repp a Bruttomesso experiment s odhadem, který se soustředil na lokální efekt rozdělení intervalů. Participantům byly přehrávány krátké melodie, které obsahovaly stejně dlouhé tóny o stejné hlasitosti. Tyto tóny byly však v několika případech z celkového počtu melodií posunuty od přesného načasování. Celková délka melodií však zůstala stejná. Některé z těchto melodií obsahovaly méně rozdělené úseky a některé více rozdělené. Participanti měli určit, zda tóny v melodii byly načasovány rovnoměrně či nerovnoměrně. Ukázalo se, že bylo mnohem těžší rozlišit přesné načasování u více rozdělených melodií. Autoři studie tvrdí, že tyto výsledky ukazují, že posluchači mohou odchylky úseků od přesného časování u rozdělených hudebních úseků tolerovat, aniž by byla narušena vnímaná časová stabilita hudební skladby (Repp & Bruttomesso, 2009).

Obrázek 7: Prvních osm taktů tématu a první variace z druhé věty Beethovenovy sonáty c moll, op. 111 (Repp a Bruttomesso, 2009)

8. Využití výzkumu časové percepce v hudbě

8.1 Komerční využití

Hudba je často využívána marketingovými specialisty jako prostředek k ovlivnění zákazníka. Zvláště významné jsou poznatky o efektu hudby na fyziologickou aktivaci jedince (*arousal*), navození určitých emocí a pocitů, popř. myšlenek (prostřednictvím slov hudebních skladeb). Vzhledem k časové percepci byla nejvíce zkoumána dvě témata: efekt hudby na rychlost zákazníků v komerčních prostorech a efekt hudby na časovou percepci (North & Hargreaves, 2011).

Efekt hudby na rychlost chování

Mnohé studie, které se soustředily na rychlost zákazníků při nakupování, se shodly, že rychlejší a hlasitější hudba vedla k většímu fyziologickému *arousalu*, kdežto pomalejší a tišší hudba korespondovala spíše s nižším fyziologickým *arousalem* (North & Hargreaves, 2011). Milliman (1982) ve svém experimentu zjistil, že pomalá hudba vedla k tomu, že zákazníci nakupovali o 15 % pomaleji, než když hrála rychlá hudba, a zároveň z důvodu více času stráveného nakupováním utratili o 33 % více peněz. K podobným výsledkům došli Smith a Curnon (1966), kteří místo rychlosti hudby manipulovali s její hlasitostí. S vyšší hlasitostí hudby zákazníci nakupovali rychleji než s nižší.

Hudba měla vliv nejen na nakupování, ale i na další spotřební chování, konkrétně například na čas strávený v restauracích. Milliman (1986) provedl studii na chování zákazníků v restauracích. Zjistil, že lidé své jídlo jedli pomaleji při pomalé hudbě (průměrně jedli 56 minut), než při rychlé hudbě (průměrně jedli 45 minut). Zároveň také zákazníci v podmínce pomalé hudby strávili v restauraci více času a utratili více peněz za pití.

Výše popsané poznatky by podle Northa a Hargreavese (2011) mohly mít zajímavou implikaci do gastronomického prostředí. Například ve špičce, když jsou všechny stoly plné, by mohlo být výhodné pustit rychlou hudbu, aby zákazníci jedli rychleji a také rychleji uvolňovali stoly pro další potenciální hosty. Mimo špičku, když je zákazníků v podniku málo, by naopak mohlo být výhodné hrát pomalejší hudbu, zákazníky v podniku zdržet déle a nechat je utratit více peněz.

Efekt hudby na časovou percepci

Efekt hudby na vnímání času byl v komerčním prostředí zkoumán ve vztahu k případům, kdy zákazníci museli na něco určitou dobu čekat. Základní otázka těchto studií je, jaký druh hudby by mohl snížit vnímané trvání čekání. Studie, které si tuto otázku položily, vycházely většinou z retrospektivního paradigmatu a paměťových modelů časové

percepce, které jsou založeny na tom, že když se toho stane během časové epizody více, je pak hodnocena jako delší v trvání. Pokud je tedy hudba hlasitá, popřípadě komplexnější, obsahuje více informací, bude tedy hodnocena jako delší v trvání prostřednictvím toho, že se v ní „stalo více“ (Kellaris & Altsech, 1992; North & Hargreaves, 2011).

Tyto výsledky je však obtížné aplikovat do reálného života, neboť studie, které k nim došly, je interpretují pokaždé v rámci odlišných paradigmat. Výše uvedený případ výzkumu efektu komplexní hudby na vnímanou délku čekání může být interpretován v retrospektivním i prospektivním paradigmatu. Pokud zákazník odhaduje délku časové epizody retrospektivně, komplexní hudba bude mít podle paměťových modelů časové percepce efekt nadhodnocení trvání časové epizody. Pokud však přistupujeme k odhadování v rámci prospektivního paradigmatu, komplexní hudba může odvést pozornost od vnímání času a člověk může mít pocit, že čas plyne rychleji. Výsledky těchto studií jsou tedy nekonzistentní (North & Hargreaves, 2011).

8.2 Kompozice

Poznatky z výzkumu časové percepce by mohly být využity také v hudební kompozici. Marijan (2018) uvádí, že skladatelé mohou pracovat s očekáváním posluchače a narušovat jej, či subjektivně prodlužovat hudební fráze tím, že jim neurčí jasné hranice (viz kapitola č. 2).

Phillips (2014) nabízí možnost využití těchto poznatků při kompozici hudby do videoher, ve kterých je úkol herního skladatele napomáhat prostřednictvím správných skladatelských technik navození imerze[4], udržení hráče u videohry co nejdéle a doplňovat herní příběh. Například bojovou scénu, která se zdá, že trvá příliš dlouho, by mohlo být vhodné doprovázet komplexní a dynamickou melodií, která by odvedla pozornost od plynutí času. Naopak úkol ve hře, který by mohl být považován za příliš krátký, by mohlo být vhodné doplnit rychlou skladbou, aby měl hráč pocit, že času uběhlo více. Jak zároveň Phillips poznamenává, nebylo by dobré tyto poznatky brát dogmaticky, spíše je na místě experimentovat a nechat se výzkumy na poli časové percepce v hudbě inspirovat.

8.3 Výzkum časové percepce

Výzkum časové percepce v hudbě by mohl posloužit výzkumu časové percepce jako takovému. Podle Jones (2014) je důležité se ve výzkumu časové percepce zaměřit spíše na

[4] Imerze odkazuje na hráčovo zaujetí hrou. Phillips (2014, s. 37): *„To define immersion in its most literal sense is to talk about being dunked in water until we are completely below the surface, lost in that muffled world, with little bubbles rising all around us.“*

dynamické vztahy uvnitř událostí než na distinktivní rekurentní časové intervaly. Čas vstupuje jak do produkce, tak do percepce hudebních událostí. Hudba je tak jednou z každodenních událostí, jejíž propracovaná struktura a hierarchické vztahy mohou nabídnout poodhalení, jakým způsobem by mohlo fungovat vnímání času v jiných událostech našeho života.

EMPIRICKÁ ČÁST

1. Teoretická východiska výzkumu

Experiment v rámci diplomové práce vychází z návrhu výzkumu v bakalářské práci Hudba a percepce času (Becková, 2017), i když byl v určitých bodech mírně pozměněn. Experiment se snaží postihnout větší množství jevů, které se v souvislosti s hudbou a časovou percepcí objevují. Měl by posloužit jako podklad k návazným studiím v této oblasti, čímž by mohl přispět k porozumění časování v hudbě, poodhalit, zda je odlišné od běžného vnímání času, či zda podléhá podobným mechanismům.

V experimentu se soustředím na výzkum percepce časových intervalů u krátkých zvukových stimulů v rozmezí několika sekund s využitím metody reprodukce. Konkrétně se zaměřuji na *iluzi plného a prázdného intervalu*, *iluzi rozděleného času* a vliv výšky tónu na vnímání délky intervalu. Přidávám také možnou souvislost přesnosti v časových odhadech a hudebními schopnostmi. Cílem experimentu je tyto jevy aplikovat na krátké zvukové stimuly.

Podrobněji jsou zkoumané jevy rozpracovány v kapitole č. 7 teoretické části – *Konkrétní hudební charakteristiky a časová percepce*, nyní je stručně charakterizuji.

1.1 Iluze plného intervalu

Iluze plného intervalu (*Filled Duration Illusion*) znamená, že lidé subjektivně nadhodnocují trvání časových intervalů, které jsou tzv. plné, tedy vyplněné dlouhým tónem, či několika tóny, oproti trvání tzv. prázdných intervalů, které jsou ohraničené pouze dvěma krátkými tóny na začátku a na konci (Thomas & Brown, 1974; Wearden et al., 2007).

Repp a Marcus (2010) se ve svém výzkumu zaměřili na hodnocení délky pravidelných tónů v *legatu* (tóny se hrají vázaně) a *staccatu* (tóny se hrají odděleně). Zkoumali, zda tóny v *legatu*, které jsou v krátkých časových úsecích složeny z plných intervalů, budou hodnoceny jako pomalejší v tempu než tóny ve *staccatu*, které jsou složeny v krátkých úsecích z prázdných intervalů. To se jim však nepotvrdilo. Z toho usoudili, že iluze plného intervalu (autoři ji nazývají *sustained sound illusion – iluze kontinuálního tónu,* dále jen SSI) se v rytmických kontextech neobjevuje.

1.2 Iluze rozděleného času

V souvislosti s předchozí iluzí se objevuje také *Iluze rozděleného času (Divided Time Illusion,* dále jen DTI), která spočívá v nadhodnocování časových intervalů, během kterých proběhlo více změn, popř. obsahují více segmentací (Repp & Bruttomesso, 2009).

1.3 Tónová výška

Tóny s vyšší frekvencí bývají hodnoceny jako delší než tóny s nižší frekvencí (Dawson et al., 2017; Brigner, 1988). Tento jev by mohl zapříčinit odlišné vnímání délky trvání jednotlivých tónů v melodii.

1.4 Hudební zkušenosti

V produkci hudby hudebníci často spoléhají na velice přesnou kontrolu časového průběhu skladby. Tuto přesnou kontrolu získávají s narůstající expertízou a zkušenostmi. Například při srovnání amatérských bubeníků s profesionály lze vidět rozdíl v časové pravidelnosti a načasování jednotlivých dob (Rammsayer & Altenmüller, 2002). V úlohách ťukání do rytmu metronomu se ukazuje, že lidé s hudebními zkušenostmi vykazují průměrně méně asynchronních „ťuknutí" (Aschersleben, 2002; Grondin & Killeen, 2009). Lepší (ve smyslu přesnější) výkon hudebníků se ukázal i v úlohách na rozlišení dvou tónů (práh fúze), percepci rytmu, v časové diskriminaci velmi krátkých plných a prázdných intervalů (v řádu milisekund) a plných intervalů v řádu sekund. Rozdíly mezi hudebníky a nehudebníky se však neukázaly v úlohách na časovou generalizaci (Rammsayer & Altenmüller, 2002).

Přesnější výkon hudebníků v časových úlohách se ukázal nejen při použití sluchových, ale i vizuálních stimulů (Rammsayer, Buttkus & Altenmüller, 2012). Podobné výsledky se ukázaly ve výzkumech s metodou časové reprodukce (Aagten-Murphy, Cappagli & Burr, 2014).

1.5 Výzkumná otázka

Cílem experimentu je ověřit výše zmíněné poznatky v oblasti časové percepce v různých podmínkách akustického prostředí, které by se podobalo hudebnímu kontextu. Za tyto podmínky jsem zvolila intervaly v délce od 2 do 3 s, což odpovídá délce jednoho čtyřdobého taktu při středně rychlém tempu hudby, jedná se zhruba o oblast středního tempa.[5] Dále čtyři různé typy akustického podnětu – prázdný interval, plný interval, pravidelné rytmické tóny ve *staccatu* (oddělené tóny) a pravidelné rytmické tóny v *legatu* (vázané tóny) a dvě podmínky tónové výšky. Z těchto jednotlivých délek a typů intervalů by pak následně byly složeny delší hudební útvary v návazné studii.

Předpokládám, že plné intervaly budou hodnoceny jako subjektivně delší než prázdné intervaly, i když budou objektivně stejně dlouhé, mělo by tedy dojít k iluzi plného

[5] BPM pro takt dlouhý 2 s je 120 (*animato/animando con moto* – oživeně, hybně), 2.5 s je 96 (*moderato-allegretto* – mírně, poněkud vesele), 2.75 s je 87 (*moderato* – mírně), 3 s je 80 (*comodo* – pohodlně).

intervalu neboli iluzi kontinuálního tónu (SSI). Dále předpokládám, že intervaly vyplněné pravidelnými rytmickými tóny v *legatu* či ve *staccatu* budou hodnoceny jako delší než plné a prázdné intervaly, což by odpovídalo iluzi rozděleného času (DTI). Intervaly v *legatu* a ve *staccatu* zařazuji z toho důvodu, že intervaly v *legatu* jsou v podstatě složeny z plných intervalů, kdežto ty ve *staccatu* jsou složeny z prázdných. Je tedy otázkou, zda se i mezi těmito dvěma typy intervalů ukáže SSI a intervaly v *legatu* budou nadhodnoceny. Zařazením těchto intervalů se pokouším ověřit výsledek experimentu Reppa a Marcuse z roku 2010, který naznačuje, že v rytmických sekvencích k SSI nedochází.

Dále předpokládám, že v podmínkách vyšší tónové výšky budou intervaly hodnoceny jako delší než v nižší. Pokud by tomu tak skutečně bylo, bylo by třeba v návazných studiích, které by se zaměřily např. na časovou percepci melodií, určitým způsobem kontrolovat proměnnou výšky tónu.

Jelikož je zařazen i dotazník na zjišťování hudebních schopností a zkušeností participantů, očekávám, že lidé s vyšším skóre v jednotlivých subškálách dotazníku budou v časových odhadech přesnější.

2. Výzkumná metoda

Participanti v experimentu hodnotili délku různě dlouhých časových intervalů, které byly vyplněny několika typy akustických stimulů. Experiment probíhal v prospektivním paradigmatu, participanti byli dopředu srozuměni o tom, že budou odhadovat délku časových intervalů.

2.1 Průběh experimentu

Každý participant se měl účastnit dvou měření vzdálených od sebe minimálně dva týdny (maximálně čtyři), aby byla sledována stabilita zkoumaných jevů. Polovina participantů absolvovala při prvním měření první verzi experimentu a při druhém druhou, druhá polovina dostala nejprve druhou verzi a při druhém měření první (metoda vyvažování ABBA). Verze se od sebe lišily pouze výškou tónu.

Sběr dat probíhal v místnosti, kde byl kromě participanta přítomen i experimentátor, aby byly zajištěny co možná nejméně rušivé podmínky.

Participant byl po přečtení a podepsání informovaného souhlasu usazen před notebook (ASUS Model UX21E). Nejprve mu experimentátor přečetl instrukce k experimentu (viz Příloha č. 4). Poté mu byla nasazena sluchátka (AKG K72) a spuštěn experiment vytvořený prostřednictvím programu PsychoPy3. Zde byly nejprve stručně zopakovány instrukce k experimentu, následoval zácvik, který se skládal ze dvou částí.

V první části zácviku dostal participant informaci před každým spuštěním podnětu, o jaký typ stimulu se bude v následující nahrávce jednat: *„Nyní bude přehráván: jeden dlouhý tón/prázdný interval/krátký přerušovaný tón/dlouhý přerušovaný tón“*. Tento způsob jsem zvolila především proto, aby se participanti seznámili s podobou prázdného intervalu, aby byli v dalších fázích experimentu připraveni odhadovat délku trvání prázdného intervalu určeného dvěma „krajními“ tóny, nikoliv pouze tóny samotné.

Ve druhé části již tato instrukce nebyla přítomna, čímž se druhá část zácviku shodovala s podobou experimentální části. První část zácviku se skládala z 8 opakování, druhá část ze 4. Celkem se v zácviku hodnotila délka 12 nahrávek. Pro první část zácviku byly vybrány délky 2 a 2.75 s ve všech typech podnětů (celkem 8 nahrávek). Ve druhé části zácviku se jednalo již jen o délku 2.75 s ve všech typech podnětů (celkem 4 nahrávky).

Následovala vlastní experimentální část. Stimuly byly zařazeny do bloků po 16 tak, aby se v každém bloku každý stimul zopakoval čtyřikrát. Zařazení stimulů do bloků se generovalo náhodně blok od bloku (nebylo totožné pro jednotlivé participanty, ani při

opakování experimentu ve druhém měření). Bloky byly celkem čtyři. Mezi jednotlivými bloky si participant mohl udělat krátkou pauzu, ke které byl vyzván na obrazovce.

Během nahrávky participant viděl pouze černou obrazovku, poté se zobrazil bílý otazník, což byla výzva k začátku časového odhadu, který byl prováděn prostřednictvím **metody reprodukce**. Participant měl za úkol držet klávesu na klávesnici (mezerník) tak dlouho, jak si myslel, že trvala vyslechnutá nahrávka. Časový odhad byl zaznamenáván od chvíle, kdy participant mezerník stiskl, do chvíle, kdy jej pustil. Následně měl za úkol stisknout šipku doprava na klávesnici, čímž spustil další nahrávku.

Participanti dostali výslovnou instrukci, aby si v duchu nepočítali trvání zvukových nahrávek. Dále se nemohli vracet ke svým předchozím odpovědím a zároveň nedostávali zpětnou vazbu o přesnosti svých odhadů.

Experiment i se zácvikem trval celkem 15-20 minut.

2.2 Konstrukce stimulů

Časové délky byly vybrány s ohledem na délku trvání jednoho čtyřdobého taktu při různém tempu hudby – 2, 2.5, 2.75 a 3 s[6]. Intervaly byly tvořeny čtyřmi typy akustických podnětů: kontinuálním tónem (plný interval), pravidelnými rytmickými tóny vázanými (*legato*), pravidelnými rytmickými tóny přerušovanými (*staccato*) a tichem (prázdný interval s krátkým tónem pouze na začátku a na konci intervalu). Všechny stimuly byly vytvořeny ve dvou tónových výškách, a to 261,63 a 523,25 Hz (jedná se o frekvence jednočárkovaného a dvoučárkovaného C). Pro názornou ukázku je na obrázcích č. 8 až 11 uveden notový zápis použitých stimulů v podmínce dvoučárkovaného C.

