AKADEMIE MÚZICKÝCH UMĚNÍ V PRAZE

HUDEBNÍ A TANEČNÍ FAKULTA

Hudební umění

Skladba

DIPLOMOVÁ PRÁCE

PARADOXY HUDEBNÍHO SLYŠENÍ (SLUCHOVÉ ILUZE A JEJICH VYUŽITÍ JAKO KOMPOZIČNÍHO PRVKU)

Soňa Vetchá

Vedoucí práce:	prof. Ivan Kurz
Konzultant práce:	Ing. Zdeněk Otčenášek, Ph.D.
Oponent práce:	prof. Hanuš Bartoň, MgA. Radim Bednařík
Datum obhajoby:	12. 6. 2018
Přidělovaný akademický titul:	MgA.

Praha, 2018

ACADEMY OF PERFORMING ARTS IN PRAGUE

MUSIC AND DANCE FACULTY

Art of Music

Composition

MASTER´S THESIS

PARADOXES OF MUSICAL HEARINGS (AUDITORY ILLUSIONS AND THEIR USE AS A COMPOSITIONAL TOOL)

Soňa Vetchá

Supervisor of thesis:	prof. Ivan Kurz
Consultant of thesis:	Ing. Zdeněk Otčenášek, Ph.D.
Opponent of thesis:	prof. Hanuš Bartoň, MgA. Radim Bednařík
Date of thesis defense:	12. 6. 2018
Academic title granted:	MgA.

Prague, 2018

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že jsem Diplomovou práci na téma:

Paradoxy hudebního slyšení (Sluchové iluze a jejich využití jako kompozičního prvku)

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

Praha, dne ....

podpis diplomanta

Upozornění

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

Evidenční list

Uživatel stvrzuje svým podpisem, že tuto práci použil pouze ke studijním účelům, a prohlašuje, že ji vždy řádně uvede mezi použitými prameny.

Jméno	Instituce	Datum	Podpis

Abstrakt

Práce *Paradoxy hudebního slyšení (sluchové iluze a jejich využití jako kompozičního prvku)* pojednává o paradoxech hudebního slyšení a vnímání, v oblasti sluchových iluzí jejichž potenciál vede naší percepci k subjektivně posunutému nebo i "klamnému" vnímání a vyhodnocování zvukových podnětů. Různorodé zvukové podněty, které mohou vést k takovémuto vnímání, budou nejprve popsány a následně různou formou využívány do kompozičního procesu. Mezi hlavní body v rámci tohoto textu patří utvoření základních kategorií různých druhů sluchových iluzí, na základě jejich vzniku, projevu, popř. vlastností a společných obecných podmínek k jejich fungování. Jedna ze sluchových iluzí (kategorie zvukový klam), která je využívána v uvedených hudebních ukázkách a absolventské skladbě jako kompoziční prvek, byla před jejím užitím otestována prostřednictvím psychoakustického experimentu. Jedná se o druh bistabilního zvukového klamu, který byl utvořen za účelem zjištění vlivů a rozdílů ve vnímání v rámci jeho aplikace na různé akustické nástroje. Na tomto jevu budou porovnány subjektivní reakce dvou rozdílných kategorií osob. Jedná se o osoby s předchozími zkušenostmi z oblasti hudby a laiky, kteří se na hudebním poli v rámci svých profesí nepohybují.

Vybrané kategorie sluchových iluzí, které jsou vhodné pro kompoziční užití, jsou zpracovány různými způsoby do krátkých studií. Tyto studie budou popisovány z hlediska doporučených možností nástrojového obsazení, strukturálního principu a dopadem na celkovou stylistiku. Dalším bodem textu jsou ukázky autorů soudobé vážné hudby, kteří se těmito jevy vědomě či nevědomě inspirovali. V závěru textu je provedena analýza absolventské práce s názvem *Hyperkrychle* (čtyřrozměrné těleso), která představuje hlavní promítnutí sluchových iluzí do skladby v podobě zvukovo-časové simulace, kde je pomyslnou čtvrtou dimenzí schopnost rozmanitého subjektivní vyhodnocování naší percepce.

Klíčová slova

sluchové iluze, zvukový klam, subjektivní vnímání, György Ligeti,

Summary

This work deals about the paradoxes of musical hearing and perception, in the field of auditory illusions, whose potential leads our perception to subjective or "deceptive" evaluation of sound stimuli. These various sound stimuli will be firstly described and subsequently used in various ways in the compositional process. The main points within this text are the formation of basic categories of different types of auditory illusions, based on their origin, expression, characteristics and common general conditions for their correct function. One of the auditory illusions, which is used in musical demonstrations and the graduation composition as a compositional tool, was tested trough a psychoacoustic experiment before using it. This is a kind of bistable sound deception, that was created to detect the influences and differences in perception in its application to various acoustic instruments. On this effect will compare the subjective responses of two different categories of people.

Selected auditory illusion, that are suitable for the compositional use are processed in various ways into short studies. These studies will be described in terms of recommended options for instrumentation, structural principles and impact on overall stylistics. Another point of the text are the musical expamples from composers of contemporary classical music, who have inspired them consciously or unconsciously. The conclusion of the text is an analysis of the graduate thesis called *Hyperkrychle* (four-dimensional body), which represents the main projection of auditory illusions into a composition in the form of a time-sound simulation, where the imaginary fourth dimension is the ability of a diverse subjective evaluation of our perception.

Keywords

auditory illusion, sound deception, subjective perception, György Ligeti,

Poděkování

Vřelé poděkování patří mému vedoucímu práce prof. Ivanu Kurzovi, za jeho vždy skvělý přístup, přínosné vedení po celých pět let mého studia, velmi inspirativní rady v oblasti kompozičního myšlení a hudebního umění. A velké poděkování patří taktéž mému konzultantovi práce Ing. Zdeňku Otčenáškovi, Ph.D., za trpělivé vedení při psychoakustickém experimentu, díky čemuž jsem získala spoustu nových cenných rad a měla možnost nahlédnout do oblastí hudební a psychologické akustiky.

Obsah

1. ÚVOD 9

2. ZÁKLADNÍ PROCESY SLYŠENÍ, VZNIKÁNÍ A PŘÍČINY SLUCHOVÝCH NELINEARIT, DRUHY SLUCHOVÝCH ILUZÍ (ZVUKOVÝ KLAM - AKUSTICKÁ ILUZE - AUDIO ILUZE)
..... 12
2.1 ZÁKLADNÍ PROCESY SLYŠENÍ..... 12
2.2 PŘENOS ZVUKOVÉ INFORMACE, ZÁKLADNÍ PROCES SLYŠENÍ..... 14
2.3 VZNIKÁNÍ A PŘÍČINY SLUCHOVÝCH NELINEARIT..... 16
2.4 DRUHY SLUCHOVÝCH ILUZÍ - (ZVUKOVÝ KLAM / AKUSTICKÁ ILUZE / AUDIO ILUZE)..... 20
2.4.1 Zvukový klam, Psychoakustický experiment..... 20
2.4.2 Akustická iluze..... 47
2.4.3 Audio iluze..... 50

3.PRAKTICKÉ VYUŽITÍ VYBRANÝCH A VLASTNÍCH SLUCHOVÝCH ILUZÍ JAKO KOMPOZIČNÍHO PRVKU VE SKLADBĚ- (ROZBOR STUDIÍ PŘEDSTAVUJÍCÍ ZVUKOVÉ KLAMY A AKUSTICKOU ILUZI), POPIS PŘÍKLADŮ KOMPOZIČNÍ PRÁCE S NEJEDNOZNAČNÝMI HUDEBNÍMI PODNĚTY V TVORBĚ VYBRANÝCH AUTORŮ VÁŽNÉ HUDBY..... 54

3.1 PRAKTICKÉ VYUŽITÍ VYBRANÝCH A VLASTNÍCH SLUCHOVÝCH ILUZÍ JAKO KOMPOZIČNÍHO PRVKU VE SKLADBĚ..... 54
3.2 Principy bistability: horizontálního pásmového rozložení na melodický a ostinátní. doprovodný motiv + jednoduchá forma bistability v kompoziční praxi..... 55
3.3 ILUZE S TENDENCÍ STOUPÁNÍ/KLESÁNÍ V KOMPOZIČNÍ PRAXI..... 60
3.4 ANALOGIE K AKUSTICKÉ ILUZI - OBJEKTIVNÍ KOMBINAČNÍ TÓNY V KOMPOZIČNÍ PRAXI 67

3.5 UKÁZKY PŘÍKLADŮ KOMPOZIČNÍ PRÁCE S NEJEDNOZNAČNÝMI HUDEBNÍMI PODNĚTY V TVORBĚ VYBRANÝCH AUTORŮ VÁŽNÉ HUDBY 79
3.6 PHILL NIBLOCK 80
3.7 GYORGY LIGET 83
3.8 STEVE REICH..... 87
3.9 ALVIN LUCIER..... 89
3.10 IVAN KURZ..... 91

4. ANALÝZA ABSOLVENTSKÉ KOMPOZICE S NÁZVEM "HYPERKRYCHLE"..... 95
4.1 HLEDISKO TEORETICKÉ A INSPIRAČNÍ..... 95
4.2 HLEDISKO ANALYTICKÉ..... 99
4.2.1 Reminiscenční dovětek- (úvod)/první segment (minulost)..... 100
4.2.2 Druhý segment (přítomnost)..... 102
4.2.3 Třetí segment (budoucnost)..... 102
4.2.4 Čtvrtý segment (splynutí-zjednodušení)/ reminiscenční dovětek..... 107
5. ZÁVĚR..... 109

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 111
INTERNETOVÉ PRAMENY 113
SEZNAM OBRÁZKŮ 115
SEZNAM ZKRATEK 118

Úvod

Cílem této práce je zmapování a následné využití potenciálu zkreslené percepce při vjemové analýze konkrétních hudebních jevů, které budou následně uplatněny jako kompoziční prvky ve skladbě. Ke zkreslení naší percepce může docházet například prostřednictvím "klamného" vyhodnocení specifického zvukového podnětu našimi smyslovými receptory v mozku nebo nelinearitami vznikajícími v rámci přenosové funkce lidského sluchového orgánu. Tuto skutečnost se pokusíme různorodě využít a následně ji promítnout do kompozičního myšlení, čímž rozšíříme prostor při vnímání hudebního dění v našem časoprostoru o další možnosti. Například z hlediska vjemu struktury, času, témbru, organizace a poměru tónových výšek, manipulací s registry nebo subjektivním přepínáním mezi rolemi jednotlivých vrstev. Jedním ze záměrů je podpořit domněnku, že sluchová iluze může být plnohodnotným kompozičním prvkem v rámci struktury hudební plochy, jako každý jiný zvukový projev, ať už v podobě melodických ozdob, multifonik nebo jiných rozšířených technik a kompozičních přístupů.

Zmíněnými hudebními jevy, které jsou předmětem různých psychosakustických výzkumů pro akustiky, hudebníky (skladatele a teoretiky), kognitivní psychology a neurovědce, jsou v obecném znění ***sluchové iluze (auditory illusions)***. Obecný význam slova iluze popisuje zkreslení reality, ke kterému dochází na základě vyslaného *stimulu/podnětu* do části našeho ucha a mozku, který vyhodnocují naše smyslové receptory "chybně" či zkresleně. Tyto vjemy reálně vlastně neexistují (ať už se jedná o *iluzi sluchovou, prostorovou* nebo například *optickou,* základní princip je stejný).

Základem je reálný zvukový podnět (stimul), jehož specifické vlastnosti, ve smyslu konstrukčním, proporčním, akustickém, spektrálním nebo vlivem různých intenzit hladin akustického tlaku v podobě změn v hlasitosti, mohou být příčinou zkresleného a zároveň také proměnlivého procesu našeho vnímání. Například: jakýsi konkrétní hudební útvar nebo rytmický proces, je fixně dán v notovém zápisu v rámci partitury (objektivní realita) a následně takto interpretován. V momentě, kdy je takovýto hudební úsek poslouchán lidskou bytostí a jejím v úvozovkách nedokonalými smyslovými procesy, vzniká zde nesoulad mezi notovým zápisem a tím, jaké hudební vzorce, patterny, rytmické vrstvy či útvary

vyhodnotila naše percepce za domněle správné (subjektivní realita). Výsledky psychoakustických testů často vypovídají o existenci různých možností či kombinací toho, jak podobně, stejně, popř. odlišně, můžeme vnímat jeden a ten samý úsek (bsah první kapitoly bude zasvěcen této obecné tématice blíže a budou dány do souvislostí a podrobněji popsány již zmíněné pojmy a jejich fungování, popř. rozdíly mezi nimi, a také to, jakými procesy k nim dochází).

Kalifornská psycholožka a především průkopnice v této oblasti profesorka Diana Deutsch, která působí na Universitě v San Diegu, se po celý svůj život touto problematikou aktivně a širokospektrálně zabývá. Ve svém prvním vydání knihy s názvem *The Psychology of Music I*, označuje rok 1982 za prvopočátky rozvoje v této interdisciplinární oblasti. Zejména roli hudebních skladatelů a teoretiků je přikládán jeden z nejstěžejnějších významů, díky jejichž schopnostem zpracovávat a transformovat hudební struktury a myšlenky dostáváme klíčová řešení v počátečních otázkách bádání. Se zkreslováním percepce, akustickými iluzemi či prací s nejednoznačnými hudebními podněty, pracovalo různými způsoby (nevědomě/vědomě) ve svých kompozicích několikero skladatelů v dějinách hudby. Mezi tyto autory patří například Gyorgy Ligeti, Steve Reich nebo Claude Debussy. Nejvíce blízko k práci s těmito jevy měl skladatel Gyorgy Ligeti, který podle svých vlastních slov jednu dobu přímo pracoval s analogií optické a sluchové iluze (viz. zdroj).

Zdroj: Diana Deutsch, Psychology of music 1st edition, **Edition, 2013, pp xvii + 765 ISBN-10: 012381460X ISBN-13: 978-0123814609, http://jiyounkang.com/wordpress/index.php/archives/525**

V rámci první kapitoly se mimo osvětlení základních pojmů a z nich plynoucích procesů, zaměříme na výsledky psychoakustického experimentu, jehož předmětem bylo zkoumání, zda má nástrojové spektrum a náhlé změny amplitudy vliv na vnímaný tvar opakující se sedmitónové sekvence v čase. Tento jev bude vyhodnocen na základě subjektivních výpovědí v kategorie laiků a osob s předchozími zkušenostmi z oblasti hudby. Po uvedení do podstaty tohoto tématu a následném vysvětlení příkladů různých kategorií sluchových iluzí a podmínek pro jejich fungování v praxi (první kapitola), se zaměříme na využití těchto paradoxů hudebního slyšení jako kompozičního prvku ve skladbě (druhá kapitola), a to prostřednictvím vlastních využití sluchových iluzí, včetně jejich dalších známých příkladů, které budou popsány, a posléze aplikovány v krátkých

kompozičních studiích, vztahujících se vždy k dané kategorii příslušné sluchové iluze. Ke každé studii bude pro lepší orientaci připojena pro tento účel speciálně vytvořená audio ukázka a notový záznam. Dalším bodem druhé kapitoly bude popis těchto jevů ve vybraných kompozicích novodobých autorů, kteří s těmito prvky a myšlenkami různou formou pracovali, a byli pro mne jedním z inspiračních zdrojů. Cílem nejsou detailní analýzy vybraných kompozic, ale vysvětlení fungování dané sluchové iluze v rámci kontextu hudební struktury, ve které fungují, popřípadě jakou roli a vliv na ni mají. Celý okruh tohoto tématu a zpracovaných studií bude zaměřen ve své praktické části na akustické nástroje, s výjimkou absolventské kompozice, která má akustickou verzi s připojenou eleketroakustickou stopou

Obsahem třetí kapitoly bude analýza absolventské orchestrální práce s názvem *Hyperkrychle*. Rozčlenění této poslední kapitoly bude uspořádáno do dvou hlavních částí *a) hledisko teoretické /inspirační* a hledisko *b) analytické*. Hyperkrychle představuje *4rozměrný* krychlový útvar s vlastnostmi, které byly prvotní inspirací pro začleňování *sluchových iluzí* do kompozičního procesu. Tedy předmětem zde není pokus o dokonalé kopírování geometrického útvaru, (což je v tomto případě vlastně nemožné, jelikož jsme bytostmi 3 rozměrnými), ale o jeho potenciál fungovat jako jeden celistvý prostorový objekt, v momentu propojení a splynutí dvou stejných krychlí. Tento aspekt by se měl do kompozice nejvíce promítnout za pomocí čtyř hlavních časových dějů, jejichž evolučně se vrstvící pásma budou postupně zkreslována příslušnou charakteristickou sluchovou iluzí. Celá plocha kompozice tedy utváří simulaci jednoho celistvého nadřazeného děje, kterým je předloha čtvrtého rozměru. Cílem je snažit se vyvolat subjektivní podobu proměnlivého vnímání hudební plochy, jejího zvuku a plynutí "pozměněného času". Náplní této skladby je tedy pokus o utvoření časově-zvukové simulace, kde si vyšší rozměr představujeme nebo-li nahrazujeme jiným rozměrem vnímání v podobě subjektivního vyhodnocování zvukových a časových událostí v rámci znějícího hudebního celku.

2. Základní procesy slyšení, vznikání a příčiny sluchových nelinearit, druhy sluchových iluzí (zvukový klam - akustická iluze - audio iluze)

Hlavní náplní první kapitoly je rozbor významu uvedených pojmů a způsob fungování z nich plynoucích procesů, jejichž popis je nezbytnou součástí k rozvinutí navazujících myšlenek v textu. Než přistoupíme k realizaci v podobě kompoziční složky, začneme tím, jak obecně funguje naše ucho a díky čemu může vůbec docházet ke vzniku některých druhů subjektivních jevů. Pokusíme se je rozlišit podle jejich typických vlastností a vysvětlit základní principy rozdílů mezi nimi. Konkrétně tedy skrze rozřazení do specifických kategoriích, které jsou odvozeny ze způsobu vzniku a fungování dané sluchové iluze. V každé kategorii sluchových iluzí budou uvedeny konkrétní příklady a jejich principy fungování. V další části této kapitoly bude popsán a vyhodnocen provedený psychoakustický experiment (test), který se zabývá fungováním konkrétní sluchové iluze (kategorie zvukový klam) na akustických nástrojích a vlivem amplitudy na její průběh.

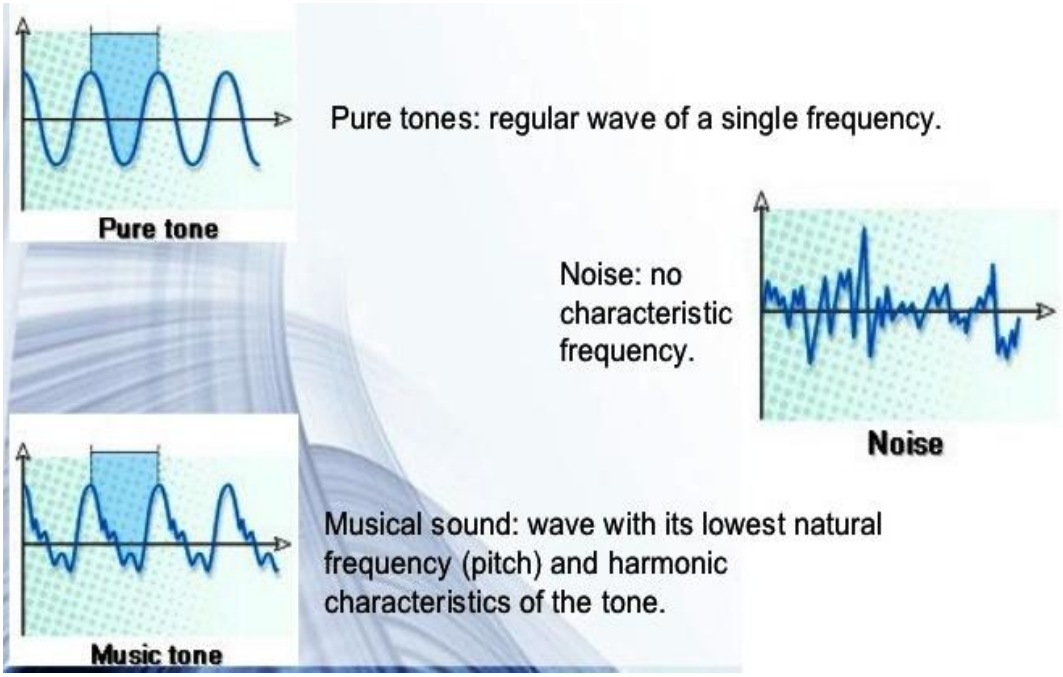
2.1 Základní procesy slyšení

Na ucho můžeme nahlížet jako na *akusticko fyziologický převodník*, který přijímá zvukové informace ve frekvenčním rozmezí cca od 16 Hz až do 20 kHz, které převádí na nervové vzruchy a následně vyhodnocuje. (Během života se nejčastěji snižuje vrchní hranice 20kHz). Pokud je náš sluch v pořádku, máme přirozenou schopnost tzv. *binaurálního slyšení*, které nám primárně slouží k lokalizaci poloh zvukových zdrojů (následující informace byly čerpány z knihy [Zděněk Otčenášek: *O subjektivním hodnocení zvuku*], tento odkaz již nebude znovu opakovaně u jednotlivých informací uváděn). Podle umístění zvukového zdroje vůči naší hlavě akustický signál do každého ucha přichází shodně (zepředu či zezadu) nebo rozdílně (z boků), díky čemuž rozpoznáváme směr a polohu, odkud zvuk působí. Pro určování směru hraje důležitou roli také ušní boltec zhruba od akustické frekvence nad 500Hz. Fyziologické schopnosti slyšení jsou do značné míry obecné, ale vyhodnocování sluchových vjemů je subjektivní záležitostí. Zaměření posluchače, jeho zkušenosti s poslechem, motivace, pozornost a soustředění apod. do značné míry individuálně mění smyslový vjem, což se projevuje, například rozdílným popisem toho, co slyšeli, od různých

posluchačů, oproti tomu, jaký reálně byl akustický signál v prostoru (z fyzikálně objektivního hlediska).

Vznik samotného zvuku, který se prostorem došíří k posluchači, je spouštěčem "fyziologické reakce", která postupně vede až k hlavnímu procesu odehrávajícímu se uvnitř ucha a sluchové dráze mozku, kde se plně zaktivuje funkce slyšení. Zvuk se stane opravdu zvukem až v momentě, kdy je vnímán člověkem, do této doby se jedná pouze o fyzikální veličinu, v podobě akustického signálu. Z čistě akustického hlediska je zvuk kmitání hmoty (může vznikat ve všech skupenstvích, ale pro slyšení je důležité rozkmitání plynného prostředí obklopujícího hlavu posluchače). Sluchový vjem je v podstatě odrazem vlastností tohoto kmitavého pohybu hmoty. Z hudebního hlediska rozlišujeme zvuky "tónového" a "hlukového" charakteru. Tyto dva základní typy rozlišujeme podle toho, zda příslušný zvuk: a) tón - obsahuje pravidelně se opakující periodu, díky níž lze rozeznat výšku tónu, b) hluk - nemá určitou vyladěnou periodu,tudíž nemůže vzniknout žádný specifický tón.

Zdroje: Václav Syrový, Hudební akustika, ISBN 80-7331-901-2, AMU, Praha 2003,

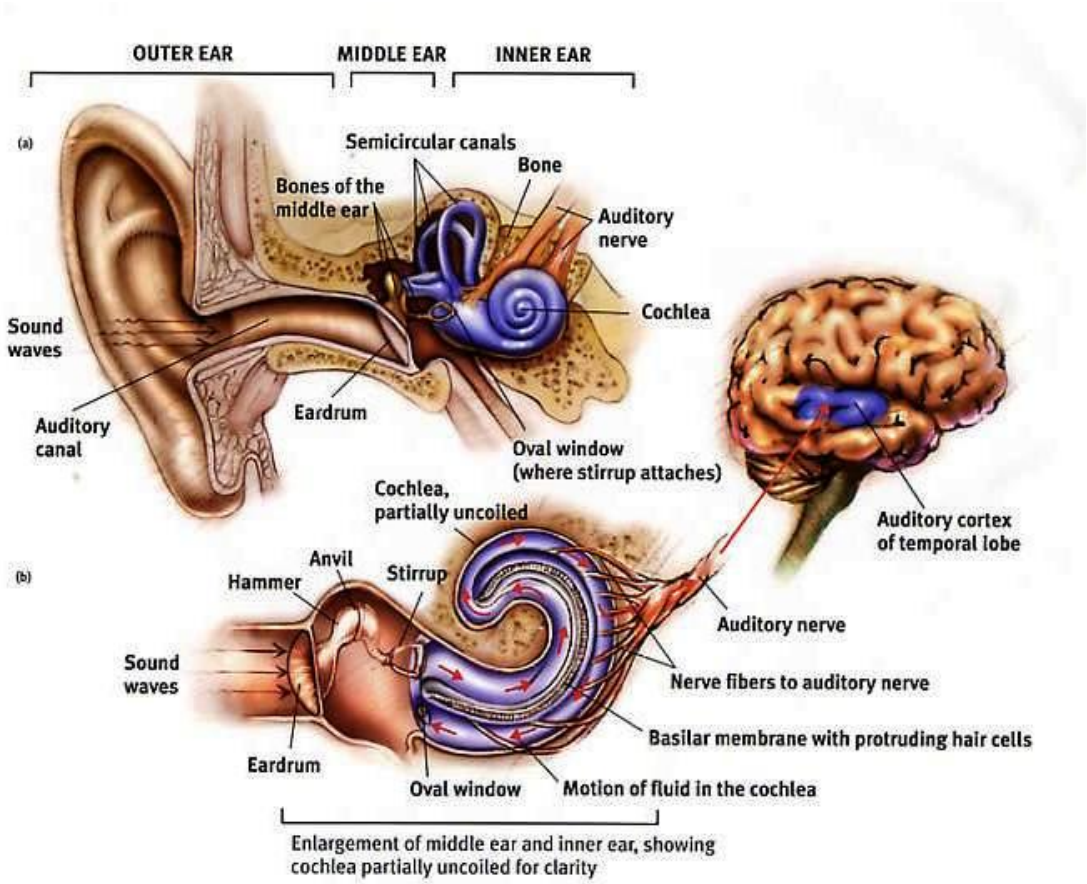


Obrázek č. 1, vlevlo nahoře: časový průběh akustického tlaku zvukového signálu tónového charakteru, který obsahuje jedinou frekvenční složku (úsečka vyznačuje periodu) sinusového tvaru, vlevo dole:hudební zvuk tónového charakteru obsahujícího řadu frekvenčních složek, jejichž frekvence jsou celistvými násobky základní frekvence (úsečkou vyznačené periody),vpravo: neperiodický signál hlukového charakteru
Zdroj: https://www.slideshare.net/JuliePen/the-physics-of-music

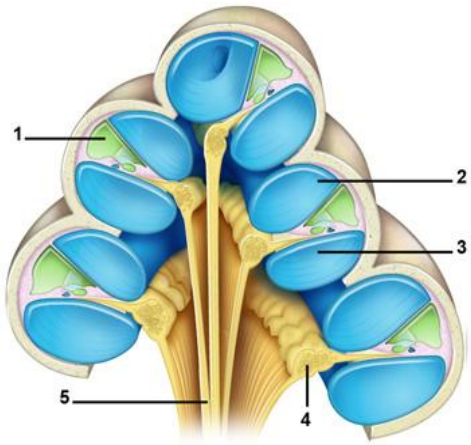
2.2 Přenos zvukové informace, základní proces slyšení

K tomu, aby se zvuk šířil od zdroje, potřebuje molekuly vzduchu. Z akustického hlediska se pro vysvětlení šíření zvuku používá akustických částic, jelikož teplem rozkmitané molekuly obsažené ve vzduchu se chaoticky pohybují všemi směry a nikoli jen ve směru šíření zvuku. Akustická částice je tak velká množina molekul, že se chaotický pohyb vzájemně vyruší a převládne akustický pohyb částice jako celku. Čím je vyšší teplota vzduchu, tím rychleji se zvukové vlny šíří prostorem. Dalším procesem je pak působení akustického tlaku na naše sluchové ústrojí. Zvukové vlny, které se šíří prostředím jsou nejprve zachyceny vnějším uchem, kde proudí dál zvukovodem k bubínku, který pak následně rozkmitají. Přenos akustických vibrací dále pokračuje do středního ucha, kde se nachází pohyblivé sluchové kůstky: kladívko, kovadlinka a třmínek. (Při nadměrném akustickém tlaku nad 80 decibelů dochází k vychýlení a zatlumení těchto kůstek a bubínku *bubínkovým* a *třmínkovým* reflektorickým svalem, což tvoří obranný mechanismus před příliš silnými zvuky a možným následným poškozením sluchu). Od sluchových kůstek pokračuje akust. převod do tzv. kochley nebo-li hlemýždě, kde zvukové vibrace rozpohybují kapalinu uvnitř. Rozdíly tlaků v hlemýždi se tekutina pohybuje a ohýbá vlásky vláskových buněk, čímž je zaktivuje a ty vytvářejí nervové vzruchy. Tyto neuronální signály jsou dále přenášeny nervovými vlákny v sluchovém nervu až do mozku, kde jsou vyhodnocovány jako zvuková informace.

Na obrázku č.2 níže, je vyobrazen základní proces zpracování akustického signálu naším sluchovým orgánem přes sluchový nerv až do mozku, kde je tato informace vyhodnocena v rámci našeho sluchového kortexu jako zvukový vjem s určitými vlastnostmi.



Obrázek č. 2 a), základní proces přenosu akustického tlaku vnějším uchem přes zvukovod do bubínku, který je následně rozkmitán akustickými vibracemi putujícími přes sluchové kůstky do kochley. Tekutina v kochlee rozpohybuje vláskové buňky, jejichž následně vysílané nervové vzruchy jsou přenášeny nervovými vlákny do mozku. V tomto momentu se z akustického signálu stává zvuková informace.
Zdroj: http://www.rhsmpsychology.com/Handouts/diagram_of_the_ear.htm



Obrázek č.2 b*)," Kochlea je tvořena třemi kanály zabalenými kolem osy kostí, modiolus. Tyto kanály jsou: scala tympani (3), scala vestibuli (2) a scala média (nebo kochleární kanál) (1). Skalní tympani a vestibul jsou naplněny perilymphou (v modré barvě) a jsou spojeny malým otvorem na vrcholu kochley, který se nazývá helicotrema. Trojúhelníková scala média, umístěné mezi skalou vestibuli a tympani, jsou naplněny endolymfou (zeleně). Mezi scala média a scala tympani je struktura zvaná Cortiho orgán. Neuronové prvky (znázorněné žlutě) jsou neurony spirálních ganglií (4) a sluchový nerv (5) v modiolární rovině."*
Zdroj: http://www.cochlea.eu/en/cochlea

2.3 Vznikání a příčiny sluchových nelinearit

Sluchové nelinearity, díky kterým dochází za určitých podmínek k rozdílnému působení a vyhodnocení daného zvukového objektu, jsou v přeneseném slova smyslu jednou z kategorií sluchových iluzí (akustická iluze viz. níže). Nelinearity v převodním aparátu se týkají hlediska fyziologického. Dalším zdrojem subjektivního vnímání zvukové informace je mozek, který informaci ze smyslových receptorů "klamně" vyhodnotí. V následujícím textu bude popsán základní princip toho, jak tyto jevy vlastně vznikají, ještě dříve než dojdeme k popisu a třídění konkrétních druhů iluzí.

a) vznik primárně vycházející z fyziologického hlediska

Přenos zvukových informací sluchovým ústrojím má vliv na souhlas vlastností sluchového vjemu s vlastnostmi zvukového signálu, Velký vliv se odehrává v centru slyšení v hlemýždi, kterým je *Cortiho orgán.* Ten se nachází na *bazilární membráně*, která se vlní v důsledku přímého působení frekvencí o různých amplitudách. Vláskové buňky na jednom konci hlemýždě (bazilární membrány) posílají informaci o hlubokých kmitočtech a buňky, které se nachází na druhém konci posílají informaci o vysokých kmitočtech. Celá délka bazilární membrány je tedy pokryta citlivými senzory v podobě vláskových buněk s navazujícími nervovými zakončeními. Bez těchto buněk bychom neslyšeli a bez bazilární membrány nerozlišovaly jednotlivé výšky tónů ani spektrum zvuku v podobě vnímání jeho barvy. Poloha místa kde se tato membrána rozkmitá vždy závisí na druhu zvuku.

Toto centrum slyšení funguje jako lineární a za určitých okolností i *nelineární přenosový systém zvuku* v rámci uskupení vnitřního ucha. Převažující je sluchová linearita (objektivita), která zvukovou informaci nezkresluje a má schopnost ji do jisté míry i potřebně zesílit. Umožňují to vnější vláskové buňky mající schopnost zesílit nejtišší zvuk až o 40 decibelů a přitom nedojde k žádné potenciální odchylce ve vyhodnocení zvukového podnětu. Dochází k ní až v momentě, kdy přijímaná hladina akustického tlaku (zvuku) přesáhne 50 decibelů, kdy již k většímu zesílení vnějších vláskových buněk nedochází (jsou v saturaci), takže amplitudy nad touto hranicí již zesíleny nejsou. Další odchylka od lineárního působení signálu na sluchový vjem nastává na základě zpětné vazby

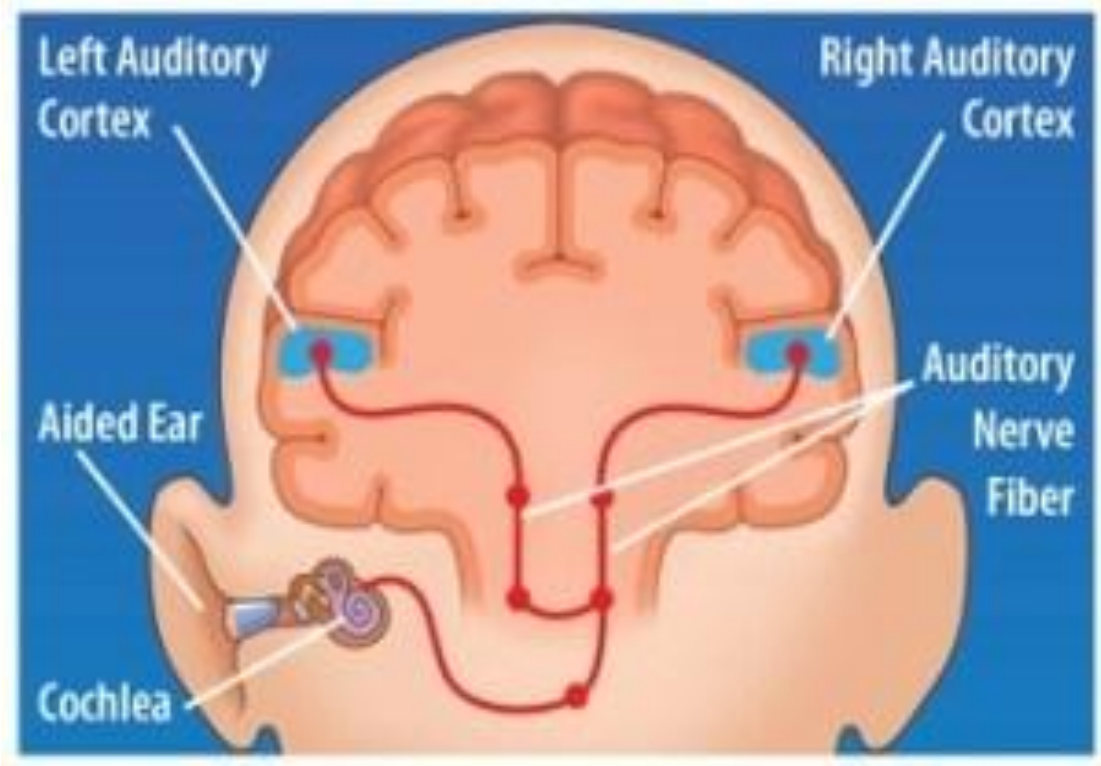
při amplitudách nad 70 decibel. Fyziologický princip, díky kterému k této nelinearitě v následném subjektivním vyhodnocení může v různých formách docházet, bude vysvětlen prostřednictvím následující citace z knihy Zdeňka Otčenáška: *"Ve středním uchu se nacházejí dva reflektorické svaly (svaly umožňující obrannou reakci sluchového systému na vlastnosti podnětu). Ke kladívku se připíná* ***sval bubínku*** *(musculus tensor tympani), svým stáhnutím vtáhne bubínek více do středoušní dutiny a zvýší tak napětí blanky bubínku.Na skloubení kovadlinka-třmínek se upíná* ***sval třmínkový*** *(musculus stapedius), svým napnutím vychýlí třmínek z jeho polohy směrem ven, zvýší tak napětí blanky oválného okénka a též více tlumí výchylky kůstky. Oba svaly svou konktrakcí snižují přenos zvuku středoušním systémem, čímž chrání sluchová orgán před příliš silnými zvuky (na frekvencních, kde je tlumení účinné) a umožňují periferní adapataci na hladinu zvuku (reflexy). Reflexy se začínají vybavovat u člověka asi od hladiny akustického tlaku 70dB výše".* Tento proces je hlavní příčinou změny vnímání při déletrvajícím zvuku s vysokými amplitudami (obdobně jako změna vidění po příchodu ze světla do tmy nebo opačně). Vznik *"akustické iluze"* je však mnohem komplikovanější (mimo uvedené proměny vnímání se uplatňuje také maskování (frekvenční i časové), při kterém se zvuky nebo jejich složky mající malé amplitudy ve vjemu ztratí a jejich přítomnost nerozeznáme. Důležitým aspektem pro fázi plného uvědomění si akustické iluze je ovšem minimální intenzita a délka trvání daného podnětu.

b) vznik prostřednictvím klamného vyhodnocení smyslových receptorů

Dalšími druhy sluchových iluzí jsou *"zvukové klamy"* nebo *"audio iluze"*, které vznikají prostřednictvím proměny našich smyslových vjemů na základě specifických vyslaných stimulů. Toto hledisko přímo nesouvisí s nelinearitami ve sluchovém ústrojí, tedy nemusí být zde podstatná pro vznik konkrétní iluze ani určitá hlasitost. Hlavními aspekty jsou smyslové procesy ve vyšších patrech našeho mozku, které mohou vyvolávat například velice specifické časově-spektrální zvukové situace. Na základě konkrétních parametrů analyzovaného stimulu je naše mysl reorganizována do zcela subjektivních zvukových představ. Přímý vliv na zkreslené vyhodnocení podnětu mají často předchozí zkušenosti s podobnými zvukovými projevy. Nebo také orientace naší percepce ve sledu více zvuků, kde si utváříme vlastní hierarchie. Například o tom, co a dokdy je stále melodií a co ještě je či není doprovodem. Obecně se touto problematikou (jak

detailněji vznikají tyto psychologické procesy) zabývá vědní oblast neurovědy. Mírné propojení lze u iluzí v kategorii zvukových klamů hledat, například v *gestalt* (tvarové) psychologii, jejímž principem je vydělování či orientace v hudebních celcích prostřednictvím menších jednotek (zvukových objektů a jejich projevů). Spojením těchto menších objektů, jsme pak schopni vnímat širší kontext v podobě větší plochy-struktury. Tyto jednotky nebo-li menší zvukové objekty nám tedy sestavují větší celky nebo i samotný pohled na formu. Zvukovými klamy mohou být hudební podněty, jejichž vlastnostmi vznikají prostřednictvím naší percepce nové, různé, více či méně výrazné subjektivní podoby hudebních tvarů. Tyto jevy se mohou projevit z hlediska tempa, rytmu, barvy, hierarchie tónových výšek, intonační proměny dané výšky tónu, hlasitosti, apod.

Zdroj: Diana Deutsch, Psychology of music 1st edition, **Edition, 2013, pp xvii + 765 ISBN-10: 012381460X ISBN-13: 978-0123814609**



Obrázek č. 3, umístění pravého a levého sluchového kortexu v mozku, (centrum slyšení, kde je akustický signál souhrně vyhodnocen jako zvuková informace)
Zdroj: https://www.newsoundhearing.com/blog/auditory-deprivation/

Definitivní analýza toho, jak a proč takto reaguje mozková činnost není zatím (vzhledem k lidskému poznání) do větších detailů k dispozici. Měření probíhají například pomocí magnetoencefalografů, které zobrazují mozkovou aktivitu a činnost v dané oblasti. Pro měření výskytu nervových vzruchů používáme *neurogram*, který je obrazem průběhu neurálních aktivit. Další a zároveň doposud velmi často používaná metoda měření subjektivních sluchových vjemů jsou *poslechové psychoakustické testy*. Takovýto poslechový experiment funguje prostřednictvím subjektivního posuzování na základě předložených zvukových stimulů, které vyhodnocují testované osoby. V rámci konkrétního psychoakustického experimentu, pak můžeme dle aktuální potřeby, (kterou nám může vymezit samotný druh výzkumu), rozřazovat osoby do různých kategorií. Lze se zaměřit například na laiky, odborníky, etnické menšiny, výběr osob na základě jejich předchozích zkušeností s danou oblastí nebo rozdíly mezi jednotlivými věkovými kategoriemi. Zpracovávání naměřených subjektivních dat je závislé na způsobu přiřazování číselných hodnot měřeným jevům podle vhodně zvolených pravidel.

Základem psychologických měřicích metod založených na subjektivním hodnocení nějakých jevů jsou podle knihy *O subjektivním hodnocení zvuku* od Zdeňka Otčenáška tyto následující postupné kroky:

a) získání subjektivních výpovědí o zkoumaném jevu či vlastnosti na základě jejich projevu
b) rozdělení množiny výpovědí do podmnožin aplikací pravidel, vybraných podle účelu použití metody
c) označení podmnožin hodnotami (nejčastěji číselnými)
d) zpracování takto získaných dat (obvykle statickými postupy)
(Při navýšení počtu testovaných osob mohou být data mírně proměnná).

Zdroj: Zdeněk Otčenášek, *O subjektivním hodnocení zvuku* **(str.55)**, NAMU, ERMART Praha, s.r.o., 2008, ISBN 978-80-7331-113-1

2.4 Druhy sluchových iluzí - (zvukový klam / akustická iluze / audio iluze)

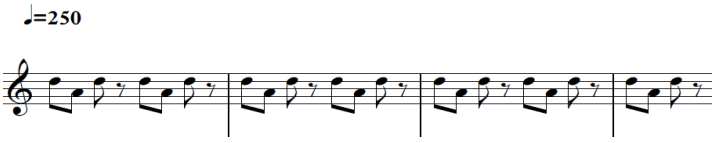
Termín *sluchová iluze* (auditory illusion) je obecné označení všech zvukových podnětů popř. (stimulů), díky jejichž specifickým vlastnostem dochází ke změně (zkreslení) naší percepce. Dochází tedy ke zkreslené či zcela neexistující představě o reálném znění, zejména vzhledem k fyzikálnímu průběhu akustického signálu ke sledu určitých zvukových objektů. Pro kompoziční účely je vhodné rozeznávat *tři konkrétní kategorie sluchových iluzí*, které mají potenciál spoluvytvářet či organicky splynout s hudebními strukturami. V následujícím textu tyto kategorie budeme rozlišovat podle jejich způsobu *vzniku, konstrukčních parametrů a uplatnění (podmínky k fungování)*.

2.4.1 Zvukový klam, psychoakustický experiment

Jak už bylo zmíněno v textu výše, zvukové klamy vznikají na základě klamného vyhodnocení informace z našich sluchových receptorů v reakci na daný zvukový podnět. Tento druh iluze je vůbec nejvhodnějším potenciálním kompozičním prvkem, za předpokladu použití akustických nebo virtuálních nástrojů. Výhodnými kompozičními prvky pro následné praktické kompoziční užití jsou hlavně z důvodu, že jejich přibližný tvar dle cíleného strukturálního záměru konstruujeme na základě konkrétních parametrů předem. Další kompoziční výhodou je například možnost kombinování těchto jevů s různými hudebními strukturami, jejichž překrývání není do jisté míry elementem, který tento jev v rámci delšího hudebního toku zastíní, jako je tomu například u kombinačních tónů, které potřebují dostatečný prostor pro lepší vyniknutí v hudební struktuře . Tedy je třeba zdůraznit, že zvukový klam je záležitostí jak akustických nástrojů, tak i digitálního zpracování zvuků, které svými časově-spektrálními situacemi tyto jevy mohou za určitých podmínek vyvolávat. Podstata fungování takovýchto klamů spočívá v jejich samotné konstrukci, jejíž parametry složení a specifický charakter mají za úkol oklamávat naši percepci v čase. Proto může velmi záležet například na délce daného podnětu, zvoleném rejstříku, výběru intervalů, rytmické či tempové složce, spektrálním složení vybraných nástrojů nebo manipulaci s dynamikou/hlasitostí. U zvukových klamů je vůbec nejpodstatnějším aspektem (který bývá často náročný na přesnost) *správný moment propojení všech těchto atributů.* Díky těmto konkrétním vzájemně se propojujícím

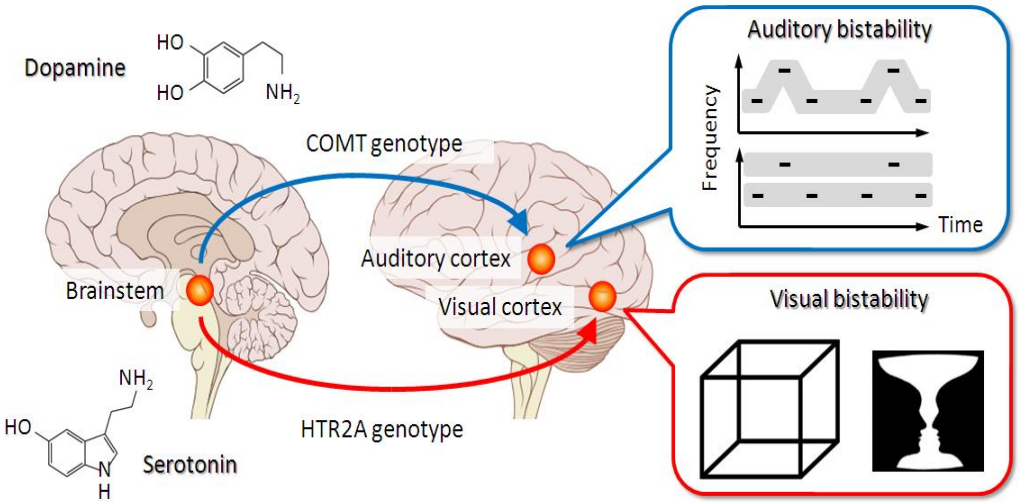
poměrům vzniká aktivně funkční zvukový klam. Pokud je takovýto jev utvořen, jeho fungování může také záviset na způsobu interpretace, která by měla být co nejdůslednější. Co se týče délky daného podnětu, je přímo závislá na funkci, kterou by měla iluze splňovat. Důležitou roli hraje v případě, pokud je naším záměrem zcela zmást nebo alespoň rozostřit orientaci posluchače v průběhu daného rytmicko-melodického toku. Kategorie zvukových klamů utváří analogii k optické iluzi, kdy v obou jejich případech přepínáme mezi různými tvary či obrazy, které nezávisle na sobě postupně vnímáme. Tento záměr je kompozičně formovatelný různými přístupy přímo vycházejícími z této analogie. Jedná se o *bistabilní princip (viz.níže)*, na kterém je založena již zmíněná optická iluze a zvukový klam. Tento princip v podstatě dělá *iluzi "iluzí".* Jednoduchá forma bistability na sluchové úrovni (viz.zdroj níže) byla zkoumaná sdružením ASA. Hudebním příkladem může být opakující se pattern dvou tónových výšek, které začnou později fungovat, jako zcela nezávislé body nebo například *horizontálním pásmovým rozložením*, kdy dochází při opakování sedmitónové sekvenci k subjektivnímu přeskupování tónových výšek, které mohou utvářet tři a více různých tvarů (dle výběru akustického nástroje), mezi nimiž je schopna naše percepce nezávisle na sobě spontánně přepínat (viz. experiment níže).

Zdroj: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306452217302981
DAURER,Gerhard: *Auditory Illusions* ELA2020 - Acoustics and Psychoacoustics *1*



analogie optické a sluchové iluze = bistabilita

Obrázek č.4,. Optická iluze je výsledkem klamného vnímání reality. Oko snímá nějaký obrázek, ale mozek ho interpretuje jinak, než jak je opravdu zobrazen. Naše smysly v rámci obrázku přepínají mezi jednotlivými obrazci. ***váza-obličeje***. Tento jev se nazývá *bistabilita*.
Zdroj: https://cz.pinterest.com/pin/175218241722894338/



pozn. sluchová a vizuální bistabilita jsou ovlivněny funkcemi dopaminového a serotoninového systému v mozku. Tyto druhy iluzí aktivují skupiny neuronů tzv. *modely místa*
Zdroj: http://www.kecl.ntt.co.jp/people/kondo.hirohito/topics.html

a) princip bistability- optická/ hudební / hlasová (phantom words)

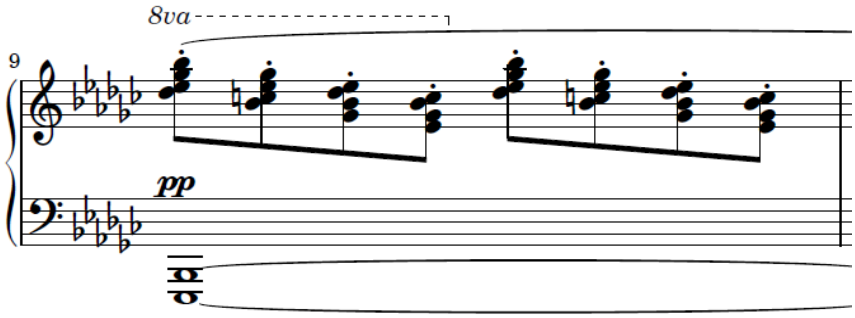
Stejně jako u bistabilní optické iluze (percepce nezávisle přepíná mezi dvěma obrázky) se nám i v případě sluchové bistability naskýtá další verze toho co a jak slyšíme (zvuk,barva,rytmus,tvar..apod.). V případě bistabilní optické iluze vidíme v jednom podnětu střídavě dva různé výjevy, jejichž jednotlivá podoba se nemění. Tyto vjemy dvou různých obrazů se mezi sebou vzájemně přepínají, ale jejich jednotlivá podoba se v čase zkresleně nedeformuje. Další formou sluchové bistability je sluchová iluze objevená profesorkou psychologie na univerzitě v San Diegu Dianou Deutsch. Pojmenovala ji *"phantom words"*. Jde o totožný princip, který je zaměřen a ovlivňován barvou lidského hlasu. Při tomto pokusu jsou bezprostředně za sebou v tempu cca čtvrtka rovná se 200 opakována dvě slova *NO WAY, no - way.* Výsledkem je opět změna v tomto případě v pořadí slabik, následně rytmické složky a přidanou hodnotou se stává zkreslení významu těchto dvou slov např. na *Nor-way* tedy *Norway)*. Princip bistability se zde tedy projevil v náhodném a zcela nezávislém přepínání mezi vnímáním slov *No way, Norway* nebo například *Nowhere*. Obecný název pro vliv těchto různých druhů bistabilních jevů na naši percepci se nazývá "streaming paradigma".

Zdroj: Diana Deutsch, Psychology of music 1st edition, **Edition, 2013, pp xvii + 765 ISBN-10: 012381460X ISBN-13: 978-0123814609**
pozn. "Phantom words" - posloupnost opakujících se slov nebo frází, které se objevují současně v různých významech, což vede posluchače k tomu, aby zde slyšeli slova a fráze, která tam opravdu nejsou.
Zdroj: http://deutsch.ucsd.edu/psychology/pages.php?i=211

b) princip bistability v podobě trojzvukové sekvence s proměnlivou tendencí stoupání/klesání, (Hypotéza)

I vtomto případě se jedná o zvukový klam, který vychází ze specifické konstrukce daného zvukového podnětu. Tento jev byl zkonstruován za konkrétním kompozičním účelem, který bude následně promítnut v absolventské skladbě. Jeho fungování na osobách není přesně ověřeno, jedná se pouze o hypotézu, na jejímž základě bude s tímto prvkem pracováno jako s nejednoznačným hudebním podnětem zvukomalebného charakteru. Podstatou je, že posluchač by měl vyhodnocovat, zda dle jeho subjektivního názoru má melodie v reálném čase klesající, či spíše stoupající tendenci v rámci hudební struktury. Při vyhodnocování směrů melodie příslušného hudebního fragmentu, je doporučeným aspektem nemít kontakt s notovou ukázkou předem (jako je to u většiny zvukových klamů). Vizuální sledování samotného průběhu daného rytmicko-melodického modelu by mohlo výsledný subjektivní vjem výrazně narušit. Ideálními prostředky pro stavbu takovéhoto útvaru jsou hlavně *trojzvuky* a čtyřzvuky, keré jsou kladeny bezprostředně za sebou.

S přítomností těchto nejednoznačných hudebních podmětů pracoval již Debussy. Příkladem může být jeho preludium *"Le Vent dans la plaine".* V tomto případě naše percepce vyhodnocuje akordický sled z tohoto preludia, jako sekvenci plynule klesajících příbuzných akordů v rámci jedné fráze. Ve skutečnosti se jedná od dvě skupiny stejných akordů. Posunutím první skupiny o oktávu výš a ponecháním druhé v její původní poloze, dosáhneme efektu jedné plynulé klesající melodie. Pro fungování takovéhoto útvaru je třeba předpis vysokého tempa. Skladba je psána v tempu *čtvrtka = 126 animé.* Při poslechu celé skladby je tento opakující se jev dobře slyšitelným. Sice se v tomto případě nejedná o případ bistabilního zvukového klamu, ale přesto jeho charakter posloužil jako inspirační zdroj pro utvoření nového druhu bistabilního zvukového klamu s proměnlivou tendencí stoupání/klesání.



Obrázek č.5, Claire Debussy, ukázka akordického sledu z Preludia *"Le Vent dans la plaine"*
Zdroj: Diana Deutsch, Psychology of music 1st edition, **Edition, 2013, pp xvii + 765 ISBN-10: 012381460X ISBN-13: 978-0123814609**

Na základě inspirace skrze dostupné materiály byla utvořena vlastní verze zvukového klamu, jehož cílem je *proměnlivá tendence stoupání/klesání.* Účelem této iluze je zmást percepci posluchače v jeho mínění zda daný melodický útvar v čase klesá, stoupá nebo zda se prostřídají postupně oba směry v rámci průběhu jednoho rytmicko-melodického útvaru. Základním tvarem tohoto útvaru je akordická trojzvuková sekvence, která se skládá ze sedmi sekundovitých trojzvuků. Melodická horizontála trojzvuků je sestavena z řetězce malých sekund a vnitřní řetězec dvojzvuků po většinou z velkých sekund. Po vícerém poslechu téhož úryvku nebo jeho různých konstrukčně velice podobných variant, můžeme dojít k závěru, že vlastně pociťujeme buď tendenci klesání, stoupání nebo dokonce obojí zároveň. Tento vjem se v rámci širšího kontextu hudební struktury může střídat s opětovným pocitem stoupání/klesání v přímé závislosti na tom, kolikrát za sebou, jak rychle a jak často dané úseky posloucháme. Bistabilní princip se v tomto případě může odrážet například v přepínání jednotlivých směrů.

Základní teoretické podmínky pro fungování iluze s proměnlivou tendencí stoupání/klesání jsou:

a) trojzvuky, popř.čtyřzvuky

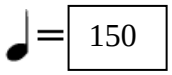
b) specifické poměry a směry intervalů (většinou sekundy)

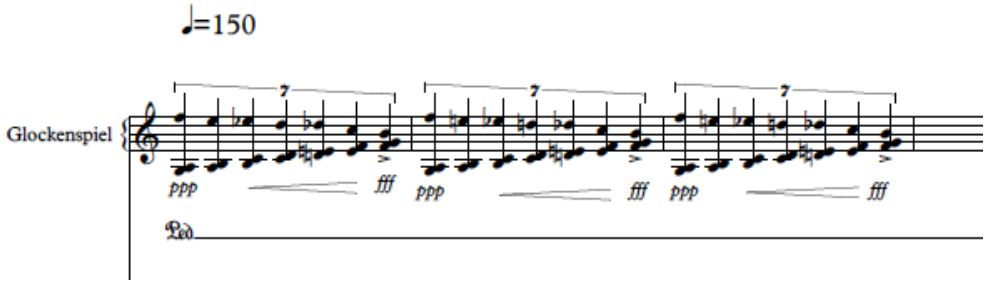
c) vyšší tempový předpis cca čtvrtka=150

d) akustický nástroj bohatého harmonického spektra s potenciálem většího dozvuku, popř. pedalizace

e) výběr registrů (přímo závislý od zvoleného nástroje)

f) podpůrný prvek: dynamika, prudké periodické zesilování každého modelu





Obrázek č.6, základní trojzvuková sekvence s proměnlivou tendencí stoupání/klesání , nástroj - (zvonkohra), tempo - čtvrtka = 150

Tyto podmínky (uvedené výše), na jejichž základě je možné zmást percepci v otázce vyhodnocování stoupajícího či klesajícího směru melodického fragmentu, můžeme považovat za seznam obecně teoretických bodů pro další možné konstrukce tohoto druhu sluchové iluze. Výčet těchto bodů je původně inspirován reakcemi našeho podvědomí a předchozími poslechovými zkušenostmi získanými z hudby během života. Prvním pravidlem pro výběr materiálu, ze kterého budeme tento pattern konstruovat, je zvolit specifický druh souzvuku. V tomto případě byl zvolen trojzvuk, jehož strukturální funkce se dá rozdělit na dvě skupiny a to z hlediska rolí jednotlivých tónů v něm zvolených. Základem je interval sekundy v barvě středního kmitočtu daného nástroje a vrchní melodický tón, který se nachází v dostatečné vzdálenosti od původních dvou tónů. V rámci patternu je v každém souzvuku tento melodický tón zastoupen v barvách vyšších kmitočtů. Tento tón tvoří melodický obrys, je vždy jen jeden a reálně klesá chromatickým postupem směrem dolů.

Důležitou roli zde hraje samotný intervalový poměr v rámci každého z trojzvuků. Poměr souzvuku sekundy a intervalu přes oktávu (může to být i méně) - toto vše zároveň zde utváří v kontextu celého patternu jistou ambivalenci. 1. skupina, ve které je obsažena sekunda ve středním rejstříku, má stoupající tvar, naproti tomu 2. skupina, ve které je klesající melodický tón ve

vyšším rejstříku, má tendenci chromaticky klesající. Vrchní melodický tón je tedy objektivním tvůrcem klesajícího směru v rámci melodického obrysu souzvukového fragmentu. Celý fragment je složen ze vzájemně odvozených souzvuků, které dohromady utvářejí sled pozvolna klesajících trojzvuků. Zvolení intervalu sekundy v kombinaci s barvou středního kmitočtu daného nástroje je zcela klíčovým nástrojem v možném zkreslení naší percepce. Důvodem je, že naše ucho je na střední polohy extrémně citlivé. Poukazuje na to fakt, že v poloze vyšší a nižší jsme schopni rozlišovat jen několik málo intenzit hlasitostí a čím extrémnější poloha je, tím méně. To však neplatí o středních kmitočtech, u nichž dokážeme rozlišovat až kolem 240 druhů intenzit hlasitosti. Tento aspekt podvědomě podporuje vnitřní melodický obrys sekundovitých postupů, který je objektivně stoupajícím. Sekunda jakožto výrazný disonantní interval, jejíž frekvence si jsou velmi podobné, utváří potřebný rezonanční základ v souzvuku pro výraznější podvědomou detekovatelnost stoupající linie v naší mysli. Pozice vrchního melodického tónu je zde nevýhodná nejen skrze vyšší kmitočet, ale také díky širokému intervalovému vztahu s nejbližším nebo dokonce základním tónem (frekvence jsou od sebe daleko, vztah s okolím se více stírá). Pozice tohoto tónu má záměrně všechny nevýhodné atributy. Role řetězce velkých sekund ve střední poloze má například u zvonkohry maskovací tendenci vyšších kmitočtů. Tedy po každém náhlém crescendu z "ppp" do "fff" je koncový a počáteční melodický tón (někdy i celý první souzvuk následující sekvence) v následující trojzvukové sekvenci zamaskován. Tento quasi maskovací efekt spíše podporuje verzi s pocitem stoupající tendence.

Pro větší umocnění tohoto "klamného" dojmu je třeba správně zvolit vhodný akustický nástroj nebo také průběh intencí hlasitosti. Ideálním nástrojem je například zvonkohra, vibrafon nebo klavír. Tyto nástroje jsou bohaté na dozvuk a mají potenciál dosáhnout jeho většího umělého protažení skrze pedál a v neposlední řadě mají velmi specifické a bohaté harmonické spektrum (obzvláště zvonkohra a vibrafon). Jeden z atributů, který má tento proměnlivý jev ještě více podtrhnout, je kromě vyššího tempa crescendo z pianissima do fortissima a to v krátkém čase (tedy délka fragmentu). Gradující melodické fráze v rychlém tempu u posluchačů často vyvolávají podvědomý pocit, že se hudba někam "hrne" nebo "stoupá". Souhra všech těchto indícií v jednom fragmentu zprostředkovává dojem rozpité a zároveň méně čitelné barevné plochy. Jde o ideální podmínku ke zmatení naší percepce, která tento stimul (v tomto případě

nejednoznačný hudební podnět) často *vyhodnocuje subjektivně* a to jako *stoupající/klesající/ obojí tendenci*. Po vícerém opakování se tato sekvence může začít jevit jako barevné zvukové shluky, které proměňují obrys / tvar.

c) iluze horizontálního pásmového rozložení na melodický a doprovodný ostinátní motiv, psychoakustický experiment

Cílem části tohoto bádání je charakterizovat základní princip vzniku a fungování samotného psychoakustického jevu, který je inspirován bistabilním principem. Prostřednictvím provedeného psychoakustického experimentu byl na základě získaných poznatků sestaven psychoakustický test, díky jehož výsledkům se pokusíme tento jev a jeho fungování ověřit na akustických nástrojích. Další částí tohoto testu bude zjistit reakce do testu zapojených osob na náhlé zvyšování a snižování amplitudy během poslechu tohoto jevu. To jak lidé vnímají tento jev, bude v testu rozděleno na kategorii laiků (osob bez hudebního vzdělání) a na kategorii osob s předchozími hudebními zkušenostmi v oblasti hudby. Prostřednictvím těchto získaných dat utvoříme v závěru porovnání ve způsobu vnímání stejných předložených stimulů vyhodnocovaných různě zaměřenými osobami.

Tento psychoakustický efekt je inspirován principem bistability, který je založen na opakující se figuře tónů, jejichž podoba se časem projeví a ustálí ve vnímání samostatných a zcela nezávislých jednotlivých tónových proudů. Máme-li například dvě střídající se tónové výšky, které z počátku zní jako plynoucí repetovaná intervalová figura v rámci jejíhož průběhu v čase dojde k absolutní separaci přítomných tónových výšek. Podobný jev tomuto principu lze vypozorovat v některých kompozicích Gyorga Ligetiho, jako je například skladba pro sólové cemballo s názvem *"Kontinuum"* nebo orchestrální skladba *"Lontano".* V případě této orchestrální kompozice vzniká tento jev v hustých strukturách, polyfonického charakteru. (viz. další charakter)

Na základě inspirace bistabilním efektem vznikla sluchová iluze v kategorii zvukového klamu, jejíž vlastností je postupné zkreslení horizontálního průběhu melodické linky prostřednictvím naší percepce v čase. Zvukově objektivní podobou tohoto jevu je neustále se opakující melodická sedmitónová sekvence(viz. str. 22). Ke zkreslování naší percepce dochází primárně díky pořadí

a specifické kombinaci tónových výšek v rámci sekvence. Tato repetovaná kombinace tónů, vycházející z určitých pravidel (viz.níže) se po krátkém čase jejího poslechu, přeskupí do dvou zcela odlišných tvarů. Tedy tónový materiál této tónové sekvence utvoří zcela nové vztahy a pořadí mezi přítomnými tónovými výškami. Jedná se o *horizontální pásmové rozložení* melodické linky, kterou naše percepce subjektivně vyhodnotí jako jednoduchý *melodický* a *ostinátní doprovodný motiv*. Základním principem fungování tohoto jevu je sedmitónová opakující se sekvence, která obsahuje tři různé tónové výšky. Na dvou základních modelových příkladech bude vysvětleno fungování principu horizontálního pásmového rolzožení na melodický a doprovodný ostinátní motiv.Verze modelu "A" funguje na základě následujícího principu. Ostinátní doprovodný motiv je utvářen prvním, třetím, pátým a posledním tónem ze sekvence (je zastoupen tónovou výšku es2). Melodický motiv je utvářen druhým a šestým tónem ze sekvence (je zastoupen tónovou výškou b2) a čtvrtým tónem ze sekvence (je zastoupen tónem c3). Pro dosažení horizontálního pásmového rozložení na melodický a doprovodný ostinátní motiv, je možno pracovat s jedním až dvěma různými intervaly. Verze modelu "B" je quasi melodičtější varianta sedmitónové sekvence, která je založena na stejném principu, jako varianta "A", s rozdílem, že vychází pouze z jednoho stejného intervalu malé tercie. Složení a role jednotlivých tónů v rámci modelu "B" jsou es2, c2, es2, ges2, es2, c2,es2- základní tónová sekvence, melodický motiv- c2, ges2, c2 a ostinátní doprovodný motiv- es2,es2,es2,es2. Obě varianty základních tónových sekvencí mající stejné vlastnosti horizontálního pásmového rozložení, které jsou uvedeny na obrázcích níže (str.22).