Obrázek 8: Prázdný interval ohraničený krátkým tónem na začátku a na konci (podmínka jednočárkovaného C – verze 1)

[6] Pro návrh první části tohoto experimentu posloužil Thomasův a Brownův experiment z roku 1974, který byl zaměřen na časovou percepci plných a prázdných intervalů. V tomto výzkumu byly použity časové délky kolem 1 s (750, 1000, 1500 a 1750 ms) a 5 s (4500, 5000, 5300 a 5500 ms). Tyto délky však nebyly vhodné pro napodobení hudebního kontextu, neboť délky kolem 1 s byly příliš rychlé a délky kolem 5 s příliš pomalé v tempu (Becková, 2017).

Obrázek 9: Plný interval tvořený kontinuálním tónem (jednočárkované C – verze 1)

Obrázek 10: Pravidelné rytmické tóny v legatu (jednočárkované C – verze 1)

Obrázek 11: Pravidelné rytmické tóny ve staccatu (jednočárkované C – verze 1)

Stimuly byly vytvořeny v notačním programu Sibelius 8. Použit byl zvuk „Organ“. Dále byly stimuly doupraveny v programu Audacity. Do každého stimulu byla zakomponována konstantní pauza 1,1 s po skončení zvuku ve stimulu. Časová prodleva do zobrazení bílého otazníku byla tedy po každém stimulu totožná. Dále byla vymazána ozvěna po každém tónu tak, aby mezi tóny zaznělo skutečně ticho, tam kde mělo zaznít (případ prázdného intervalu a *staccata*), a aby tóny začínaly a končily přesně.

Stimuly byly participantům prezentovány ve sluchátkách do obou uší najednou.

Kód experimentu napsaný v PsychoPy3 a stimuly použité v experimentu jsou dostupné na https://osf.io/s6q53/.

2.3 Participanti

Sběr dat probíhal od začátku srpna do začátku listopadu 2020. Participanti byli kontaktováni a pozváni na experiment emailem prostřednictvím databáze laboratoře PLESS. Pozvaní participanti se sami přihlašovali na první měření prostřednictvím platformy ORSEE. Na druhé měření byli pozváni pouze účastníci, kteří se zúčastnili prvního měření, a to dva týdny po první účasti. Přihlašování na druhé měření probíhalo obdobně. Pokud participantovi nevyhovoval vypsaný termín v platformě ORSEE, byl s ním dohodnut individuální termín skrze emailovou komunikaci.

V pozvánce na experiment byly uvedené minimální požadavky, které participanti museli splnit, aby se zúčastnili experimentu. Tyto požadavky byly: věkové omezení od 18 do 35 let, mateřský jazyk čeština a slovenština a absence závažného neurologického onemocnění či mozkového poranění.

Věkové omezení bylo uvedeno z důvodu možného vlivu narůstajícího věku na časové odhady (Wittmann & Lehnhoff, 2005). Experiment a dotazník byly v češtině. Přesto však přišly tři participantky, které věkový limit nesplnily (17, 36 a 55 let).

Participantky (ID 2, 21 a 55), které nesplnily věkový limit, se experimentu zúčastnily i přes tuto skutečnost. Průměry jejich odpovědí se nelišily od dat od ostatních respondentů, byly tak zařazeny do analýz.

Velmi se lišily odpovědi participantky s ID 9. Při exploraci dat se ukázalo, že více než 2/3 jejích časových odhadů tvořily odlehlé hodnoty (odhady kolem 8 sekund). Není tedy jisté, zda participantka instrukce k experimentu pochopila správně, z dalších analýz byla tak její data vyloučena.

2.4 Etika ve výzkumu

Participanti si před účastí na experimentu přečetli informovaný souhlas a podepsali, že se experimentu účastní zcela dobrovolně a mohou kdykoli jeho průběh ukončit. Byli v něm informováni o tom, že jim během experimentu nehrozí újma větší než při běžné práci na počítači. Každý participant vystupoval v experimentu pod přiděleným číselným kódem (ID). Spojení konkrétních participantů s jednotlivými kódy měla k dispozici pouze autorka práce pro účely kontaktování participantů při obtížích domluvit vhodný termín druhého měření. Participanti dostali za svou účast na experimentu finanční odměnu ve výši 400 korun vyplácenou po účasti na druhém měření.

Experiment byl schválen etickou komisí pro výzkum FF UK dne 22. 6. 2020.

2.5 Dotazník Gold-MSI

Po skončení experimentu na počítači participanti ještě vyplnili dotazník hudebnosti Gold-MSI, který byl pro lepší administrativu převeden do elektronické podoby prostřednictvím Google Formulářů.

Dotazník Gold-MSI (*Goldsmiths Musical Sophistication Index*) je sebeposuzovací dotazník na zjišťování hudebních schopností, expertízy, úspěchů a dalšího chování vztaženého k hudbě u obecné populace.

Dotazník sestává z pěti subškál a jedné celkové škály **Všeobecné hudebnosti** (*General Sophistication*). Tyto subškály jsou: **Aktivní zájem** (*Active Engagement*),

Percepční schopnosti (*Perceptual Abilites*), **Hudební průprava** (*Musical Training*), **Pěvecké dovednosti** (*Singing Abilites*) a **Emoce** (*Emotions*). Cronbachovo alfa pro jednotlivé subškály bylo v rozmezí od .791 do .903, pro škálu všeobecné hudebnosti bylo .926, N = 147 633 (Müllensiefen, Gingras, Musil & Stewart, 2014).

Výsledky dotazníku byly ve studii autorů asociovány s výkonem ve dvou poslechových testech – jedním zaměřeným na paměť na melodie, druhým na percepci přesnosti načasování dob. Ukázalo se, že nejvyšší korelaci s výkonem v paměťovém testu měly subškály Percepční dovednosti (r=.407), Hudební průprava (r=.521) a škála Všeobecné hudebnosti (r=.511). S výkonem v testu percepce načasování dob korelovala nejvíce škála Všeobecné hudebnosti (r=.379) (Müllensiefen et al., 2014).

Dotazník obsahuje celkem 38 položek, které se vyhodnocují v rámci subškál, 1 položku na hudební nástroj, 8 demografických (vzdělání, současná pracovní pozice, preferovaný hudební žánr, věk, pohlaví, nejvyšší očekávané dosažené vzdělání, národnost, země původu) a kontaktní údaje. Položky č. 9, 11, 13, 14, 17, 21, 23, 25 a 27 jsou reverzní. Položky č. 32 až 38 je před vyhodnocením potřeba převést na číselnou škálu 1-7 (Kuncířová, 2016).

Dotazník Gold-MSI byl v roce 2016 přeložen do češtiny a adaptován v diplomové práci Mgr. J. Marčekové (roz. Kuncířové; Kuncířová, 2016). Pro účely představovaného výzkumu byl tedy použit se svolením autorky tento překlad dotazníku i jednotlivých subškál. Přeložený dotazník byl převzat v celé své úplnosti, pouze z demografické údajů na konci dotazníku jsem se rozhodla vypustit otázky: *„Jaký hudební žánr posloucháte nejvíce?“, „Pokud ještě studujete, jaké největší vzdělání předpokládáte, že dosáhnete?“*, *„Země, ve které jste strávili podstatnou část svého dětství“*, *„Země, v které nyní žijete“*, neboť se nejedná o relevantní otázky pro realizovaný výzkum a otázky: *„Jméno“* a *„Email“*, aby byla zachována anonymita participantů, kteří dotazník vyplňovali pouze pod přiděleným číslem ID. Použité otázky z dotazníku Gold-MSI ve výzkumu lze najít v Příloze č.1.

Na konci dotazníku hudebnosti Gold-MSI participanti vyplnili demografické údaje: nejvyšší dosažené vzdělání a aktuální zaměstnání.

2.6 Použitý software

Pro statistickou analýzu byly použity softwary R (R Core Team, 2014) a Jamovi (The Jamovi Project, 2020).

3. Výzkumné hypotézy

1. Plné intervaly jsou hodnoceny jako subjektivně delší v trvání než prázdné intervaly stejné objektivní délky.

2. Intervaly vyplněné pravidelnými tóny v *legatu* a ve *staccatu* jsou hodnoceny jako subjektivně delší než plné a prázdné intervaly stejné objektivní délky.

3. Intervaly vyplněné tóny v *legatu* jsou hodnoceny jako subjektivně delší než intervaly s tóny ve *staccatu* stejné objektivní délky.

4. Časové odhady ve verzi experimentu s vyšší tónovou výškou jsou hodnoceny jako subjektivně delší než ve verzi s nižší tónovou výškou.

5. Přesnost v časových odhadech koreluje s výsledky v testu hudebnosti Gold-MSI.

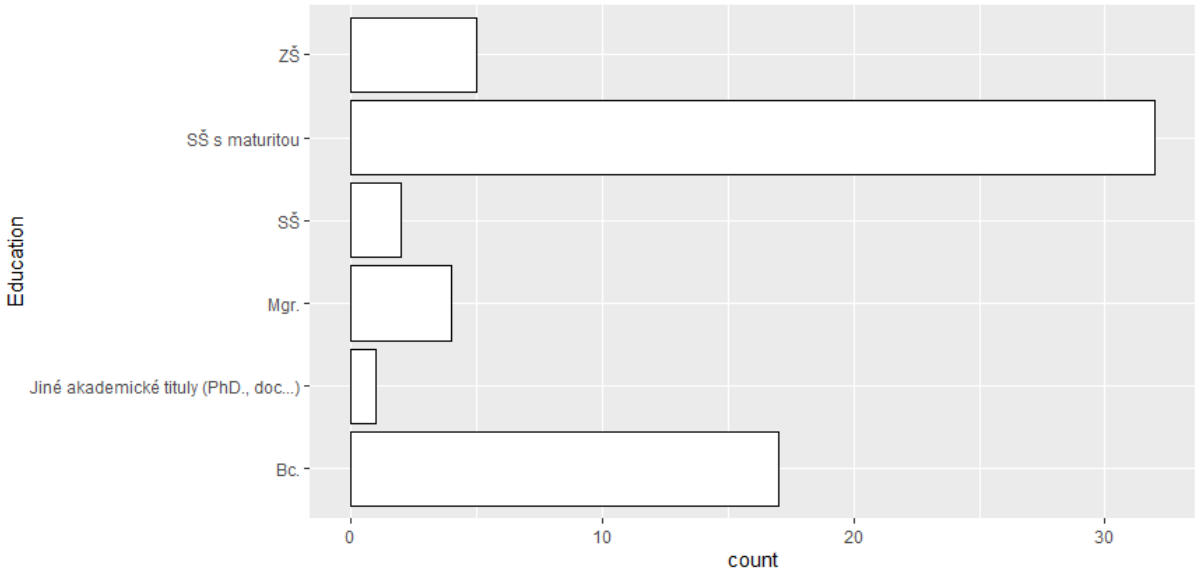
4. Výsledky

4.1 Demografické údaje – Deskriptivní statistika

Prvního měření se zúčastnilo celkem 62 participantů, z toho 19 mužů a 43 žen. Věk participantů se pohyboval v rozmezí od 17 do 55 let (M=23,7, SD=5,98). Věk mužů byl v rozmezí 19 až 34 let (M=24,7, SD=4,48), věk žen v rozmezí 17 až 55 let (M=23,3, SD=6,53).

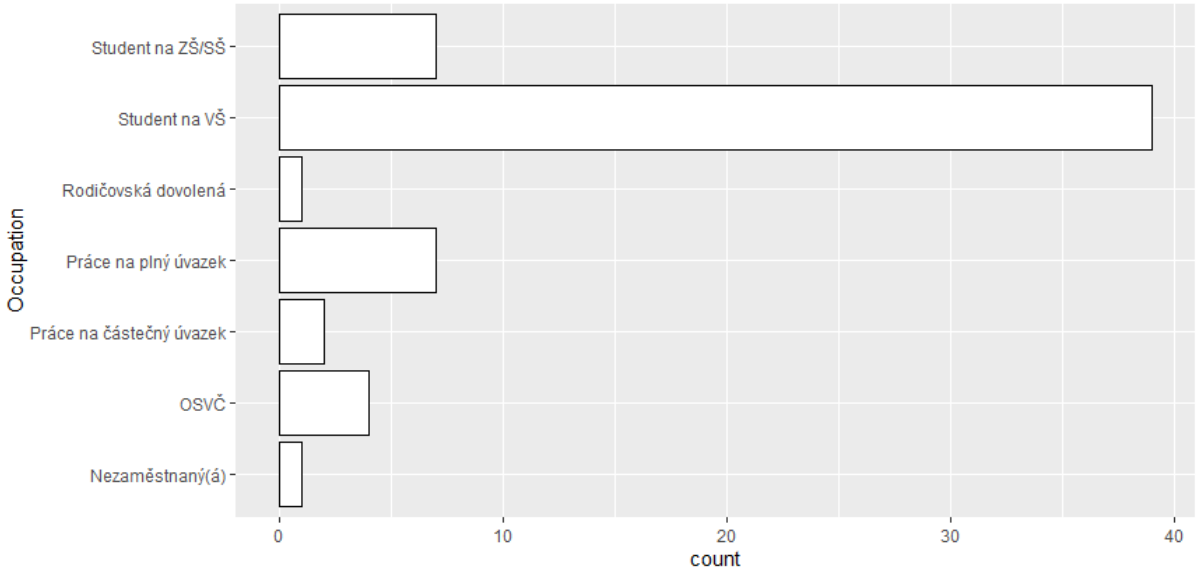
Druhého měření se zúčastnilo celkem 60 participantů, z toho 19 mužů a 41 žen. Věk participantů se pohyboval v rozmezí od 17 do 55 let (M=23,8, SD=6,05). Věk mužů byl v rozmezí 19 až 34 let (M=24,7, SD=4,48), věk žen v rozmezí 17 až 55 let (M=23,3, SD=6,65).

Nejvyšší dosažené vzdělání participantů bylo (ve formě vzdělání a v závorce počet participantů, kteří jej uvedli): ZŠ (5), SŠ (2), SŠ s maturitou (32), Bc. (17), Mgr. (4), Jiné akademické tituly (1).



Graf 1: Nejvyšší dosažené vzdělání participantů (N=61)

Aktuální zaměstnání participantů bylo (ve formě zaměstnání a v závorce počet participantů, kteří jej uvedli): Student na VŠ (39), Student na ZŠ/SŠ (7), OSVČ (4), Práce na plný úvazek (7), Práce na částečný úvazek (2), Nezaměstnaný/á (1), Rodičovská dovolená (1).



Graf 2: Aktuální zaměstnání participantů (N=61)

4.2 Časový experiment – Deskriptivní statistika

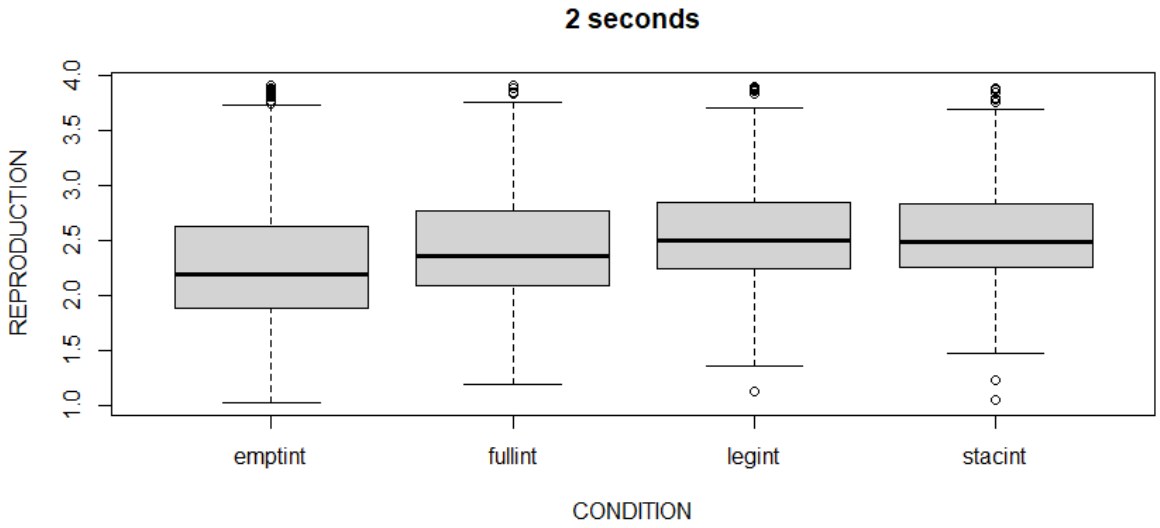
4.2.1 Vyřazení odlehlých hodnot

Nejprve byly z dat vyřazeny odlehlé hodnoty. To bylo provedeno na základě krabicových grafů jednotlivých délek intervalu. Vyloučeny byly hodnoty pod Q1 – 1.5*IQR a nad Q3 + 1.5*IQR[7]. Celkem bylo vyřazeno 341 hodnot z celkového počtu 7808 jednotlivých měření.

4.2.2 Jednotlivé typy intervalů

Poté byly vytvořeny krabicové grafy a provedena deskriptivní analýza jednotlivých typů intervalů pro každou délku, tedy prázdný interval (v grafech jako *„emptint“*), plný interval (*„fullint“*), tóny v *legatu* (*„legint“*) a tóny ve *staccatu* (*„stacint“*) pro 2, 2.5, 2.75 a 3 sekundy.