Základní pravidla pro vznik a fungování tohoto jevu

- horizontální pásmové rozložení opakující se sedmitónové sekvence na melodický a doprovodný ostinátní motiv funguje ve všech jednotlivých intervalových druzích (sekundy,tercie,kvarty,kvinty,sexty, septimy...)
- v rámci tónové sekvence můžeme použít maximálně *dva různé* nebo i *jeden stejný* interval, který následně aplikujeme všude

- V obou případech (dva intervaly/jeden interval), pracujeme se *třemi různými tonovými výškam*i, které se podle níže uvedeného klíče řadí

(pokud začleníme do této sedmitónové sekvence více druhů intervalů než dva, dojde k nabourání koncepce melodického a doprovodného ostinátního motivu, sníží se nebo zcela vymizí přítomnost žádoucích opakovaných a zároveň doprovodných tónů).

- K rozdvojení na melodický a doprovodný motiv v rámci naší percepce primárně dochází díky *počtu tónů*, *intervalovým poměrům* mezi tónovými výškami a konkrétními *polohami (umístěním) jednotlivých tónů* v základní sedmitónové sekvenci.

- Dalšími aspekty pro správné fungování tohoto jevu jsou vyšší tempo cca čtvrtka rovná se 195 a neustálé opakování se onoho motivu v čase.

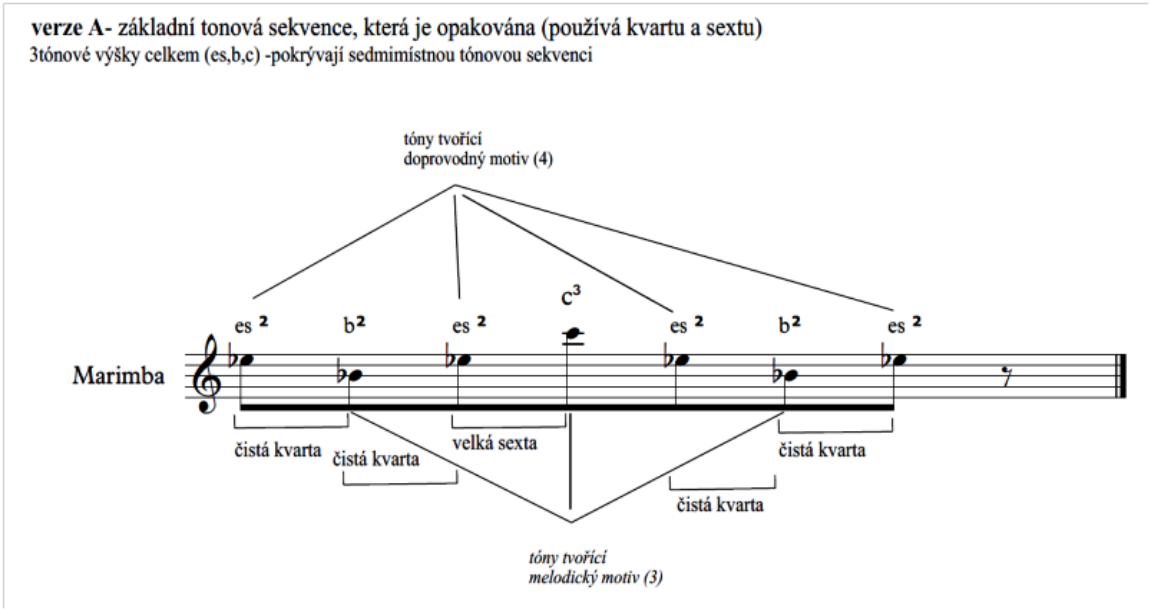
- Na základě těchto zmíněných aspektů dojde k postupnému přeskupení tónových výšek v naší percepci.

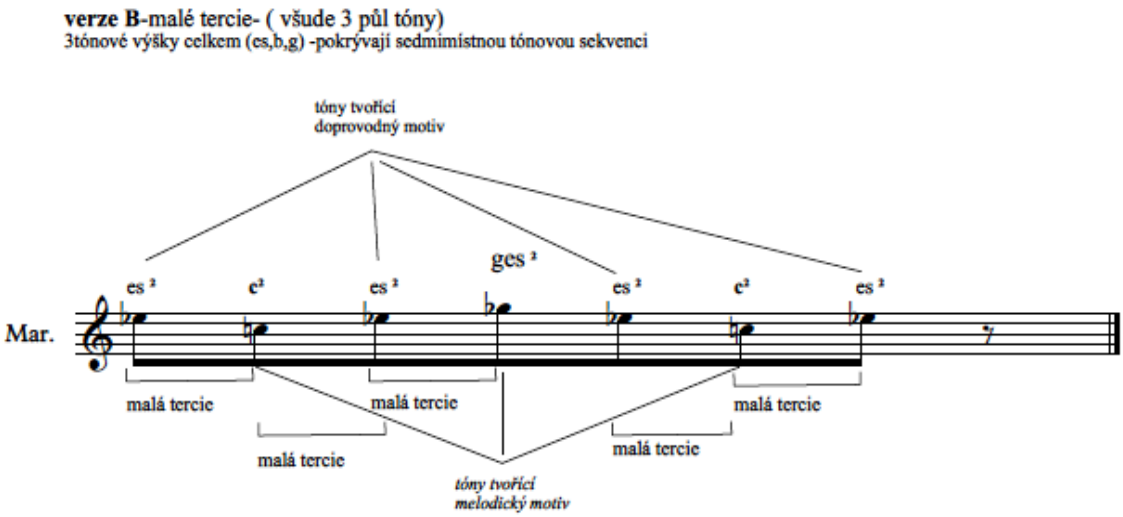
- Opakovaný tón es, který je umístěn na 1., 3., 5. a 7.tónu v sekvenci, je později z hlediska našeho vnímání tvůrcem ostinátního doprovodného motivu.

- V rámci tónové sekvence by se neměly vedle sebe vyskytovat stejné tóny, opakovaný tón musí zaznít vždy střídavě s jinou tónovou výškou. Zbylé tónové výšky postupně splynou a utvoří jednoduchou formu melodického motivku

- Platí, že největší počet opakovaných tonů utvoří doprovodný motiv a zbytek tonů melodický.

- Melodický motiv , který vzniká z 2.,4. a 6. tónové výšky v sekvenci, lze předem formovat dle kompozičního záměru výběrem tónových výšek, pravidla o použití jednoho maximálně dvou různých intervalů zůstává.
- Za krátkou chvíli od momentu, kdy motiv začneme poslouchat, dojde k přeskupení pořadí přítomných tónových výšek v sekvenci, které utvoří zcela nový jednoduchý hudební kontext. Dojde k vzniku třítónového melodického a doprovodného ostinátního motivu na jednom tónu.



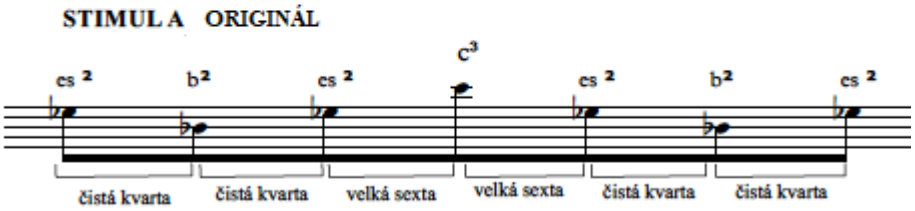


Obrázek č.7, tónová sekvence "*horizontálního pásmového rozložení na melodický a doprovodný ostinátní motiv*" verze A, verze B = varianty dvou modelů, jejichž intervalové složení podporuje tento druh tvarového přeskupení preferovaných tónových výšek

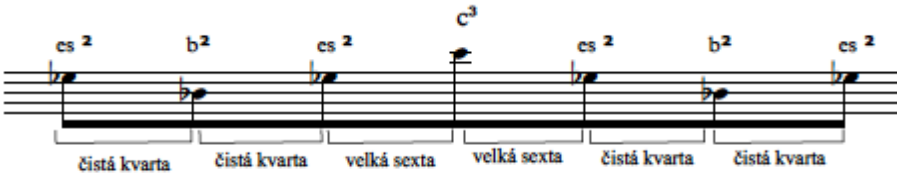
Příprava jednotlivých stimulů pro experiment

Prvním krokem pro objektivizaci stimulů (z fyzikálního hlediska průběhu akustického signálu) bylo sestavení základní sedmitónové sekvence pomocí upravených tónových výšek (pocházejících ze syntezátoru), které byly zbaveny jevů, které v předexperimentech ovlivňovaly vnímání sekvence. Takovými jevy byly například dozvuk nebo nestabilní průběh barvy tónu vlivem živé interpretace. Jednotlivým tónovým výškám v sekvenci byl ponechán beze změny atak a doznění byly jednotně zkráceno ořízntutím vždy stejným lineárním snížením amplitudy k nule (fade out). Hlasitost a největší výkmit amplitudy jednotlivých tónových výšek byl normalizován a srovnán na stejné hodnoty, aby se zamezilo případným nežádoucím ovlivněním posudků naší percepce náhodnými fluktuacemi hlasitosti. Takto upravená sedmitónová sekvence byla následně namnožena a kladena několikrát za sebou v tempu čtvrtka rovná se cca 180, v celkové délce cca 25 sec. Tímto způsobem byly postupně zpracovány různé varianty melodických bicích, drnkacích, smyčcových a klávesových nástrojů. Pro účely testování byly utvořeny čtyři základní stimuly této stejné sekvence. Nástrojové skupiny byly vybrány podle míry účinnosti vyvolání efektu horizontálního pásmového rozložení (proměna tvaru sekvence v čase), na které, jak se ukázalo v předexperimentu, má vliv spektrum nástroje .

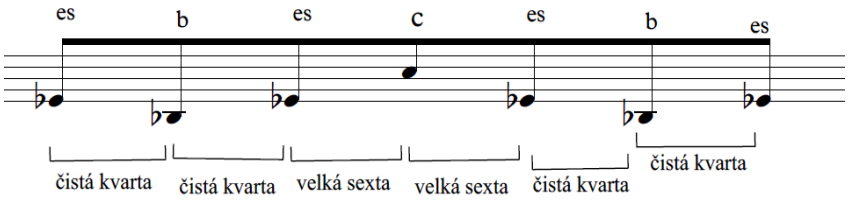
Stiuml A reprezentoval kategorii drnkacích nástrojů (cemballo,kytara). Stimul B reprezentoval kategorii melodických bicích nástrojů (marimba,xylofon). Stimul C kategorii žesťových nástrojů (lesní roh,trombon).Úkolem Stimulu D bylo zjistit, do jaké míry má náhlá změna ampliutdy, ve smyslu náhlého zeslabení a zeslení jednotlivých modelů vliv na vnímání proměn tvaru tónové sekvence v čase.



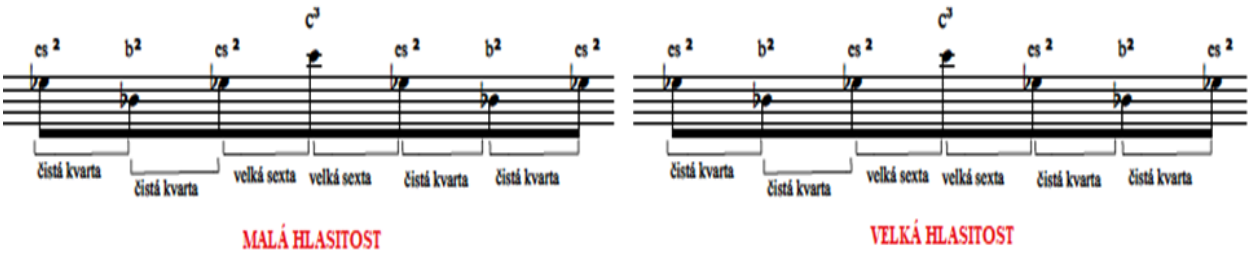
STIMUL B ORIGINÁL



STIMUL C ORIGINÁL



STIMUL D - VLIV NÁHLÉ ZMĚNY AMPLIUTY



Obrázek č.8, originální tvary sedmitónové sekvence, které jsou repetitivně využity v rámci Stimulů A,B,C a D

Hypotézy

Zmíněné psychoakustické testy jsou prováděny za účelem vyvrácení či potvrzení několika zformulovaných hypotéz, na které bude odpovídáno získáváním dat prostřednictvím subjektivních výpovědí v kategorii a) laiků a v kategorii b) odborníků. Následující formulované hypotézy se zabývají a zároveň mají odpovědět vždy na jeden ze zkoumaných jevů tohoto vícedimenzionálního psychoakustického jevu. Vícedimenzionálním psychoakustickým jevem vytváří takový stimul (zvukový podnět), který obsahuje dvě a více psychoakustické vlastnosti. Na jednotlivé hypotézy, týkající se různých vlastností tohoto jevu, bude v textu odpovídáno postupně. Výsledný rozdíl, či případná shoda, bude z hlediska percepce rozdělena do kategorie laiků a osob s předchozími zkušenostmi z oblasti hudby.

Základní hypotézy

1) Nebude rozdíl mezi nástrojovými druhy (bicí, drnkací a žesťové dechové nástroje)

2) Nebude rozdíl v hlasitostech (velká/malá hlasitost)

Hypotézy o nejčastější proměně tvaru sekvence

A) K horizontálnímu pásmovému rozložení na samostatně vnímaný melodický a doprovodný ostinátní motiv dochází zřetelně u tónů drnkacích nástrojů

B) K horizontálnímu pásmovému rozložení na samostatně vnímaný melodický a doprovodný ostinátní motiv dochází zřetelně u tónů bicích nástrojů

C) K horizontálnímu pásmovému rozložení na samostatně vnímaný melodický a doprovodný ostinátní motiv nedochází zřetelně u tónů žesťových nástrojů

D) a) Velká hlasitost podporuje efekt horizontálního pásmového rozložení na samostatně vnímaný melodický a doprovodný ostinátní motiv

b) Malá hlasitost dočasně docílí opětovného (horizontálního pásmového) sjednocení doprovodného ostinátního a melodického motivu do původní podoby. (*zpět jedna linie- horizontální pásmové sjednocení*)

Kategorie osob s předchozími zkušenostmi z oblasti hudby

Společným hlavním rysem všech těchto vybraných osob byly v prvé řadě předchozí získané zkušenosti z oblasti hudby. Jednalo se převážně o instrumentalisty, skladatele a hudební teoretiky (rovněž s interpretační praxí), kteří tyto obory studují nebo se na hudebním poli taktéž aktivně pohybují. Věková kategorie této skupiny, která zahrnovala celkem deset osob, se ve velké většině pohybovala v rozmezí 19 až 30 let. Šest z těchto 10 dotázaných respondentů byli muži a zbylé čtyři dotázané tvořily ženy. Mužská část byla složena ze studentů skladby (i hudební teorie) a instrumentalistů, kteří tento obor buď aktuálně studují nebo jsou z hráčského hlediska aktivní součástí konkrétního hudebního tělesa. Ženskou část tvořily studentky hry na hudební nástroj, zpěvačka a hudební teoretička. Věk mužů se pohyboval přes hranici dvaceti let, u žen byly věkové rozdíly o něco výraznější od 19 let, více přes dvacet let i výš. Míra stabilního posuzování jednotlivých osob nad tvarovým zařazením dané sekvence, byla v této kategorii spíše váhavější a celkově méně jednoznačná, než tomu bylo v kategorii laiků. Tedy některé názory na tvar sekvence stejného stimulu se při opakovaném poslechu měly větší tendence proměňovat.Tato vybraná kategorie osob s předchozími zkušenostmi z oblasti hudby vnímala tuto opakující se sedmitónovou sekvenci hranou na drnkacích, bicích a dechových nástrojích v následujících tvarových preferencích:

Stimul A: verze 1 (50%), verze 2 (30%), verze 3a) (20%)
verze 1 (10%), verze 2 (60%), verze 3a) (20%), 3c) (10%)

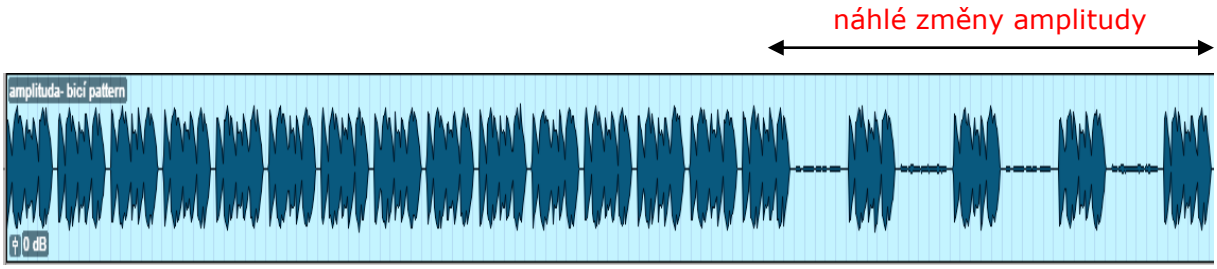
Stimul B: verze 1 (20%), verze 2 (60%), verze 3c) (20%)
verze 1 (20%), verze 2 (50%), verze 3a) (30%)

Stimul C: verze 1 (70%), verze 2 (10%), verze 3b) (20%)
verze 1 (60%), verze 2 (0%), verze 3b) (20%), 3c) (10%)

Stimul D: ano (60%), ne (40%) / ano (50%), ne (50%)

Obrázek č.9, ukázka nejpreferovanějších tvarů sekvence u jednotlivých nástrojů, kategorie osob s předchozími zkušenostmi z oblasti hudby

Tyto výše zmíněné možnosti vznikly na základě popisů a výpovědí deseti dotázaných respondentů na vnímání průběhu opakující se sedmitónové sekvence cca 25 sec. dlouhé v čase, při tempu čtvrtka = 180. Analyzované stimuly, které byly předmětem pro subjektivní vyhodnocování v rámci prováděného psychoakustického experimentu, byly během jeho průběhu předloženy vždy dvakrát. Před začátkem prvního bloku těchto testovaných stimulů byla nejprve uvedena jiná tónová sekvence, za účelem lepšího adaptování jednotlivých osob do následujícího poslechového procesu. Před začátkem druhého bloku byla tato jiná tónová sekvence uvedena znovu za cílem částečné neutralizace předešlých získaných vjemů. Dalším bodem tohoto testu byl Stimul D, který se zabývá vlivem amplitudy na průběh vnímání této sekvence v čase. Předložený stimul byl v průběhu jeho druhé třetiny nejprve výrazně zeslaben, znovu zesílen atd. Proces náhlého zeslabování a zesilování vždy jednoho tvaru sekvence byl v rámci tohoto stimulu proveden čtyřikrát.



Obrázek č.10, Časový průběh akustického signálu opakující se sedmitónové sekvence STIMULU D, hrané na bicích nástrojích, v závěru tohotu stimulu je záměrně náhle zeslabená a zesílená amplituda vždy jednoho tvaru. Tento vyznačený moment je předmětem subjektivní analýzy naší percepce z hlediska vlivu náhle změny ampliturdy na tvar sekvence v čase.

Polovina dotázaných reagovala na první stimul A hraný na drnkacích nástrojích, jako na tvar opakující se beze změn (verze 1). Zbylých pět dotázaných hodnotilo během prvního poslechu tuto sekvenci jako tvar, který většinou preferuje přeskupení na střední opakovaný tón + třítónový motiv složený z nižšího a vyššího tónu (verze 2). Tuto většinovou tendenci tvořily zpočátku spíše odpovědi skladatelů a hudebních teoretiků. Při druhém poslechu tohoto identického stimulu se výsledek výrazně proměnil ve prospěch verze 2, kterou označilo z původních tří šest z deseti osob. Dalším nejfrekventovanějším tvarem byl tvar opakovaného vrchního tónu + třítónového motivu složeného ze středního a hlubšího tónu (verze 3a). Nejméně častým tvarem byla pak verze 1, která v prvním případě utvářela přesně polovinu. Vyhodnocování tohoto stimulu

utvořilo na po druhé mnohem jednoznačnější výsledek u většiny dotázaných. V rámci této většiny se objevily i skladatelé a teoretici, kteří tento stimul na poprvé hodnotily častěji jako neměnný. Instrumentalisté se během prvního i druhého poslechu spíše rozhodovali mezi verzemi 2 a 3a. Následující stimul B hraný na melodické bicí nástroje, byl z hlediska vnímání v případě prvního i druhého poslechu o poznání stabilnějším. V prvním případě se ukázala jako nejpreferovanější varianta verze 2, kterou označilo šest osob z deseti. Verzi 1 a verzi 3 označily pouze instrumentalisté (vždy dvě osoby). Po druhém poslechu se výsledek v případě druhé a třetí verze nepatrně proměnil. Druhá verze se snížila z původních šesti osob na pět a třetí verze se zvýšila ze tří na čtyři, verze 1 byla opět označena instrumentalisty dvakrát, ale tentokrát byla takto vyhodnocena jinými osobami než tomu bylo v prvním případě. Poslední nástrojovou ukázku představoval stimul C hraný na dechových nástrojích. Během prvního poslechu byla nejpreferovanější možnost neměnného tvaru sekvence (verze 1). Verze 2 byla označena pouze jednou a tvar neměnné sekvence u které se postupem času jemně mění buď barva nebo tempo vrchního tónu (mírně/pocitově), byl označen dvakrát (verze 3b). Na druhý poslech se zopakovala preference tvaru opakujícího se beze změn, ale číslo se snížilo ze sedmi na šest dotázaných osob. Verze 2 u které dochází k přeskupení tvaru na střední opakované tóny + třítónový motiv nižšího a vysokého tónu nebyla na podruhé označena ani jednou. Verze 3b, při které nedochází k přeskupení tónů, ale pouze k jemné barevné proměně nebo mírnému pocitu zrychlení vrchního tónu byla z původních dvou navýšena na 4.

Po sluchové analýze těchto stimulů odlišných z hlediska užití a vlivu nástrojového spektra na průběh zmíněné sekvence, byl zkoumán také vliv náhlých změn amplitudy na celkový tvar sekvence u bicích nástrojů. Bicí nástroje byly vybrány za předpokladu, že na nich nejvýrazněji dochází k změně tvaru v podobě přeskupení preferovaných tónů základní sedmitónové sekvence. Během prvního poslechu měla změna amplitudy vliv na šest osob, zbylé čtyři osoby nezaznamenaly nijaký vliv na tvar sekvence. Vliv amplitudy se nejvíce projevoval v prudkém zeslabení jednoho tvaru, kdy zcela náhle přestal fungovat efekt pocitu přeskupených preferovaných tónů charakteristických pro verzi 2 nebo 3a. Sedmitónová sekvenci byla tedy opět slyšitelná v základním tvaru, jako je tomu reálně. Při následujícím náhlém zesílení došlo k opětovnému navrácení tohoto efektu, jako tomu bylo do doby před prvním zeslabením. Opakovaný poslech tyto

výsledky snížil na pět osob, které změnu amplitudy a její vliv na tvar sekvence vnímají, zbylých pět osob tento jev nikterak nepocítilo. Proměnu tvaru tónové sekvence nejpříznivěji vnímala kategorie instrumentalistů. Jejich výpovědi byli v tomto případě jednoznačnější. Oproti tomu skladatele a teoretici změny nepociťovali buď vůbec nebo v podobě jemného narušení ve vnímání celkového průběhu sekvence nikoliv tvaru. Jedním z hlavních popisovaných důvodů byl příliš silný vjem pulzu opakující se rytmicko-melodické sekvence a jejího postupně vzniklého subjektivního tvaru, který změna amplitudy nenarušila.

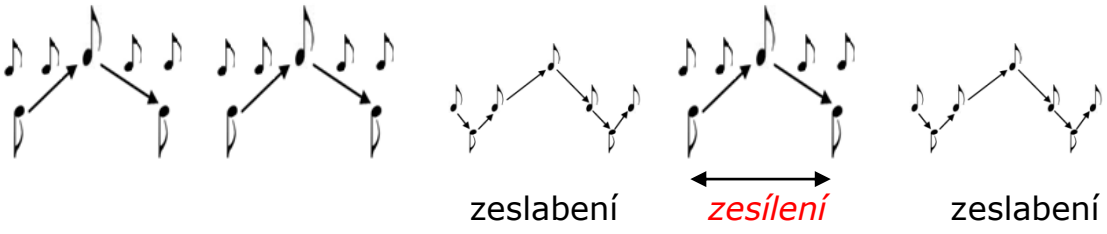
Odpovědi osob, které se na poprvé rozhodovali buď pro první nebo druhou variantu byly i na podruhé téměř stejné. Pouze tři dotázání z celkových deseti na druhý poslech změnili na vliv amplitudy svůj názor. Dva lidé se na podruhé rozhodli pro variantu 2 a třetí osoba změnila svůj názor z varianty 2 na variantu 1. Na ukázkách níže budou vyobrazeny vzniklé varianty ve způsobů slyšení těchto zesílených a zeslabovaných modelů v sekvenci.

_____

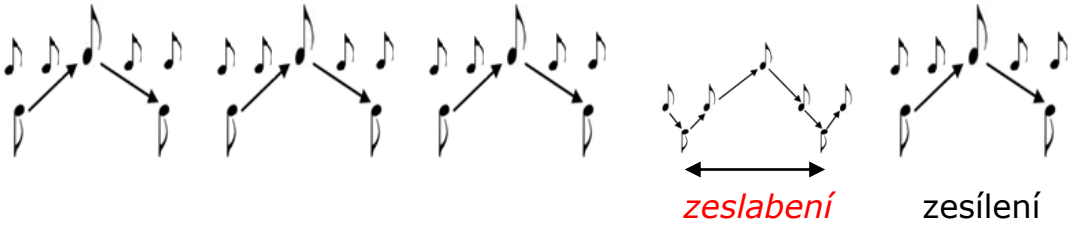
pozn. Verze a) a b) reprezentuje osoby, které vliv amplitudy alespoň při jednom poslechu pocítily. Verze b) a c) reprezentuje výpovědi osob, které vliv amplitudy nezaznemanaly vůbec.

Verze vnímání průběhu sedmitónové sekvence při náhlém zeslabení a zeslínení amplitudy u kategorie osob s předchozími zkušenostmi z oblasti hudby

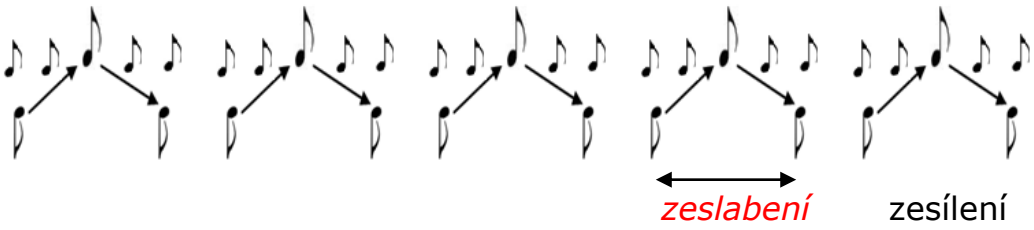
a) velká hlasitost - opětovné zkreslení tvaru sekvence



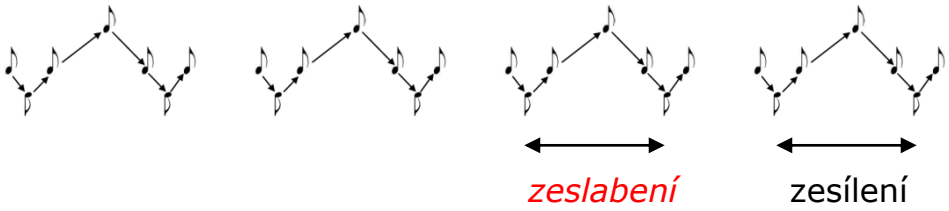
b) malá hlasitost - opětovná objektivizace tavru sekvence (zpět původní tvar)



b) malá hlasitost - nemá vliv na průběh tvaru sekvence



c) malá/ velká hlasitost - nemá vliv na sekvenci (případ, kdy nedošlo v rámci poslechu ke zkreslení tvaru sekvence)



Kategorie laiků

Tato skupina lidí byla vybrána na základě společného rysu, kterým jsou osoby bez odborného hudebního či hudebně teoretického vzdělání a které zároveň nehrají na žádný akustický nástroj. Jedná se o osoby jejichž profese jsou velmi rozličné a týkají se nejrůznějších oblastí popř. specializací. Stejně jako v předešlé kategorii osob s předchozími získanými hudebními zkušenostmi i v tomto případě odpovídalo na tento psychoakustický test deset respondentů. Pět osob z deseti tvořili muži, zbylých pět osob ženy. Kategorie mužů se pohybovala většinou ve věkovém rozmezí od 18 do 25 let a více. Profesní zaměření těchto osob byla buď nehudebního uměleckého rázu nebo pocházející z oblasti přírodních a humanitních věd. Věková kategorie zúčastněných žen se částečně

pohybovala buď nad 20 nebo lehce nad 50 let. I v tomto případě byla odborná zaměření těchto žen velice různá, jednalo se o studentky humanitních věd nebo pohybového umění. Oproti kategorii osob z předchozími zkušenostmi z oblasti hudby byly výpovědi od této skupiny respondentů stabilnější a v názorech na předkládané stimuly jednoznačnější, ve smyslu rozhodování se mezi jednotlivými tvary sekvence. Předmětem této subjektivní vjemové analýzy byly totožné stimuly drnkacích, bicí a dechových nástrojů. Zkoumán byl rovněž i vliv amplitudy na tvarování sekvence v čase. Ukázky byly předvedeny vždy dvakrát prostřednictvím stejného principu posloupnosti, jako u první kategorie dotazovaných osob. Kategorie laiků vnímala tuto opakující se sedmitónovou sekvenci hranou na drnkacích, bicích a dechových nástrojích v následujících tvarech:

Stimul A: verze 1 (30%), verze 2 (30%), verze 3a) (40%)
verze 1 (10%), verze 2 (50%), verze 3a) (40%)

Stimul B: verze 1 (10%), verze 2 (60%), verze 3a) (30%)
verze 1 (0%), verze 2 (80%), verze 3a) (20%)

Stimul C: verze 1 (80%), verze 2 (10%), verze 3b) (10%)
verze 1 (80%), verze 2 (0%), verze 3b) (20%)

Stimul D: ano (70%), ne (30%)
ano (60%), ne (40%)

Obrázek č.11, ukázka nejpreferovanějších tvarů sekvence u jednotlivých nástrojů, kategorie laiků

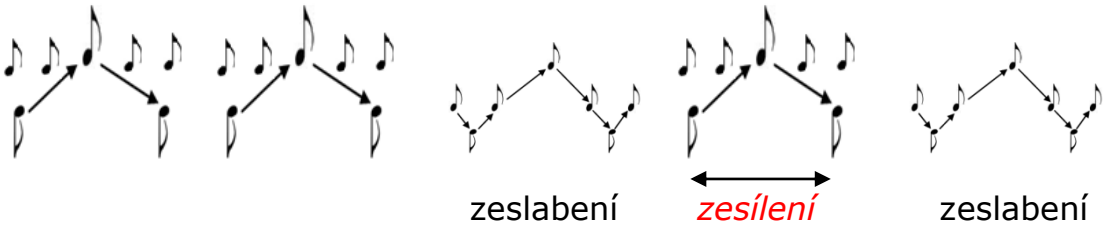
První byl předveden stimul A hraný drnkacími nástroji. Při prvotním poslechu tohoto stimulu byly názory na tuto opakující se sekvenci velmi rozdílné. Mírná preference v podobě čtyř osob byla znatelná u možnosti tvaru opakovaného vrchního tónu + třítónového motivu, složeného ze středního a hlubšího tónu (verze 3a). Sekvence opakující se beze změny (verze 1) a tvar sekvence preferující přeskupení na střední opakovaný tón + třítónový motiv složený z nižšího a vyššího tónu (verze 2), byly vnímány vyrovnaně v obou případech třemi osobami. V rámci druhého poslechu došlo k částečné proměně tvarových preferencí. Sekvence drnkacích nástrojů obsažená v druhém bloku změnila svou mírnou preferenci z verze 3a na verzi 2, kterou označilo celkem pět osob. Osoby, které označily verzi 2 hned na poprvé u tohoto názoru setrvaly a přibraly k sobě ještě další dvě osoby, které změnily během testu svůj názor. Stejný počet respondentů tj. čtyři osoby, při opětovném poslechu této sekvence zareagoval na verzi 3a s rozdílem, že dvě z nich svůj názor zachovaly, zbylé dvě osoby ho proměnili ve prospěch jiných verzí (1 a 2) a dvě nové osoby došly ke změně svého názoru s prvního poslechu, kde zvolily verzi 1 na verzi 3a. Následující stimul B hraný melodickými bicími nástroji preferoval v rámci obou poslechů verzi 2. Při prvním poslechu tuto verzi označilo šest a při druhém osm z deseti dotázaných osob. Mírné rozdíly nastaly ve verzi1, na kterou již neodpověděl žádný z respondentů a verze 3a, zachovala vyhodnocení pouze jedné osoby a přibrala k sobě jednu novou. Poslední nástrojovou podobou předkládané tónové sekvence hrané na žesťové dechové nástroje je stimul C. V obou poslechových případech tohoto stimulu odpovědělo pokaždé osm z deseti osob pro verzi 1. Nejméně preferovaným tvarem sekvence byla verze 2, která byla označena pouze jednou v rámci prvního poslechu. Verze 3b (představující původní tvar sekvence u které se postupem času jemně mění pouze barva nebo tempo vrchního tónu -mírně/pocitově), byla označena poprvé jednou a na podruhé dvakrát. K verzi 3b) se při opakovaném poslechu přiklonila osoba, která tuto sekvenci hodnotila nejprve jako verzi 2.

Vliv amplitudy, který byl prezentován stimulem D se u této kategorie osob ukázal jako pozitivní. Většina respondentů označila v případě prvního i druhého poslechu moment náhlého zeslabování a zesilování jednotlivých modelů této sekvence, jako element, který narušuje dosavadní průběh vnímání tohoto stimulu. Konkrétně momenty zeslabování byly vnímány ještě o něco výrazněji, než zesilované úseky. Tedy náhlé zeslabení amplitudy mělo za efekt opětovné

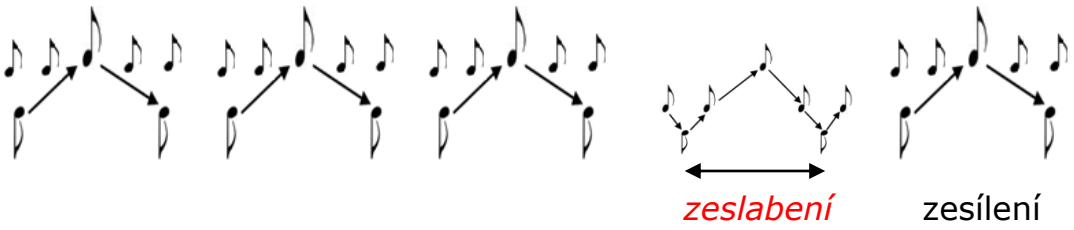
navrácení původního nezkresleného tvaru sekvence. Náhlá zeslabování jednotlivých modelů v sekvenci mají na její postupně vzniklý zkreslený tvar vliv, ve smyslu její opětovné objektivizace. Vliv zesílené amplitudy, který částečně přispívá k opětovnému zkreslení sekvence, je patrný až po delším úseku. Aplikaci náhlého zeslabení na průběh a tvar sekvence hodnotila tato skupině jako znatelně výraznější efekt, než v momentech jejího opětovného zesílení. Vliv zesílení na opětovné zkreslení tvaru sekvence, byl ve většině případů rozpoznán až při opakovaném poslechu.

Subjektivní verze vnímání sedmitónové sekvence při náhlém momentu zeslabení a zesílení amplitudy u kategorie laiků

a) velká hlasitost - opětovné zkreslení tvaru sekvence



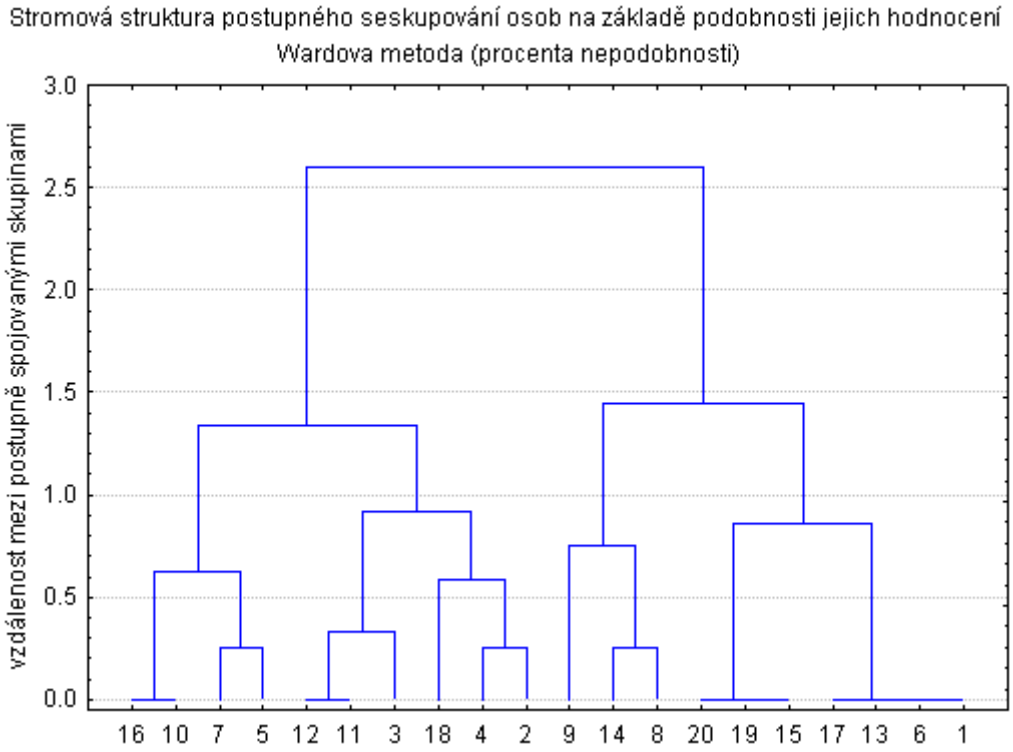
b) malá hlasitost - opětovná objektivizace tavru sekvence (zpět původní tvar)



Porovnání výsledků osob s předchozími zkušenostmi z oblasti hudby a laiků

Zásadní rozdíly mezi větší jistotou laiků při odpovědích byly popsány v předchozích odstavcích. Laici měli sluchové vjemy jednoznačnější a tak je i snáze popisovali. Aktivní zkušenosti nabyté při hře na hudební nástroj nebo při rozborech poslechu hudby mají zřejmě vliv na zvýšení schopnosti nacházet a sledovat jednotlivé tóny v sekvenci bez ohledu na to, jakým způsobem jsou prezentovány. Proměnlivost vnitřního zaměření těchto osob v průběhu znění delší

sekvence (25 s) nebo i při opakování poslechu zřejmě stojí za jejich více váhavými odpověďmi a případně i změnou posouzení při opakování testu. Zacvičení se v průběhu prvního tesu a upřesnění smyslu, k čemu má posouzení sloužit, tak u nich hrálo větší roli než u laiků. Pro porovnání osob a výsledků obou skupin byly proto použity jen výsledky z opakováného testu. Byla použita Wardova metoda klastrování [Ward, J. H. (1963): Hierarchical grouping to optimize an objective function. Journal of the American Statistical Association, 58, 236] a podobnost osob byla hodnocena na základě procent neshody jejich hodnocení. K výpočtu byl využit software Statistica verze 6.0 [Statsoft Inc.]



Obr.12 *Výsledky klastrové analýzy (osoby se zkušenostmi mají čísla 1 až 10, laici čísla 11 až 20)*

Ze stromového grafu seskupení osob na obr. 12 je patrné, že 100% shodu měly laické osoby 15, 19, 20 (osoby se zkušenostmi mají čísla 1 až 10, laici mají čísla 11 až 20). Odlišnou, ale také 100%, shodu měly osoby 11 a 12. Pak se 100% shodovaly osoby 1, 6, 13, 17 (napříč oběma skupinami). Konkrétně u těchto osob, které zahrnují výpovědi se zkušenostmi a laiky, lze mimo shodnost jejich posuzování hledat i jistou příbuznost v rámci oblasti, ve které se tito lidé pohybují. Jejich výpovědi byly shodné s výpovědmi osob se zkušenostmi. Tuto skutečnost by mohl osvětlit fakt, že tito konkrétní laikové jsou i přes jejich odlišná profesní zaměření v blízkém kontaktu s hudebním prostředím, s kterým

přicházejí pravidelně do styku. Tyto osoby tedy mohly částečně získat předchozí zkušenosti z oblasti hudby z prostředí, v němž se pohybují. Obdobně, ale jinak osoby 10 a 16. Hodnocení od sekupení osob 1, 6, 13, 15, 17, 19, 20 (k nimž se blížily hodnocení osob 8, 9, 14) se velmi lišily od zbývajícího seskupení osob 2, 3, 4, 11, 12, 18 (k nimž se blížily hodnocení osob 5, 7, 10, 16). Zatímco v prvním zmíněném seskupení nalezneme 5 laických osob ze 7, v ostatních seskupeních již jsou počty laických osob a osob s předchozími zkušenostmi s hudbou relativně vyrovnané. Z toho by vyplývalo, že i na laiky nepůsobily připravené sekvence tónů shodně. I mezi laiky najdeme osoby, které se při vnímání zřejmě soustředily jiným způsobem, než ostatní, a iluze u nich nenastala nebo nastala alternativním způsobem, obdobně jako u osob s hudebními zkušenostmi. Poznání okolností tohoto zaměření a přechodu na alternativní způsoby vnímání by vyžadovalo další testy, na které v rámci této práce již nedošlo. Je to námět na další pokračování započatých experimentů, které by zjištěné poznatky upřesnily a vysvětlily.

Zmapování dosavadního poznání o fungování tohoto jevu na akustických nástrojích a vlivu amplitudy na tvar tónové sekvence v čase

Psychoakustický jev, ve kterém dochází k horizontálnímu pásmovému rozložení (přeskupení) na jednoduchý melodický o doprovodný ostinátní motiv, funguje na většině akustických nástrojů spolehlivě. Jedním z cílů tohoto experimentu je porovnávání různých nástrojových skupin z hlediska jejich barevného spektra a časového průběhu tónu. Důvodem je cesta k poznání, na kterých nástrojích je tento efekt z hlediska našeho vnímání uplatnitelným a schopný následné plnohodnotné kompoziční práce. Podstatou je tedy zjištění, zda-li má druh nástrojového spektra vliv na průběh tvaru této sedmitónové sekvence v čase. Obecně nástroje s vlastností ostrého ataku a následného dozvuku, mají zcela nejsilnější tendenci pro spolehlivé fungování a případnou práci s takovýmto efektem. Časový průběh tónové výšky u takovýchto nástrojů, je hned po ostrém ataku tvořen postupně ředěným doznívání. Plné spektrum hrané tónové výšky reálně zazní na velmi krátký okamžik, který je těsně propojen s momentem ataku. Tedy reálně znějící množina časofrekvenční plochy daného tónu je vždy tvořena převážně hustším nebo řidším dozvukem. V rámci tohoto experimentu byl tento jev výrazný a plně funkční nejvíce na melodických

bicích a drnkacích nástrojích. (Dalším příkladem z oblasti jinak fungujících nástrojů, na kterých tento jev dobře funguje, jsou například varhany a o něco méně smyčcové nástroje, které nebyly do experimentu zahrnuty).

Ostrý a krátký atak bicích a drnkacích nástrojů se ukázal pro tvarování tohoto jevu v čase zcela nejúčinějším a z hlediska naší percepce tedy zdaleka nejpreferovanějším typem akustického nástroje, pro praktickou realizaci a následnou práci s tímto efektem. Kategorie melodických bicích nástrojů uspěla v rámci tohoto experimentu ještě o něco výrazněji, než skupina drnkacích nástrojů. Kategorie laiků zřetelně preferuje efekt horizontálního pásmového rozložení verze 2 v podobě melodických bicích nástrojů. Kategorie osob s předchozími zkušenostmi z oblasti hudby vnímání tento jev na bicích i drnkacích nástrojích vyrovnaně. Tato skupina má zároveň větší tendence vnímat více různých tvarů této sedmitónové sekvence. Nejpreferovanější variantou kromě druhé verze je tvar 3a), u kterého dochází taktéž k preferenci samostatného ostinátního a třítonového melodického motivu, ale v jiné podobě. Melodický motiv je v tomto případě tvořen středním a hlubším tónem sekvence, ostinátní motiv je zde tvořen prostřednictvím nejvyššího tónu.

Kategorie nástrojů, jejichž barevné spektrum tento jev nepodporuje, jsou v případě laiků žesťové dechové nástroje. Osoby s předchozími zkušenostmi z oblasti hudby u této nástrojové skupiny jev také nevnímaly, ale měly například tendence více rozlišovat jemné zvukové nuance během poslechu, ve vztahu k mírné proměně barvy či intonace vrchního tónu. Barevné spektrum žesťových dechových nástrojů nemá obecně tendenci tento efekt podporovat, tedy pro případné kompoziční zpracování se jeví tato nástrojová skupina jako nevýhodná.

Dalším způsobem, jakým lze tento jev (sekvenci) tvarovat v čase je mimo nástrojové spektrum náhlá změna amplitudy. Náhlé zeslabení a zesílení této sekvence má u kategorie laiků výraznější vliv na průběh jejího vnímání, než u kategorie osob z předchozími zkušenostmi z oblasti hudby. Jako nejvýraznější momenty ve změně v dosavadním poslechu sekvence byly hodnoceny náhle zeslabené úseky. Práce s amplitudou by mohla být dalším potenciálním kompozičním prvkem pro případnou práci v rámci manipulace s naší percepcí prostřednictvím hudební struktury a její stavby.

2.4.2 Akustická iluze

Je to forma akustické sluchové iluze, která vzniká díky nelinearitám v rámci přenosové funkce sluchového orgánu, tj. díky omezené schopnosti objektivního (lineárního) slyšení. Touto problematikou se důkladněji zabývá obor *psychoakustika* (viz pozn.). Akustická iluze může mít několik různých podob. Mezi nejfrekventovanější projevy této iluze patří například vznik *subjektivních kombinačních tónů*. Jedná se o subjektivně vnímaný zvukový jev, díky němuž se může navýšit počet námi slyšených tónů. Barva těchto tónů je mnohem jemnější, než barva reálně (klasicky) znějících tónů. O poznání menší je i jejich amplituda. Tento subjektivní jev vzniká nejčastěji prostřednictvím sínusových tónů.

---

pozn. Psychoakustika je vědní obor, který zkoumá akustiku z hlediska subjektivního lidského vnímání.

a) kombinační tóny - objektivní, subjektivní

Kombinační tóny mohou vznikat jak subjektivním (neexistující tóny), tak objektivním (existující tóny) způsobem. Tvoří se poměrem buď dvou sinusových tónů, nebo prostřednictvím živých akustických nástrojů. Obecně jde o poměr dvou tónů, u kterých se při dostatečné hlasitosti, která je minimálně nad 40 dB, vybudí vyšší harmonické tóny. Následně vzniká třetí tón, který je vlastně rozdílem obou původních frekvencí nebo může být také jejich součtem. Tyto tóny se nazývají *rozdílové f1- f2* a *součtové f1+ f2* . Pro čistě hudební účely jsou vhodnější tóny rozdílové, jejichž slyšitelnost je znatelně výraznější a k případné kompoziční práci ideálnější. Objektivita rozdílových tónů je podmíněna hrou na jeden konkrétní nástroj a rovnoměrnou hlasitostí obou interpretovaných tónů v jeden moment současně. Nejznámějším nástrojem, na kterém lze tento jev demonstrovat, jsou varhany, jejichž samotná stavba a tvary píšťal jsou jednou z příčín vzniku těchto objektivních kombinačních tónů. V případě tohoto nástroje lze v rámci hlubokých rejstříků slyšet i subjektivní kombinační tóny. Zde se jedná o sluchovou nelinearitu vznikající v rámci přenosové funkce středního ucha od minimální hlasitosti 40 dB a výše, kdy začínají být pro nás tyto tóny slyšitelnými (přestávají být zamaskované vlivem silnějších harmonických násobků). Subjektivní kombinační tóny, vznikají tedy díky fyziologii našeho ucha a následnému klamnému vyhodnocení smyslových receptorů v mozku. Tyto

subjektivní kombinační tóny poprvé popsal houslista a skladatel Giuseppe Tartini již na počátku 18. století. Tyto jevy se v objektivní podobě rozdílových a součtových tónů dají vybudit na různých akustických nástrojích, a to buď prostřednictvím dvou a více současně znějících tónů ve vyšších nebo hlubších kmitočtech, nebo i za pomoci jednoho nebo opakovaného, silného úderu na jednom nástroji. Vhodnými nástroji pro vznik dobře slyšitelných kombinačních tónů, které vznikají na základě poměru dvou frekvencí jsou takové z nich, které mají své spektrum podobné sínusovému tónu. V případě vybuzení kombinačního tónu na jedné konkrétní frekvenci jsou vhodné spíše nástroje, jejichž spektrum je velmi bohaté.

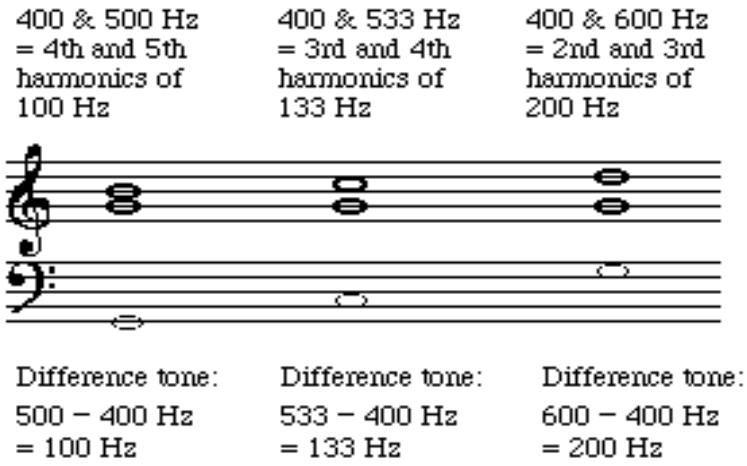
Prostřednictvím níže užité citace je nástínen způsob vnímání Tartiniho kombinačních tónů:

"Zvuk složený ze dvou sinusových (harmonických) vln o frekvencích 1000 a 1200 Hz může být někdy vnímán jako tři různě vysoké tóny: dva se spektrální výškou 1000 a 1200 Hz odvozené z fyzické frekvence čistých tónů a kombinační (Tartiniho) tón o frekvenci 200 Hz odpovídající rychlosti opakování průběhu vlny. V situaci, jako je tato, je vjem frekvence 200 Hz obvykle označován za efek chybějícího základního tónu, jehož frekvence je často největším společným dělitelempřítomných frekvencí."

"Výška tónu závisí v malé míře i na úrovni akustického tlaku (síle, resp. hlasitosti tónu), zvláště při frekvencích nižších než 1000 Hz nebo vyšších než 2000 Hz. S rostoucím akustickým tlakem se výška nižších tónů snižuje a vyšších zvyšuje; například velmi hlasitý tón o frekvenci 200 Hz je vnímán jako tón přibližně o půltón nižší než sotva slyšitelný tón téže frekvence."

Zdroje: KULKA, Jiří: *Psychologie 2, přepracované a doplněné vydání*, Vyd. 2., přeprac. a dopl., V Grada Publishing,2008, ISBN 978-80-247-2329-7, Akustika a biofyzika sluchu, Masarykova univerzita, newt.phys.unsw.edu.au/jw/tartini-temperament.html

Pozn. Psychoakustika je vědní obor , který zkoumá akustiku z hlediska subjektivního lidského vnímání.Masarykova univerzita: Psychoakustika (Psychologie zvuku)



Obrázek č.13 příklad jednoduchého výpočtu Tartiniho subjektivních kombinačních tónů, fungujících při dostatečné intenzitě hlasitosti
Zdroj: https://newt.phys.unsw.edu.au/jw/tartini-temperament.html

b) Uplatnění těchto jevů na akustických hudebních nástrojích pro následné kompoziční využití

Pro dosažení vzniku použitelných kombinačních tónů určených k následným kompozičním účelům v instrumentální hudbě, jsou jedny z nejvhodnějších hudebních nástrojů (viz níže) takové, jejichž barva tónů je blízká či podobná tónu sinusovému. Na dvou současně reprodukovaných sinusových tónech (dvojzvucích), jsou kombinační tóny velmi jasně slyšitelnými (sinusový tón je ochuzený o spektrum alikvotních tónů, které jsou obsaženy v jednotlivých tónech akustických nástrojů a tvoří jejich charakteristickou barvu). Nástroje s příliš bohatým spektrem nejsou vhodnými kandidáty pro utváření tohoto konkrétního jevu v praxi. Vyšší alikvotní řady jednotlivých tónů překrývají svou větší intenzitou potenciálně vzniklý (často slabší) kombinační tón tak silně, že ho nejsme schopni rozpoznat. Mezi nástroje, na kterých se tento jev poměrně snadno vyskytuje, patří například varhany, zobcová flétna, ústní harmonika, akordeon nebo pikola. Jejich barva tónu je poněkud blízká sinusovému tónu zásluhou chudšího harmonického spektra, díky čemuž nedochází k problému s *překrýváním* vlivem silnějších alikvotních tónů v rámci daného tónového spektra. Pokud přesto použijeme k těmto účelům akustického nástroje s bohatým harmonickým spektrem, je nezbytná velmi silná hlasitost, která příslušný kombinační tón dokáže vybudit a odkrýt. Míra konkrétní intenzity

hlasitosti se také odvíjí od toho, v jakých kmitočtech (tzn. umístění v tónovém prostoru) se právě pohybujeme.

Vhodnou oblastí pro začlenění akustické iluze do kompozičního procesu je spíše hudba komorní. Jedná se o práci s jemnějšími zvukovými elementy, které potřebují dostatečný prostor na to, aby mohly (samy o sobě nebo v určitém širším či užším kontextu) vyniknout. Pro co nejpřesnější "stínování" a fungování takovýchto detailů jsme nuceni dbát na to, jaký materiál se nachází před vznikem a po vzniku takovéhoto tónu, zároveň ho nesmí přímo překrývat žádná jiná masa zvuku. Extrémní polohy jsou vůbec nejvhodnějšími polohami pro vznik kombinačních tónů, například na varhanách především v nízkých polohách nebo na pikole ve vyšších polohách. Pro potenciální kompozice, které by měly za strukturální princip akustickou iluzi, jsou vhodná obsazení například sólové varhany, zobcové flétny, akordeon, ústní harmoniky, příčné flétny nebo i jiné širší kombinace obdobných nástrojů. Pokud jde o akordický nástroj, může být i sólový nebo pouze jeden v rámci ansámblu. Oproti tomu jednohlasé nástroje musí být vždy po dvou, aby zde mohl vzniknout kombinační tón mezi dvěma tóny mající stejný spektrální nástrojový charakter. Další verzí je použití sólového akustického nástroje klidně i s bohatým tónovým spektrem, u kterého lze v příslušných polohách prostřednictvím jednoho hlasitého nebo i opakovaného úderu tento jev v rámci jedné tónové výšky vybudit.

2.4.3 Audio iluze

Audio iluze (v rámci tzv. elektroakustického světa) vzniká a zkresluje naši percepci primárně za pomoci rozšířených možností digitálních technologií, které nám akustická nástrojová praxe neumožňuje. Daný zvukový stimul je zde různými způsoby modifikován pro konkrétní stimulační účely. Jedná se o formu zvukového klamu, který je uplatňován, vzniká a dobře funguje díky úpravám a práci s digitálními technalogiemi. Tyto audio iluze se nejvíce liší od ostatních sluchových iluzí právě tím, že spolehlivě fungují díky elektroakustickému světu a po většinou nejsou do toho akustického vůbec nebo v některých případech téměř nepřevoditelné. Největší výhodou tohoto druhu je vysoká míra spolehlivosti jeho fungování v koncertní a jakékoliv jiné praxi. Jindy velmi důležité atributy reálného prostoru, které je nutné brát v potaz při živém

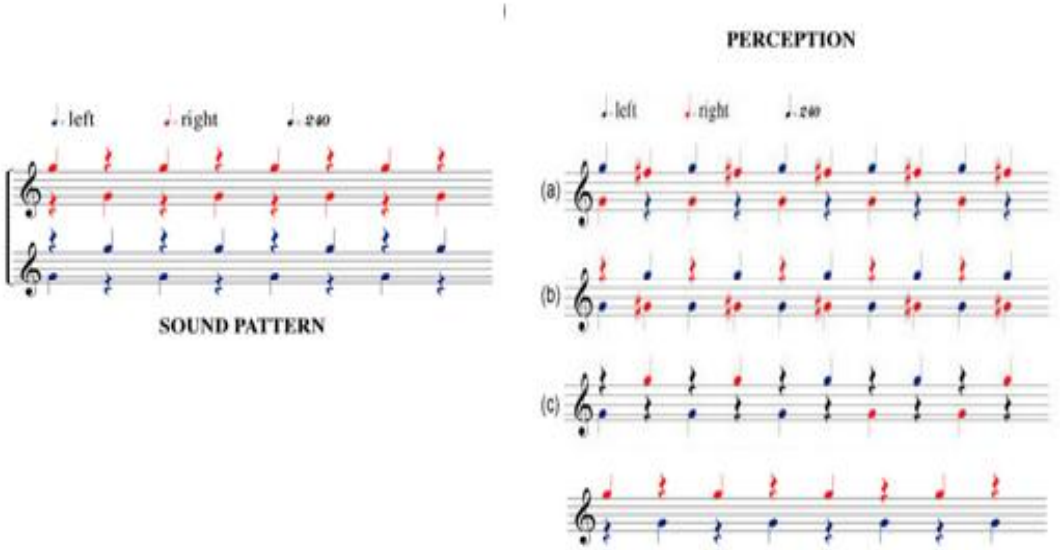
provedení, jako je například dozvuk, prostor sám či interpret, zde nemají takový vliv na konečné fungování předem připraveného výsledku. Mezi nejznámější tvůrce *audio iluzí* patří např. prof. psychologie Diana Deutsch z university v San Diegu nebo prof. Roger Shepard ze Stanfordské univerzity. Fungování některých iluzí prof. Deutsche je podmíněno užíváním stereo sluchátek, zároveň také mohou onen efekt jen více umocnit (v případech kdy nejsou nezbytná). Její pravděpodobně nejznámější hudební paradoxy jsou *octave illusion, tritone paradox, scale illusion* nebo *phantom words illusion.* Vůbec nejznámější a jeden z prvních hudebních paradoxů, který vznikl a funguje za pomoci možností, které poskytují digitální technologie, je *Shepard tone illusion* (viz níže). Tento jev byl poprvé popsán prof. Rogerem Shepardem již v roce 1964 a později spolurozvinut skladatelem Jeanem Claudem Rissetem. Z této konkrétní iluze vznikly později její další druhy, které staví na stejných nebo velmi podobných principech. Problematika Audio iluzí je kategorií, která není v tomto případě hlavním předmětem snahy o využití klamných percepčních jevů v kompoziční praxi. Uvedená je jako jeden z druhů sluchových iluzí, který bude v textu níže pouze nastíněn. Co se týče digitálních technologií, jsou zmíněny jako další velice podnětný inspirační zdroj nad přemýšlením, zacházením a následným tvořením sluchovýchi iluzí. Přesto budou níže zmíněny dva vybrané příklady těchto iluzí zkoumané předními odborníky pohybujícími se v této oblasti.

a) octave illusion

Oktávová iluze objevená prof. Dianou Deutsch v roce 1973 patří mezi jednu z jejích nejznámějších audio iluzí. Jde o neustále se opakující pattern sinusových tónů s neměnnou amplitudou v tempu čtvrtka rovná se 240, který je složen ze dvou souběžně znějících oktávových figurací. Základem jsou dvě příbuzná oktávová pásma (základní tvar a jeho obrat). Výsledkem je, že slyšíme stejně se opakující interval oktávy. Tento stimul správně funguje tehdy, pokud je poslouchán na stereofonních sluchátkách, přičemž do levé i pravé strany musí být rovnoměrně pouštěn akustický tlak za doprovodu zcela vyrovnané hlasitosti nastavované na daném přístroji. Způsoby, jak mohou posluchači svou proměnlivou percepcí vyhodnocovat tento stimul, je několik.

Nejčastěji jsou udávány tyto varianty :

a) vysoký tón v pravém uchu, který se v levém uchu střídá s nízkým tónem a naopak, (dochází ke střídavému vyrušení tónů)
b) mírně klesající vrchní hlas / mírně stoupající spodní hlas (vychýlení se pohybuje spíše v mezích mikrointervalových kroků)



Obrázek č.14, oktávová iluze: a) složení a stavba patternu, b) možnosti toho, jak odlišně může být vnímán různými osobami , podle výzkumu prof. Deutsch
Zdroje: http://deutsch.ucsd.edu/psychology/pages.php?i=202 (obrázek)
Diana Deutsch, Psychology of music 1st edition, **Edition, 2013, pp xvii + 765 ISBN-10: 012381460X ISBN-13: 978-0123814609 (text)**

b) Shepard tone illusion / Shepard-Risset glissando

Shepardova tónová iluze je sestavena z mnoha stoupajících nebo klesajících navrstvených sinusových tónů oddělených vždy rozpětím oktávy. Tedy slyšíme buď neustále stoupající, nebo klesající tónovou řadu, která se nazývá *Shepardova stupnice*. Jde o několikanásobně se vrstvící chromatický proces, který se v konkrétním bodě vždy plynule vrátí zpět na úplný začátek a pokračuje pořád ve stejném principu dále. Momenty zpětných přechodů se při trochu menším soustředění stávají zcela neznatelnými, obzvláště u kategorie posluchačů, jejichž poslechové zkušenosti jsou na laické (neškolené) úrovni. Takto silný vjem, kde nejsou tyto přechody pro naše vnímání rušivé, funguje

pouze v případě, že tuto sluchovou iluzi zpracujeme za pomoci digitálních technologií. Konkrétně jde o to, že každý jednotlivý tón v Shepardově stupnici (v rámci Shepard tone illusion) má ve svém spektru přidaných minimálně dalších 7 stejných tónů v odlišných oktávových registrech. Tedy každý z tónů Shepardovy stupnice má v podstatě strukturu souzvuku (navrstvené oktávy), ale naše percepce zde vnímá ten nejsilnější základní sinusový tón. V momentu kdy je stupnice dostatečně dlouhou dobu přehrávána, začíná zde fungovat návaznost a kontext těchto specificky upravených tónových výšek s přidanými oktávovými vrstvami. Významem této iluze je dosažení pocitu neustálého stoupání tónové řady nebo v opačném případě neustálého klesání. Z principu této iluze vychází další podobný jev, na kterém s prof. Shepardem spolupracoval Jean Claude Risset. Jde o příbuzný druh audio iluze s názvem Shepard-Risset glissando. Opět strukturálně vychází ze Shepardovy stupnice, která je přetransformována do plynulého glissanda. Výsledný vjem je, stejně jako u původní iluze, buď neustále stoupající, nebo klesající (v tomto případě) glissando. Tento jev byl i jedním z inspiračních zdrojů pro některé iluze prof. Deutsch.