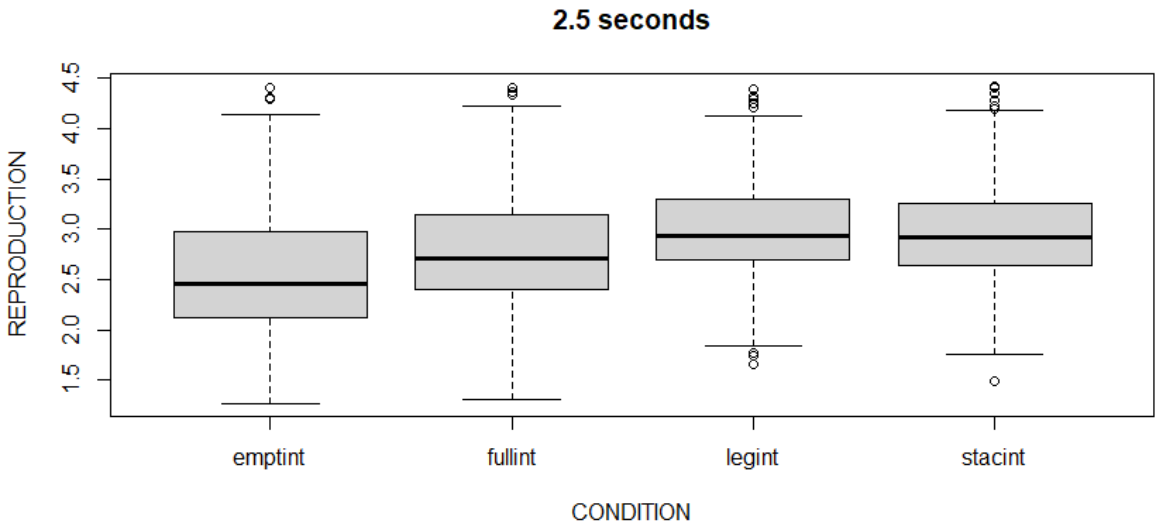
[7] Q1 = dolní kvartil, Q3 = horní kvartil, IQR = interkvartilové rozpětí.



Graf 3: Délka reprodukce pro interval 2 sekundy pro jednotlivé typy intervalů (emptint = prázdný interval, fullint = plný interval, legint = přerušované tóny v legatu, stacint = přerušované tóny ve staccatu), N=1862.

X2s	Min	FirstQ	Median	Mean	ThirdQ	Max	SD	IQR
emptint	1.028	1.876	2.185	2.276	2.619	3.904	0.595	0.743
fullint	1.193	2.086	2.356	2.446	2.764	3.904	0.532	0.679
legint	1.124	2.237	2.495	2.577	2.843	3.888	0.467	0.606
stacint	1.044	2.247	2.486	2.544	2.827	3.877	0.455	0.579

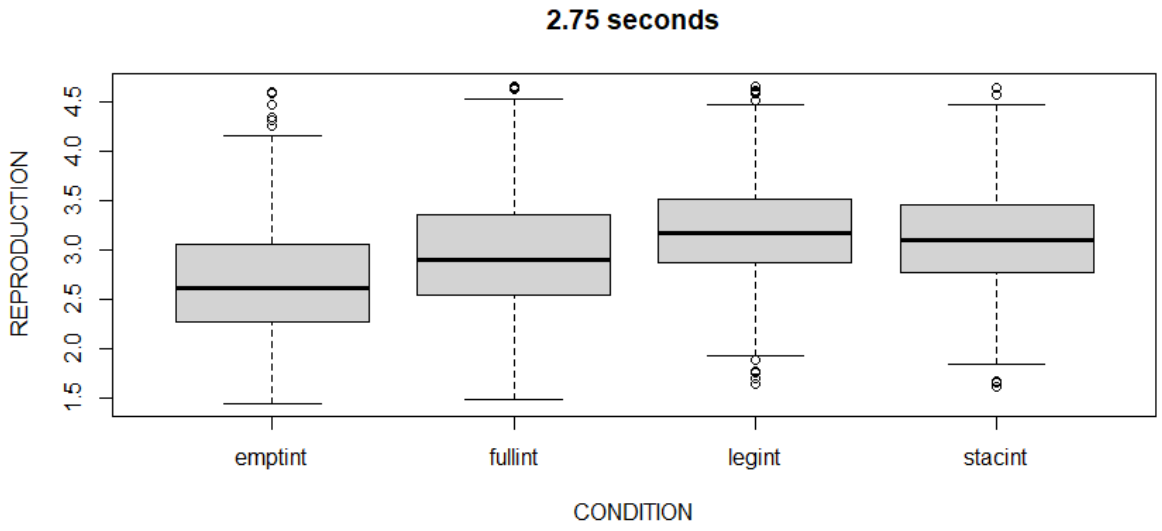
Tabulka 1: Deskriptivní statistika reprodukce (v sekundách) pro jednotlivé typy intervalu v délce intervalu 2 sekundy – minimum, FirstQ = Q1, median, mean = průměr, ThirdQ = Q3, maximum, směrodatná odchylka a IQR



Graf 4: Délka reprodukce pro interval 2.5 sekundy pro jednotlivé typy intervalů (emptint = prázdný interval, fullint = plný interval, legint = přerušované tóny v legatu, stacint = přerušovane tóny ve staccatu), N=1873

X2.5s	Min	FirstQ	Median	Mean	ThirdQ	Max	SD	IQR
emptint	1.272	2.120	2.454	2.562	2.972	4.403	0.631	0.852
fullint	1.315	2.396	2.704	2.790	3.143	4.403	0.558	0.747
legint	1.655	2.692	2.936	3.003	3.294	4.397	0.454	0.602
stacint	1.485	2.638	2.925	2.971	3.257	4.417	0.496	0.619

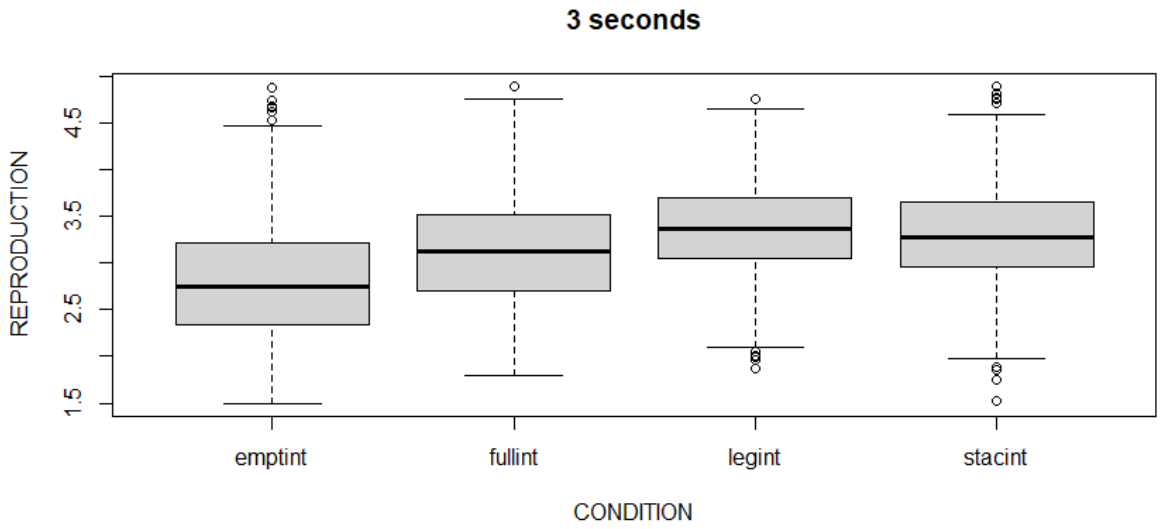
Tabulka 2: Deskriptivní statistika reprodukce (v sekundách) pro jednotlivé typy intervalu v délce intervalu 2.5 sekundy – minimum, FirstQ = Q1, median, mean = průměr, ThirdQ = Q3, maximum, směrodatná odchylka a IQR



Graf 5: Délka reprodukce pro interval 2.75 sekund pro jednotlivé typy intervalů (emptint = prázdný interval, fullint = plný interval, legint = přerušované tóny v legatu, stacint = přerušované tóny ve staccatu), N=1864

X2.75s	Min	FirstQ	Median	Mean	ThirdQ	Max	SD	IQR
emptint	1.452	2.272	2.610	2.687	3.055	4.605	0.601	0.784
fullint	1.489	2.551	2.902	2.984	3.362	4.652	0.608	0.811
legint	1.649	2.873	3.179	3.198	3.520	4.649	0.499	0.647
stacint	1.618	2.769	3.102	3.132	3.454	4.640	0.512	0.685

Tabulka 3: Deskriptivní statistika reprodukce (v sekundách) pro jednotlivé typy intervalu v délce intervalu 2.75 sekundy – minimum, FirstQ = Q1, median, mean = průměr, ThirdQ = Q3, maximum, směrodatná odchylka a IQR



Graf 6: Délka reprodukce pro interval 3 sekundy pro jednotlivé typy intervalů (emptint = prázdný interval, fullint = plný interval, legint = přerušované tóny v legatu, stacint = přerušované tóny ve staccatu), N=1868

X3s	Min	FirstQ	Median	Mean	ThirdQ	Max	SD	IQR
emptint	1.500	2.343	2.753	2.811	3.210	4.874	0.648	0.866
fullint	1.802	2.697	3.120	3.151	3.524	4.888	0.603	0.827
legint	1.877	3.043	3.373	3.383	3.702	4.762	0.507	0.659
stacint	1.522	2.966	3.283	3.323	3.659	4.884	0.541	0.692

Tabulka 4: Deskriptivní statistika reprodukce (v sekundách) pro jednotlivé typy intervalu v délce intervalu 3 sekundy – minimum, FirstQ = Q1, median, mean = průměr, ThirdQ = Q3, maximum, směrodatná odchylka a IQR

Deskriptivní analýza naznačuje rozdílné hodnoty v průměrných délkách reprodukce u jednotlivých délek a typů intervalů (grafy č. 3-6, tabulky č. 1-4). Jako nejkratší ve všech délkách intervalů se zdál být hodnocen prázdný interval (*emptint*), poté následoval plný interval (*fullint*). Tóny v *legatu* a *staccatu* se zdají být hodnoceny jako nejdelší (*legint* a *stacint*).

Dále byl pro všechny délky jednotlivých typů intervalu spočítán koeficient variace, směrodatná odchylka a poměr průměrně reprodukované délky a zadané délky intervalu (*ratio)*. To bylo provedeno pro jednotlivé verze tónové výšky zvlášť (tabulka č. 5 a 6).

CONDITION	2 s	2.5 s	2.75 s	3 s
mean_empt	2.238 (0.577; 0.258)	2.518 (0.609; 0.242)	2.676 (0.599; 0.224)	2.818 (0.666; 0.236)
mean_full	2.394 (0.516; 0.216)	2.758 (0.561; 0.203)	2.962 (0.614; 0.207)	3.117 (0.617; 0.198)
mean_leg	2.529 (0.462; 0.183)	2.977 (0.461; 0.155)	3.144 (0.523; 0.166)	3.368 (0.489; 0.145)
mean_stac	2.493 (0.432; 0.173)	2.923 (0.492; 0.168)	3.091 (0.503; 0.163)	3.29 (0.534; 0.162)
ratio_empt	1.119	1.007	0.973	0.939
ratio_full	1.197	1.103	1.077	1.039
ratio_leg	1.264	1.191	1.143	1.123
ratio_stac	1.246	1.169	1.124	1.097

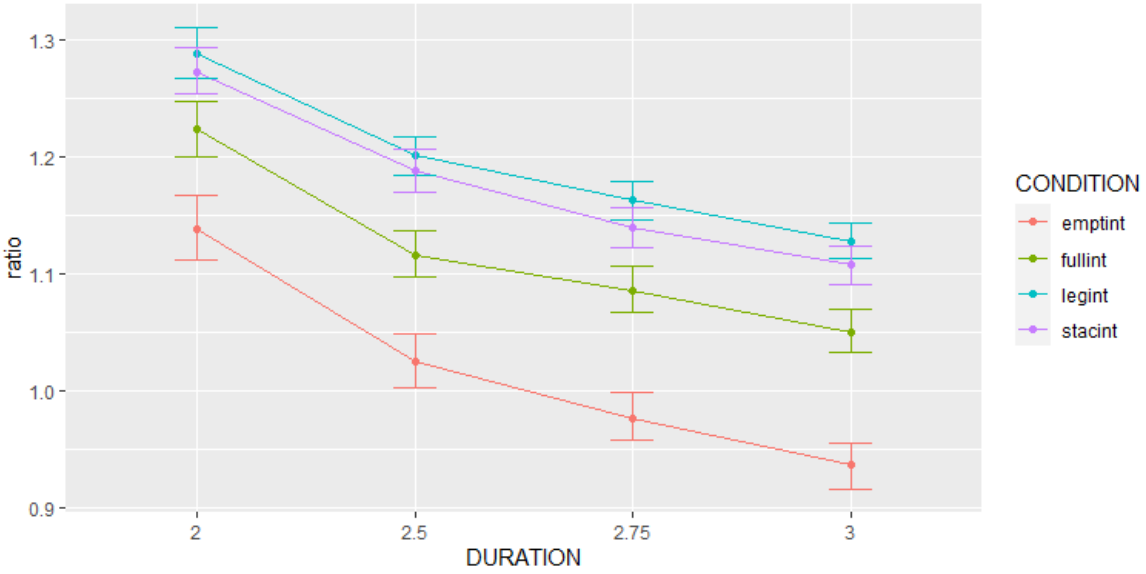
Tabulka 5: Průměrná délka reprodukce mean (SD, CV) v sekundách pro jednotlivé délky intervalu a ratio (empt = prázdný interval, full = plný interval, leg = přerušované tóny v legatu, stac = přerušované tóny ve staccatu) pro verzi 1

CONDITION	2 s	2.5 s	2.75 s	3 s
mean_empt	2.2311 (0.609; 0.264)	2.605 (0.649; 0.249)	2.697 (0.603; 0.244)	2.804 (0.632; 0.225)
mean_full	2.496 (0.544; 0.218)	2.82 (0.554; 0.196)	3.006 (0.603; 0.201)	3.174 (0.588; 0.185)
mean_leg	2.624 (0.469; 0.179)	3.029 (0.446; 0.147)	3.252 (0.468; 0.144)	3.397 (0.523; 0.154)
mean_stac	2.594 (0.472; 0.182)	3.017 (0.497; 0.165)	3.17 (0.519; 0.164)	3.355 (0.546; 0.163)
ratio_empt	1.156	1.042	0.981	0.935
ratio_full	1.248	1.128	1.093	1.061
ratio_leg	1.312	1.212	1.183	1.132
ratio_stac	1.297	1.207	1.153	1.118

Tabulka 6: Průměrná délka reprodukce mean (SD, CV) v sekundách pro jednotlivé délky intervalu a ratio (empt = prázdný interval, full = plný interval, leg = přerušované tóny v legatu, stac = přerušované tóny ve staccatu) pro verzi 2

Hodnoty v tabulkách 5 a 6 by mohly naznačovat rozdíl v průměrné reprodukci mezi verzemi 1 a 2 tónové výšky.

Poměr průměrně reprodukované délky a zadané délky intervalu (*ratio*) ukazuje, nakolik byl daný typ intervalu nadhodnocován či podhodnocován. Pokud je jeho hodnota větší než 1, byl nadhodnocován, pokud je menší než 1, byl podhodnocován. Se vzrůstající délkou intervalu tento poměr klesal, participanti tedy kratší intervaly v rozsahu spíše více průměrně nadhodnocovali (tabulky č. 5-6, graf č. 7).

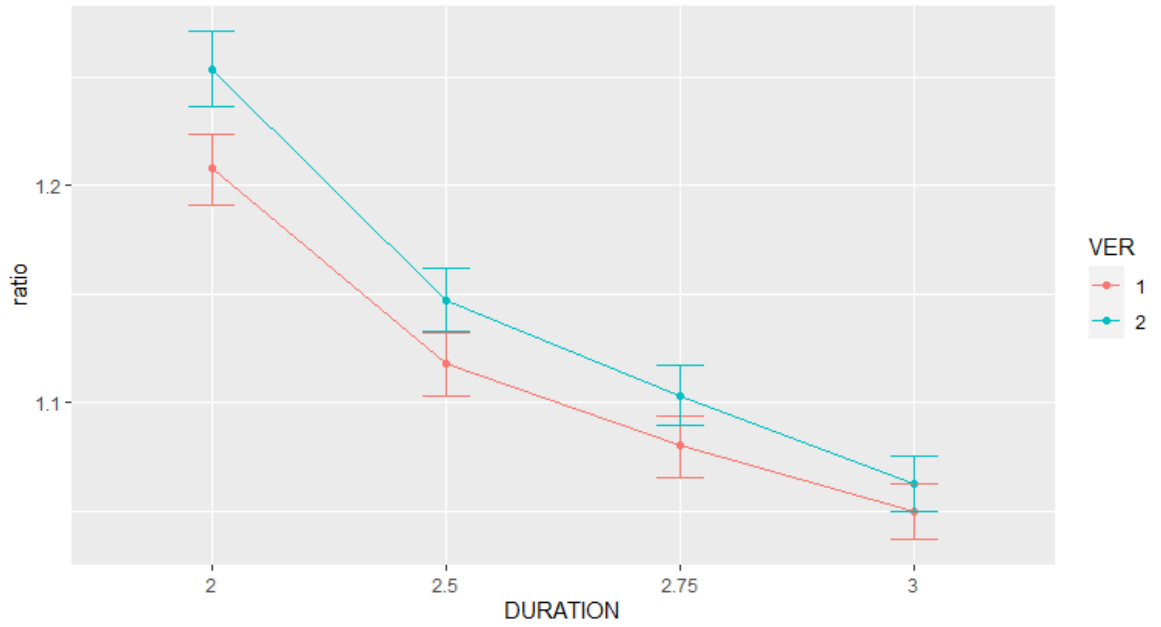


Graf 7: Ratio pro jednotlivé délky (2, 2.5, 2.75 a 3 s) a typy intervalů (emptint = prázdný interval, fullint = plný interval, legint = tóny v legatu, stacint = tóny ve staccatu) pro verze 1 a 2 tónové výšky dohromady

Rozdíly lze vidět i u jednotlivých typů intervalů (graf č. 7). Nejnižší *ratio* měl prázdný interval, který byl ve 2 sekundách nadhodnocován, ve 2.5 sekundách mírně nadhodnocován a v 2.75 a 3 sekundách byl již podhodnocován. Ostatní typy intervalů byly vždy nadhodnocovány, se vzrůstající délkou však zároveň míra jejich nadhodnocování klesala. Za prázdným intervalem následoval plný interval, pak tóny ve *staccatu* a *legatu*, přičemž pro tóny v *legatu* bylo *ratio* nejvyšší.

Výsledky v tabulkách č. 5 a 6 a grafu č. 8 by mohly naznačovat i mírný rozdíl mezi verzemi. Verze 2 měla vyšší hodnoty *ratia* než verze 1. Vyšší tóny tedy byly spíše více nadhodnocovány oproti tónům nižším, což by mohlo odpovídat hypotéze, že vyšší tóny jsou hodnoceny jako delší v trvání než tóny nižší.

Naznačené trendy v deskriptivní statistice dále testuji pro zjištění statistické signifikance.



Graf 8: Verze tónové výšky 1 a 2 a hodnoty ratia v jednotlivých délkách intervalu (2, 2.5, 2.75 a 3 s)

Spočítány byly také individuální charakteristiky reprodukce – průměrná délka reprodukce, směrodatná odchylka, poměr průměrné reprodukované délky a zadaného intervalu (*ratio*) a koeficient variace v jednotlivých typech intervalu délkách pro každého participanta. Spočítané individuální charakteristiky reprodukce jsou z důvodu jejich rozsáhlosti dostupné na https://osf.io/s6q53/.

4.2.3 Reakční čas

V experimentu byl také měřen reakční čas participantů, tedy jak dlouho jim trvalo, než po objevení otazníku zahájili reprodukci (stiskli mezerník). Průměrný reakční čas byl 0.805 sekund (SD = 0.480). Průměrný reakční čas se však lišil pro jednotlivé typy intervalů. Z tabulky se zdá, že nejvyšší reakční čas byl pro prázdný interval, nejnižší pro přerušované tóny v *legatu* (tabulka č. 7).

CONDITION	2 s	2.5 s	2.75 s	3 s
mean_empt	0.940 (0.382, 0.407)	0.983 (0.459, 0.467)	0.985 (0.493,0.501)	0.996 (0.498, 0.5)
mean_full	0.828 (0.432, 0.522)	0.826 (0.490, 0.593)	0.810 (0.523, 0.646)	0.786 (0.547, 0.696)
mean_leg	0.722 (0.559, 0.774)	0.694 (0.392, 0.564)	0.680 (0.354, 0.520)	0.709 (0.431, 0.608)
mean_stac	0.744 (0.421, 0.566)	0.729 (0.475, 0.651)	0.746 (0.571, 0.766)	0.721 (0.385, 0.534)

Tabulka 7: Průměrný reakční čas mean (SD, CV) v sekundách pro jednotlivé délky intervalů v jednotlivých typech intervalů (empt = prázdný interval, full = plný interval, leg = přerušované tóny v legatu, stac = přerušované tóny ve staccatu)

Na základě výsledků deskriptivní analýzy se lze domnívat, že by mohly existovat rozdíly v délce reakčního času pro jednotlivé typy intervalů. Proto jsem se rozhodla tuto skutečnost statisticky otestovat, ačkoli rozdíly v reakčním čase původně nebyly součástí hypotéz.

4.3 Test normality

Dále byl proveden Shapir-Wilkův test normálního rozdělení dat. Pro interval o délce 2 s vyšel test $W = 0.987$ ($p < .001$), pro 2.5 s $W = 0.996$ ($p < .001$), pro 2.75 s $W = 0.996$ ($p < .001$) a pro 3 s $W = 0.997$ ($p < .05$). Rozdělení dat tedy nelze považovat za normální. Histogramy hustoty dat proložené Gaussovou křivkou a Q-Q plot lze najít v Příloze č. 2. V analýze dat tedy budou použity neparametrické testy.

4.4 Stabilita mezi verzemi

Pro zjištění stability měření byla spočítána Spearmanova korelace mezi dvěma verzemi tónové výšky (1 a 2). Pro korelaci byl použit poměr reprodukovaného a zadaného intervalu (*ratio*), koeficient variace a směrodatná odchylka. Korelace mezi verzemi 1 a 2 byla pro *ratio* signifikantní (r_s od 0.59 do 0.78, $p<.001$). Převážně nesignifikantní a velmi nízká byla však korelace pro koeficient variace a směrodatnou odchylku. Podrobné výsledky lze najít v Příloze č. 3.

4.5 Určení bodu indiference

Dále bylo zjišťováno, zda se v rozmezí testovaných intervalů nachází *tzv. interval indiference*, ve kterém by participanti byli v reprodukci nejpřesnější, tedy neměli by tendenci nadhodnocovat ani podhodnocovat trvání intervalů.

Pro lokalizaci intervalu indiference byl použit Wilcoxonův párový test. Pro všechny typy intervalu ve všech délkách byla porovnána hodnota reprodukce intervalu s jeho zadanou délkou. Jako hladina významnosti byla zvolena hodnota 0.05. Výsledky lze vidět v tabulce č. 8.

Condition	N	T	Z	p-value	Mean
emptint 2 seconds	456	28363	8.429832	<.001	2.276
emptint 2.5 seconds	467	52124	0.861899	0.388743	2.562
emptint 2.75 seconds	467	45446	3.150472	0.00163	2.687
emptint 3 seconds	467	34980	6.737206	<.001	2.811
fulint 2 seconds	467	11330	14.842142	<.001	2.446
fullint 2.5 seconds	467	26898	9.506935	<.001	2.790
fullint 2.75 seconds	467	34006	7.070999	<.001	2.984
fullint 3 seconds	467	42132	4.286191	<.001	3.151
legint 2 seconds	475	2750	17.965756	<.001	2.577
legint 2.5 seconds	475	5590	17.016937	<.001	3.003
legint 2.75 seconds	475	10143	15.495819	<.001	3.198
legint 3 seconds	475	15253	13.788613	<.001	3.383
stacint 2 seconds	469	3504	17.571815	<.001	2.544
stacint 2.5 seconds	471	8539	15.915724	<.001	2.971
stacint 2.75 seconds	475	15947	13.556754	<.001	3.132
stacint 3 seconds	475	21974	11.543186	<.001	3.323

Tabulka 8: Výsledky Wilcoxonova párového testu při porovnání průměrné délky reprodukce (v sekundách) v jednotlivých typech (emptint = prázdný interval, fullint = plný interval, legint = tóny v legatu, stacint = tóny ve staccatu) a délkách intervalu (2, 2.5. 2.75 a 3 s)

Wilcoxonův párový test byl pro téměř všechny délky a typy intervalu signifikantní, existoval tedy statisticky významný rozdíl mezi zadaným a reprodukovaným intervalem. Pouze pro prázdný interval délky 2.5 s test nevyšel signifikantně (p=.388). Průměrná hodnota reprodukce pro tento interval byla 2.562 s.

Prázdný interval v délce 2 s byl průměrně nadhodnocen, 2.5 s velmi mírně průměrně nadhodnocen (nesignifikantní), 2.75 s průměrně podhodnocen a 3 s průměrně podhodnocen. Z těchto výsledků by se dalo usuzovat na interval indiference pro podmínku prázdného intervalu kolem délky 2.5 s, neboť zde došlo k obratu od nadhodnocování k podhodnocování intervalu. Zároveň byl tento interval reprodukován nejpřesněji, což se ukázalo i ve

Wilcoxonově párovém testu, ve kterém se reprodukce 2.5sekundového intervalu statisticky významně nelišila od zadání.

4.6 Lineární smíšený model

4.6.1 Reprodukce

Pro analýzu velikosti efektu jednotlivých prediktorů na délku reprodukce byl spočítán lineární smíšený model v R s využitím lme4 (Bates, Maechler, Bolker & Walker, 2014).

Závislá proměnná byla délka reprodukce. Jako fixní efekty byly vloženy interakce délky zadaného intervalu (2, 2.5, 2.75 a 3 s) a typu intervalu (prázdný, plný, *staccato* a *legato*), verze (C1 či C2) a experimentální blok (první, druhý, třetí a čtvrtý). Jako náhodný efekt bylo vloženo ID participantů. Jedná se o model s náhodným interceptem. Byla použita metoda maximální věrohodnosti, p-hodnoty byly získány prostřednictvím Satterthwaitovy metody. Jako hladina významnosti byla zvolena hodnota 0.05.

Do modelu byl kromě předpokládaných prediktorů přidán také experimentální blok. Je totiž možné, že v průběhu experimentu může docházet ke ztrátě pozornosti, což by mohlo vyústit v menší přesnost časových odhadů. Také je možné, že by mohlo naopak dojít ke zpřesnění odhadů z důvodů natrénování časových odhadů v průběhu experimentu.

Byly také vizuálně z grafu reziduálů zkontrolovány předpoklady lineárního smíšeného modelu, které byly splněny.

Výsledný model je výsledkem porovnávání vhodných modelů pro zadaná data podle velikosti AIC kritéria a testu maximální věrohodnosti. Do původního modelu byla vložena i experimentální skupina (podle pořadí verzí 1 a 2 v jednotlivých měření), pohlaví participantů a reakční čas. Tyto proměnné však nebyly signifikantní a jejich odebráním se snížilo AIC kritérium modelu.

Podrobné výsledky lineárního modelu lze najít v tabulce č. 9.

Variable	Estimate	SD	t	p-value
Intercept	2.19388	0.053866	40.729	<.001
Délka 2.5 s	0.29003	0.026621	10.895	<.001
Délka 2.75 s	0.41229	0.026748	15.414	<.001
Délka 3 s	0.53115	0.026621	19.952	<.001
Typ fullint	0.18950	0.026641	7.113	<.001
Typ legint	0.30748	0.026576	11.570	<.001
Typ stacint	0.27939	0.026595	10.506	<.001
Verze 2	0.06245	0.009441	6.615	<.001
Blok 2	0.07092	0.013199	5.373	<.001
Blok 3	0.09133	0.013233	6.901	<.001
Blok 4	0.10818	0.013245	8.168	<.001
Délka 2.5 s:Typ fullint	0.05567	0.037572	1.482	0.138496
Délka 2.75 s:Typ fullint	0.12335	0.037655	3.276	0.001058
Délka 3 s: Typ fullint	0.18005	0.037631	4.785	<.001
Délka 2.5 s: Typ legint	0.13918	0.037461	3.715	<.001
Délka 2.75 s:Typ legint	0.22129	0.037600	5.885	<.001
Délka 3 s:Typ legint	0.27486	0.037477	7.334	<.001
Délka 2.5 s:Typ stacint	0.13574	0.037474	3.622	<.001
Délka 2.75 s:Typ stacint	0.16836	0.037525	4.487	<.001
Délka 3 s:Typ stacint	0.24202	0.037462	6.460	<.001

Tabulka 9: Koeficienty jednotlivých prediktorů (Estimate), směrodatná odchylka (SD), t statistika a p-hodnota pro smíšený lineární model pro reprodukci, AIC kritérium modelu je 8000.059

Byl pozorován **efekt délky intervalu na reprodukci**. V porovnání s intervalem o délce 2 sekund délka 2.5 sekund prodloužila reprodukci o 0.29 s, délka 2.75 sekund o 0.412 s a délka 3 sekundy o 0.531 s. Pro všechny délky byla p-hodnota <.001.

Dále byl pozorován **efekt typu intervalu na reprodukci**. V porovnání s prázdným intervalem plný interval prodloužil reprodukci o 0.19 s, interval s tóny v legatu o 0.308 s a interval s tóny ve staccatu o 0.28 s. Pro všechny typy tónů byla p-hodnota <.001.

Dále byl pozorován **efekt typu verze na reprodukci**. Verze 2 prodloužila reprodukci o 0.062 s oproti verzi 1 (p<.001).

Pozorován byl také **efekt experimentálního bloku na reprodukci**. Oproti prvnímu bloku druhý blok prodloužil reprodukci o 0.071 s, třetí blok o 0.091 s a čtvrtý blok o 0.11 s, p-hodnota byla pro všechny bloky <.001.

Prostřednictvím testu maximální věrohodnosti byl porovnán model s interakcí mezi délkou zadaného intervalu a typem intervalu a model bez interakce. **Model s interakcí byl signifikantní** ($\chi^2(9)=73.45$, $p<.001$) a měl nižší AIC kritérium než model bez interakce.

Následně byl proveden Tukeyho test mnohonásobného porovnávání s využitím emmeans (Lenth, 2020) ke zjištění statisticky významných vztahů mezi jednotlivými podmínkami proměnných zadaných do modelu.

Variable	Pair	Estimate	SD	p-value
Blok	1 - 2	-0.0709	0.0132	<.0001
_	1 - 3	-0.0913	0.0132	<.0001
_	1 - 4	-0.1082	0.0132	<.0001
_	2 - 3	-0.0204	0.0132	0.4124
_	2 - 4	-0.0373	0.0132	0.0253
_	3 - 4	-0.0169	0.0133	0.5822
Condition	emptint-fullint	-0.2793	0.0133	<.0001
_	emptint-legint	-0.4663	0.0133	<.0001
_	emptint-stacint	-0.4159	0.0132	<.0001
_	fullint-legint	-0.1870	0.0132	<.0001
_	fullint-stacint	-0.1367	0.0132	<.0001
_	legint-stacint	0.0504	0.0132	0.0008
Duration	2 - 2.5	-0.373	0.0132	<.0001
_	2 - 2.75	-0.541	0.0133	<.0001
_	2 - 3	-0.705	0.0132	<.0001
_	2.5 - 2.75	-0.168	0.0132	<.0001
_	2.5 - 3	-0.333	0.0132	<.0001
_	2.75 - 3	-0.165	0.0132	<.0001
Ver	1-2	-0.0625	0.00944	<.0001

Tabulka 10: Výsledky Tukeyho testu mnohonásobného porovnávání pro jednotlivé bloky (1-4), typy intervalu (emptint = prázdný interval, fullint = plný interval, legint = tóny v legatu, staccint = tóny ve staccatu), délku intervalu (2, 2.5, 2.75 a 3 s) a verze pro časovou reprodukci (1 a 2)

Výsledky Tukeyho testu lze najít v tabulce č. 10. Délka intervalu byla ve všech případech dvojic signifikantní (p<.001). Nejkratší byla reprodukce u prázdného intervalu v porovnání se všemi podmínkami (p<.001), následoval plný interval (p<.001), nejdelší reprodukce byla v případě *legata* a *staccata* (p<.001). Mezi *legatem* a *staccatem* byl statisticky významný rozdíl, intervaly v *legatu* byly hodnoceny jako delší než ve *staccatu* (p<.001).

V případě experimentálního bloku byla v prvním bloku reprodukce nejkratší v porovnání se všemi ostatními bloky (p<.001). Dále následoval druhý blok a po něm třetí blok, rozdíl mezi nimi však nebyl statisticky signifikantní (p=.412). Jako nejdelší byl hodnocen čtvrtý blok. Statisticky významný rozdíl však byl pouze mezi druhým a čtvrtým blokem (p<.05).

V případě interakce mezi délkou intervalu a typem intervalu byly signifikantní téměř všechny dvojice typu intervalu ve všech délkách (p<.001). Nebyl však signifikantní rozdíl mezi plným intervalem a *staccatem* v délce dvou vteřin (p=.0545) a mezi *staccatem* a *legatem* ve všech délkách (viz tabulka č. 11).

Duration	Pair	Estimate	SD	p-value
2 s	emptint-fullint	-0.18950	0.0266	<.0001
_	emptint-stacint	-0.27939	0.0266	<.0001
_	emptint-legint	-0.30748	0.0266	<.0001
_	fullint-stacint	-0.08989	0.0264	0.0547
_	fullint-legint	-0.11797	0.0264	0.0009
_	legint-stacint	0.02808	0.0264	0.9996
2.5 s	emptint-fullint	-0.24517	0.0265	<.0001
_	emptint-stacint	-0.41514	0.0264	<.0001
_	emptint-legint	-0.44666	0.0264	<.0001
_	fullint-stacint	-0.16997	0.0264	<.0001
_	fullint-legint	-0.20149	0.0265	<.0001
_	legint-stacint	0.03152	0.0263	0.9984
2.75 s	emptint-fullint	-0.31285	0.0266	<.0001
_	emptint-stacint	-0.44775	0.0265	<.0001
_	emptint-legint	-0.52877	0.0266	<.0001
_	fullint-stacint	-0.13490	0.0264	<.0001
_	fullint-legint	-0.21591	0.0265	<.0001
_	legint-stacint	0.08101	0.0264	0.1401
3 s	emptint-fullint	-0.36955	0.0266	<.0001
_	emptint-stacint	-0.52142	0.0264	<.0001
_	emptint-legint	-0.58234	0.0264	<.0001
_	fullint-stacint	-0.15187	0.0265	<.0001
_	fullint-legint	0.21279	0.0265	<.0001
_	legint-stacint	0.06092	0.0263	0.6147

Tabulka 11: Výsledky Tukeyho testu mnohonásobného porovnávání mezi typy intervalu o stejné délce pro časovou reprodukci

4.6.2 Reakční čas

Pro analýzu velikosti efektu jednotlivých prediktorů na délku reakčního času byl také spočítán lineární smíšený model v R prostřednictvím lme4.

Závislá proměnná byla délka reakčního času. Jako fixní efekty byly vloženy délka zadaného intervalu (2, 2.5, 2.75 a 3 s), typ intervalu (prázdný, plný, *staccato* a *legato*), verze (C1 či C2) a experimentální blok (první, druhý, třetí a čtvrtý). Jako náhodný efekt bylo

vloženo ID participantů. Jedná se o model s náhodným interceptem. Byla použita metoda maximální věrohodnosti, p-hodnoty byly získány prostřednictvím Satterthwaitovy metody.