Nyní, po stručném uvedení do této problematiky, obraťme pozornonst k možnosti praktického využití těchto jevů v kompoziční praxi.

---

zdroj: Jean-Claude RISSET, The perception of musical Sound, Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique, CNRS, Marseille

3. Praktické využití vybraných a vlastních sluchových iluzí jako kompozičního prvku ve skladbě- (rozbor studií představující zvukové klamy a akustickou iluzi), popis příkladů kompoziční práce s nejednoznačnými hudebními podněty v tvorbě vybraných autorů vážné hudby

Hlavní náplní této kapitoly bude praktické využití zvukových klamů a akustických iluzí v kompoziční praxi. Pro tyto konkrétní účely byly zkomponovány drobné studie, které se principiálně a strukturálně zakládají na vlastnostech a specifických projevech zvukových klamů nebo akustických iluzí. Do kompozičního procesu budou zahrnuty různé druhy známých a vlastních zvukových klamů (vycházející z principu bistability), transformace základního principu *Shepard tone illusion* v absolventské skladbě nebo práce se subjektivními kombinačními tóny. Tyto krátké zkomponované hudební plošky, založené na konkrétních principech, jsou pouze návrhem, jak by hudební plocha za využití těchto prvků mohla z různých pohledů vypadat. Plnohodnotná forma kompoziční práce s těmito jevy by měla být popsána v poslední kapitole na absolventské skladbě. *Pro znatelně lepší fungování těchto bistabilních zvukových klamů je doporučeno přistoupit nejprve k poslechu ještě před tím, než nahlédneme do partitury, jejíž čtení může naši percepci nesprávně ovlivnit. (orientační zvukové snímky+notový materiál studií bude přiložen na cd).*

V další části této kapitoly budou popsány tyto nejednoznačné (subjektivní) hudební podněty v kompozičních pracích vybraných autorů. Tyto ukázky budou zahrnovat kompozice autorů soudobé vážné hudby, kteří s těmito specifickými sluchovými jevy inspirativně a různými způsoby pracovali, ať už vědomě či nevědomě.

3.1. Praktické využití vybraných a vlastních sluchových iluzí jako kompozičního prvku ve skladbě

Každá sluchová iluze nebo jiný psychoakustický jev vzniká na základě zvukového podnětu (tzv. stimulu), z jehož vlastností vzniká skrze naše smysly subjektivní vjem. *Stimulem* (objektivně měřitelný podnět) je například neustále se opakující specificky upravený pattern sinusových tónů, který je proměnlivě

vnímán našimi smysly probíhajícími v čase (vzniká subjektivní vjem). Většina stimulů v podobě různých patternů, jednotlivých zvuků nebo souzvuků, ze kterých vzejdou ony iluze, již předem svou konstrukcí a vlastním potenciálem silně ovlivňují základní principy struktury, stavby, nástrojové obsazení a někdy dokonce i celkovou hudební tvář kompozice. V následujícím textu se pokusíme na konkrétních kompozičních příkladech tyto základní otázky osvětlit. Výchozím bodem je nástrojové obsazení a barva zvuku, dále je podstatný uplatněný multifunkční princip v rámci užitých kompozičních možností, a teprve následně se začíná projevovat dopad na celkovou stylistiku.

Schématicky vyjádřeno:

A) nástrojové obsazení ⟶ B) strukturální princip
⟶ C) dopad na celkovou stylistiku

3.2 Principy bistability: horizontálního pásmového rozložení na melodický a ostinátní doprovodný motiv + jednoduchá forma bistability v kompoziční praxi

Obecný princip bistability v podobě *horizontálního pásmového rozložení* a *kvartového patternu* (viz první kapitola) má svou strukturou a podmínkami k jejich fungování z hlediska kompozičního využití silnou tendenci stávat se ve výsledku quasi minimalistickým skladebným prvkem. Cílem této studie je využít tyto psychoakustické prvky v minimalisticky laděném typu hudební plochy, kde bude hlavním percepčním dějem posouvání pulzů a vydělování původních horizontálních figur (sedmitónová sekvence) do subjektivních tvarů opakujících se dvou motivů. Možností, jak lze tyto tvary slyšet, je více (viz první kapitola - psychoakustický experiment). Jedná se tedy o již zmíněný třítonový motiv a doprovodnou ostinátní figuru opakovaného tónu. Vycházíme z potenciálu iluze bistability, ve které jsme schopni prostřednictvím naší percepce přepínat v posouvání pulzace a dělení původního kvartového patternu do dvou zcela nezávislých tónových proudů. Tento druh jednoduchého bistabilní principu bude do studie taktéž aplikován jako jistá forma protiváhy vůčí jinému druhu bistabilního efektu v podobě horizontálního pásmového rozložení, které preferuje různorodou tvarovou proměnlivost identické tónové sekvence. Pro účely

kompozičního využití byla zkonstruována studie, na níž bude popsáno fungování těchto jevů v různých kombinacích, a budou rovněž uvedeny doporučené podmínky pro realizaci těchto jevů v praxi (tato doporučení vznikla na základě prováděného psychoakustického experimentu na testovaných osobách). Doporučený poslech této studie je na poprvé nejvhodnější *bez not* a prostřednictvím *sluchátek*. Nastavení hlasitosti je nejideálnější na *lehce více než je 50 procent.*

A) nástrojové obsazení

Tento jev je co do kompozičního využití poměrně flexibilním, a to jak pro obsazení orchestrální, komorní, tak i sólové. Princip bistability na akustických nástrojích spolehlivě funguje například na varhanách se základním flétnovým registrem, který má nejblíže svým barevným spektrem k sinusovému tónu. Nejvhodnějšími polohami jsou střední a vyšší kmitočty, které mají potřebnou barvu pro výraznější způsob tříštění pulzace a následné prolínání několika momentálně vedoucích horizontálních proudů, mezi kterými přepíná naše percepce během trvání různě dlouhých časových úseků. Vůbec nejvhodnějšími akustickými nástroji pro vznik těchto jevů, a především tedy iluze horzontálního pásmového rozložení, jsou melodické bicí nástroje, jako je například xylofon, marimba nebo vibrafon, a také nástroje drnkací. Perkusivní nástroje s obecně menší dozvukovostí jsou ideálními adepty pro tvorbu obou těchto efektů. Důležitou roli hraje taktéž prostorový aspekt, tj. velikost a doba dozvuku daného prostoru. Příliš velký dozvuk by se mohl stát nežádoucím elementem, který by dva opakující se tóny mohl propojovat (popř. utvářel nežádoucí latentní harmonie). Zvolenými akustickými nástroji pro tuto studii jsou varhany, marimba, xylofon a vibrafon. Melodické bicí nástroje byly vybrány zcela záměrně. Důvodem je nejvýraznější adaptabilnost tohoto jevu po krátkém čase z hlediska postupného ustáleného vnímání subjektivně vzniklého tvaru v rámci naší percepce. Díky spektrálním vlastnostem bicích nástrojů a schopnosti tvořit na nich výrazné tvary, jsou tyto jevy dobře funkční a následně použitelné jako kompoziční prvky ve skladbě. Cílem je tedy vybrat takové akustické nástroje, na kterých se tento jev výrazně a stabilně vždy projeví, a je následně schopný i plnohodnotného kompozičního využití v rámci struktury dané hudební plochy.

B) strukturální princip / kompoziční možnosti

Základním principem strukturálního myšlení v této studii je neustále se opakující pattern složený z čisté kvarty s tónovými výškami ("d2"- "a1" - "d2" - osminová pauza). Protiváhou tohoto prvku je efekt horizontálního pásmového rozložení, tedy opakující se sedmitónová sekvence v několika tónových variantách a jejich intervalových poměrech. Aby tyto jevy dobře fungovaly kompozičně i z hlediska percepčního, je nutné tento rytmicko-melodický tok poměrně striktně dodržovat, popřípadě ho lze z tempového hlediska různými způsoby vlnit, obohacovat/zdvojovat či různě fragmentovat. Jedna z možností je místy zdvojovat buď celý pattern, nebo jednotlivé tóny za pomocí jiných nástrojů a jejich barevných poloh. Toto vše je nutné za předpokladu, že se tyto patterny a jejich vlastnosti rozhodneme použít jako hlavní strukturální princip dané hudební plochy, jako je tomu v této studii. V jiném případě, pokud by nebyl skladatelův stěžejní záměr kompozičně pracovat pouze s těmito vlastnostmi, by dodržování výše uvedených aspektů (mimo doporučené nástroje) nebylo nutné.

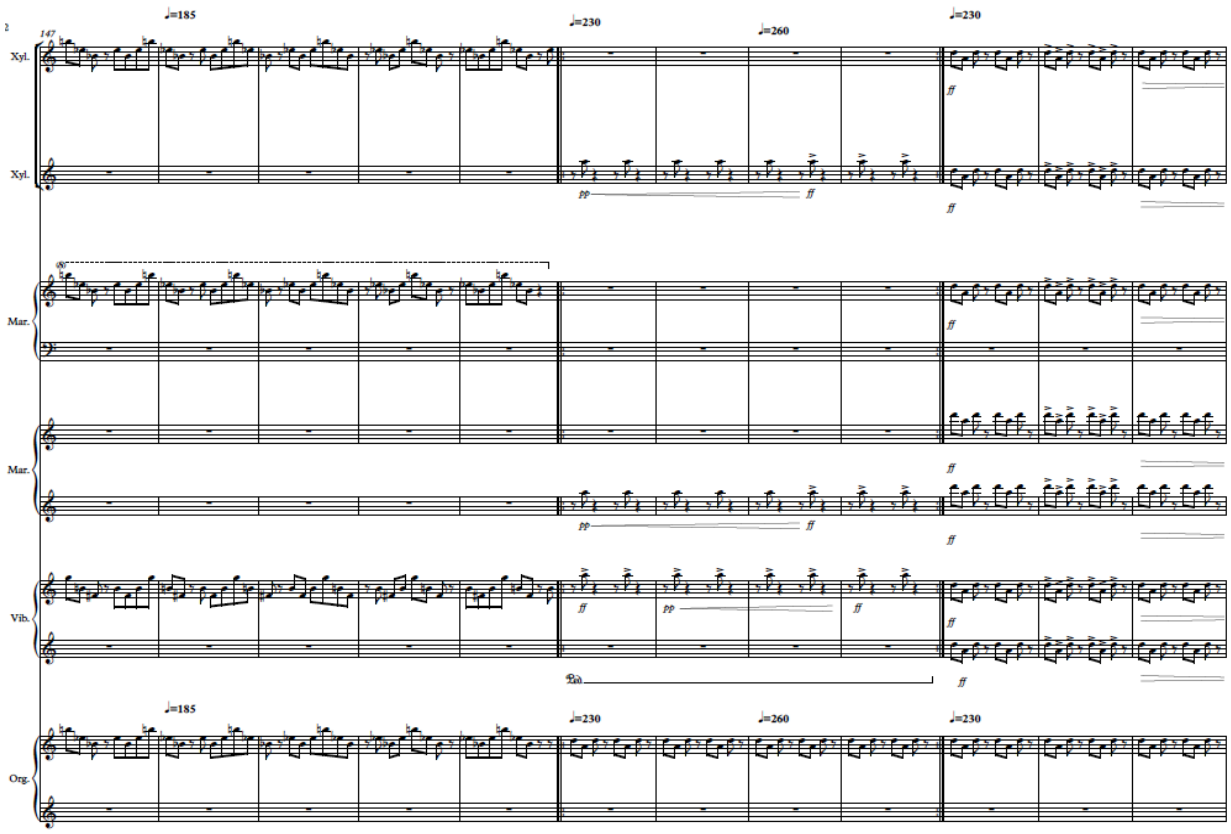
Celá plocha této studie je z hlediska průběhu vnímání exponovaných hudebních tvarů v čase klamným percepčním dějem. Mezi hlavní percepcí nejsilněji vnímatelné nezávislé děje patří řada opakovaných tónů „a", řada opakovaných tónů „d „, přepínání mezi těmito dvěma variantami nebo někdy i plynulý melodický tok obou tónů. V tomto momentě se zejména při nižší pozornosti posluchače různě posouvá a proměňuje vnitřní pulzace. Každý nový rozdíl nebo změnu proudů ve staticky plynoucím toku v čase můžeme odlišit i za pomoci nové barvy některého z předem vybraných nástrojů. Studie začíná zhruba pětadvaceti taktovým úsekem jednohlasého kvartového patternu ve varhanách. Zde je utvořen prostor pro naše vnímání, aby se s tímto jevem a jeho vlastnostmi (v původní podobě) měl posluchač čas seznámit. Toto místo je tedy jediný moment, kdy je tento efekt zcela původní a není kompozičně tvarován pro konkrétní strukturální (potažmo percepční) účely. Průběh této sólové varhanní linky je tvarován nepravidelným tempovým nárůstem až do tempa čtvrtka rovná se 250. Další navazující úsek již kompozičně pracuje s tímto jevem, a to konkrétně prostřednictvím zdvojení jednoho z proudů (v tomto případě jde o proud tónů "a"). Tímto zásahem dosáhneme okamžitého efektu oddělení dvou proudů bez dlouhodobějšího poslechu původního kvartového patternu. Následně se dostává do popředí proud opakovaných tónů "a", později, za cca 13 vteřin, se

proud přepíná v sled opakovaných tónů "d", které se od tohoto okamžiku stávají momentální vůdčí percepční linií. V tomto bodě končí introdukce (jejíž hlavní rolí je obeznámit posluchače se základními projevy tohoto efektu) a začíná plocha, kde se přidávají další nástrojové vrstvy.

První takováto plocha přichází v mírně zvolněném tempu čtvrtka rovná se 230 v podobě komplexního unisona ve všech příslušných nástrojích od úplného piana pianissima (*ppp*) přes postupné crescendo do extrémního fortissima (*ff*). Na zhruba desetitaktové ploše s repeticí se v krátkém čase radikálně promění barva tohoto patternu. Jde o ukázku toho, jak může hlasitost a její prudké změny zkreslit naše celkové vnímání plochy, a to dokonce i v případě tónových výšek (může dojít k podvědomému lehkému zvýšení či snížení stávajících tónových výšek). Navazující úseky ve studii jsou zasvěceny cílenému zvýrazňování detailů, týkajících se různého kombinování bistabilního principu. V podstatě jde o přepínání jednotlivých pulzů nebo nezávislých tónových proudů do popředí/pozadí/střídavě prostřednictvím jednotlivých zdvojených tvarů v různých polohách, při častém tempovém vlnění a proměnlivé dynamice. Pro kompoziční práci jsou v tomto případě vhodnými nástroji vyšší i nižší registry, odlišné druhy artikulace nebo dynamiky. Záměrem je co nejvýrazněji tembrově odlišit vybranou část z daného úseku, která má vystoupit do popředí a stát se dominantní. Většina těchto různě dlouhých části je opatřena doslovnými repeticemi, které nám umožňují silněji percepčně zaznamenat momentální přeměňování kompozičně rozvíjených či variovaných nových tvarů vycházejících z těchto původních psychoakustických efektů. Výraznějším zlomem v rámci dosavadního plynutí tohoto hudebního toku je moment od taktu číslo 79, kde nastoupí nový repetovaný děj v podobě sedmitónové sekvence s vlastností horizontálního pásmového rozložení v nastupujícím rozjezdovém tempu čtvrtka rovná se 190. Nástup této sekvence má tvar oktávového unisona ve varhanách, které je opět nerpavidelně zrychlováno, díky čemuž se vznikající subjektivní tvar melodického a ostinátního doprovodného motivku plastičeji pohybuje a vlní v čase. Práce s tempovou složkou má za cíl částečně rozbít neustálé plynutí statického, někdy až lehce monotónního hudebního toku. Předpis rychlého tempa by měl být dodržen skrze spolehlivé fungování těchto zvukových klamů. V rámci určitých hranic lze s tempem manipulovat a tvarovat průběh patternů v čase zcela volně - cca čtvrtka rovná se 180 a výš (260). Při rozsáhlejší kompoziční práci autor může zařadit tónovou kostru těchto patternů a kompozičně s ní

pracovat v takových částech hudební plochy, jejichž cílem není zrovna tvoření percepčně nejednoznačných hudebních podnětů.

V dále navazujícím úseku se sólový několikataktový děj základní sedmitónové sekvence ve varhanách větví s postupnými novými nástupy bicích nástrojů. Časový průběh nově příchozích vrstev nejprve naruší ustálené vnímání tohoto klamu a později po opětovném adaptování naší percepce, dojde znovu k získání předchozího subjektivního tvaru dvou vzniklých motivků. Kromě vrstev transponované varianty sedmitónové sekvence, se do tohoto vývoje později připojí i druhá verze této sekvence, která je složena pouze z malých tercií. Další blok se opět navrací k podobné verzi tématiky úvodního bloku, za kterou následuje opětovná práce s efektem horizontálního pásmového rozložení, jehož průběh a frázování je tvořeno nepravidelným a místy nepředvídatelným tempovým vlněním. Před závěrem studie se všechny hlasy opět sjednotí do komplexního unisona kvartového patternu, které se následně transformuje až do původního jednohlasu, tzn. základního patternu tónů "d"/"a", který plynule přejde v jednohlasý model sedmitónové sekvence, jejíž struktura se postupně zcela rozpadne.



Obrázek č.15, ukázka těchto výše zmíněných principů uprostřed kompozičního procesu

C) Dopad na celkovou stylistiku

Samotné jevy, které vznikají prostřednictvím efektu bistabilního a horizontálního pásmového rozložení, jsou v podstatě svými vlastnostmi spíše minimalistyckými kompozičními prvky. Práce s jejich potenciálem probíhá buď přirozenou cestou na základě opakování sedmitónové sekvence/jednohlasého kvartového patternu nebo zdvojováním jednotlivých tónových výšek ve spojitosti se změnou témbru. Tedy strukturální změny v takovémto druhu hudební plochy by měly projít méně radikálními transformacemi, spíše jde o případné obohacování, fragmentování nebo ředění struktury. Pokud je autorův záměr utvořit například proměnlivou pseudo polyfonickou plochu nebo jistou formu mixtury, jsou tyto jevy, a možná práce s nimi, vhodnými kompozičními prvky. Dále samozřejmě záleží, do jaké míry chceme tento jev v hudební ploše uplatnit. Můžeme ho využít pouze jako jeden z mnoha kompozičních prvků nebo jako vůdčí princip, na kterém je postavena celá kompozice, což následně ovlivní i její stylové zařazení. Hlavním důvodem je původní materiál, z jehož vlastností pro skladatele vyplývá, že pokud na těchto zvukových klamech postaví kompozici, jeho vyjadřovací prostředky se výrazně omezí a posunou tak paletu kompozičních nástrojů na jiný práh vnímání, kde se každý drobný detail stává výraznější a důležitější změnou, než by to bylo za jiných okolností ve zcela volně invenčních hudenních plochách. Tedy nabízí se zde jistá stylová i percepční podobnost, např. z hlediska poslechu některých kompozic Steva Reicha.

3.3 Iluze s tendencí stoupání/klesání v kompoziční praxi, (nejednoznačnost)

Na téma pokusné iluze s tendencí stoupání/klesání byla napsána krátka kompoziční studie v podobě dvou miniatur. První miniatura je věnována iluzi s tendencí stoupání a druhá (vizprvní kapitola) se zabývá verzí s klesající tendencí. Jde o ukázku jedné z bezpočtu kompozičních možností, jak lze s těmito prvky pracovat a přemýšlet o jejich rovnocenném, doprovodném, universálním či strukturálně nadřazeném zalčenění do hudební plochy. Pokud se rozhodneme takovýto jev do hudby zařadit, neměli bychom dopustit absenci jakýchkoliv daných parametrů podpůrného charakteru, které jsou všechny rovnocennými spolutvůrci takovýchto jevů, a následně také mají přímý vliv na jejich budoucí životnost v hudebním kontextu. Prvořadé je ověřit si jejich samotné realizování

a zároveň fungování v praxi, tedy bez ohledu na to, jakou roli v kompozičním záměru bude daný jev zrovna splňovat.

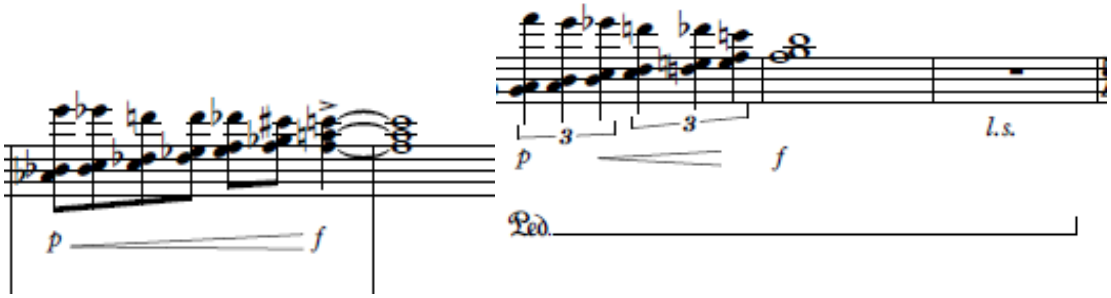
A) nástrojové obsazení

Iluze stoupání/klesání (viz první kapitola) je převážně závislá na melodických perkusivních nástrojích s potenciálem bohatšího dozvuku a schopností výrazného attaku, kde většina časového průběhu daného tónu je tvořena dozvukem. Nejvhodnějšími nástroji pro podpoření takovéhoto druhu efektu jsou mimo vybrané melodické bicí nástroje (se schopností delšího dozvuku) například klavír nebo celesta. Konkrétněji se jedná o vibrafon, zvonkohru, celestu nebo klavír. Společnou a zároveň zásadní výhodou těchto nástrojů je možnost flexibilně se pohybovat v souzvukovém světě, což je v tomto případě nejzákladnější předpoklad pro tvorbu souzvukových sledů na jednom nástroji. Dalším důležitým atributem pro fungování tohoto jevu je pedál, který dozvuk prostřednictvím své funkce protáhne a sérii souzvuků barevně ještě více propojí. V případě melodických bicích nástrojů jsou vhodné také středně tvrdé a tvrdé paličky, jejichž úder způsobí žádoucí rozeznění a zároveň rozechvění příslušného "kamene". V případě klavíru rozechvíváme struny, do kterých udeří klávesa za pomoci našeho prstu.

V tomto případě potřebujeme tedy nástroje, které mají schopnost nebýt ve zvuku příliš "konkrétní". A to ve smyslu bohatosti jejich dozvuku a schopnosti nasazování krátkého ostrého attaku. Například, dechové nástroje nejsou vhodnými prostředníky pro živou reprodukci těchto jevů, protože jejich přirozený zvuk je příliš konkrétním, a to ve smyslu plnosti reprodukovaných tónů, tzn. nedostatečný rozdíl mezi atakem a dozvukem v krátkém čase, časový průběh tónu vypadá tak, že ihned po attaku sylšíme tón v jeho plném znění, tedy dochází k dozvuku příliš pozdě, což je v tomto případě velmi nežádoucí element. Ani při hře ve staccatu nemají k dispozici takto přirozený bohatý a téměř okamžitý dozvuk ve zde velice potřebném krátkém čase, který v případě zmíněných melodických bicích nástrojů tvoří reálnou většinu plochy časového průběhu každého tónu. Dozvuk a jeho neustálé šíření se do sousedních souzvuků se stává zcela klíčovým parametrem. Melodické bicí a některé klávesové nástroje jsou nezbytnou volbou i z důvodu jejich rozsahových možností, s kterými je nutné počítat díky základnímu složení původní souzvukové sekvence - iluze s tendencí stoupání/klesání.

B) strukturální princip / kompoziční možnosti

Celá hudební plocha této studie je koncipována jako homogenní celek, který vychází ze struktury a vlastností této iluze. Iluze stoupání/klesání je sama o sobě sledem převážně sekundovitých trojzvuků, jejichž charakter má tedy disonantní průběh. Úplné konce frází těchto trojzvukových modelů jsou částečně "pročišťovány" přidáváním akcentovaného konsonantního intervalu, který má částečně pozitivní vliv na celkový pocit stoupající tendence těchto melodicko-rytmických útvarů. V obou variacích této studie budeme kompozičně pracovat s tendenčním efektem stoupání a klesání v rámci melodických obrysů v jednotlivých vrstvách a následným časovým kontextem těchto souzvukových sledů (modelů) a jejich variant. V podstatě jde o formu rozmělňování, překrývání nebo smršťování souzvuků v reálném čase, které jsou vždy úzce propojovány s barvou a momentálně se proměňující dynamickou intenzitou, což jsou jedny z hlavních aspektů, díky kterým je tento klamný efekt výrazně podporován.

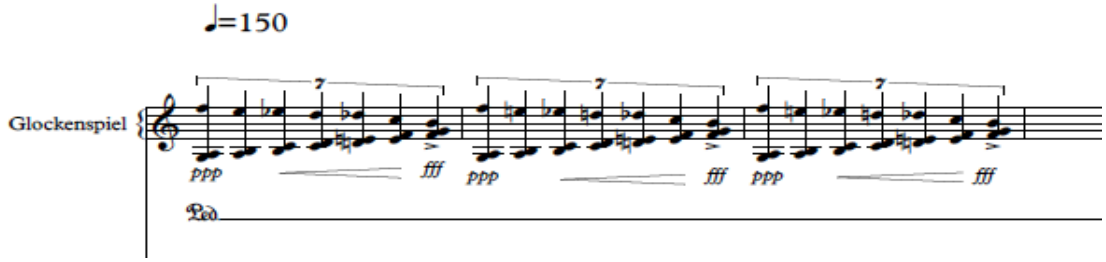


Obrázek č.16, Příklady frází zakončovaných přidanou konsonancí,
levá ukázka: souzvuková varianta modelu (vibrafon) / pravá ukázka: souzvuková varianta modelu (klavír)

Hudební plocha jako je tato, jejímž základním strukturálním materiálem je tento druh zvukového klamu, se nám může jevit po každém dalším poslechu poněkud odlišně, i když v zásadě podobně. Dokonce i na základě našeho rozpoložení nebo poslechových zkušeností (viz test níže) se může měnit pocit stoupající, popř. klesající či obojí tendence těchto modelů v rámci odlišných kontextů dané hudební plochy, které někdy i záměrně utvářejí percepčně nejednoznačné situace. Celá první variace by měla být díky využívání tendenčně stoupajícímu efektu interpretována v doporučeném tempovém předpisu, kterým

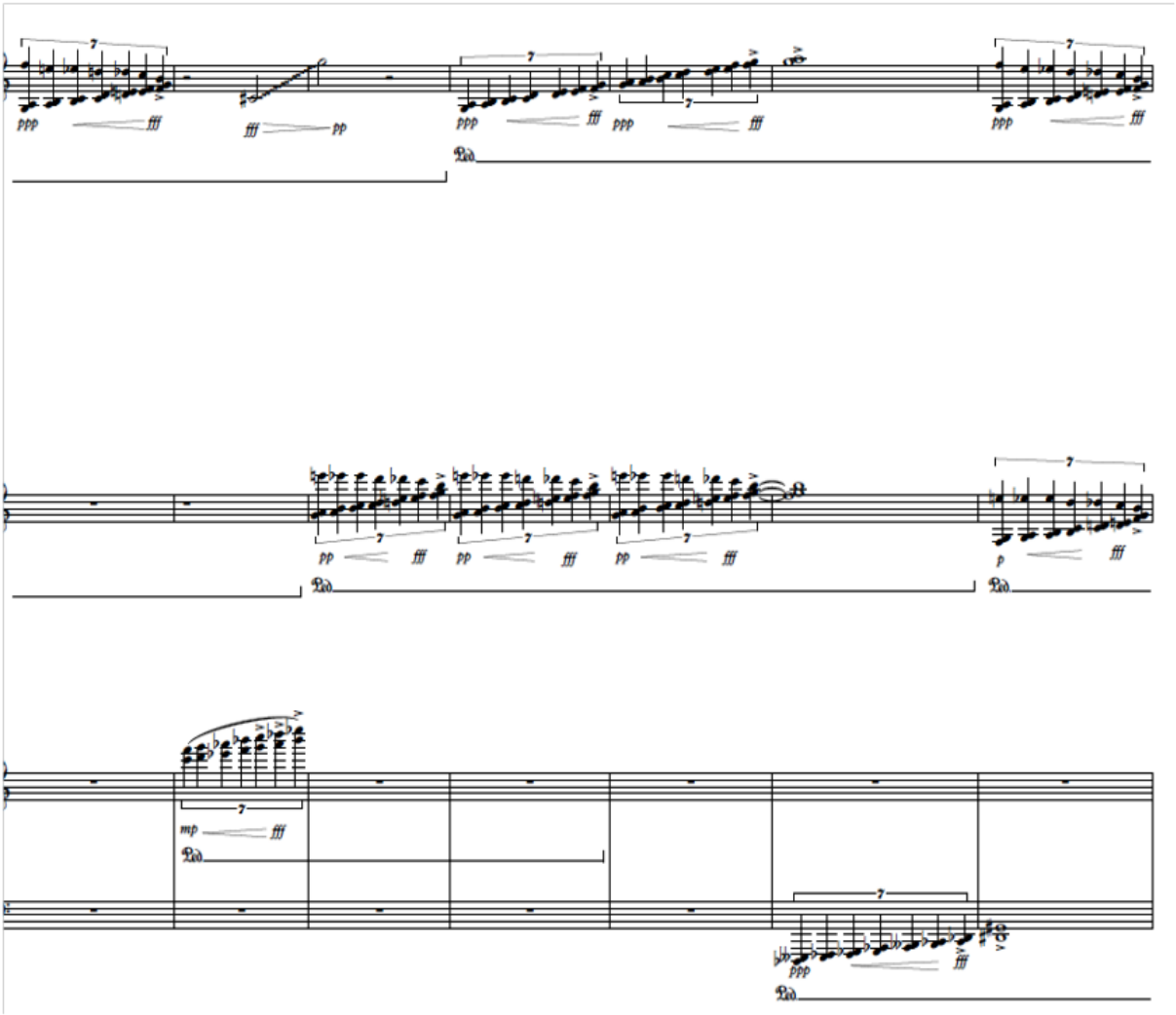
je čtvrtka=150. Mezi hlavní kompoziční prostředky patří tvarovaní směrů a témbrové složky melodického obrysu v rámci mikro a makro struktury. Různě dlouhé fráze jsou utvářeny jak v horizontále, tak i vertikálně. Jejich rozvoj lze ve větších detailech vnímat v daném momentu nebo z pohledu větších celků i v retrospektivním čase, kde na sebe necháme působit i delší plochy jednotlivých "stoupajících frází". Tento dojem je podpořen dozvukem, který je cíleně protáhován použitím pedálu. V některých případech, jako určitý typ výrazového kontrastu, je vycházeno pouze z přirozeného nástrojového dozvuku (používáno i v kombinaci). Potřebného tvaru melodického oblouku je dosaženo díky prudším dynamických změnám, jedná se tedy o prudké crescendo z pianissima do akcentovaného fortissima v rámci rozsahu každého jednotlivého modelu. Díky tomuto aspektu dosáhneme správné podoby bohatého přeznívání, které by mělo být rozvíjeno či dávkováno postupně (proto crescendo). Toto pravidlo je vlastně nezbytným doporučením ve prospěch přesvědčivějšího fungování modelů, jejichž vlastností je stoupající efekt v rámci hudební struktury. Tato doporučení také přispívají k cílenému vytvarovávání kompaktnějších melodických oblouků.

Hlavním strukturálně stavebním prvkem celé plochy je třikrát se opakující septolový model jakožto základní typ souzvukové sekvence, která tuto iluzi utváří (viz příkald níže). Tento repetovaný tvar je ve stejné podobě nebo její variantě uváděn pouze v partu zvonkohry a vibrafonu. Mimo tento základně funkční strukturální prvek a jeho varianty jsou používány dvojzvukové reálně stoupající souzvukové sledy, jako podpůrný element, jehož cílem je stoupající tendenci výrazně podtrhnout. Jejich rozsah se řídí momentální rolí ve struktuře. Jejich potenciál je vlastně možnost ovlivňující pozici v daném kontextu ve smyslu stávajícího, předcházejícího nebo následujícího směřování melodického obrysu. Hlavním důvodem, který přímo vede k tomuto druhu myšlení, je další forma rozměru s cílenou manipulací naší percepcí.