Byly také vizuálně zkontrolovány předpoklady lineárního smíšeného modelu, které byly splněny, až na normální rozdělení reziduálů. Z toho důvodu jsem se rozhodla závislou proměnnou reakčního času logaritmicky transformovat. Jelikož ve 102 případech měření byl reakční čas záporný (někteří participanti stiskli mezerník příliš rychle ještě před výzvou začátku reprodukce), logaritmickou transformaci jsem provedla až po vyloučení těchto hodnot.

Variable	Estimate	SD	t	p-hodnota
Intercept	-0.0511	0.0366	-1.396	.1661
Délka 2.5 s	-0.0077	0.0141	-0.544	.5862
Délka 2.75 s	-0.0193	0.0142	-1.362	.1732
Délka 3 s	-0.028	0.0142	-1.978	.048
Typ fullint	-0.2121	0.0142	-14.943	<.001
Typ legint	-0.3325	0.0142	-23.437	<.001
Typ stacint	-0.3153	0.0141	-22.318	<.001
Verze 2	0.0281	0.0101	2.783	.0054
Blok 2	-0.056	0.0141	-3.962	<.001
Blok 3	-0.0665	0.0141	-4.703	<.001
Blok 4	-0.1032	0.0142	-7.284	<.001

Tabulka 12: Koeficienty jednotlivých prediktorů, směrodatná odchylka, t statistika a p-hodnota pro smíšený lineární model pro reakční čas, AIC kritérium modelu je 8700.94.

V tabulce č. 12 lze vidět výstup z lineárního smíšeného modelu pro reakční čas.

Délka intervalu na reakční čas neměla efekt, reakční čas v délkách 2.5 s a 2.75 s nebyl oproti podmínce 2 s významně prodloužen ani zkrácen. Pouze v podmínce 3 s došlo ke statisticky významnému zkrácení reakčního času ($p<.05$).

Byl pozorován **efekt typu intervalu** na reakční čas. V porovnání s prázdným intervalem plný interval reakční čas zkrátil, poté následovaly intervaly s tóny v *legatu* a ve *staccatu*, p-hodnota je pro všechny podmínky <.001.

Dále byla pozorován **efekt verze**. Verze 2 oproti verzi 1 reakční čas prodloužila ($p<.05$).

Byl také pozorován **efekt experimentálního bloku**. Oproti prvnímu bloku byly reakční časy v blocích dva až čtyři kratší (p<.001).

Následně byl proveden Tukeyho test mnohonásobného porovnávání s využitím emmeans ke zjištění statisticky významných vztahů mezi jednotlivými podmínkami proměnných zadaných do modelu. Podrobné výsledky Tukeyho testu pro reakční čas lze najít v tabulce č. 13. Nejdelší byl reakční čas u prázdného intervalu v porovnání se všemi podmínkami (p<.001), následoval plný interval (p<.001), nejkratší reakční čas byl v případě *legata* a *staccata* (p<.001). Rozdíl mezi *legatem* a *staccatem* však nebyl statisticky signifikantní (p=.6191).

V případě experimentálního bloku byl statisticky významný rozdíl mezi prvním blokem a zbylými bloky (p<.001), a také mezi druhým a čtvrtým (p<.05) třetím a čtvrtým blokem (p<.05).

Variable	Pair	Estimate	SD	p-value
Blok	1 - 2	0.0560	0.0141	<.0001
_	1 - 3	0.0665	0.0141	<.0001
_	1 - 4	0.1033	0.0142	<.0001
_	2 - 3	0.0105	0.0142	.8800
_	2 - 4	0.0472	0.0142	.0049
_	3 - 4	0.0367	0.0142	.0476
Condition	emptint-fullint	0.2122	0.0142	<.0001
_	emptint-legint	0.3325	0.0142	<.0001
_	emptint-stacint	0.3154	0.0141	<.0001
_	fullint-legint	0.1204	0.0142	<.0001
_	fullint-stacint	0.1032	0.0141	<.0001
_	legint-stacint	-0.0171	0.0141	.6191
Duration	2 - 2.5	0.0077	0.0132	.9481
_	2 - 2.75	0.0193	0.0133	.5234
_	2 - 3	0.028	0.0132	.1964
_	2.5 - 2.75	0.0116	0.0132	.8459
_	2.5 - 3	0.0203	0.0132	.4783
_	2.75 - 3	0.0087	0.0132	.9276
Ver	1-2	-0.0281	0.00944	.0054

Tabulka 13: Výsledky Tukeyho testu mnohonásobného porovnávání pro jednotlivé bloky (1-4), typy intervalu (emptint = prázdný interval, fullint = plný interval, legint = tóny

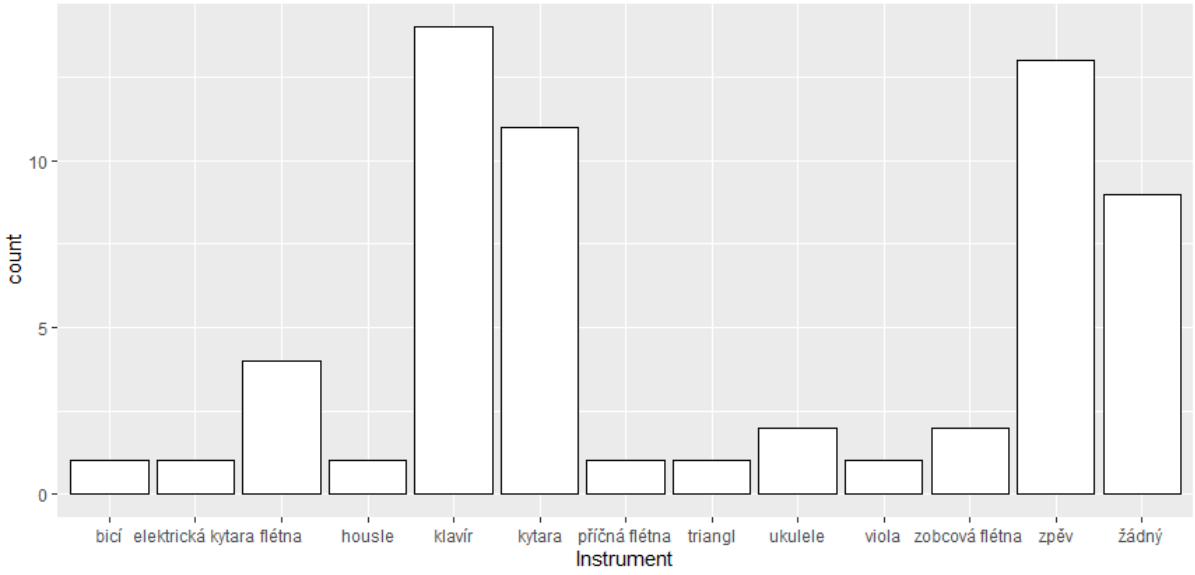
v legatu, staccint = tóny ve staccatu), délku intervalu (2, 2.5, 2.75 a 3 s) a verze (1 a 2) pro reakční čas

4.7 Dotazník hudebnosti – Deskriptivní statistika

Celkem dotazník vyplnilo 61 participantů.

Otázka č. 39 – Nejlépe hraji na tento hudební nástroj (včetně zpěvu)

Nejvíce participantů uvedlo, že nejlépe hraje na klavír (14), poté v četnosti následoval zpěv (13) a kytara (11). Celkem 9 participantů uvedlo, že nehrají na žádný hudební nástroj (viz graf č. 9).



Graf 9: Hudební nástroje, na které participanti hrají, a jejich četnost, N=61

škála	mean	SD	min	max
Aktivní zájem	33.492	9.582	14	58
Percepční dovednosti	46.623	8.540	23	63
Hudební průprava	23.540	11.883	7	45
Pěvecké dovednosti	28.590	9.415	10	49
Emoce	34.754	4.689	21	42
Všeobecná hudebnost	72.328	21.812	32	120

Tabulka 14: Deskriptivní statistika jednotlivých subškál dotazníku Gold-MSI a škály Všeobecné hudebnosti, N=61

	Cronbachovo Alfa
Aktivní zájem	0.818
Percepční dovednosti	0.805
Hudební průprava	0.906
Pěvecké dovednosti	0.848
Emoce	0.677
Všeobecná hudebnost	0.918

Tabulka 15: Cronbachovo Alfa škál v dotazníku Gold-MSI, N=61

V tabulce č. 14 lze najít deskriptivní statistiku jednotlivých škál testu Gold-MSI. V tabulce č.15 je uvedeno Cronbachovo Alfa pro jednotlivé škály testu (od 0.677 do 0.918).

4.8 Přesnost v časovém experimentu a dotazník hudebnosti

Pro zjištění souvislosti výsledků časového experimentu s výsledky v dotazníku hudebnosti byla pro každého participanta spočítána v jednotlivých typech intervalů tzv. **chyba přesnosti časového odhadu**. Tato hodnota byla spočítána jako *absolutní hodnota poměru mezi průměrným odhadem participanta a zadaným intervalem (ratio) minus 1.* Tato hodnota by měla představovat míru přesnosti reprodukce (čím nižší, tím přesnější odhad a naopak, čím větší, tím větší chyba). Pro redukci množství dat byly použity průměrné chyby přesnosti v jednotlivých typech intervalů pro všechny zadané délky a obě verze tónové výšky dohromady.

Byla provedena korelace chyby přesnosti v jednotlivých typech intervalů a výsledků dotazníku hudebnosti. Deskriptivní analýza chyb přesnosti pro jednotlivé typy intervalu ukázala, že hodnoty mají nenormální rozdělení (viz tabulka č.16). Byla proto použita Spearmanova korelace.

Descriptives	ACC_error_EMPTY	ACC_error_FULL	ACC_error_LEG	ACC_error_STAC
Mean	0.169 (0.102)	0.160 (0.118)	0.211 (0.179)	0.199 (0.130)
Median	0.149	0.098	0.179	0.172
Shapiro-Wilk W	0.911	0.794	0.936	0.925
Shapiro-Wilk p	<.001	<.001	0.003	0.001

Tabulka 16: Průměr Mean (SD), Median a výsledky Shapiro-Wilkova testu normality dat pro chybu přesnosti časového odhadu v jednotlivých typech intervalů (ACC_error_EMPTY = pro prázdný interval, ACC_error_FULL = pro plný interval, ACC_error_LEG = pro přerušované tóny v legatu, ACC_error_STAC = přerušované tóny ve staccatu)

		AE	PA	MT	SA	E	GEN
AE	r	_	_	_	_	_	_
_	p	_	_	_	_	_	_
PA	r	.744	_	_	_	_	_
_	p	<.001	_	_	_	_	_
MT	r	.576	.663	_	_	_	_
_	p	<.001	<.001	_	_	_	_
SA	r	.621	.765	.607	_	_	_
_	p	<.001	<.001	<.001	_	_	_
E	r	.758	.529	.359	.470	_	_
_	p	<.001	<.001	0.004	<.001	_	_
GEN	r	.820	.881	.826	.864	.604	_
_	p	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	_

Tabulka 17: Spearmanova korelace r_s a p-hodnoty pro jednotlivé škály dotazníku Gold-MSI (AE = Aktivní zájem, PA = Percepční dovednosti, MT = Hudební průprava, SA = Pěvecké dovednosti, E = Emoce, GEN = Škála všeobecné hudebnosti)

		ACC_error_EMPTY	ACC_error_FULL	ACC_error_LEG	ACC_error_STAC
ACC_error_EMPTY	r	_	_	_	_
_	p	_	_	_	_
ACC_error_FULL	r	.638	_	_	_
_	p	<.001	_	_	_
ACC_error_LEG	r	.415	.686	_	_
_	p	<.001	<.001	_	_
ACC_error_STAC	r	.453	.704	.920	_
_	p	<.001	<.001	<.001	_
AE	r	-.056	-.072	-.065	-.070
_	p	.669	.580	.620	.589
PA	r	-.091	-.078	-.130	-.169
_	p	.483	.549	.319	.192
MT	r	-.161	-.109	-.190	-.170
_	p	.216	.401	.142	.191
SA	r	-.211	-.129	-.150	-.135
_	p	.103	.323	.247	.300
E	r	-.150	-.145	-.169	-.155
_	p	.248	.266	.192	.232
GEN	r	-.172	-.121	-.171	-.178
_	p	.185	.353	-.189	.169

Tabulka 18: Spearmanova korelace r_s mezi chybou přesnosti časového odhadu pro jednotlivé typy intervalů se subškály dotazníku Gold-MSI (AE = Aktivní zájem, PA = Percepční dovednosti, MT = Hudební průprava, SA = Pěvecké dovednosti, E = Emoce, GEN = Škála všeobecné hudebnosti)

V tabulce č. 17 lze vidět korelaci mezi subškály dotazníku Gold-MSI (r_s od 0.470 do 0.881). Výsledky v tabulce č. 18 ukazují, že hodnoty chyb přesnosti v jednotlivých typech intervalů spolu vzájemně pozitivně korelují (r_s od 0.415 do 0.920)

Korelace mezi chybami přesnosti a výsledky v testu hudebnosti byly v negativním směru, byly však velmi malé a nebyly signifikantní. Nejvyšší r_s bylo pro hodnotu absolutní chyby u prázdného intervalu v korelaci s pěveckými schopnostmi v dotazníku Gold-MSI (r=-.211, p=.103).

5 Diskuze

5.1 Shrnutí výsledků

Lineární model pro časovou reprodukci a následné Tukeyho testy mnohonásobného porovnávání ukázaly, že existují statisticky významné rozdíly v časových odhadech pro testované typy intervalů, verzi tónové výšky a experimentální blok.

Byly potvrzeny hypotézy č. 1, 2 a 4. Plné intervaly byly hodnoceny jako subjektivně delší v trvání než prázdné intervaly stejné objektivní délky. Intervaly vyplněné pravidelnými tóny v *legatu* a ve *staccatu* byly hodnoceny jako subjektivně delší než plné a prázdné intervaly stejné objektivní délky. Verze experimentu s vyšší tónovou výškou byla hodnocena jako subjektivně delší než verze s nižší tónovou výškou.

Zcela jednoznačně nelze potvrdit hypotézu č. 3 o rozdílu v reprodukci mezi tóny v *legatu* a ve *staccatu*. Tukeyho test mnohonásobného porovnávání ukázal signifikantní rozdíl mezi *legatem* a *staccatem*, v interakci mezi délkou a typem intervalu však pro *legato* a *staccato* nevyšel signifikantně.

Nepodařilo se potvrdit hypotézu č. 5. Spearmanova korelace mezi chybou přesnosti v reprodukci a jednotlivými škálami dotazníku Gold-MSI nebyla signifikantní a byla velmi nízká.

V průběhu experimentu docházelo k postupnému prodlužování odhadů v jednotlivých experimentálních blocích. Statisticky významný rozdíl byl pozorován mezi prvním blokem a zbylými bloky, také mezi druhým a čtvrtým.

Dále byly přítomny rozdíly v reakčních časech u testovaných typů intervalů, verzí tónové výšky a experimentálních bloků. Nejdelší reakční čas byl u prázdného intervalu, nejkratší u tónů v *legatu* a *staccatu*. Mezi *legatem* a *staccatem* však nebyl statisticky významný rozdíl. Reakční čas postupně klesal během průběhu bloků v experimentu. U prvního bloku byl reakční čas oproti zbylým blokům statisticky významně nejkratší. Také byl signifikantní rozdíl mezi třetím a čtvrtým blokem. Vyšší tónová výška ve verzi 2 reakční čas oproti nižší výšce ve verzi 1 naopak prodloužila.

Poměry reprodukce a zadaného intervalu (*ratio*) pro verze 1 a 2 spolu signifikantně korelovaly (r_s od 0.59 do 0.78). Spearmanova korelace pro koeficient variace a směrodatnou odchylku ve verzích 1 a 2 však byla převážně nesignifikantní a byla nízká.

Interval indiference byl nalezen pouze v podmínce prázdného intervalu kolem 2.5 s. Participanti nadhodnocovali trvání prázdných intervalů v délce 2 s, v délce 2.75 a 3 s již trvání oproti zadání podhodnocovali.

5.2 Diskuze výsledků

Na základě výsledků experimentu lze říct, že iluze plného a prázdného intervalu (SSI) byla úspěšně demonstrována, stejně jako iluze rozděleného času (DTI). Iluze plného a prázdného intervalu na úrovni *legata* a *staccata* však nebyla zcela jednoznačná. V experimentu Reppa a Marcuse (2010) nebyla tato iluze u pravidelných rytmických intervalů pozorována. V prezentovaném experimentu data naznačují, že by k rozdílu v odhadu délky *legata* a *staccata* docházet mohlo, nicméně nelze to říct s jistotou podpořenou jednoznačnou statistickou významností.

V průběhu experimentu došlo k postupnému prodlužování časových odhadů v průběhu jednotlivých experimentálních bloků. Tento jev - tzv. efekt natahování (viz kapitola č. 3.5.1.2 teoretické části – *Creelmanovy a Treismanovy modely*) - byl pozorován i v jiných výzkumech zaměřených na časovou percepci. Treisman vysvětloval jev tím, že s postupujícím časem v experimentu se snižuje úroveň fyziologické aktivace jedince (*arousal*), což zpomaluje produkci pulsů z *pacemakeru,* je tedy potřeba více reálného času k nashromáždění pulsů a výsledné časové odhady budou delší. Tento způsob vysvětlení je však v rozporu s výzkumy Droit-Volet (např. Droit-Volet & Meck, 2007), kde při vyšším *arousalu* naopak dochází k delším časovým odhadům z důvodu nashromáždění většího množství pulsů v akumulátoru. Autoři vysvětlují efekt natahování prostřednictvím pozornostních modelů časové percepce, v rámci kterých se ukazuje, že když je plynutí času věnováno více pozornosti, bude odhadovaná epizoda trvat subjektivně déle. V prezentovaném experimentu mohli participanti v jednotlivých blocích věnovat postupně čím dál více pozornosti časovým délkám, což by pak mohlo být příčinou jejich subjektivního prodlužování.

Nečekaným výsledkem experimentu je pozorovaná odlišná délka reakčního času pro různé typy intervalů. Podobné výsledky byly pozorovány v experimentu Bratzkeho, Birngruber, Dursta a Schrötera (2017), kde srovnávali dvě metody reprodukce a jejich možné ovlivnění iluze plného a prázdného intervalu. Kratší reakční čas pozorovali u plných intervalů a tento rozdíl byl statisticky signifikantní. Mezi dvěma typy reprodukce nebyl statisticky významný rozdíl. Autoři pro různě dlouhý reakční čas pro plné a prázdné intervaly navrhují vysvětlení v možných odlišných procesech zpracování plných a prázdných intervalů. Navrhli hypotézu, že u prázdného intervalu ohraničeného dvěma tóny mohlo dojít k vytvoření představy rytmu, který by se participanti v následné reprodukci mohli snažit dodržet, a proto by začínali reprodukovat interval později. Při opakování

experimentu vložili autoři delší pauzu mezi zadaný interval a reprodukci. V tomto případě již efekt typu intervalu na reakční čas nepozorovali. Vložená pauza mohla podle autorů vytvořený rytmus narušit.

K něčemu podobnému mohlo dojít i v případě prezentovaného experimentu. Nicméně toto možné vysvětlení neosvětluje signifikantní rozdíl v reakčním čase mezi plným intervalem a přerušovanými tóny v *legatu* a ve *staccatu*.

Jako možné vysvětlení delšího reakčního času u prázdného intervalu se nabízí potenciálně větší obtížnost reprodukce tohoto intervalu pro kognitivní systém. Ostatní typy intervalů obsahovaly více informací, kterými se participanti při reprodukci mohli řídit. U prázdného intervalu byl přítomný pouze počáteční a závěrečný tón, mezi tím bylo ticho. Bylo tedy nutné více se soustředit na to, kdy po tichu zazní závěrečný tón ukončující interval. Z důvodu většího soustředění se mohl pro prázdné intervaly prodloužit reakční čas a mohlo dojít ke zpřesnění časových odhadů (*ratio* bylo nejnižší pro prázdné intervaly).

Reakční čas se také postupně zkracoval v průběhu experimentu v jednotlivých blocích. Je možné, že došlo k postupnému tréninku a participanti se tolik nesoustředili na zahájení odpovědi. Je také možné, že participanti chtěli mít experiment již za sebou, a tak se snažili proces „urychlit“. To by mohlo odpovídat výše popsanému pozorovanému efektu natahování v datech. Participanti mohli mít pocit, že experiment trvá již příliš dlouho, více pozornosti tak věnovali plynutí času a z toho důvodu se mohly prodloužit jejich časové odhady.

Interval indiference byl v experimentu pozorován pouze u prázdného intervalu. Nacházel se kolem 2.5 sekund. Pod touto hranicí byly intervaly nadhodnocovány a nad ní podhodnocovány. V literatuře byl interval indiference pozorován mezi 2 a 3 sekundami, ale také bylo pozorováno, že lokalizace intervalu se odvíjela podle rozsahu testovaných délek (viz kapitola č. 3.7 teoretické části – Vybrané *kritické délky v časové percepci*).

U jiných typů intervalů se interval indiference v experimentu neobjevil. Tento jev není možné zcela přesně vysvětlit. Pokud se však vrátím k tabulkám a grafu s poměrem mezi průměrnou délkou reprodukce a zadanou délkou intervalu (*ratio*), je vidět, že se vzrůstající délkou intervalu *ratio* klesá i u ostatních typů intervalů. Je tedy teoreticky možné, že pokud by byl rozsah testovaných délek delší, ukázaly by se intervaly indiference i pro ostatní typy intervalů např. kolem 3-4 sekund. Pak by pro lokalizaci intervalu indiference mohly být teoreticky důležité i informace obsažené v intervalu.

Korelace poměrů průměrných délek reprodukce a zadaných délek intervalů (*ratio*) u jednotlivých typů intervalů a délek byla při opakovaném měření signifikantní, r_s se

pohybovalo od 0.59 do 0.78. Z tohoto výsledku by se dalo říct, že míra nadhodnocování a podhodnocování pro jednotlivé typy intervalů při opakování měření a pro jednotlivé verze tónové výšky je celkem stabilní. Spearmanův koeficient korelace však nebyl příliš vysoký, což by se dalo přisoudit signifikantnímu rozdílu časových odhadů v jednotlivých verzích tónové výšky.

Nepotvrdila se souvislost přesnosti v časové reprodukci a výsledky dotazníku Gold-MSI. Z dat získaných v experimentu tedy nelze zjistit, zda lidé s většími hudebními zkušenostmi jsou v časové percepci přesnější či nikoliv. Spearmanova korelace mezi chybou přesnosti v jednotlivých typech intervalů a škály dotazníku Gold-MSI byla v negativním směru, což by čistě teoreticky mohlo odkazovat na nějaký trend – čím vyšší skóre v testu hudebnosti, tím přesnější reprodukce. Výsledky však ani zdaleka nelze pokládat za průkazné.

5.3 Limitace výzkumu

Možnou limitací výzkumu je nevyváženost mužů a žen v experimentu. Mezi muži a ženami by teoreticky mohly být rozdíly v časových odhadech (Rammsayer & Lustnauer, 1989), v tomto experimentu je však z důvodu nevyváženosti pohlaví nebylo možné pozorovat.

Experiment probíhal za snahy poskytnout co možná nejméně rušivé podmínky. Participanti měli na hlavě sluchátka, která do velké míry tlumila zvuky přicházející z jiného zdroje. V některých případech to však nebylo možné zcela kontrolovat (např. ruch na chodbě). To se pak mohlo nežádoucím způsobem odrazit v datech.

Pro budoucí výzkumy by bylo vhodné využít kvalitnější software pro úpravu nahrávek, který by odstranil drobné nežádoucí efekty, které by se ve stimulech mohly potenciálně vyskytnout.

Jako výraznou limitaci prezentovaného výzkumu vnímám způsob testování rozdílů v přesnosti časových odhadů mezi hudebníky a nehudebníky. Výzkumů, které se na tyto rozdíly zaměřovaly, se většinou zúčastnily skupiny profesionálních hudebníků a nehudebníků. Bylo tedy možné přímo srovnat výkon dvou skupin v časových odhadech. Dotazník Gold-MSI navíc nemá zatím české normy.

5.4 Využití výzkumu

Výsledky výzkumu by mohly být využity v navazující studii delších melodických útvarů, jak bylo navrženo v bakalářské práci *Hudba a percepce času* (Becková, 2017). Testované jevy z výzkumů časové percepce (iluze plného a prázdného intervalu, iluze

rozděleného času a efekt tónové výšky) by mohly být zakomponovány do složitějších zvukových nahrávek, které by se více podobaly hudebnímu kontextu než nahrávky v tomto experimentu. Z důvodu zjištění rozdílu v délce časových odhadů v podmínkách různé tónové výšky by případně bylo nutné tuto skutečnost kontrolovat, což by mohlo být v případě melodií při střídání různých tónových výšek obtížné.

Vysvětlení některých jevů pozorovaných v experimentu zůstává námětem pro budoucí zkoumání. Jedná se například o nejdelší reakční čas u prázdných intervalů a nejkratší u tónů v *legatu* či ve *staccatu*, či objevení intervalu indiference pouze u prázdného intervalu kolem 2.5 sekund.

Závěr

V teoretické části práce jsem představila úvod do problematiky časové percepce v hudbě. Nejprve jsem se věnovala hudebně-teoretickým přístupům k času v hudbě, které pro hlavní psychologické zaměření byly pouze stručně shrnuty. Poté jsem představila úvod do problematiky časové percepce z psychologického hlediska a různá pojetí psychologického času. Dále jsem shrnula vlivné modely intervalového časování a krátce pojednala o neurobiologických poznatcích na poli časové percepce. V dalších kapitolách jsem se zaměřila konkrétněji na časovou percepci ve vztahu k hudbě. Představila jsem psychologické aspekty metra a rytmu a věnovala se dalším důležitým oblastem, které se k časové percepci v hudbě vztahují jako je očekávání v hudbě či emocionální odpovědi na hudbu. Na závěr teoretické části byly zmíněny možné implikace výzkumu časové percepce.

V úvodu jsem si položila otázky, na které se práce pokusila odpovědět. Obdobně jako problematika časové percepce, přesný způsob manifestace času v hudbě dosud není objasněn. Nicméně je jisté, že některé poznatky z výzkumu časové percepce můžeme rozšířit do hudebního kontextu. Mohou to být například některé z modelů časování jako je dynamická teorie očekávání (DAT), model hierarchických hodin a další.

V experimentální části diplomové práce jsem aplikovala některé poznatky z výzkumu časové percepce na krátké zvukové nahrávky s využitím metody reprodukce. Demonstrovány byly rozdíly při reprodukci různých typů intervalů (plného, prázdného a pravidelných rytmických tónů) a efekt výšky tónu na časovou reprodukci. Byly nalezeny rozdíly v reakčním čase pro různé typy intervalů. Tyto výsledky dále diskutuji. V experimentu se neobjevila souvislost mezi přesností v časovém experimentu a výsledky testu hudebnosti Gold-MSI. Z výsledků experimentu vyvstaly otázky, na které je možné navázat v dalších výzkumných pracích na poli časové percepce nejen v hudbě. Tyto otázky jsou důvod rozdílného reakčního času pro různé typy zvukových nahrávek a vysvětlení výskytu intervalu indiference pouze u podmínky prázdného intervalu.

Reference

Aagten-Murphy, D., Cappagli, G., & Burr, D. (2014). Musical training generalises across modalities and reveals efficient and adaptive mechanisms for reproducing temporal intervals. *Acta psychologica*, *147*, 25-33.

Allman, M. J., & Meck, W. H. (2012). Pathophysiological distortions in time perception and timed performance. *Brain*, *135*(3), 656-677.

Allport, D. A. (1968). Phenomenal simultaneity and the perceptual moment hypothesis. *British Journal of Psychology, 59*(4), 395–406.

APA (2010). *Publication Manual of the American Psychological Association* (6th Ed.). Washington, DC: Amarican Psychological Association.

Aschersleben, G. (2002). Temporal control of movements in sensorimotor synchronization. *Brain and cognition*, *48*(1), 66-79.

Barnes, R., & Jones, M. R. (2000). Expectancy, attention, and time. *Cognitive psychology*, *41*(3), 254-311.

Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2014). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *arXiv. preprint arXiv:1406.5823*.

Becková, A. (2017). *Hudba a percepce času*. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Filozofická fakulta.

Berglund, B., Berglund, U., Ekman, G., & Frankehaeuser, M. (1969). The influence of auditory stimulus intensity on apparent duration. *Scandinavian Journal of Psychology*, *10*(1), 21-26.

Bigand, E. & Poulin-Charronnat, B. (2011). Tonal cognition. In S. Hallam, I. Cross, & M. Thaut (Eds.), *The Oxford Handbook of Music Psychology* (pp. 59-71). New York: Oxford University Press.

Block, R. A., & Reed, M. A. (1978). Remembered duration: Evidence for a contextual-change hypothesis. *Journal of Experimental psychology: Human Learning and memory*, *4*(6), 656.

Block, R. A., Hancock, P. A., & Zakay, D. (2010). How cognitive load affects duration judgments: A meta-analytic review. *Acta psychologica*, *134*(3), 330-343.

Block, R. (2014). Introduction. In A. R. Block (Ed.), *Cognitive models of psychological time*. Hillsdale, NJ England: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. Originál byl publikován v roce 1990.

Boltz, M. G. (1993). Time estimation and expectancies. *Memory and Cognition*, 21.

Bregman, A. S. (1994). *Auditory scene analysis: The perceptual organization of sound*. MIT press.

Brigner, W. L. (1988). Perceived duration as a function of pitch. *Perceptual and motor skills*, 67(1), 301-302.

Bueti, D., Walsh, V., Frith, C., & Rees, G. (2008). Different brain circuits underlie motor and perceptual representations of temporal intervals. *Journal of Cognitive Neuroscience, 20*, 204–214.

Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2005). What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nature reviews: Neuroscience*, 6(10), 755.

Cahoon, D., & Edmonds, E. M. (1980). The watched pot still won't boil: Expectancy as a variable in estimating the passage of time. *Bulletin of the Psychonomic Society*, *16*(2), 115-116.

Clarke, E. F., & Krumhansl, C. L. (1990). Perceiving musical time. *Music Perception*, *7*(3), 213-251.

Creelman, C. D. (1962). Human discrimination of auditory duration. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *34*(5), 582-593.

Dawson, C., Aalto, D., Simko, J., & Vainio, M. (2017). The influence of fundamental frequency on perceived duration in spectrally comparable sounds. *PeerJ*, *5*, e3734.

Drake, C., & Botte, M. C. (1993). Tempo sensitivity in auditory sequences: Evidence for a multiple-look model. *Perception & psychophysics*, *54*(3), 277-286.

Droit-Volet, S., & Meck, W. H. (2007). How emotions colour our perception of time. *Trends in cognitive sciences*, *11*(12), 504-513.

Droit-Volet, S., Fayolle, S. L., & Gil, S. (2011). Emotion and time perception: effects of film-induced mood. *Frontiers in integrative neuroscience*, *5*, 33.

Droit-Volet, S., Ramos, D., Bueno, J. L., & Bigand, E. (2013). Music, emotion, and time perception: the influence of subjective emotional valence and arousal? *Frontiers in psychology,* 4.

Dušek, P. (2011). *Kortikální a subkortikální mechanismy vnímání času*. Dizertační práce, Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta.

Elliott, M. A., & Giersch, A. (2016). What happens in a moment. *Frontiers in psychology*, *6*, 1905.

Fraisse, P. (1978). Time and rhythm perception. In E., C. Carterette, & M. P. Friedman (Eds.), *Perceptual coding* (pp. 203-254). London: Academic Press.

Franěk, M. (2009). *Hudební psychologie*. Praha: Karolinum.

Gabrielsson, A. & Lindstörm, E. (2010). The role of structure in the musical expression of emotions. In P. N. Juslin, & J. A. Sloboda (Eds.), *Music and emotion: theory and research* (pp. 367-400). Oxford: Oxford University Press.

Gabrielsson, A. (2011). The relationship between musical structure and perceived expression. In S. Hallam, I. Cross & M. Thaut (Eds.), *The Oxford Handbook of Music Psychology* (pp. 141-150). New York: Oxford University Press.

Gibbon, J., Church, R. M., & Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. *Annals of the New York Academy of sciences*, *423*(1), 52-77.

Goldstone, S., & Lhamon, W. T. (1974). Studies of Auditory-Visual Differences in Human Time Judgment: 1. Sounds are Judged Longer than Lights. *Perceptual and Motor Skills*, 39(1), 63–82.

Grondin, S., & Killeen, P. R. (2009). Tracking time with song and count: Different Weber functions for musicians and nonmusicians. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *71*(7), 1649-1654.

Grondin, S., & McAuley, J. D. (2009). Duration discrimination in crossmodal sequences. *Perception*, *38*(10), 1542-1559.

Grondin, S. (2012). Violation of the scalar property for time perception between 1 and 2 seconds: evidence from interval discrimination, reproduction, and categorization. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *38*(4), 880.

Grondin, S. (2019). *The Perception of Time: Your Questions Answered*. New York: Routledge.

Hicks, R. E., Miller, G. W., & Kinsbourne, M. (1976). Prospective and retrospective judgments of time as a function of amount of information processed. *The American journal of psychology*, 719-730.

Hirsh, I. J., & Sherrick Jr, C. E. (1961). Perceived order in different sense modalities. *Journal of experimental psychology*, *62*(5), 423.

Hoagland, H. (1933). The physiological control of judgments of duration: Evidence for a chemical clock. *The Journal of General Psychology*, *9*(2), 267-287.

Huron, D. (2006). *Sweet Anticipation*. Massachusetts: The MIT Press.

Ivry, R. B. (1996). The representation of temporal information in perception and motor control. *Current opinion in neurobiology*, *6*(6), 851-857.

James, W. (1890). The Perception of Time (chap. 15). In W. James, *The Principles of Psychology*. Poprvé vydalo nakladatelství Henry Holt and Company [elektronická verze] Získáno dne 1.11.2020 z http://www.public-library.uk/ebooks/50/61.pdf.

Jones, M. R., & Boltz, M. (1989). Dynamic attending and responses to time. *Psychological review*, *96*(3), 459.

Jones, M., R. (1990). Musical Events and Models of Musical Time. In A. R. Block (Ed.), *Cognitive Models of Psychological Time* (pp. 207-240). New York: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. (Originál publikován v roce 1990).

Jones, M. R., Moynihan, H., MacKenzie, N., & Puente, J. (2002). Temporal aspects of stimulus-driven attending in dynamic arrays. *Psychological science*, *13*(4), 313-319.

Jones, M. R. (2011). Musical Time. In S. Hallam, I. Cross, & M. Thaut (Eds.), *The Oxford Handbook of Music Psychology* (pp. 81-92). New York: Oxford University Press.

Jones, M. R. (2018). *Time will tell: A theory of dynamic attending*. Oxford University Press.

Juslin, P. N., Liljeström, S., Västfjäll, D., Barradas, G., & Silva, A. (2008). An experience sampling study of emotional reactions to music: listener, music, and situation. *Emotion*, *8*(5), 668.

Juslin, P., N. (2011). Emotional responses to music. In S. Hallam, I. Cross & M. Thaut (Eds.), *The Oxford Handbook of Music Psychology* (pp. 141-150). New York: Oxford University Press.

Kahneman, D., & Wolman, R. E. (1970). Stroboscope motion: Effects of duration and interval1. *Perception & Psychophysics*, *8*(3), 161-164.

Karmarkar, U. R., & Buonomano, D. V. (2007). Timing in the absence of clocks: encoding time in neural network states. *Neuron*, *53*(3), 427-438.

Keele, S. W., & Ivry, R. (1990). Does the Cerebellum Provide a Common Computation for Diverse Tasks? A Timing Hypothesis a. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *608*(1), 179-211.