Obrázek č.17, základní souzvuková sekvence (model), kterou formuje pedál za předpisu extrémních dynamických prahů s crescendem,v krátkém čase, za účelem větší percepční nejednoznačnosti

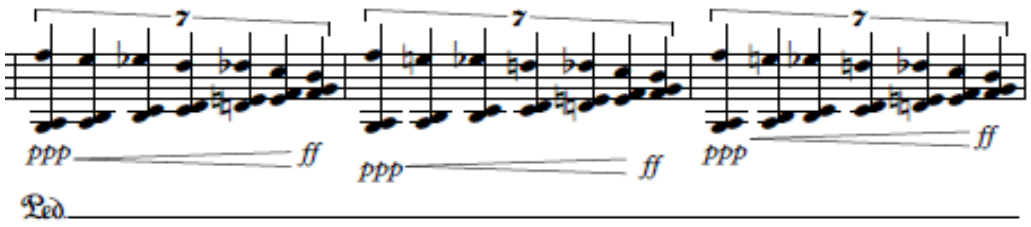
Z hlediska času a tektoniky (v rámci hudební plochy jako celku), je používaným kompozičním prvkem *"vertikální"* a *"horizontální řetězení"* těchto modelů. V případě vertikálního řetězení jde o vrstvení různě dlouhých modelů v prostoru většinou ve všech zúčastněných vrstvách. Role jednotlivých modelů jsou rovnocenné a každý z nich tvoří organickou součást celého rozprostřeného vertikálního řetězce v čase. Jde o výše zmíněný případ, kdy je úkolem této sazby seskupení drobnějších dějů do delší pomyslné "stoupající fráze" za cílem vnímání těchto efektů s větší frázovou komplexností a na delších ploškách.



Obrázek č.18, varianty modelů v ukázce vesrtikálního typu řetězení

Horizontální typ řetězení se odehrává vždy uvnitř jedné nástrojové vrstvy, v podobě plynulého opakování trojzvukového modelu bez pauz, a taktéž za výrazné podpory pedálu a prudkých opakujících se crescend (z pp do fff). Tento rytmicko-melodický útvar se jeví jako nejstabilnější tvar z hlediska umocňování percepční podstaty efektu stoupající/klesající iluze, která je většinou proměnlivá.

V tomto případě je znatelně větší preference v stoupající tendenci. Pro tento konkrétní kompoziční záměr je nejideálnějším prvkem, v rámci hudebního dění, v horizontále nástrojové pásmo zvonkohry.



Obrázek č.19, varianta modelu v partu zvonkohry, moment kdy se iluze stoupání řetězí horizontálně a zvukově se stává ve své podstatě nejefektivnější

Další fází tohoto vnitřního typu řetězení je jejich celkové splynutí do větších celků, ze kterých se tato miniaturní forma skládá. Jedná se o moment splynutí všech horizontálních a vertikálních řetězců do témbrově odlišených větších celků, jejichž záměrem je obohatit časovou rovinu vnímání tohoto nejednoznačného zvukového podnětu. Při každém dalším poslechu se mohou jednotlivé vrstvy jevit výraznější v samotných strukturálních detailech nebo naopak ve spojitějších frázovitých celcích. Taktéž jednotlivé "přechodové" modely jsou záměrně postaveny do kontextu tak, aby je naše percepce vyhodnocovala "půl-napůl". Smyslem tohoto subjektivního vyhodnocování je, že ještě během poslechu jednoho modelu se rozhodneme prvně pro tendenci klesání a po té stoupání nebo i naopak. Převážně tyto útvary (kromě modelu samotného) jsou svou nejednoznačnou zařaditelností do okolního dění jednou z hlavních příčin posunu naší percepce ve smyslu vnímaní odlišností uvnitř stejné plochy při opakovaném poslechu. Často bývají počátečními články nadcházejícího řetězce nebo naopak jedním z koncových článků jiného z výše uvedených procesů.

Kromě základních a odvozených modelů této iluze, které jsou v probíhajícím čase variačně rozvětvovány v čase, je dalším kompozičním materiálem vypsaný pedál v podobě ležících a doznívajících trojzvuků, jejichž základním vertikálním (stavebně souzvukovým) intervalem je opět sekunda. Trojzvuky jsou tedy složeny vždy ze sekundovitého intervalu s přidanou libovolnou konsonancí, jako je tomu u všech koncových trojzvuků v základním

modelu iluze. Ležící souzvuky by měly plnit funkci quasi dozvukového protikladu vůči dozvuku přirozenému akustickému, který je pedály prodlužován. Právě z ležících trojzvuků je také utvořen závěrečný oddíl, kde celá plocha, která je náhle pozastavena v čase, postupně doznívá.

C) Dopad na celkovou stylistiku

Celková stylistika kompozice závisí na tom, jakou konkrétní roli této stoupající/klesající sluchové iluzi skladatel přiřadí, podobně, jako v předchozím případě u bistabilního efektu a efektu horizontálního pásmového rozložení. Avšak na rozdíl od těchto zvukových klamů má tento jev mnohem více univerzální potenciál a je schopen fungovat v mnoha odlišných hudebních kontextech. Jinými slovy, zásadně nepředurčuje svými vlastnostmi stylovost dané hudební plochy. Jednou z možností je využití tohoto jevu jako zvukomalebného prvku, například v rámci intermezz, introdukcí, preludií, interludií či postludií v jakémkoli stylovém pojetí. Tyto typy kratších formálních částí mohou být ideálním prostorem pro volnou kompoziční práci pouze s tímto jevem. Konkrétním příkladem by mohlo být uplatnění iluze stoupání/klesání v introdukcích. Jednou z kompozičních možností je za pomoci tohoto jevu účelově vytvořit druh universálněji laděné hudební plochy, kterou postupně zahušťujeme a přořeďujeme o nové další strukturální prvky. Jedním z opaků je například využití této iluze jako jednoho z dominantních strukturálně-skladebných prvků, na kterých je postavena celá hudební plocha. Z hlediska vnitřní vyváženosti (ve smyslu hudební logiky) může tento jev plnit funkci výrazové protiváhy, vůči většímu počtu výrazných kompozičních prvků v rámci plochy jako celku. Po krátkém čase si naše percepce na tento jev zvykne a začne ho brát jako samozřejmou součást, kterou z hlediska poslechu celkového hudebního vývoje upozadí ve prospěch jiných kompozičních principů, které mohou a nemusí být tímto prvkem ovlivňovány. Další velice vděčnou rolí, kterou může tato iluze plnit, je jakákoliv forma ostinátní plochy nebo přímo podkladová plocha pro konkrétní událost. Opět tím poukazuje na svou flexibilitu, co se týče jejího neproblematického zasazování do hudebních kontextů z hlediska jejího fungování v praxi. Zcela kontrastní přístup k tomuto jevu nastane, pokud bude skladatelovým záměrem rozkrýt různé vlastnosti tohoto stoupajícího/klesajícího jevu a pracovat s nimi detailně po kompoziční stránce. Vhodnou hudební formou pro tento počin jsou např. variace, díky jejichž principu fungování bude mít každý z jevů dostatečný prostor pro svou realizaci v

několika vybraných obměňujících se variantách a souvislostech. V tomto jediném případě je dopad na celkovou stylistiku velice zřetelným. Skrze způsob kompoziční práce, která vychází z vlastností zvuku a struktury této iluze, balancuje výsledný styl na pomezí jisté formy koláže nebo minimalistické práce. (Pozn. v rámci přiloženého cd (kde budou uloženy notové a orientační audio materiály popisovaných vlastních krátkých studií) je ještě přiložena partitura a audio ukázka II. variace zvukového klamu s tendencí klesání/stoupání.)

3.4. Analogie k akustické iluzi - objektivní kombinační tóny v kompoziční praxi

A) nástrojové obsazení

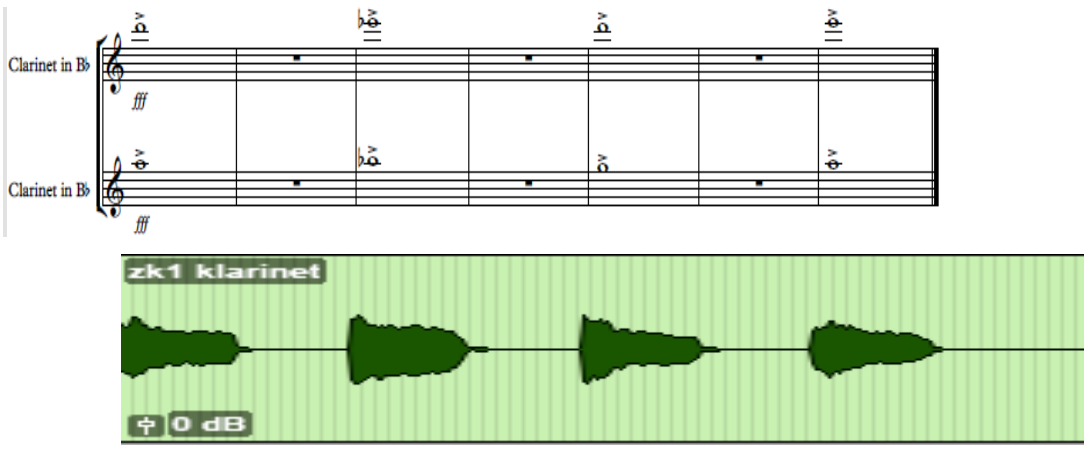
Dvouvětá studie číslo tři s názvem *akustická iluze* je zaměřena na využití kombinačních tónů jako kompozičního prvku ve skladbě. Již zmíněné kombinační tóny (viz. první kapitola) budeme aplikovat do kompozičního procesu prostřednictvím vybraných rozdílových a součtových tónů. Nástin strukturální práce s těmito jevy bude demonstrován na dvou záměrně protikladných nástrojových skupinách (I.věta/II.věta) z hlediska typu a bohatosti složení jejich barevného tónového spektra.

Náplní první věty budou kombinační tóny, které vznikají u různých druhů nástrojů s chudším tónovým spektrem nebo nástrojů se zvukem podobným sinusovému tónu. Chceme-li vybudit jev, kdy zazní v rámci dvojzvuku třetí znějící tón, je třeba použít dva stejné akustické nástroje, které ve stejný moment společně zahrají (ve vyšších dynamických intensích) vyrovnaný dvojzvuk. Zvolenými nástroji pro první větu ze studie jsou dva klarinety a dvě ústní harmoniky. V případě ústní harmoniky jsou zvukově nejspolehlivějšími intervaly pro tvorbu dostatečně výrazných kombinačních tónů: kvartové, kvintové a terciové, hrány v polohách od tónu f^2 a výše. V nižších kmitočtech (směrem od tónu e^2 dolu) tento jev téměř vůbec nevzniká nebo se nejeví zvukově spolehlivým, tedy hrozí vysoká pravděpodobnost, že se tón povětšinou nemusí ozvat. Nejčastějším důvodem bývá jeho maskování silnější periodou. Jedná se především o praktické hledisko, aby daný prvek mohl být plnohodnotnou formou začleněn do struktury hudební kompozice. Mezi nejspolehlivěji znějícím

kombinačním tónem vznikajícími hrou na dvě ústní harmoniky je interval malé tercie (fis-a) v rámci psané tříčárkované oktávy. Zde máme možnost slyšet velmi silný rozdílový tón, kterým je v tomto konkrétním případě dvoučárkované fis. Jedním z aspektů, proč je výhodnější pro kompoziční práci používat rozdílové tóny namísto součtových, je jejich hlubší barevná poloha, která utváří potřebný kontrast v rámci naší percepce oproti reálně znějícímu dvojzvuku nacházejícímu se ve vysoké poloze. Vhodnými nástrojovými polohami pro vznik těchto jevů (v tomto případě u partu klarinetů) je tónová oblast od d² výše. Opět zde mluvíme o tónovém rozsahu takového registru (v tomto případě opět vyššího), který se jeví nejspolehlivějším v akustické praxi. Mezi intervaly, které jsou akusticky spolehlivými prostředníky pro výskyt rozdílových tónů, jsou primárně kvartové a kvintové. Velice dobře v tomto duchu funguje taktéž interval tritonu, včetně následně vzniklého rozdílového tónu, jehož témbrový charakter připomíná ve vyšších polohách multifonika. Na klarinetu vznikají kombinační tóny až ve vyšších polohách díky menšímu rozměru kónického ozvučníku a válcovitému tvaru nástroje, který se nachází na konci těla nástroje. Fungování a ozývání tónů na klarinetu, je blízké principu varhanních píšťal, kdy je jeden konec upevněn a druhý volně otevřen.

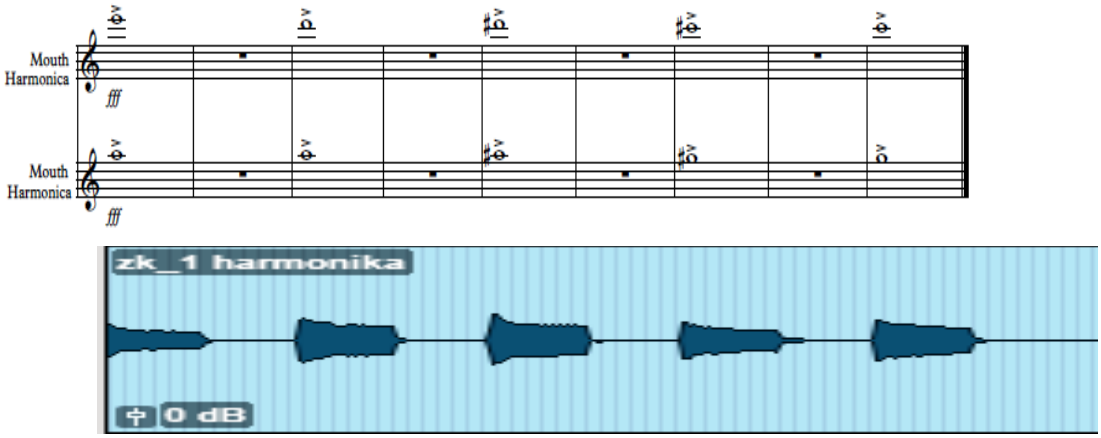
Ukázky časových průběhů akustických signálů- nástroje s harmonickým spektrem podobným / (bližším) sínusovému tónu.

a) klarinet



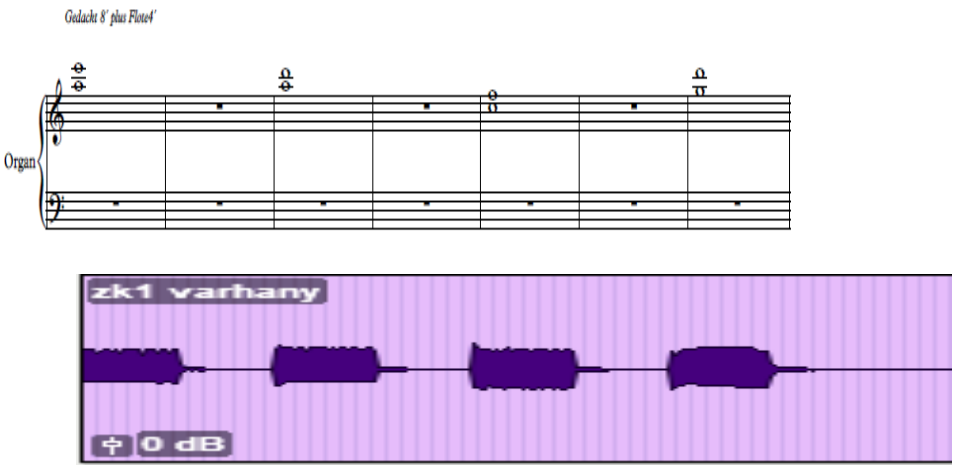
Obrázek č.20, s ukázka kvartových a kvintových intervalů hraných na klarinet - **podobné pouze vysoké polohy**

b) ústní harmonika



Obrázek č.21, ukázka kvartových a kvintových intervalů hraných na ústní harmoniky - **podobné spíše vyšší polohy**

c) varhany

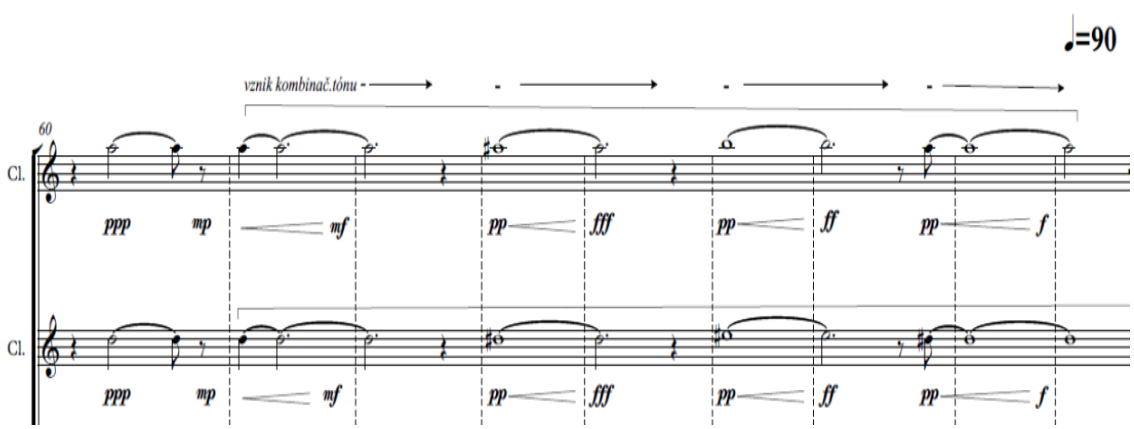


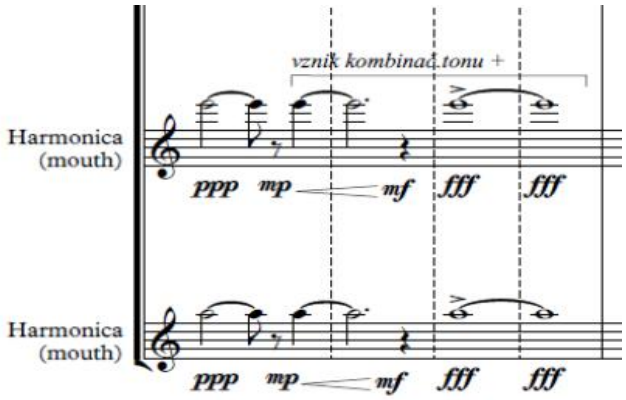
Obrázek č.23, ukázka kvartových a kvintových intervalů hraných na varhany- **ve všech polohách blízké sinusu**

B) strukturální princip / kompoziční možnosti

Hudba pro komorní obsazení je ideálním prostředkem pro realizaci těchto jemných zvukových psychoakustických jevů v kompoziční praxi. Strukturální princip studie *č. 3 akustické iluze* je převážně založen na pravidelném či nepravidelném zesilování a zeslabování trojzvuků v čase. Těmito trojzvuky jsou míněny reálně znějící dvojzvuky s vlastností vznikajícího třetího (již zmiňovaného) kombinačního tónu. Jistou protiváhou v rámci této čisté textury s důrazem na vertikálu (harmonii) je krátký melodicko-rytmický motiv evolučního charakteru. Tento motiv, který má rozsah od tří dob (v rámci 4/4 taktu) do tří celých taktů, je exponován v obou klarinetových partech, jimiž motiv střídavou a zároveň nepravidelnou tendencí cirkuluje. Délka motivu začíná na ploše třech dob (v rámci 4/4). Při každém dalším vstupu se o kousek jeho časová délka rozšíří až do rozměru tří celých taktů v druhé polovině hudební plochy. Tento úsek vyústí opět do trojzvukové plochy, která je však založena na třech reálně znějících zcela rovnocenných tónech, utvářejících svými rozprostřenými nástupy jednotlivých tónů přerušovaný trojzvuk. Jde o formu napodobování základního principu latentní harmonie, která je prezentována různě dlouhými bodovými tóny, jejichž délky dozvuků se přes sebe překrývají a následně tak utvářejí rozprostřenou harmonii v čase. V tomto případě je dozvuk a splývání těchto bodových tónů vyjádřeno nepravidelnými délkami daných tónových výšek, které se vždy jen na krátkou dobu potkají v dvojzvucích (viz *obrázek b* níže). Cílem této studie je zejména utvářet různé pohledy na odlišnou barevnost souzvuků, které jsou transformovány v čase. Hlavními kompozičně výrazovými nástroji jsou tedy dva charaktery těchto souzvuků: *a) vertikální barva trojzvuku* (důraz na vertikální dění), *b) horizontální barva trojzvuku* (důraz na horizontální dění).

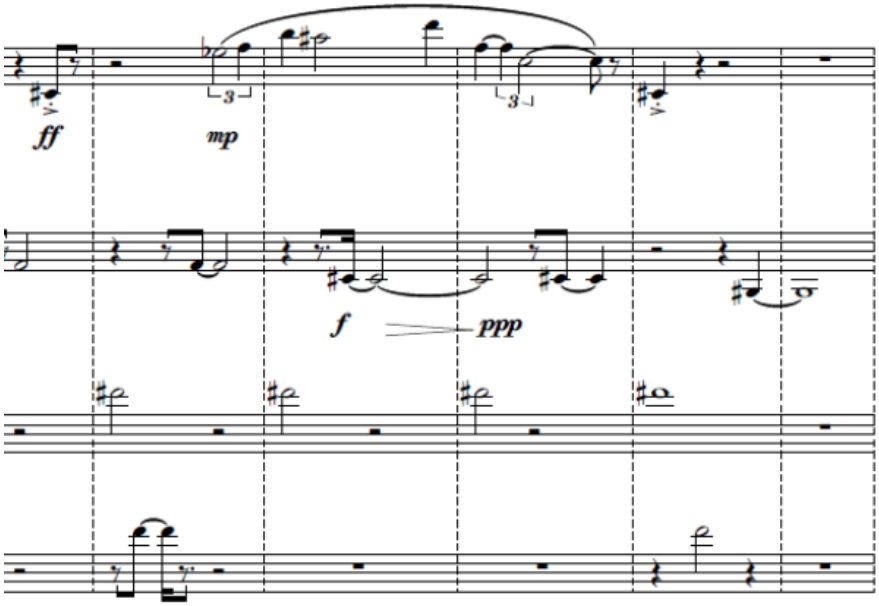
a) " vertikální barva trojzvuku"





Obrázek č.24, a) vertikální barva souzvuku, příklady dvojzvuků v rámci nichž vzniká třetí kombinační tón, první ukázka- klarinetový part, druhá ukázka- part ústních harmonik znaménko **+** = součtový tón, **-** = rozdílový tón

b) "horizontální barva rozprostřeného trojzvuku" pod melodickým obloukem



Obrázek č.25, horizontální barva trojzvuku rozprostřeného v čase, napodobující "vypsané" principy latentní harmonie

Harmonická struktura, která počítá a vychází v rámci souzvuků z kombinačních tónů, předem částečně předurčuje intervalové složení takovýchto souzvuků. Vybírat je můžeme na základě barevných odlišností, které mají rozdílové tóny v konkrétních polohách, a pracovat s nimi jako s primárním strukturálním prvkem. Následně také v kontextu souzvukovém, kdy tento jev

posuzujeme a stavíme do role rovnocenného hlasu, který spoluutváří harmonickou složku souzvuku. V neposlední řadě musíme dbát na míru frekventovanosti vznikání těchto jevů v určitých polohách. Například, intervalová struktura této studie je koncentrována do dvou doplňujících se odlišných intervalových center. První z nich (místo vzniku kombinačních tónů) je převážně kvart-kvintové. Co se týče složení druhého intervalového centra, jeho těžiště je v malých a velkých sekundách, díky nimž vznikají jemné interference nebo-li rázy, a to jak ve vysokých, tak i hlubších polohách nástroje (v tomto případě klarinetů).

Tento druh harmonické struktury utváří další zvukovou a následně i percepčně velice specifickou situaci (forma harmonického vnímání). Konkrétně jde například o moment, kdy je na delším časovém úseku rozezníván trojzvuk s přidaným třetím tónem, k jehož počátečnímu nástupu je v jiném nástroji ve stejný okamžik připojena prodleva na jednom tónu. Synchronní nástup prodlevy a tohoto trojzvuku způsobí, že dalším vnímaným aspektem je zde samotná tónová výška prodlevy. K tomuto závěru můžeme dojít, pokud délka prodlevy bude o takt delší. Tento moment naše percepce může vyhodnocovat jako změnu nebo mírný posun v tónové výšce oproti té dosavadní. V rámci strukturálního principu, který vychází z myšlenky vertikální+horizontální barvy harmonie, je tento aspekt jedním z výsledků předchozí kompoziční práce s těmito jevy.

C) Dopad na celkovou stylistiku

Stejně, jako v předešlých případech, i zde se celková stylistika kompozice odvíjí od počátečního rozhodnutí skladatele, zda práci s kombinačními tóny uplatní jako hlavní strukturální princip nebo je začlení v podobě jednoho z prvků, který je jedním z mnoha součástí utvářejících celkový skladební organismus. V případě studie *akustické iluze* č. 3 bylo cílem učinit z tohoto prvku hlavní strukturální princip, tedy stylistika takovéto hudební plochy je do jisté míry v několika aspektech předem určitelná. Prvním ovlivněným krokem ve stádiu, kdy uvažujeme nad kompozicí a jejím základním témbrovým charakterem, je nástrojové obsazení, které vybíráme převážně podle druhu (v tomto případě chudého či velmi bohatého) harmonického spektra (viz nástrojové obsazení). Dalším krokem, na kterém je toto ovlivnění z hlediska skladebné struktury a její celkové zvukovosti nejmarkantnější, je téměř automaticky vzniklý intervalový

výběr nebo alespoň tendence vyššího výskytu intervalových center. Konkrétnější složení takovéhoto intervalového výběru je odvoditelné z příslušných nástrojových kombinací. (Každý z vhodných nástrojů, který je vybrán do celkového obsazení za účelem tvorby znělých kombinačních tonů, se intervalovými preferencemi může různě lišit.)

V případě studie č. 3 vzniká tento jev převážně v kvartové a kvintové harmonii. V tomto ohledu byly záměrně vybrány dva klarinety a dvě ústní harmoniky. Důvodem je jistá intervalová a následně i strukturální homogenita, kterou tato konkrétní kombinace umožňuje. Našim kompozičním záměrem může spíše být i heterogenně laděná struktura, kterou můžeme již předem podpořit obsazením, které má následně vybudit tyto jevy zcela v odlišných kmitočtech. Například varhany v kombinaci se dvěma ústními harmonikami nebo jedním akordeonem. Již touto volbou utvoříme potenciál pro práci se dvěma barevně zcela odlišnými typy kombinačních tónů. Výrazné kombinační tóny v hlubokých kmitočtech na varhanách a jemné rozdílové či součtové tóny na ústních harmonikách v těch nejvyšších kmitočtech. Získáme tedy zcela kontrastní barevné registry, ovšem s absencí středních kmitočtů. Rozhodneme-li se konkrétně pro rozdílové tóny, jejich barvou můžeme tento rejstřík částečně tónově pokrýt.

II.věta

A) nástrojové obsazení

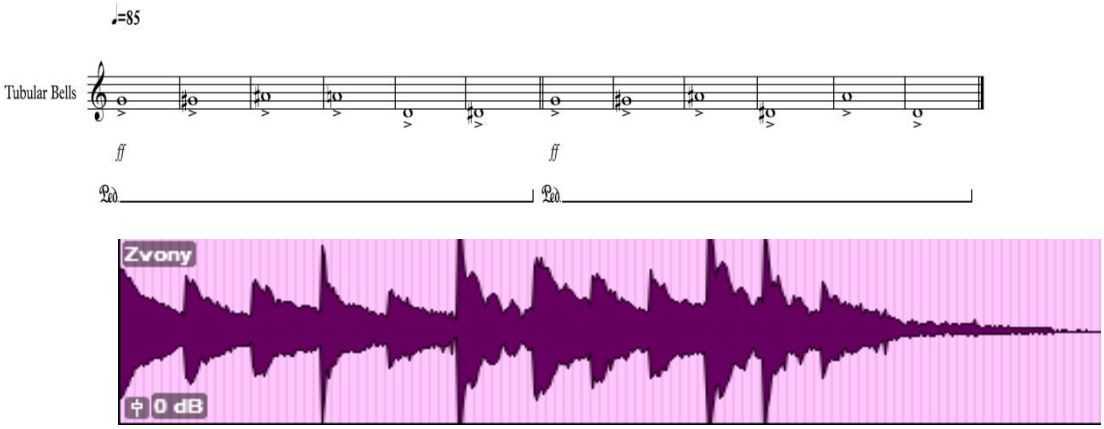
Nástrojové obsazení druhé věty této studie je složeno z nástrojů, jejichž harmonické spektrum je velice bohaté. Jedinou výjimkou mezi nimi jsou varhany, které byly do této studie zařazeny z akusticko-kompozičních důvodů (viz níže b, strukturální princip). Vhodnými a zároveň pro tuto studii vybranými nástroji, v jejichž konkrétních polohách vzniká široká škála rozdílových i součtových kombinačních tónů, jsou například trubicové zvony, marimba, bassklarinet a xylofon nebo vibrafon. Mezi další nástroje s nejbohatšími spektry patří tam-tam, basový buben nebo velký gong. Například různě laděné gongy můžeme využívat pro vybuzení kombinačních tónů na jiných nástrojích, které hrají za jejich doprovodů dlouhé a znělé jednotlivé tónové výšky. Vznik

kombinačních tónů na takovýchto nástrojích není podmíněn synchronní hrou dvou stejných nástrojů, které reprodukují příslušný dvojzvuk či trojzvuk nutně ve stejné délce a intenzitě hlasitosti (obvykle kolem 40 dB).

V tomto případě lze kombinovat dva i tři zcela odlišné nástroje s bohatým spektrem, které mohou hrát konkrétní souzvuky nebo pouze jednotlivé tóny nastupující v různých časových úsecích po sobě. Tyto jednotlivé nástupy se mohou překrývat a vybuzovat kombinační tóny na základě poměru dvou tónů hraných na dva odlišné nástroje nebo dokonce jediným prudkým úderem na jeden konkrétní nástroj v příslušném kmitočtu, který je pro vybuzení tohoto jevu vhodným. Zkombinujeme-li dva nástroje v nevhodných polohách nebo nezvolíme dostatečně vhodný intervalový poměr, dojde k okamžitému zamaskování tohoto jevu a stane se pro nás neslyšitelným. Tedy kombinační tóny jsou vždy přítomné, ale abychom s nimi mohli dále pracovat a zřetelněji je slyšet, musíme hledat vhodné nástrojové polohy, nástroje samotné a příslušnou zvukovou intenzitu. Příkladem nástrojů, které místy produkují kombinační tóny na základě hraného jednoho konkrétního tónu v silné dynamice, jsou například trubicové zvony, smyčcové nástroje nebo oblast nejhlubších kmitočtů na marimbě. K nejvýraznějším konkrétním příkladům tohoto druhu patří například dvoučárkované fis hrané po delší časový úsek ve fortissimu na violoncelle (vždy zazní v oktávě), velké as hrané ve fortissimu i nižší dynamice na basklarinetu (zde vzniká velmi výrazná velká sexta směrem nahoru) nebo jednočárkované d na trubicových zvonech, kde zní v každé dynamice vrchní kvinta. Tyto ukázky jsou zde uvedeny jako jedny ze zástupců případů tónových výšek, u kterých je tento jev tak silný, že takovýto tón ani v nižší dynamické intenzitě nezazní samostatně čistě. Jinými slovy, při zvýšené hlasitosti zazní vždy určitý interval, který má o poznání blíže k rovnocennému souzvuku, než k barvě klasického, zvukově velmi jemného kombinačního tónu.