Kellaris, J. J., & Altsech, M. B. (1992). The experience of time as a function of musical loudness and gender of listener. *NA - Advances in Consumer Research,* 19, 725-729.

Kraus, N. (2020). The Joyful Reduction of Uncertainty: Music Perception as a Window to Predictive Neuronal Processing. *Journal of Neuroscience*, *40*(14), 2790-2792.

Kuncířová, J. (2016). *Adaptace testu všeobecné hudebnosti a jeho využití v pedagogické praxi.* Diplomová práce. Masarykova Univerzita, Pedagogická fakulta.

Large, E., & Snyder, J. (2009). Pulse and meter as neural resonance. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1169*(1), 46-57.

Lejeune, H. & Wearden, J. (2009). Vierordt's The Experimental Study of the Time Sense (1868) and its legacy. *European Journal of Cognitive Psychology*. 21. 941-960.

Lenth, R. (2020). emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. R package version 1.5.2-1. Dostupné na https://CRAN.R-project.org/package=emmeans.

Lerdahl, F., & Jackendoff, R. (1983). An overview of hierarchical structure in music. *Music Perception*, *1*(2), 229-252.

Macar, F., & Vidal, F. (2009). Timing processes: An outline of behavioural and neural indices not systematically considered in timing models. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, *63*, 227–239.

Marijan, Maja. (2018). The Perception and Organization of Time in Music. *Accelerando: Belgrade Journal of Music and Dance*. 3.

Matoušek, V. (2003). *Rytmus a čas v etnické hudbě*. Praha: Togga. 2. vydání.

Matthews, W. J., & Meck, W. H. (2016). Temporal cognition: connecting subjective time to perception, attention, and memory. *Psychological bulletin*, *142*(8), 865.

McAuley, J. D., & Semple, P. (1999). The effect of tempo and musical experience on perceived beat. *Australian journal of psychology*, *51*(3), 176-187.

McAuley, J. D., & Jones, M. R. (2003). Modeling effects of rhythmic context on perceived duration: a comparison of interval and entrainment approaches to short-interval timing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *29*(6), 1102.

McAuley, J. D., Jones, M. R., Holub, S., Johnston, H. M., & Miller, N. S. (2006). The time of our lives: Life span development of timing and event tracking. *Journal of Experimental Psychology: General, 135*(3), 348–367.

Milliman, R. E. (1982). Using background music to affect the behavior of supermarket shoppers. *The journal of Marketing*, 86-91.

Milliman, R. E. (1986). The influence of background music on the behavior of restaurant patrons. *Journal of consumer research*, *13*(2), 286-289.

Mioni, G., Stablum, F., McClintock, S. M., & Grondin, S. (2014). Different methods for reproducing time, different results. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *76*(3), 675-681.

Muller, T., & Nobre, A. C. (2014). Flow of time: perceiving the passage of time: neural possibilities. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1326*(1), 60.

Müllensiefen, D., Gingras, B., Musil, J., & Stewart, L. (2014). Measuring the facets of musicality: The Goldsmiths Musical Sophistication Index (Gold-MSI). *Personality and Individual Differences*, *60*, S35.

Nichols, H. (1891). The psychology of time. *The American Journal of Psychology*, *3*(4), 453-529.

North & Hargreaves (2011). Music and Consumer behaviour. In S. Hallam, I. Cross & M. Thaut (Eds.), *The Oxford Handbook of Music Psychology* (pp. 141-150). New York: Oxford University Press.

Noulhiane, M., Pouthas, V., & Samson, S. (2009). Is time reproduction sensitive to sensory modalities? *European Journal of Cognitive Psychology*, *21*(1), 18-34.

Ornstein, R. E. (1969). *On the experience of time*. Baltimore: Penguin.

Palmer, C., & Krumhansl, C. L. (1990). Mental representations for musical meter. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *16*(4), 728.

Phillips, W. (2014). *A composer's guide to game music*. MIT Press.

Poppel, E. (2004). Lost in time: a historical frame, elementary processing units and the 3-second window. *Acta neurobiologiae experimentalis*, *64*(3), 295-302.

Povel, D. J. (1981). Internal representation of simple temporal patterns. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *7*(1), 3.

Povel, D. J., & Essens, P. (1985). Perception of temporal patterns. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 2(4), 411-440.

Poynter, W. D. (1983). Duration judgment and the segmentation of experience. *Memory & Cognition*, *11*(1), 77-82.

R Core Team. (2015). R: A language and environment for statistical computing [Computer software manual]. Vienna, Austria. Získáno z http://www.R-project.org/.

Rammsayer, T., & Lustnauer, S. (1989). Sex differences in time perception. *Perceptual and motor skills*, *68*(1), 195-198.

Rammsayer, T., & Altenmüller, E. (2006). Temporal information processing in musicians and nonmusicians. *Music Perception*, *24*(1), 37-48.

Rammsayer, T. H., Buttkus, F., & Altenmüller, E. (2012). Musicians do better than nonmusicians in both auditory and visual timing tasks. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, *30*(1), 85-96.

Repp, B. H. (2001). Processes underlying adaptation to tempo changes in sensorimotor synchronization. *Human movement science*, *20*(3), 277-312.

Repp, B. H., & Bruttomesso, M. (2009). A filled duration illusion in music: Effects of metrical subdivision on the perception and production of beat tempo. *Advances in cognitive psychology*, *5*, 114.

Repp, B. H., & Marcus, R. J. (2010). No sustained sound illusion in rhythmic sequences. *Music Perception*, *28*(2), 121-134.

Scruton, R. (2009). *Hudobná estetika*. Bratislava: Hudobné centrum.

Shaffer, L. H. (1982). Rhythm and timing in skill. *Psychological Review, 89*(2), 109–122

Smith, P. C., & Curnow, R. (1966). " Arousal hypothesis" and the effects of music on purchasing behavior. *Journal of applied psychology*, *50*(3), 255.

Staddon, J. E. R., & Higa, J. J. (1999). Time and memory: Towards a pacemaker-free theory of interval timing. *Journal of the experimental analysis of behavior*, *71*(2), 215-251.

Sternberg, (2002). *Kognitivní psychologie.* Praha: Portál.

Stevens, C. & Byron, B. (2011). Universals in music processing. In S. Hallam, I. Cross & M. Thaut (Eds.), *The Oxford Handbook of Music Psychology* (pp. 14-23). New York: Oxford University Press.

Stroud, J. M. (1967). The fine structure of psychological time. *Annals of the New York Academy of Sciences, 138(2 Interdiscipli), 623–631.*

ten Hoopen, G., Hartsuiker, R., Sasaki, T., Nakajima, Y., Tanaka, M., & Tsumura, T. (1995). Auditory isochrony: Time shrinking and temporal patterns. *Perception*, *24*(5), 577-593.

ten Hoopen, G. (2008). Classic Illusions of Auditory Time Perception. *Journal of the Human-Environment System*, *11*(1), 27-35.

The jamovi project (2020). *jamovi* (Version 1.2) [Computer Software]. Získáno z https://www.jamovi.org.

Thomas, E. A.., & Brown, I. (1974). Time perception and the filled-duration illusion. *Perception & Psychophysics*, *16*(3), 449-458.

Thomas, E. A., & Weaver, W. B. (1975). Cognitive processing and time perception. *Perception & psychophysics*, *17*(4), 363-367.

Tichý, V. (2002). *Úvod do hudební kinetiky*. Praha: Akademie múzických umění v Praze, hudební fakulta, katedra teorie a dějin hudby. 2. vydání.

Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval: Implications for a model of the" internal clock". *Psychological Monographs: General and Applied*, *77*(13), 1.

Treisman, M. (2013). The information-processing model of timing (Treisman, 1963): Its sources and further development. *Timing & Time Perception*, *1*(2), 131-158.

Van Wassenhove, V., Grant, K. W., & Poeppel, D. (2007). Temporal window of integration in auditory-visual speech perception. *Neuropsychologia*, *45*(3), 598-607.

Wackermann, J., & Ehm, W. (2006). The dual klepsydra model of internal time representation and time reproduction. *Journal of Theoretical Biology*, *239*(4), 482-493.

Wearden, J. H., Norton, R., Martin, S., & Montford-Bebb, O. (2007). Internal clock processes and the filled-duration illusion. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *33*(3), 716.

Wearden, J. (2016). *The psychology of time perception*. London: Springer.

Westheimer, G., & McKee, S. P. (1977). Perception of temporal order in adjacent visual stimuli. *Vision Research*, *17*(8), 887-892.

White, P. A. (2017). The three-second "subjective present": A critical review and a new proposal. *Psychological Bulletin*, *143*(7), 735.

Wiener, M., Turkeltaub, P., & Coslett, H. B. (2010). The image of time: A voxel-wise meta-analysis. *NeuroImage*, *49*, 1728–1740.

Wittmann, M., & Lehnhoff, S. (2005). Age effects in perception of time. *Psychological reports*, *97*(3), 921-935.

Zakay, D., & Block, R. A. (1995). An attentional-gate model of prospective time estimation. *Time and the dynamic control of behavior*, *167*, 178.

Zenkl, L. (2003). *ABC hudební nauky*. Praha: Editio Bärenreiter. 8. vydání.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Rozdělení pulsů v rámci tónů (upraveno podle Marijan, 2018).....14
Obrázek 2: Treismanův model vnitřních časových hodin (Treisman, 1963) 25
Obrázek 3: Diagram SET (Wearden, 2016).....27
Obrázek 4: Nákres tónové sekvence, její metrické hierarchie a rytmických seskupení (Jones, 2018). 39
Obrázek 5:Metrický cluster čtyř aktivních oscilací (Jones, 2018).....42
Obrázek 6: Metrická organizace 13 dětských skladeb z Portorika (Huron, 2006) 47
Obrázek 7: Prvních osm taktů tématu a první variace z druhé věty Beethovenovy sonáty c moll, op. 111 (Repp a Bruttomesso, 2009). 55
Obrázek 8: Prázdný interval ohraničený krátkým tónem na začátku a na konci (podmínka jednočárkovaného C – verze 1) 64
Obrázek 9: Plný interval tvořený kontinuálním tónem (jednočárkované C – verze 1) 65
Obrázek 10: Pravidelné rytmické tóny v legatu (jednočárkované C – verze 1) 65
Obrázek 11: Pravidelné rytmické tóny ve staccatu (jednočárkované C – verze 1) 65

Seznam grafů

Graf 1: Nejvyšší dosažené vzdělání participantů 69
Graf 2: Aktuální zaměstnání participantů 70
Graf 3: Délka reprodukce pro interval 2 sekundy pro jednotlivé typy intervalů. 71
Graf 4: Délka reprodukce pro interval 2.5 sekundy pro jednotlivé typy intervalů 72
Graf 5: Délka reprodukce pro interval 2.75 sekund pro jednotlivé typy intervalů 73
Graf 6: Délka reprodukce pro interval 3 sekundy pro jednotlivé typy intervalů 74
Graf 7: Ratio pro jednotlivé délky a typy intervalů pro verze 1 a 2 76
Graf 8: Verze tónové výšky 1 a 2 a hodnoty ratia v jednotlivých délkách intervalu 77
Graf 9: Hudební nástroje, na které participanti hrají, a jejich četnost, N=61 87

Seznam tabulek

Tabulka 1: Deskriptivní statistika reprodukce pro jednotlivé typy intervalu v délce intervalu 2 sekundy. 71
Tabulka 2: Deskriptivní statistika reprodukce pro jednotlivé typy intervalu v délce intervalu 2.5 sekundy. 72
Tabulka 3: Deskriptivní statistika reprodukce pro jednotlivé typy intervalu v délce intervalu 2.75 sekundy 73
Tabulka 4: Deskriptivní statistika reprodukce pro jednotlivé typy intervalu v délce intervalu 3 sekundy 74
Tabulka 5: Průměrná délka reprodukce mean (SD, CV) v sekundách pro jednotlivé délky intervalu a ratio pro verzi 1 75
Tabulka 6: Průměrná délka reprodukce mean (SD, CV) v sekundách pro jednotlivé délky intervalu a ratio pro verzi 2 75
Tabulka 7: Průměrný reakční čas mean (SD, CV) v sekundách pro jednotlivé délky intervalů v jednotlivých typech intervalů 78
Tabulka 8: Výsledky Wilcoxonova párového testu při porovnání průměrné délky reprodukce v jednotlivých typech a délkách intervalu 79
Tabulka 9: Koeficienty jednotlivých prediktorů, směrodatná odchylka, t statistika a p-hodnota pro smíšený lineární model pro reprodukci 81
Tabulka 10: Výsledky Tukeyho testu mnohonásobného porovnávání pro jednotlivé bloky, typy intervalu, délku intervalu a verze pro časovou reprodukci 82
Tabulka 11: Výsledky Tukeyho testu mnohonásobného porovnávání mezi typy intervalu o stejné délce pro časovou reprodukci 84
Tabulka 12: Koeficienty jednotlivých prediktorů, směrodatná odchylka, t statistika a p-hodnota pro smíšený lineární model pro reakční čas 85
Tabulka 13: Výsledky Tukeyho testu mnohonásobného porovnávání pro jednotlivé bloky, typy intervalu, délku intervalu a verze pro reakční čas 86
Tabulka 14: Deskriptivní statistika jednotlivých subškál dotazníku Gold-MSI a škály Všeobecné hudebnosti 87
Tabulka 15: Cronbachovo Alfa škál v dotazníku Gold-MSI 88
Tabulka 16: Průměr Mean (SD), Median a výsledky Shapiro-Wilkova testu normality dat pro chybu přesnosti časového odhadu v jednotlivých typech intervalů 89

Tabulka 17: Spearmanova korelace r_s a p-hodnoty pro jednotlivé škály dotazníku Gold-MSI 89
Tabulka 18: Spearmanova korelace r_s mezi chybou přesnosti časového odhadu pro jednotlivé typy intervalů se subškály dotazníku Gold-MSI..... 90

Seznam zkratek

APA	*American Psychological Association*
BPM	*Beats per minute* – Počet dob za minutu
DAT	*Dynamic Attending Theory* – Dynamická teorie očekávání
DTI	*Divided Time Illusion* – Iluze rozděleného času
MTS	*Multiple Time-scale Model*
SET	*Scalar Expectancy Theory* – Skalární teorie očekávání
SBF	*Striatal Beat Frequency Model*
SDN	*State-dependent network*
SSI	*Sustained Sound Illusion* – Iluze kontinuálního tónu

Příloha 1.

Dotazník Gold-MSI

Otázky č. 1 až 31 škála 1-7: Naprosto nesouhlasím – Nesouhlasím – Spíše nesouhlasím – Nevím – Spíše souhlasím – Souhlasím – Naprosto souhlasím

1. Trávím hodně svého času aktivitami souvisejícími s hudbou.
2. Někdy si vybírám hudbu, ze které mi může běhat mráz po zádech.
3. Užívám si psaní o hudbě, například na blozích nebo ve fórech.
4. Když někdo začne zpívat píseň, kterou neznám, obvykle se dokážu připojit.
5. Jsem schopen(a) posoudit, jestli je někdo dobrý zpěvák nebo ne.
6. Obvykle poznám, když nějakou skladbu či písničku slyším poprvé.
7. Dokážu zpívat nebo hrát zpaměti.
8. Oslovují mě hudební styly, které neznám, a chci pak vědět více.
9. Hudba ve mně málokdy vyvolává emoce.
10. Jsem schopen(a) zpívat správné tóny, když zpívám společně s nahrávkou.
11. Je pro mě těžké všimnout si chyb v podání skladby či písničky, a to i tehdy, když znám melodii.
12. Dokážu srovnat dvě podání té samé skladby či písničky a diskutovat o rozdílech mezi nimi.
13. Mám problém poznat skladbu či písničku, kterou znám, pokud je zahraná odlišným způsobem nebo někým jiným.
14. Nikdy jsem nebyl(a) pochválen(a), že mám hudební nebo pěvecký talent.
15. Často čtu a hledám si na internetu věci spojené s hudbou.
16. Často si vybírám určitou hudbu, aby mě namotivovala nebo nabudila.
17. Nejsem schopen(a) zpívat s někým v harmonii, když zpívá píseň, kterou znám.
18. Poznám, když někdo zpívá nebo hraje mimo rytmus.
19. Jsem schopen(a) poznat, co je na dané skladbě či písničce výjimečného.
20. Jsem schopen(a) mluvit o emocích, které ve mně nějaká skladba či písnička vyvolává.
21. Neutrácím moc ze svého čistého příjmu na hudbu.
22. Poznám, když někdo zpívá nebo hraje falešně.
23. Když zpívám, nemám žádnou představu o tom, jestli zpívám falešně nebo ne.
24. Hudba je pro mě tak trochu závislostí – nemohl(a) bych bez ní žít.
25. Nerad(a) zpívám na veřejnosti, protože se bojím, že budu zpívat mimo melodii.