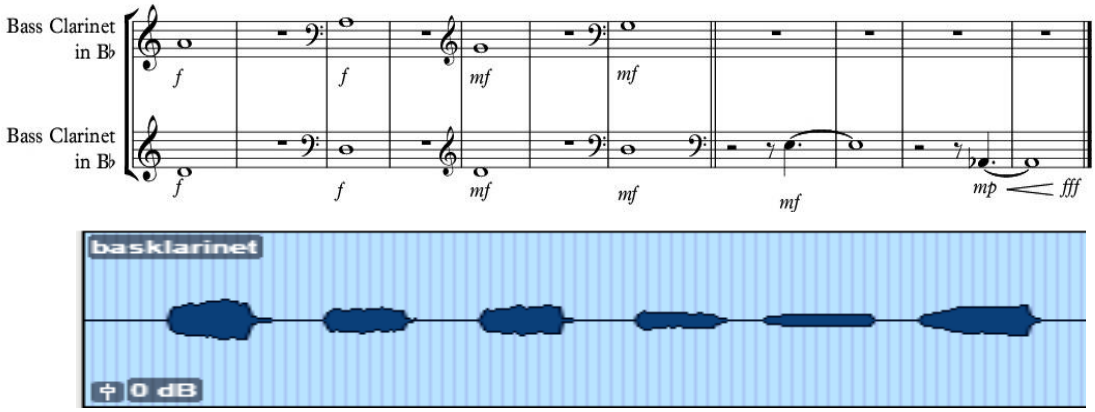
Ukázky časových průběhů akustických signálů- nástroje s bohatým harmonickým spektrem.

a) trubicové zvony



Obrázek č.26, ukázka kvartových a kvintových intervalů hraných na klarinet - **podobné pouze vysoké polohy**

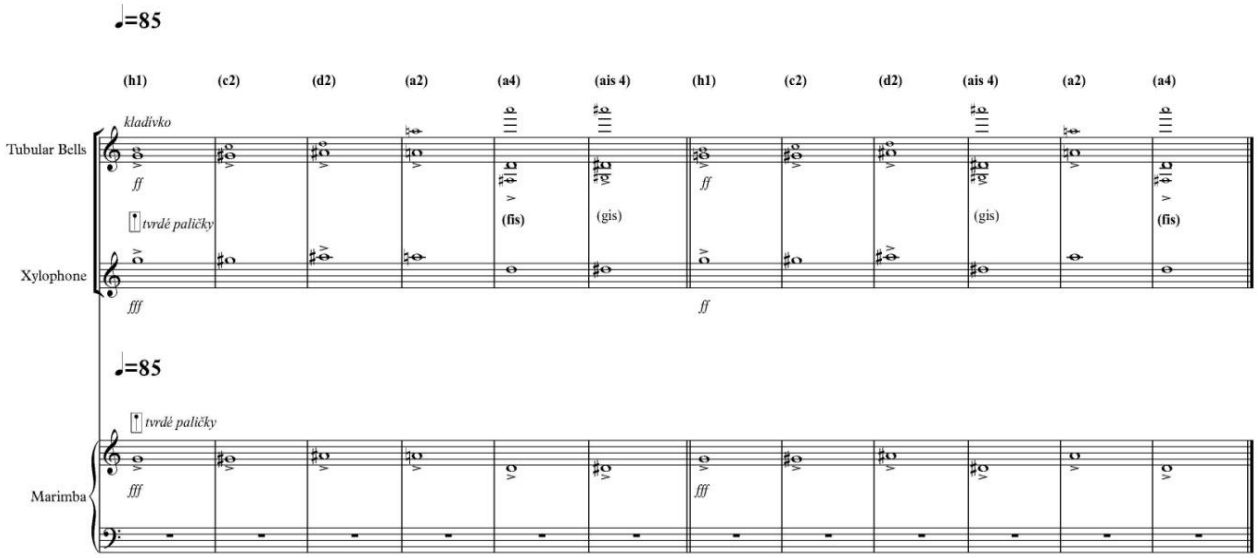
b) basklarinet (spíše hlubší kmitočty)



Obrázek č.27, ukázka kvartových a kvintových intervalů hraných na klarinet - **podobné pouze vysoké polohy**

B) strukturální princip / kompoziční možnosti

První věta z této studie se zaměřovala především na souzvuky, jejichž vnitřní tónová sazba je ovlivňována vznikajícími kombinačními tóny. Trojzvuková harmonie byla tedy tvořena z konkrétních intervalů, díky jejímž poměrům ve vhodných polohách vznikal třetí (kombinační) tón, který spoluutvářel specifický druh a zabarvení v rámci trojzvukové harmonie. V případě druhé věty této studie se opět zaměřujeme na souzvukový svět, jehož harmonickou složku dotvářejí kombinační tóny. Hlavním rozdílem oproti první větě je samotné složení trojzvuků a vícezvuků, z kterých se celá plocha skládá. Úvodní plocha začíná sérií čtyřzvuků (někdy dokonce i pětizvuků), z čehož klasicky znějícími tóny jsou vždy tři a zbylé z nich jsou znějící kombinační tóny (v tomto případě jeden až dva). Zde primárně nejde o konkrétní výběry intervalů, ale o poměry barev nebo-li nástrojových spekter v rámci jedné tónové výšky, která je rozprostřena v několika polohách současně. Úvodní souzvuky ve zvonech, marimbě a xylofonu fungují na takovémto principu tónového složení, například souzvuk od dis1 (marimba "d1", xylofon "d3", trubicové zvony "d1" + "a4"- součtový tón, + fis (malé)- rozdílový tón). Výsledkem je souzvuk postavený na třech odlišných barevných spektrech téhož tónu, jejichž synchronním rozezněním vznikají další nové tóny v rámci harmonie (součtové a rozdílové, viz příklad níže). Tedy ve výše uvedeném případě se může jednat o vnímání rovnocenného pětizvuku nebo trojzvuku, jehož stavebním kamenem je čistá kvinta. Na tomto principu funguje celý sled akordů na počátku, který má tématicko-introdukční charakter. V tomto místě může docházet k určitému přepínání mezi těmito dvěma výše zmíněnými percepčními stavy, které vznikají na základě vyhodnocování konkrétních kombinačních tónů jako silnějších nebo slabších. To vše na základě pomyslného porovnávání jejich *intervalového napětí* a jednotlivých hlasitostí v daném kompozičním kontextu. *Intervalovým napětím* je míněn vzniklý poměr mezi trojzvuky, které obsahují jeden tón v různých polohách + následná tvorba kombinačního tónu, který sebou přinese úplně novou tónovou výšku nebo totožný tón z původního trojzvuku (opět s rozdílem pouze v jeho poloze). Naše percepce tedy může vnímat výrazněji například vzniklý kvintový nebo jiný interval, než totožný tón (i když v oktávě).

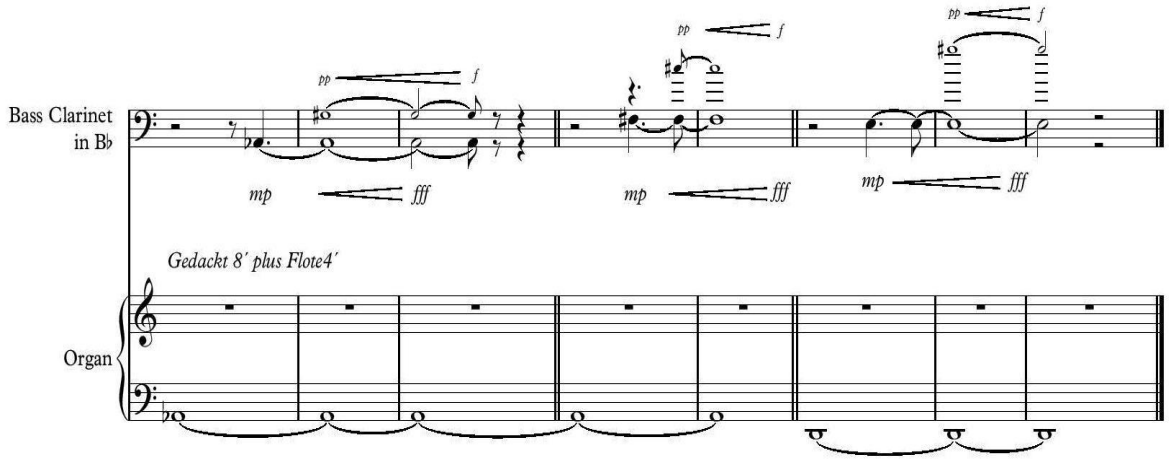


Obrázek č.28 součtové a rozdílové tóny, vznikající v rámci souzvuků v druhé větě studie č. 3 a) vrchní tóny-součtové, b) spodní tóny-rozdílové

Tento akordický sled je hlavní myšlenkou celé studie. Jehož proměnná tónová struktura se rozprostírá v čase za pomocí delšího zvonového dozvuku, který nám pocit této quasi zvukově nevyvážené harmonie protahuje, popřípadě ovlivňuje pohled na barvu a složení předchozího či následujícího souzvuku. V úvodních krocích tohoto sledu se nachází paralelní sekundový postup opisující horizontální melodickou linii. Jedná se o čistě sekundovou melodii ve všech nástrojových pásmech, u níž ve stejném momentu vzniká sekundový postup v rámci vrchních součtových tónů, které společně s nimi vznikají. Stejně, jako v předešlé studii, nám v rámci těchto harmonií vznikají intervalová centra, která jsou dána stavbou klasicky znějících trojzvuků a společně s nimi znějícími kombinačními tóny. Tedy složení prvního intervalového centra je oktávové a kvintové. Budeme-li zkoumavější, zjistíme, že konkrétně tyto akordické segmenty jsou založeny na přesně dodržovaném intervalovém výběru. Ovšem v kontextu hudební plochy jako celku je toto místo zároveň jedním z několika dalších intervalových center tvořících komplexní tónovou strukturu.

Následující plocha, ve které se nachází další z intervalových center (v tomto případě terciovo-sekundové), je věnována barvám hlubokých kmitočtů, které jsou reprodukovány prostřednictvím varhan a basklarinetu. Základem je dvojzvuk, jehož konkrétní posazení má potenciál utvářet výrazně slyšitelné

znějící kombinační tóny ve vyšší poloze. V tomto případě se jedná o součtové tóny, které svou vysokou polohou (i když jemnější barvou) na první poslech ostře kontrastují s hlubšími rejstříky. Přesně o takovouto situaci pro kompoziční práci s tímto konkrétním jevem usilujeme. Jde o případ, kdy naše percepce dokonale oddělí kombinační tón od původního dvojzvuku. Nejen díky kontrastnosti hlubokého a vysokého rejstříku, ale také díky způsobu, jakým tvarujeme danou hlasitost nebo-li dynamiku v čase. Dynamická složka je v této ploše dominantním kompozičním prvkem, která tuto specifickou trojzvukovou harmonii buď podtrhne (v podstatě utvoří) nebo přepne zpět na původní objektivně znějící dvojzvuk. Cílem je flexibilní tvarování harmonické struktury v čase. Snažíme se tedy o plynulé přecházení z původních dvojzvuků do (vlivem dynamiky) vzniklých trojzvuků. Toto přepínání mezi dvojzukvy a následně vzniklými trojzvuky funguje prostřednictvím užívání výrazných crescend a decrescend na jedné déle znějící tónové výšce. V momentě, kdy zazní dvojzvuk ve varhanách a basklarinetu, začneme postupně utvářet delší crescendo na stejném tónu, který je od počátku hrán basklarinetem. Trojzvuková harmonie nevznikne střihem (okamžitě), ale utváří se postupně společně se stoupající intenzitou hlasitosti daného crescenda. Stejným způsobem se trojzvuk postupně vytrácí a navrací zpět do původního dvojzuku. Na obrázku níže jsou uvedeny příklady ze studie, které se týkají postupného (quasi terasovitého) vznikání trojzvukové harmonie za pomoci dynamické a spektrální složky.



Obrázek č.29, dynamika jako jeden z kompozičních nástrojů, pro utváření postupně vznikající a zanikající harmonie prostřednictvím kombinačních tónů)

C) Dopad na celkovou stylistiku

Podobně, jako první věta studie č. 3, i věta druhá této studie se zabývá tvořením specifické trojzvukové harmonie, která je následně používána jako hlavní strukturání prvek v rámci hudební plochy. Hlavními rozdíly mezi těmito dvěma větami je způsob, jakým kombinační tóny vznikají, druh zvolených nástrojových spekter, které jsou pro realizaci takovýchto vícezvuků nezbytné a následný kompoziční záměr, který tuto problematiku různými přístupy významově rekontextualizuje. V případě druhé věty je stylistika hudebního celku ovlivněná opět nástrojovým obsazením, ale také specifickým způsobem kompoziční práce s harmonickou složkou. Tato plocha je koncipována s důrazem na vertikální souzvukové myšlení. Neexistují zde žádné kontrastní plochy nebo pohledy na práci s harmonicou složkou, jako tomu bylo v případě první věty, kde jsme rozlišovali práci s horizontální a vertikální barvou trojzvuku. Jedná se o statickou akordickou plochu, jejímž cílem je rozvíjení specifických harmonických sledů, přičemž princip zůstává stejný, ale jejich témbrovost a nástrojová poloha se neustále proměňují. Tyto faktory jsou důležitými formtovornými prvky této studie. Vyjádřeno konkrétněji, jedná se o sérii souzvuků procházejících všemi extrémními dostupnými polohami, pokaždé v jiné nástrojové kombinaci v rámci celého ansámblu. Tedy vertikálně statická sazba zůstává po celou dobu globálně zachována, avšak vnitřní dění, které prochází neustále se proměňujícím výrazovým procesem, utváří velkou míru vnitřního kontrastu. Celá tato studie, způsob uchopování, zpracovávání a odvozování kompozičního materiálu, by se dala do jisté míry označit za formu spektrální práce, ve které je primárním elementem např. zvuk a jeho detailnější strutktura.

3.5 Ukázky příkladů kompoziční práce s nejednoznačnými hudebními podněty- sluchovými iluzemi v tvorbě vybraných autorů vážné hudby

Profesorka psychologie a objevitelka známých sluchových audio iluzí Diana Deutsch ve své knize *Psychology of music I* odkazuje na prvopočátky existencí těchto jevů v hudbě (v odlišných podobách) v dávnější hudební historii. Například, v obdobích klasicisimu, baroka, romantismu či impresionismu nebyl tento psychoakustický jev dosud objeven a popsán. Skutečný přelom, který se na tuto problematiku zacílil zcela přímo, jehož zrod vyplynul z předchozích zkušeností a spoluprací řady psychologů, hudebních teoretiků, neurovědců,

fyzyků a skladatelů, se poprvé odehrál až ve druhé polovině 20. století. Právě kniha *Psychology of music I* byla jednou z nejpřelomovějších publikací, která zahrnovala komplexní informace z různých oborů o této psychoakustické disciplíně, jež je díky svému širokému záběru řazena mezi kognitivní vědy.

Následující část této kapitoly obsahuje konkrétní příklady takovýchto počinů, které vznikaly spontánní formou (nezáměrně) nebo byly užity jako cílené kompoziční prvky v rámci skladatelova procesu myšlení.

3.6 Phill Niblock

Phil Niblock je americký skladatel a řežisér institutu "Experimental intermedia" v New Yorku, narozen 2.října 1933 v Andersonu ve státě Indiana. Patří mezi nejprogresivnější autory současnosti na poli soudobé vážné hudby. Styl jeho hudebního jazyka bývá často realizován na delších hudebních plochách minimalistického charakteru. Mezi hlavní výrazové a zároveň strukturální prostředky patří časté užívání mikrointervalů, práce s hustou texturou, jejímž obsahem bývají spolu znějící velmi příbuzné či blízké frekvenve, ze kterých následně vznikají rázy. Dalším charakteristickým rysem je vysoká intenzita reprodukovaného zvuku akustickými nástroji, na základě čehož v kompozici vzniká nová zvuková vrstva v podobě kombinačních tónů. Tyto vznikající a mizící vrstvy označuje za vytváření další podstatné vrstvy na povrchu zvuku. Textura jeho kompozic je většinou vícevrstevnatou zvukovou masou v podobě hlasitých a často mikrotonálních klastrů rozvíjených v čase, kter produkujedíky těsným frekvenčním vztahům nebo vysoké hladině akustického tlaku tyto jevy v různých podobách a specifických hudebních kontextech. Výsledkem je statická hudební plocha s neustále se jemně proměňující harmonicko-polyfonickou vertikálou. V rámci těchto polyfonních ploch autor užívá jev známý jako "Drone efekt", jehož funkcí je protáhnout vybranou tónovou výšku nebo souzvuk v celé ploše kompozice. Tento efekt spoluutváří dlouhotrvající zvuk nebo neustálé opakování konkrétní tónové výšky ve vybrané nástrojové vrstvě. Tedy obraz tohoto hudebního myšlení je v případě skladeb, kde autor užívá pouze akustické nástroje, živým psycho-fyzikálním typem zvukového procesu, jehož vlastnosti a vzájemný kontext jsou hlavním kompozičním nástrojem pro utvoření cílové hudební plochy. Co se týče zápisu takovýchto kompozic, Niblock své partitury konstruuje převážně prostřednictvým čísel nebo matematických znamének. Velká

část jeho partitur je čistě numerick nebo složená pouze z konkrétních nebo obecných tónových výšek, jejichž zvukový průběh a formování v čase je indikováno nákresy šipek nebo určitým počtem znamének plus a mínus. V případě funkce těchto znamének se většinou jedná o míru podladění či nadladění daných tónů za účelem vzniku psychoakustických efektů.

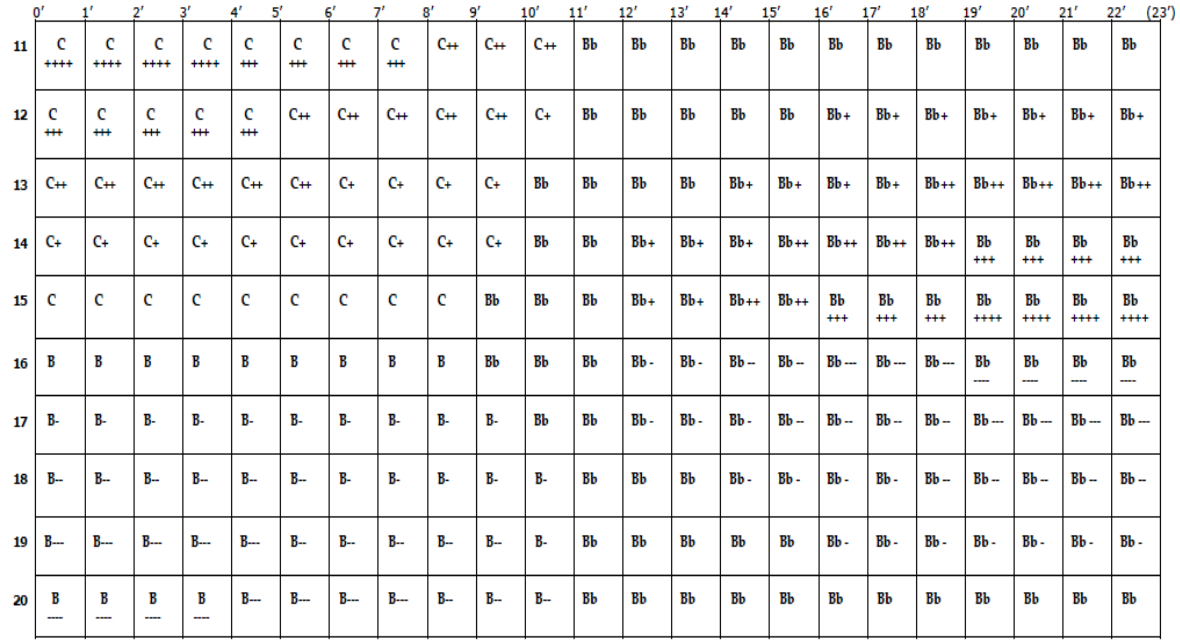
Jako ukázku práce z autorovy tvorby, ve které jsou některé z těchto výše uvedených jevů používány jako hlavní kompoziční prostředky ve skladbě, jsem si vybrala orchestrální kompozici z roku 2011 s názvem "Baobab". Tato kompozice byla uvedena i v České republice, a to 3. 9. 2011 Janáčkovou filharmonií v Ostravě, pod vedením dirigenta a skladatele Petra Kotíka. Kompozice byla napsána na objednávku Ostravských dnů nové hudby 2011. Partitura této orchestrální kompozice má rozsah dvou stránek, přičemž obě mají být prováděny současně. Podmínkou techniky hry pro všechny přítomné instrumenty je nepoužívat žádná vibrata či ostře nasazované attaky, ale naopak hrát zcela *"rovně",* tj. nenarušit neplánovanou výchylkou ve zvuku celkový koncept a jeho průběh. Hráči by se měli snažit provádět každý nový nádech nebo nasazování smyčce co nejšetrnějším, a pokud možno skoro neslyšným způsobem. Na obrázku níže jsou uvedeny obě stránky z této orchestrální partitury. Čísla uvedená na vrchní straně tabulek v horizontální podobě slouží jako časový rastr, jehož jednotlivé menší (čtverečkovité) úseky probíhají v minutách.

BAOBAB

score: 2 pages to be played simultaneously

Phill Niblock, 2011

	0′	1′	2′	3′	4′	5′	6′	7′	8′	9′	10′	11′	12′	13′	14′	15′	16′	17′	18′	19′	20′	21′	22′	(23′)
1	C ++++	C ++++	C ++++	C ++++	C +++	C +++	C +++	C +++	C++	C++	C++	C++	C+	C+	C+	C	C	C	C	C	C	C	C	
2	C +++	C +++	C +++	C +++	C +++	C++	C++	C++	C++	C++	C+	C+	Bb	Bb+	Bb+	Bb+	Bb++	Bb++	Bb +++	Bb +++	Bb ++++	Bb ++++	Bb ++++	
3	C++	C++	C++	C++	C++	C++	C+	C+	C+	C+	C+	C+	C+	C	C	C	C	C+	C+	C+	C++	C++	C++	
4	C+	C+	C+	C+	C+	C+	C+	C+	C+	C+	C	C	Bb	Bb	Bb	Bb+	Bb+	Bb+	Bb+	Bb++	Bb++	Bb++	Bb++	
5	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C+	C++	C++	C +++	C +++	C ++++	C ++++	
6	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B--	B--	B---	B---	B---	B ---	B ---	
7	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B	B	Bb	Bb	Bb-	Bb-	Bb-	Bb-	Bb --	Bb --	Bb --	Bb --	Bb --	
8	B--	B--	B--	B--	B--	B--	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B	B	B	B-	B-	B-	B--	B--	B--	B--	
9	B---	B---	B---	B---	B---	B--	B--	B--	B--	B--	B-	B-	Bb--	Bb-	Bb-	Bb --	Bb --	Bb ---	Bb ---	Bb ---	Bb ----	Bb ----	Bb ----	
10	B ----	B ----	B ----	B ----	B---	B---	B---	B---	B--	B--	B--	B--	B-	B-	B-	B	B	B	B	B	B	B	B	



	0′	1′	2′	3′	4′	5′	6′	7′	8′	9′	10′	11′	12′	13′	14′	15′	16′	17′	18′	19′	20′	21′	22′	(23′)
11	C ++++	C ++++	C ++++	C ++++	C +++	C +++	C +++	C +++	C++	C++	C++	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	
12	C +++	C +++	C +++	C +++	C +++	C++	C++	C++	C++	C++	C+	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb+	Bb+	Bb+	Bb+	Bb+	Bb+	Bb+	
13	C++	C++	C++	C++	C++	C++	C+	C+	C+	C+	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb+	Bb+	Bb+	Bb+	Bb++	Bb++	Bb++	Bb++	Bb++	
14	C+	C+	C+	C+	C+	C+	C+	C+	C+	C+	Bb	Bb	Bb+	Bb+	Bb+	Bb++	Bb++	Bb++	Bb++	Bb +++	Bb +++	Bb +++	Bb +++	
15	C	C	C	C	C	C	C	C	C	Bb	Bb	Bb	Bb+	Bb+	Bb++	Bb++	Bb +++	Bb +++	Bb +++	Bb ++++	Bb ++++	Bb ++++	Bb ++++	
16	B	B	B	B	B	B	B	B	B	Bb	Bb	Bb	Bb -	Bb -	Bb --	Bb --	Bb ---	Bb ---	Bb ---	Bb ----	Bb ----	Bb ----	Bb ----	
17	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	Bb	Bb	Bb -	Bb -	Bb -	Bb --	Bb --	Bb --	Bb --	Bb ---	Bb ---	Bb ---	Bb ---	
18	B--	B--	B--	B--	B--	B--	B-	B-	B-	B-	B-	Bb	Bb	Bb	Bb -	Bb -	Bb -	Bb -	Bb --	Bb --	Bb --	Bb --	Bb --	
19	B---	B---	B---	B---	B---	B--	B--	B--	B--	B--	B-	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb -	Bb -	Bb -	Bb -	Bb -	Bb -	Bb -	
20	B ----	B ----	B ----	B ----	B---	B---	B---	B---	B--	B--	B--	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	

Obrázek č.30, partitura orchestrální kompozice s názvem *"Baobab*" od Philla Niblocka, v rámci živého provedení jsou obě stránky interpretovány současně
Zdroj: Phill Niblock (partitura pochází přímo od autora)

Co se týče organizace tónových výšek, Niblock vychází ze dvou základních tónů, kterými jsou "C" a "B". Jejich danou výšku podladí nebo nadladí, což se řídí podle počtu plusů nebo mínusů. Vychází ze základu, že půl tón je 100 centů. Pokud má tónová výška u sebe jedno plus/mínus, jedná se o pokyn nadladit/podladit až o 20 centů. V případě dvou plusů/mínusů jde o míru nadladění/podladění až o 30 centů. Tento princip pokračuje do maximálního počtu plusů/mínusů v podobě padesáti centové hranice nad/pod tónem. Pokud tónová výška není označena žádným matematickým znaménkem, hráč by se měl pohybovat od nuly do 10 centů plus/mínus. Způsob, jakým autor pracuje s tónovými výškami, jejich vzájemnými poměry a následnými fyzikálními interakcemi, je po výrazové stránce velice osobitým kompozičním projevem. Nejedná se zde o žádnou formu jakési návaznosti na spektrální hudbu nebo odkaz na způsob tohoto myšlení, ale o propojení fyzikálního, percepčního a kompozičního světa, z čehož vzniká velmi specifické odvětví kompozičního stylu a jeho způsobu myšlení. Kompozice je sestavená z dvaceti rovnocenných nástrojových vrstev, které všechny mají trvat dvacettři minuty. Jde o velice hustou polyfonickou fakturu, díky jejímž zvukovým vlastnostem vzniká nová

a barevně zcela odlišná vrstva. V rámci těchto vrstev vznikající rázy, podtóny a rozdílové (kombinační) tóny.

Druh takovéto quassi minimalistické hudební plochy nás vede k určitému druhu pozměněného pohledu na vnímání vnitřního časového průběhu kompozice. Díky velkému množství drobných změn, probíhajících v rámci mikrostruktury, dokážeme vnímat globální vývoj a evoluční proces z pohledu větších celků této zvukové masy polyfonního charakteru. Mohla by zde existovat jistá podobnost mezi Ligetiho principem mikropolyfonie a Niblockovou polyfonní strukturou produkující psychoakustické jevy. Oním mikropolyfonním prvkem jsou v tomto případě vzniklé kombinační tóny, série podtónů nebo rázů, které tvoří nové barevně odlišné zvukové vrstvy. Zásadním rozdílem ve vnímání těchto dvou podobných přístupů je v případě Philla Niblocka schopnost vnímat ve zvukové vícehlasé mase i detailnější mikrostrukturální proces, což je v Ligetiho kompozicích, založených na mikropolyfonii, téměř nemožné. Naše percepce se zde zaměřuje spíše na větší makrostrukturální obrysy. Právě skutečnost specifického výrazového charakteru těchto jevů je jedním z aspektů, proč jsou tyto vrstvy v rámci celku tak dobře uchem vydetekovatelné. Jistá podobnost s Ligetiho mikropolyfonním myšlením se nabízí i z důvodu skladatelova zájmu o tuto problematiku. Zajímavá je také práce pouze se dvěma tónovými výškami na dvacettři minut dlouhé hudební ploše. Obě tónové výšky "B" i "C" znějí v podstatě neustále, avšak celek této plochy se dá přesto rozdělit na úsek, ve kterém je percepčním a zvukovým těžištěm tón "C" nebo "B". Přechody mezi těmito úseky jsou velmi pozvolné a působí tak přirozeně, že v rámci plynutí času kompozice jsou téměř neslyšné. Posluchač by měl být v režimu aktivního a zároveň pozorného poslechu, aby dokázal vypozorovat pozvolnou transformaci úseku, kde přechází dominantní tón "C" do úseku, který je založen na tónu "B".

3.7 György Ligeti

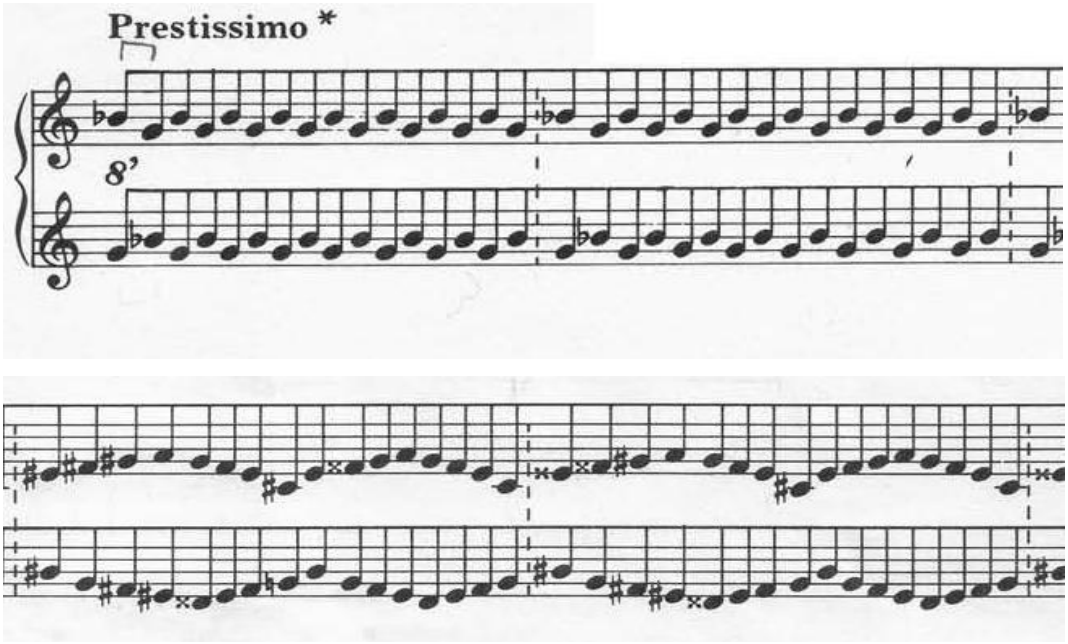
György Sándor Ligeti se narodil 28. května 1923 ve městě Târnăveni v Rumunsku a zemřel 12. června 2006 ve Vídni. Ligeti je zapsán do povědomí odborné veřejnosti zejména jako objevitel vlastní techniky s názvem *mikropolyfonie*, která je formou polyfonické struktury, jejímž hlavním principem je početné vrstvení mnoha hustých kánonických pásem v různých časových

polohách. Dalším zajímavým kompozičním přístupem, kterým se skladatel po část svého života vyznačoval, byly nejednozančné hudební podněty v podobě různých sluchových iluzí. *"Yes, it is true, I often work with acoustical illusions, very analogous to optical illusions, false perspectives, etc. We are not very familiar with acoustical illusions. But they are very analogous and one can make very interesting things in this domain. For example, creating the illusion of a certain rhythmical succession which is not actually played. In my piece for harpsichord, Continuum, the harpsichordist executes a succession of extremely rapid notes, if possible at the rate of 15 or 16 attacks per second. After a moment, one forgets this first speed, and one hears a second layer, a second rhythmic stratum, which is the result of the frequency of the appearance of certain notes...."*

Zdroj: http://ronsen.org/monkminkpinkpunk/9/gl3.html, Ligeti interview

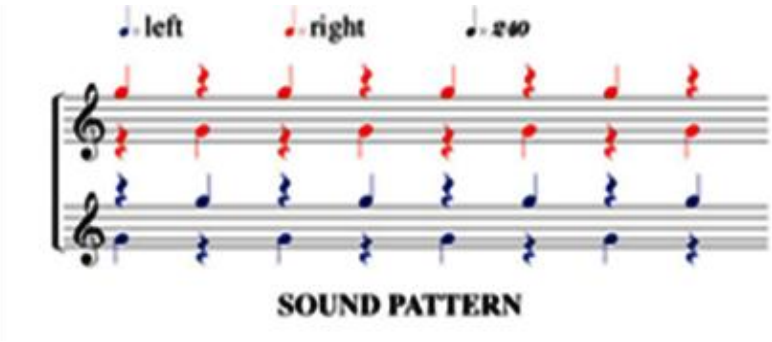
Pro ukázku užití sluchové iluze, jako jednoho z hlavních kompozičních prvků, jsem si vybrala jednu z nejznáměnších skladatelových kompozic, skladbu pro sólové cemballo s názvem *Kontinuum.* Na ukázkách této kompozice bude nastíněn princip fungování této konkrétní sluchové iluze v rámci celku hudební plochy. Skladatel napsal tuto kompozici v roce 1968 a věnoval ji tehdejšímu současnému cemballovému mistru Antoinettu Vischerovi. Sluchová iluze, která je zde použita, je cílena na rytmické členění a zároveň nepravidelné utváření percepčních pásem. Zde je tento čistě subjektivní jev velmi výrazným v rámci celkového procesu, výhodou je sólový nástroj a jeho omezený počet vrstev, ve kterém se naše percepce snadněji orientuje. Textura skladby je na samostatný poslech velice komplikovaná a hustá, avšak ve skutečnosti se jedná o dvě, v samém závěru pak o jedno reálně hrané pásmo. Z celkového pohledu jde o velmi statickou strukturu, jejíž vnitřní dění v jednotlivých vrstvách se po jistém časovém úseku stále proměňuje. Plocha se skládá z několika segmentů, které jsou založeny na neustále se opakujícím dvou až šestnácti-tónovém patternu. Úvodní segment začíná jednoduchým patternem na dvou tónech tvořící tercii *"b*" a *"g"* (pravá ruka), *"g" a "b"* (levá ruka). S každým dalším segmentem se pattern komplikuje a zároveň tónově rozšiřuje. Naše percepce vnímá tyto momenty jako neustálé bujení či přebíhání dalších nových pásem. Tento jev je podpořen taktéž značně vysokým tempem a zcela neměnným staticky rytmickým tokem založeným pouze na osminových hodnotách. Při takto vysokých tempech

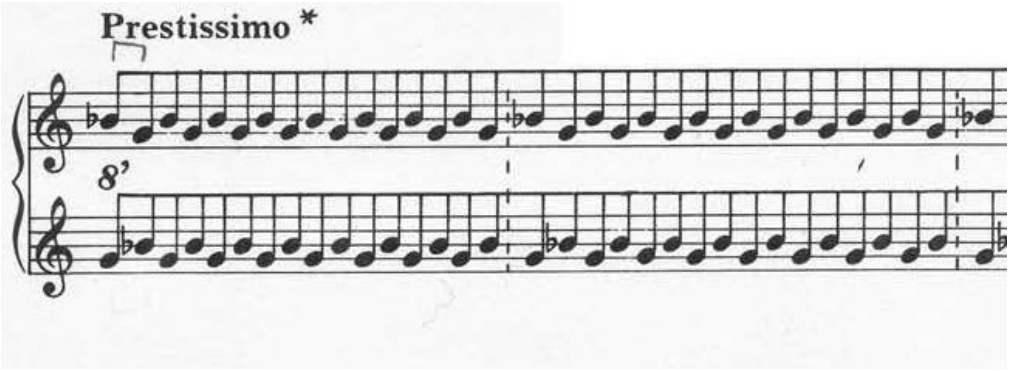
cca čtvrtka rovná se 200, začínají naše smyslové receptory při stejně se opakující zvukové události selektovat, nebo-li preferovat, konkrétní tónovou výšku, která začne podvědomě utvářet jiný pulz. Po každém dalším poslechu naše percepce může preferovat ve stejném momentě i jiná pásma.