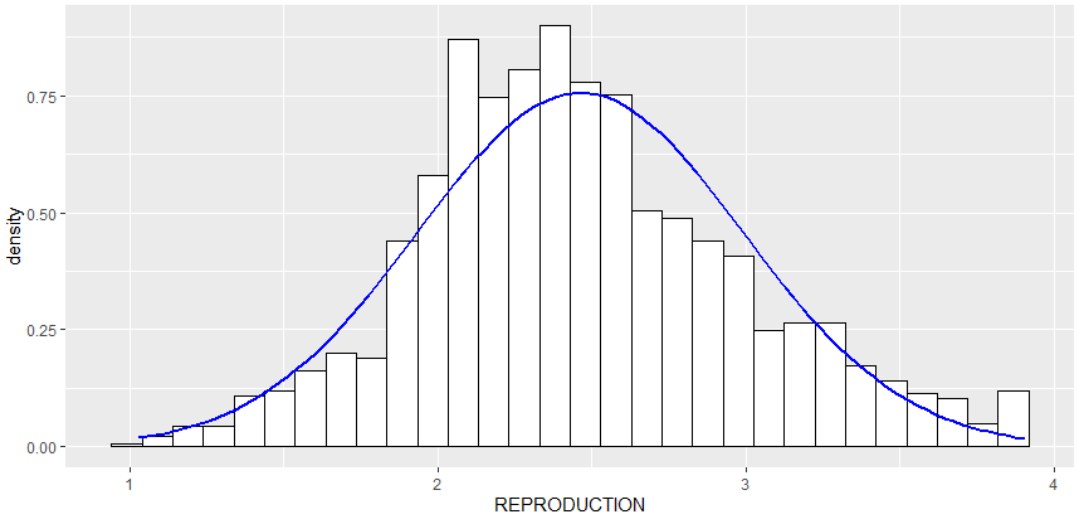
26. Když slyším nějakou skladbu či písničku, obvykle dokážu říct, o jaký žánr se jedná.
27. Neřekl(a) bych o sobě, že jsem hudebník.
28. Udržuji si přehled o nové hudbě (např. o nových interpretech nebo nahrávkách), na kterou narazím.
29. Poté, co slyším dvakrát nebo třikrát nějakou novou písničku, dokážu ji obvykle zazpívat sám(a).
30. Stačí mi, abych slyšel(a) nějakou novou melodii jednou, a o několik hodin později ji dokážu zazpívat.
31. Hudba mi dokáže vyvolat vzpomínky na lidi a místa z minulosti.

32. Uveďte počet let – Věnovala(a) jsem se pravidelnému, dennímu cvičení na hudební nástroj (včetně zpěvu) po dobu: 0/1 rok/2 roky/3 roky/4-5 let/6-9 let/10 a více let
33. Uveďte počet hodin cvičení denně na nástroj, kterému jste se věnoval(a) nejvíce – V době svého největšího zájmu jsem cvičil(a): 0 hodin denně/0,5 hodin denně/1 hodinu denně/1,5 hodiny denně/2 hodiny denně/3-4 hodiny denně/5 a více hodin
34. Za poslední rok jsem se zúčastnil(a) jako divák: 0 živých vystoupení/1 živých vystoupení/2 živých vystoupení/3 živých vystoupení/4-6 živých vystoupení/7-10 živých vystoupení/11 a více živých vystoupení
35. Uveďte počet let formálního vzdělání hudebního teorie: 0 let/0,5 roku/1 rok/2 roky/3 roky/4-6 let/7 a více let
36. Uveďte počet let formálního vzdělání hry na nástroj (včetně zpěvu): 0 let/0,5 roku/1 rok/2 roky/3-5 let/6-9 let/10 a více let
37. Dokážu hrát na: 0 hudebních nástrojů/1 hudební nástroj/2 hudební nástroje/3 hudební nástroje/4 hudební nástroje/5 hudebních nástrojů/6 a více hudebních nástrojů
38. Pozorně poslouchám hudbu: 0-15 minut denně/15-30 minut denně/30-60 minut denně/60-90 minut denně/2 hodiny denně/2-3 hodiny denně/4 a více hodin denně
39. Nejlépe hraji na tento hudební nástroj (včetně zpěvu):

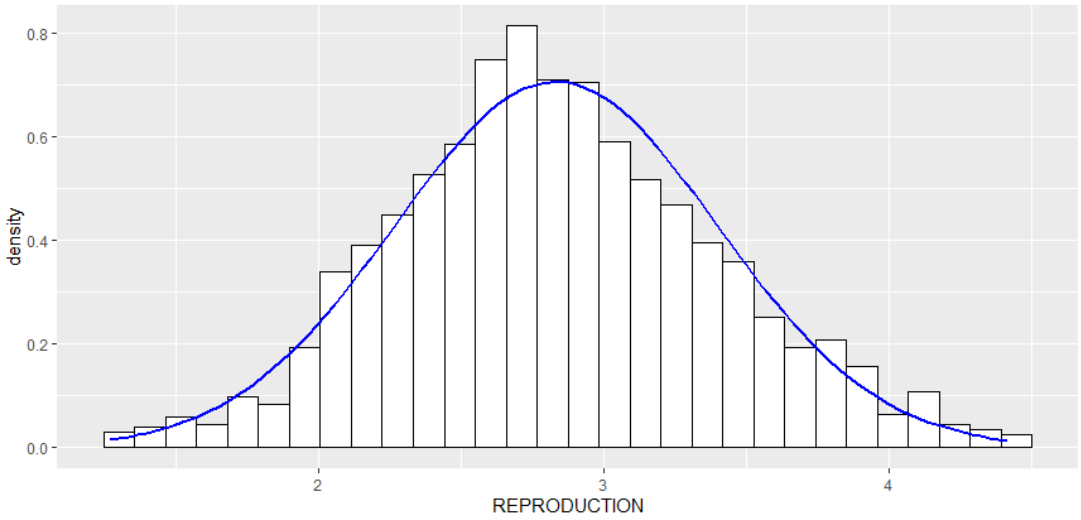
40. Zaměstnání (zaškrtněte tu možnost, které se věnujete nejvíce): Student na ZŠ/SŠ/ Student na VŠ/ Práce na plný úvazek/ Práce na částečný úvazek/ OSVČ/ Rodičovská dovolená/ Nezaměstnaný(á)/ Důchodce
41. Jaké je Vaše nejvyšší dosažené vzdělání? Bez školního vzdělání/ ZŠ/ SŠ/ SŠ s maturitou/ Bc./ Mgr. či Ing./ Jiné akademické tituly (PhD., doc, …)

Příloha 2.

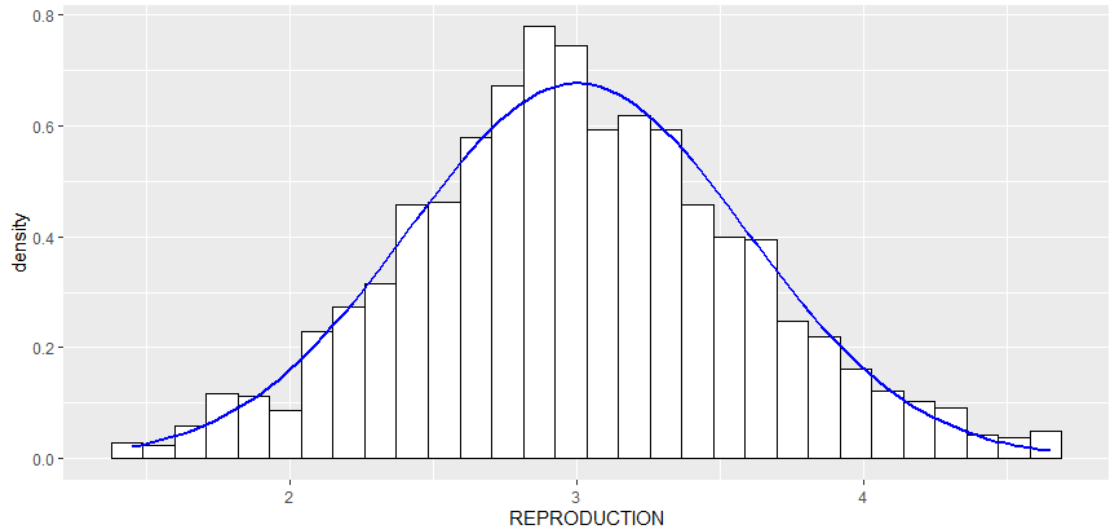
Grafy rozložení dat



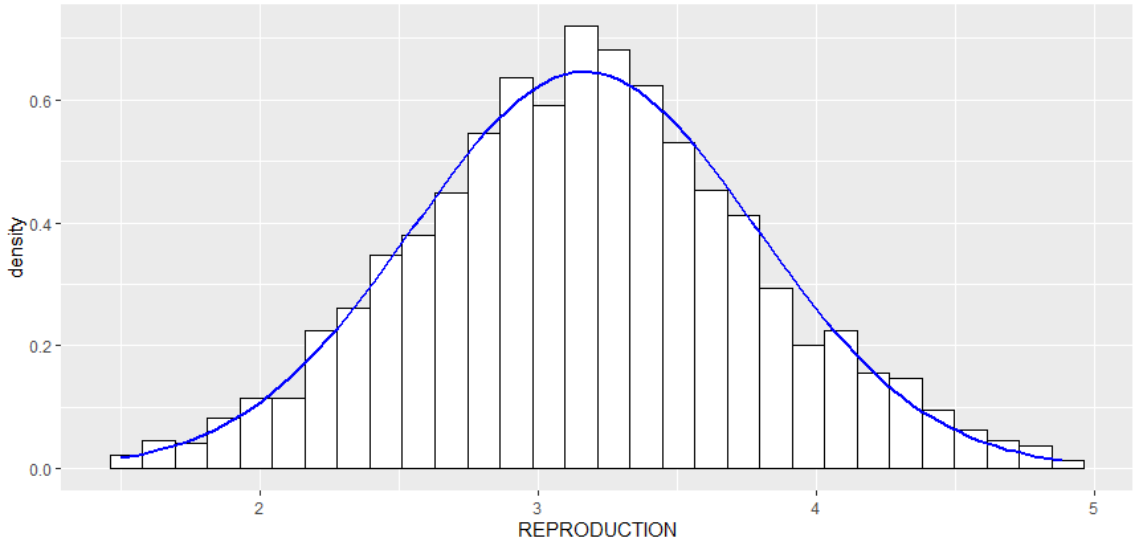
Histogram rozložení dat pro reprodukci pro interval délky 2 s



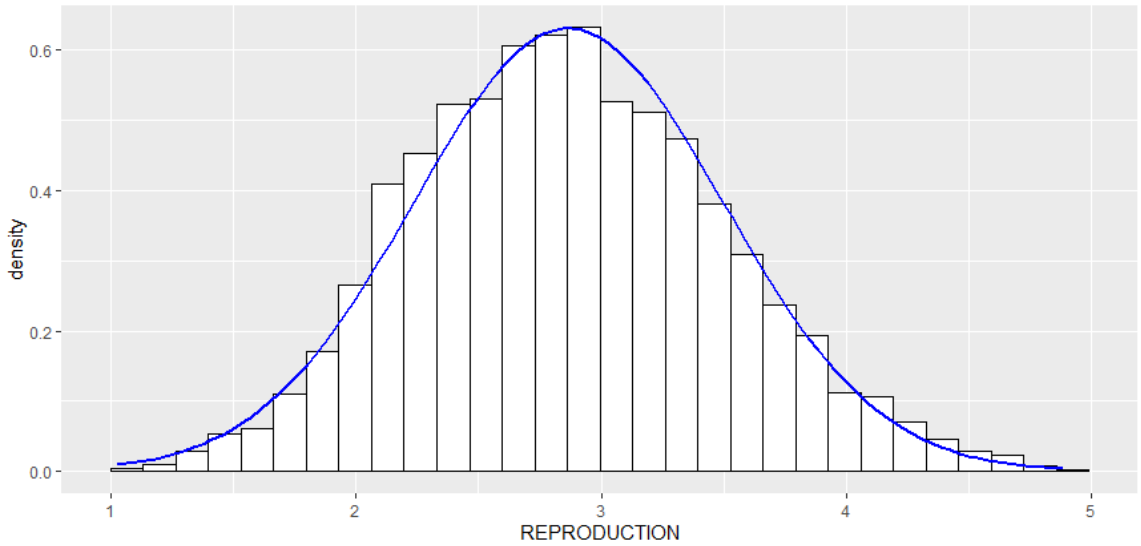
Histogram rozložení dat pro reprodukci pro interval délky 2.5 s



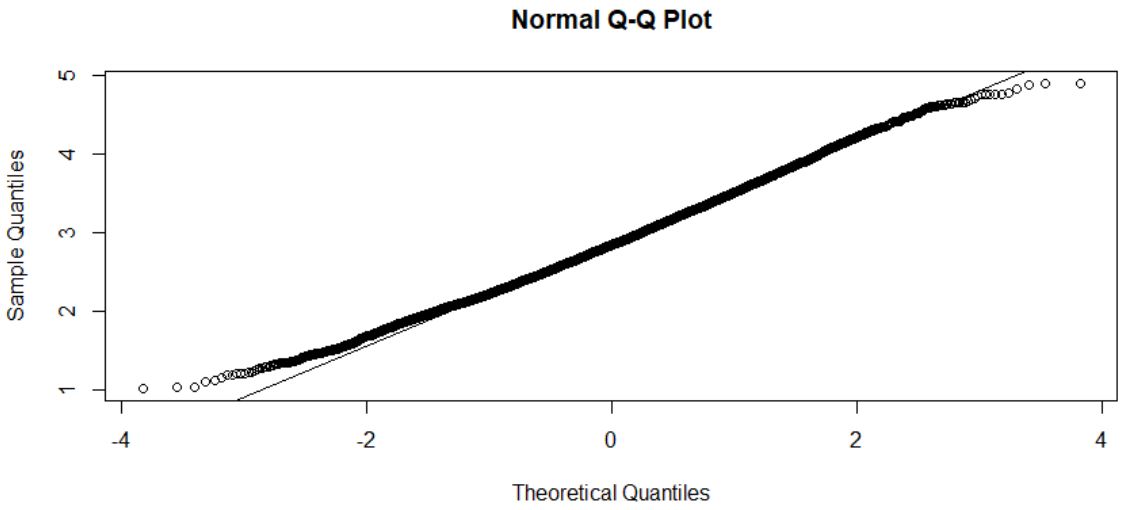
Histogram rozložená dat pro reprodukci pro interval délky 2.75 s



Histogram rozložení dat pro reprodukci pro interval délky 3 s



Celkový histogram rozložení dat pro reprodukci ve všech časových délkách



Q-Q graf normální rozložení dat pro reprodukci ve všech časových délkách

Příloha 3.

condition	r	p-value
2s_empt	0.722	<.001
2s_full	0.585	<.001
2s_leg	0.691	<.001
2s_stac	0.685	<.001
2.5s_empt	0.777	<.001
2.5s_full	0.613	<.001
2.5s_leg	0.747	<.001
2.5s_stac	0.618	<.001
2.75s_empt	0.660	<.001
2.75s_full	0.566	<.001
2.75s_leg	0.697	<.001
2.75s_stac	0.650	<.001
3s_empt	0.705	<.001
3s_full	0.590	<.001
3s_leg	0.664	<.001
3s_stac	0.698	<.001

Spearmanova korelace průměrné délky odhadovaného intervalu a zadaného intervalu (ratio) pro jednotlivé délky a typy intervalů mezi verzemi 1 a 2

condition	r	p-value
2s_empt	0.190	0.155
2s_full	0.298	0.022
2s_leg	0.210	0.113
2s_stac	0.158	0.231
2.5s_empt	0.146	0.274
2.5s_full	0.042	0.756
2.5s_leg	0.046	0.732
2.5s_stac	0.237	0.071
2.75s_empt	0.194	0.144
2.75s_full	0.200	0.128
2.75s_leg	0.224	0.092
2.75s_stac	0.242	0.065
3s_empt	0.069	0.606
3s_full	-0.140	0.297
3s_leg	0.117	0.383
3s_stac	0.042	0.751

Spearmanova korelace koeficientu variace pro reprodukci pro jednotlivé délky a typy intervalů mezi verzemi 1 a 2

condition	r	p-value
2s_empt	0.117	0.385
2s_full	0.318	0.013
2s_leg	0.277	0.035
2s_stac	0.284	0.029
2.5s_empt	0.112	0.405
2.5s_full	0.100	0.454
2.5s_leg	0.043	0.748
2.5s_stac	0.256	0.050
2.75s_empt	0.223	0.092
2.75s_full	0.124	0.348
2.75s_leg	0.226	0.088
2.75s_stac	0.245	0.061
3s_empt	0.110	0.410
3s_full	-0.204	0.128
3s_leg	0.157	0.238
3s_stac	0.046	0.729

Spearmanova korelace směrodatné odchylky reprodukce pro jednotlivé délky a typy intervalů mezi verzemi 1 a 2

Příloha 4.

Instrukce k experimentu:

*„Dobrý den, vítejte na experimentu **Odhadu délky trvání zvukových nahrávek**. Tento experiment sestává z více částí. V první budete posuzovat délku zvukových nahrávek. Druhá bude spočívat ve vyplnění krátkého elektronického dotazníku. Nyní začneme první částí.*

První část experimentu bude probíhat na počítači. Budete mít na hlavě sluchátka, kterými uslyšíte zvukové nahrávky. Budete posuzovat délku trvání těchto krátkých nahrávek, které budou vyplněny několika typy tónů. Nejprve budete mít krátký zácvik, kde se seznámíte se všemi typy nahrávek a ujistíte se, zda průběhu experimentu rozumíte. Poté bude následovat vlastní experiment, který bude mít celkem čtyři bloky po 16 intervalech. Mezi jednotlivými bloky si můžete dát krátkou přestávku, ke které budete vyzváni na obrazovce. Celkem bude tato část experimentu trvat asi 20 minut.

Začátek každé nahrávky je počítán od zaznění prvního tónu a konec s dozněním posledního tónu. Během puštěné nahrávky uvidíte černou obrazovku. Vaším úkolem bude poté uvést, jak dlouhá Vám nahrávka připadala. Časový odhad budete provádět metodou reprodukce – tedy podržení mezerníku na tak dlouho, jak si myslíte, že nahrávka trvala. Po skončení nahrávky se na obrazovce objeví bílý otazník. To je výzva k začátku reprodukce. Hodnocení délky trvání započne ve chvíli, kdy stisknete mezerník a skončí ve chvíli, kdy jej pustíte. Poté, co uvedete pomocí mezerníku, jak dlouhá Vám nahrávka připadala, stiskněte šipku „doprava“ na klávesnici, čímž spustíte další nahrávku. Tyto instrukce si ještě jednou zopakujete při spuštění experimentu a při zácviku.

Během experimentu si prosím v duchu nepočítejte trvání nahrávek. Snažte se odpovídat dle svého pocitu.

Během experimentu se prosím soustřeďte jen na úlohu, vypněte všechna elektronická zařízení, nevěnujte se jiným činnostem, nejezte ani nepijte. Po skončení experimentu se obraťte na administrátora. Máte nějaké dotazy?“