Obrázek č.31, a) úvodní paatern, dva tóny, b) nejkomplikovanější pattern- 16-ti tónový
Zdroj: http://educationmusicale.ac-besancon.fr/wp-content/uploads/sites/42/2015/10/Part._vue_avt_coute.pdf

Velice zajímavou a zároveň možnou analogií k úvodnímu segmentu, který je založen na opakující se původní a zrdcadlově obrácené tericii, je princip fungování oktávové iluze psycholožky Diany Deutsch (viz audio iluze). Konstrukce a vznikající percepční stavy těchto dvou jevů jsou založeny na totožném principu. Jediným rozdílem je, že v tomto případě Ligeti používá interval tercie a ne oktávy. V případě oktávové iluze naše ucho preferuje vertikální lini obou opakujících se tónů v podobě stejných oktávových dvojzvuků (dále také mikrointervalové zvýšení či snížení jedno z tónů). V případě úvodního patternu Ligetiho kompozice jde o percepční preferenci stejných terciových dvojzvuků v rámci vertikálního děje. Výsledkem je řetězení stejných terciových dvojzvuků, u kterých nejsou vnímatelné přechody dvou horizontálních pásem původní a převrácené tercie. Obě pásma jsou rovnocenná a ve výsledném zvuku se vyvažují, nebo-li doplňují stejně, jako je tomu v případě patternu oktávové iluze. Na obrázku níže je vyobrazeno porovnání obou těchto podobných patternů.



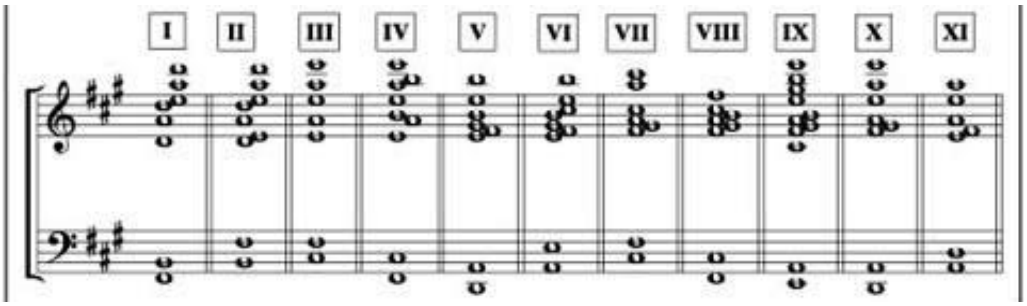


Obrázek č.32, pattern oktávové iluze prof. Diany Deutsch, terciový pattern ve skladbě *Kontinuum Gyorga Ligetiho*
Zdroj: http://educationmusicale.ac-besancon.fr/wp-content/uploads/sites/42/2015/10/Part._vue_avt_coute.pdf, http://deutsch.ucsd.edu/psychology/pages.php?i=202 (obrázek)

Na tomto principu je založená poměrně velká část těchto segmentů, ať už se jedná o sekundové, terciové, kvartové či kvintové intervaly. Práce s percepční nejednoznačostí, jak sám autor poznamenal, je zde zřetelná a pro celkový výraz zcela dominující. Tedy princip sluchové iluze se zde stává jedním z hlavních kompozičních principů a prvků, jehož dopad na celkovou stylistiku zde vychází ze strukturálního složení skladby. Strukturální složení hudební plochy je přímo odvislé od podmínek fungování takovýchto jevů. Zde se jedná především o vysoké tempo a užití různých sledů repetovaných intervalů nebo jejich celých sérií. Materiál takovéto kompozice je tedy čistě homogenní záležitostí, z čehož vychází i quassi minimalistický styl hudebního projevu. Na obrázku níže jsou uvedeny obě stránky z paritury této kompozice, jejichž celková durata při předepsané interpretaci hrát obě strany současně je cca 23 minut.

3.8 Steve Reich

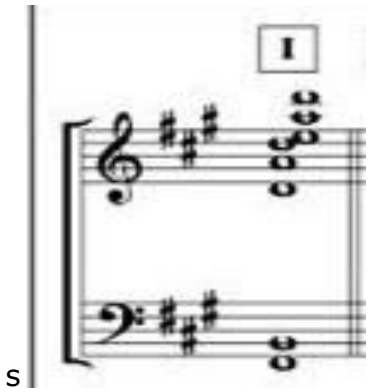
Stephen Michael Reich je jedním z hlavních průkopníku hudebního minimalismu, který se narodil 3. října 1936 v New Yorku. V rámci svého zkoumání a probíraného začleňování psychoakustických jevů do hudební kompozice jsem si vybrala Reichovo ryze minimalistické hudební dílo s názvem *"Music for 18 musicians-Pulses"*. Celkové instrumentální obsazení všech částí této kompozice je následující: housle, violoncello, čtyři ženské hlasy, čtyři klavíry, dva klarinety/bassklarinety, tři marimby, dva xylofony a jeden vibrafon. Skladatel napsal tuto kompozici mezi léty 1974 - 1976. Celá kompozice se skládá z jedenácti částí (jednotlivé části autor nazývá sekce I,II...), a je založena na cyklení jedenácti různých akordů (viz obrázek níže). Specifickou funkci v rámci celkové vývojové linie této kompozice má vibrafon, který předznamenává a zároveň pak uvádí novou sekci změnou pulzu. Pro popsání a fungování psychoakustického jevu v této kompozici se zaměříme na první část s názvem *"Pulses",* jejíž typ a čistota struktury je ideálním podkladem pro tento druh ukázky. Délka první části (*"pulses"*) je cca 5,5 minuty, celá kompozice (všech jedenáct sekcí, do kterých je skladba rozdělena) má kolem 55 minut.



Obrázek č.33, cyklus 11-ti akordů, které jsou materiálem jednotlivých sekcí kompozice *"Music for 18 musicians-pulses"*
Zdroj: https://www.youtube.com/watch?v=rjQBFiVJso8

První část *"Pulses"* je založena na osmitónovém akordu (fis -h-d1-a1-d2-e2-a2-d2), který je postupně tvarován na zhruba osmiminutové ploše v čase. Nejvyužívanější technikou této hudební plochy jsou série rychlých sledů jednotlivých opakovaných tónů. Vertikála tohoto souzvuku je složena z intervalů čtyř čistých kvart, jedné čisté kvinty, jedné velké sekundy a decimy. Jednotlivé vrtsvy fungují tak, že každý nástroj pokrývá část tohoto vybraného souzvuku a jeho tvar neustále opakuje. V různých momentech se přidávají další nástrojové vrstvy, které hrají svou opakovanou figuru z konkrétní části vybraného

souzvuku. Jako celek tyto vrstvy pak tento souzvuk tvarují za pomoci barevných nástrojových kombinacích spojených s příslušnými nástupy jednotlivých nástrojů. Dalším důležitým aspektem je práce s dynamickou složkou v každém nástrojovém pásmu, kde v momentech nástupů probíhají častá crescenda a decrescenda na dvojzvuvích nebo vícezvucích.



Obrázek č.34, osmitónový souzvuk, který je materiálem první sekce Reichovy kompozice *"Music for 18 musicians-pulses"*

Tok tohoto hudebního úseku by měl proudit s přesností stroje, z důvodu jasnosti a následné slyšitelnosti takovéhoto druhu struktury, která ve správném podání produkuje psychoakustické jevy v podobě přeměňování a postupného přenášení pulzů, které s sebou přináší nově nastupující vrstvy. Velký vliv na fungování tohoto jevu obecně mají nástupy nástrojů, které jsou založeny na lidském dechu, v tomto případě ženské hlasy a klarinety. Mezi jednotlivými přechody nově nastupujících vrstev hlasů a dechových nástrojů, vzniká z tempového hlediska zajímavý subjektivní percepční stav. V momentě, kdy do již stále stejně ubíhající statické struktury nastoupí například bassklarinet a hraje svůj autorem daný opakovaný motiv, který je zesílen a zeslaben oproti celkovému časovému měřítku kompozice v krátkém čase, naše vnímání jej vyhodnotí jako momentální tempové zrychlení, a následně tím rozhodí vnímání dosud motorické pulzace. Stejně, jako u Ligetiho cemballové skladby *Kontinuum*", Reich pracuje s tímto psychologickým jevem v průběhu celé hudební plochy kompozice. Aby si naše mysl byla schopna osvojit a zvyknout si na takovýto druh percepčního procesu, který je v tomto případě spolutvořitelem celého kompozičního řádu, je delší hudební plocha a dostatečný prostor v jejím obsahu nezbytným parametrem pro její celkové dobré fungování. V obou

uvedených případech těchto autorů (Ligeti a Reich) se jedná o druh sluchové iluze v kategorii zvukových klamů, kreré oproti například kombinačním tónů nevznikají na základě nelinearit v rámce přenosové funkce ucha. Naše percepce je zde oklamána primárně z psychologického hlediska na základě odehrávajících se procesů ve vyšších patrech mozku. V případě prvního uvedeného autora, Phila Niblocka, se jedná o druh sluchových iluzí z kategorie akustických iluzí, které pramení primárně z fyziobiologického a potažmo i psychologického hlediska.

Reichova kompozice *"Music for 18 musicians"* je velmi zajímavou subjektivní hudební plochou i z hlediska celkového vnímání plynoucího vnitřního času. Celá kompozice trvá při ideálním způsobu provedení necelou hodinu. Na první dojem se může zdát minutáž tohoto kusu poněkud dlouhá, vzhledem k jeho materiálu, který je použit. Pokud se nám podaří dostatečně zkoncentrovat a nechat se bezprostředně vtáhnout do takovéhoto druhu hudební hry, naše percepce bude vnímat čas ve zcela jiném měřítku. V takovémto druhu poslechu, jehož základními jednotkami indikujícími "novou časovou událost", jsou v podstatě drobné tektonické změny, které jsou utvářeny pozvolným střídáním nástupů jednotlivých nástrojů a místy i následnou změnou pulzu. Další pomylsnou časovou jednotkou (tentokrát ve větším měřítku), která nám predikuje blížící se nástupy nových sekcí, je vibrafon, jehož role spočívá v momentálním řízení hudebního proudu zvoleným směrem. Díky těmto změnám se zcela přesně dokážeme orientovat v samotných přechodech mezi jednotlivými sekcemi, které spolu návzájem často srůstají. Celá kompozice je stylově čistě minimalistickou záležitostí. Obecně minimalismus jako hudební styl s pozměněným vnímáním času v rámci celku delšího typu hudební plochy velmi často počítá.

3.9 Alvin Lucier

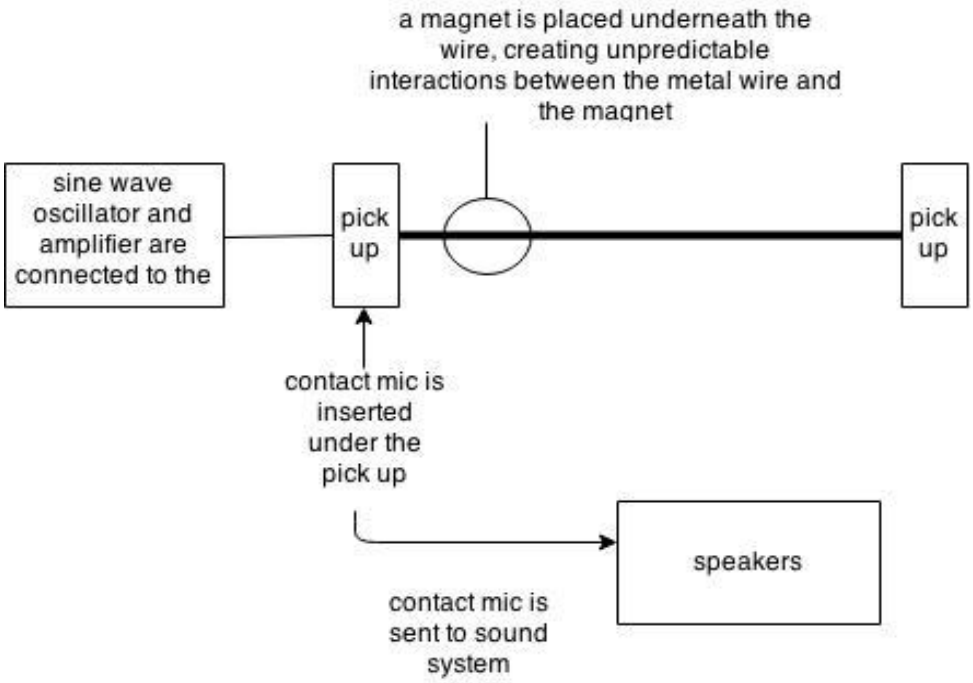
Alvin Lucier je americký hudební skladatel a zvukový umělec narozený roku 1931 v New Hamsphiru. V rámci kompoziční činnosti zkoumá akustické jevy a sluchové vjemy, k čemuž ho především inspirovalo studium fyzikálních vlastností zvuku. Mezi časté akustické jevy, které Lucier užívá jako kompoziční prvky, patří například práce s rezonančními frekvencemi konkrétních předmětů či hudebních nástrojů. Z jeho rozmanitého díla jsem si vybrala jako ukázku k tomuto tématu skladbu s názvem *"Music On A Long Thin Wire"*, kterou Lucier

napsal roku 1977. Jedná se o živou zvukovou instalaci, ve které je velmi výrazně uplatňováno zcela novou formou konceptuální myšlení. Tato kompozice byla vybrána jako zajímavost či forma hudebního experimentu, která se tématu subjektivních percepčních jevů dotýká z jiného, než klasicky instrumentálního hlediska, jako tomu bylo doposud.

Tato kompozice je považována za jeden z typických případů transformace skladatelova vědeckého výzkumu o fyzikální podstatě zvuku a jeho vlastnostech do kompozičního myšlení. Na obrázku níže je nakreslen autorův plánek obsahující základní informace o umístění a fungování napnutého drátu v prostoru. Dále popisuje polohu oscilátoru, zesilovače, magnetů, kontaktních mikrofonů a reproduktorů v daném prostoru. Sám autor popisuje princip fungování této kompozice následovně: *"Music on a Long Thin Wire is constructed as follows: the wire is extended across a large room, clamped to tables at both ends. The ends of the wire are connected to the loudspeaker terminals of a power amplifier placed under one of the tables. A sine wave oscillator is connected to the amplifier. A magnet straddles the wire at one end. Wooden bridges are inserted under the wire at both ends to which contact microphones are embedded, routed to a stereosound system. The microphones pick up the vibrations that the wire imparts to the bridges and are sent through the playback system. By varying the frequency and loudness of the oscillator, a rich variety of slides, frequency shifts, audible beatsand other sonic phenomena may be produced."*

Zdroj: http://www.newmusicostrava.cz/en/articles/1597-alvin- lucier-music-on-a-long-thin-wire.html

Tato kompozice je v podstatě živým zvukovým obrazem neustále se proměňujících fyzikálních dějů v praxi, vycházejících z 50 metrů dlouhého napínaného drátu. Naše percepce zde hodnotí zcela jedinečný druh evolučního typu hudebního dění, ve kterém hraje hlavní roli symbióza akustikyckých a eletroakustikých procesů. Jde o podobu neustále se transformujících zvuků v reálném čase, které by se zpravidla měly odehrávat, dle požadavků autora, ve větším prostoru. Co se týče strukturálního průběhu této zvukové plochy, jde o neustále se formující souzvukovou vertikálu, která se ředí nebo zahušťuje.



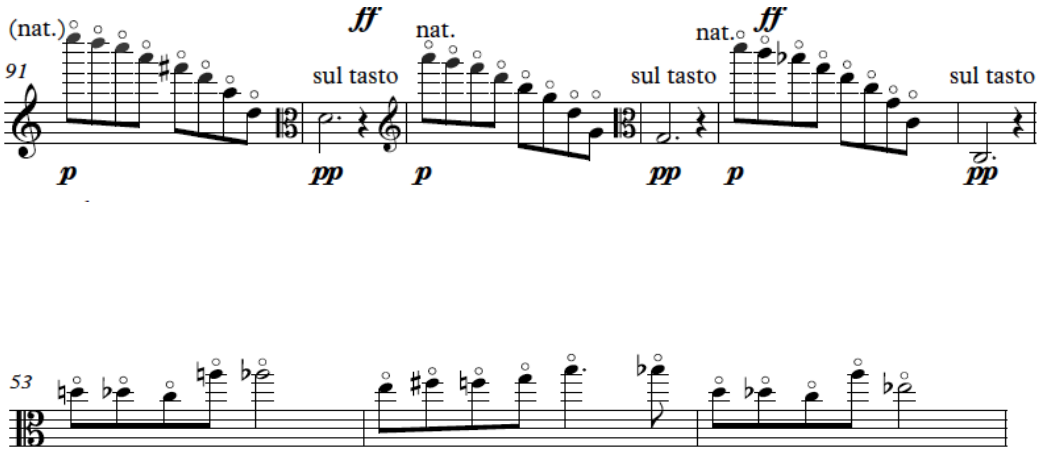
Obrázek č.35, plán popisující technický princip fungování kompozice *"Music On A Long Thin Wire"* od skladatele Alvina Luciera.

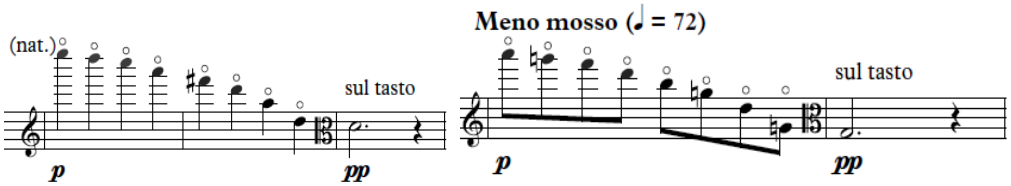
3.10 Ivan Kurz

Ivan Kurz je český hudební skladatel a pedagog, který se narodil 29. 11. 1947 v Praze. Jako autor soudobé vážné i filmové a divadelní hudby napsal velké množství osobitých děl vysoké umělecké kvality. Hlavní důraz v rámci jeho tvorby je kladen převážně na orchestrální kompozice, mezi které patří například cyklus 9 Symfonických obrazů (*"Nakloněná rovina", "Vzlínání", "Podobenství", "Strom života", "Bláznovská zvěst", "Duše živá"...).* Jedním z hlavních procesuálních a inspiračních zdrojů pro autorovu tvorbu je mimo jiné sekvence lidské DNA, kterou aplikuje na formální stránku kompozice. Z hlediska časové struktury hudební formy se také zabývá kvantovým, nebo-li vícerozměrným pohledem na zvuk a vnímáním hudební struktury v probíhajícím čase.

Z tvorby Ivana Kurze jsem si vybrala kompozici pro sólovou violu *"O ptáčkovi, který se bál létat"* a druhou větu ze čtvrté symfonie s názvem *"Ejhle, hospodin přijde*". Volba těchto dvou kompozic spočívá ve vypozorovatelné práci s percepcí posluchače z hlediska vzniku subjektivních kombinačních tónů, které v

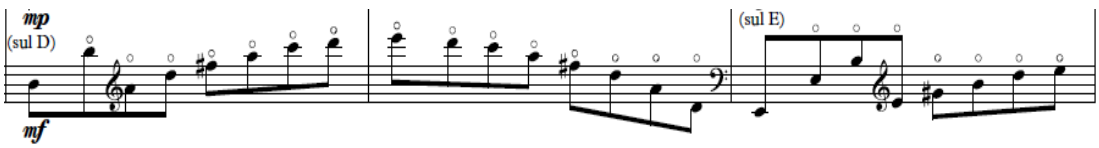
obou případech vycházejí ze smyčcových flažoletů. V první i druhé kompozici vznikají tyto kombinační tóny, jako organická součást různě dlouhých sledů přirozených flažoletů, hraných na violou a v druhém případě odlišnou formou na kontrabas. Skladba pro sólovou violu je z percepčního hlediska zajímavá tím, jak nás její celkový průběh vede k pocitu rozšířeného vnímání jednotlivých časových proporcí. Sólový nástroj se zde nechová jako jedno časově konstatní pásmo, jehož průběh vnímáme ve směs horizontálně, naopak forma a tektonika této hudební plochy utvářejí dojem několika časových vrstev, které se následně spojují do jednoho vyššího celku. Na tuto časovou koncepci má vliv specifický druh motivické práce. Napříč celou hudební plochou je uváděno vícero výrazově odlišných melodických motivů, které neustále kulminují v čase, avšak ze strukturálního hlediska jsou si zcela rovnocenné. U jednoho z těchto motivů dochází k pravidelnému vzniku kombinačních oktáv a kvint. Jedná se o určité varianty, které vycházejí z původního flažoletového motivu. Na příkladu níže jsou uvedeny místa v kompozici, kde tento jev nastává. Konkrétně se jedná o úplná zakončení jednotlivých melodických frází v podobě flažoletových tónů delších hodnot nebo tónů hraných sul tasto, kde se kombinační tón rozezní jednou v oktávě a po druhé v kvintě. Kvinta je v intervalovém materiálu kompozice velmi často využívaným prvkem, který je uplatňován jako součást hlavních melodických motivů (horizontála), jako část znějícího souzvuku (vertikála) nebo také jako vzniklý dvojzvuk (vlivem kombinačního tónu), který tvoří koncové fráze flažoletových sledů.

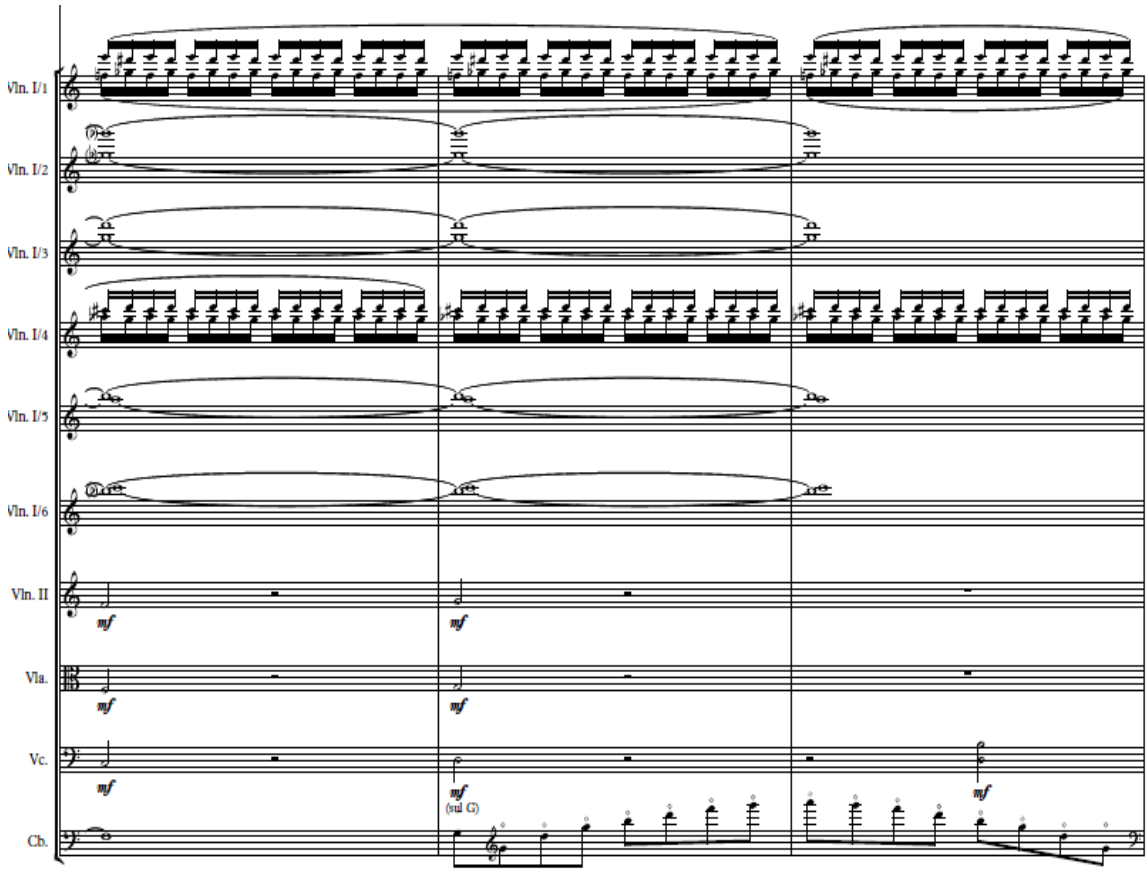




Obrázek č.36, ukázky ze skladby pro sólovou violu Ivana Kurze *" O ptáčkovi, který se bál létat"*, místa vzniku kombinačních tónů, vznikajících vždy na koncích jednotlivých frází

Dalším velice podobným případem tohoto jevu, který se vyskytuje v autorově tvorbě, je například způsob, jakým je vedena kontrabasová linka ve druhé větě symfonie "Ejhle, hospodin přijde". Zde jsou kombinační tóny opět součástí flaložoletových sledů, které mají ve skladbě podobnou funkci, jako v případě sólové violy. Konkrétně se jedná o několik přirozených flažoletů vedených vždy v osminových hodnotách na G, D nebo E struně. Tyto flažoletové sledy jsou z hlediska svého průběhu v principu stejné a jejich jednotlivé nástupy jsou téměř vždy svázány s kinetickými plochami, které hraje houslová sekce. Tyto plochy jsou založeny na dvojici opakujících se šestnáctinových modelů, v prvním případě je střídána septima se sextou a ve druhém modelu kvinta s tercií. Okolní smyčcové sekce hraji prodlevy v kvintě, oktávě nebo sekundě. Jako sólová melodická linie v rámci této plochy je flažoletový sled v kontrabasu, kde opět dochází ke vzniku kombinačních tónů tvořících oktávu a kvintu. Vznik těchto jevů se převážně odehrává v počátečních nástupech melodických linek (konkrétně jde o intervaly čisté oktávy). Tedy i zde můžeme vypozorovat výraznou analogii mezi skupinou kvint a oktáv ve violách a houslích a skupinou kvint a oktáv vznikajících vlivem kombinačních tónů v rámci kontrabasové melodické linky. Důležitým kompozičním aspektem těchto zmíněných momentů je to, že se ve struktuře objevují vždy současně.





Obrázek č.37, ukázky z II.věty symfonické skladby "Ejhle, hospodin přijde" Ivana Kurze ", vybraná místa vzniku oktáv a kvint, kontrabasová linka (vznik kombinačních tónů, oktávy a kvinty)
Zdroj: Ivan Kurz (partitura pochází od autora)

4. Analýza absolventské kompozice s názvem *Hyperkrychle*

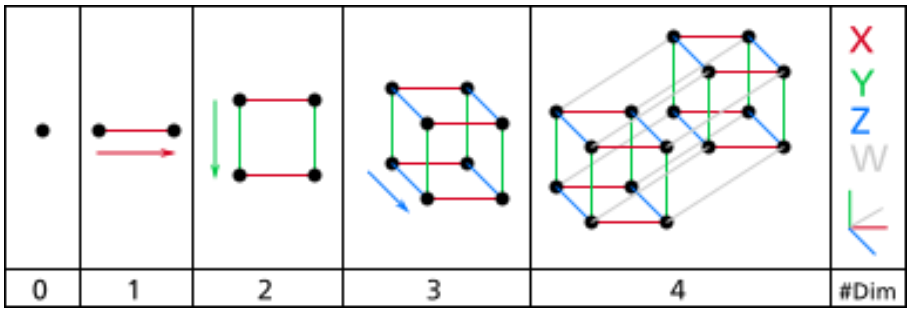
4.1 Hledisko teoretické a inspirační

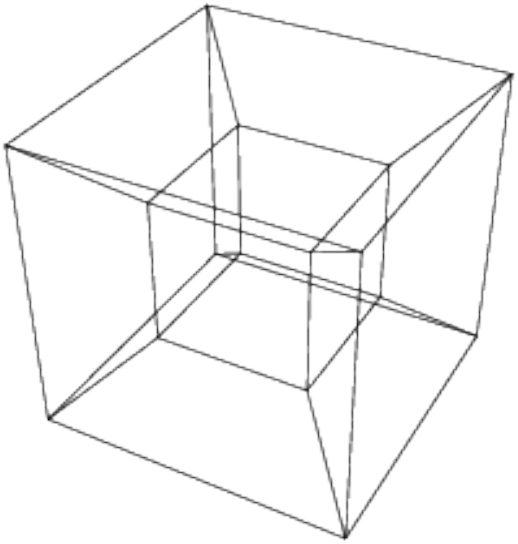
Hyperkrychle, nebo-li *teserakt,* je geometrické těleso představující *čtyřrozměrný* krychlový útvar, který byl hlavní inspirací k začlenění sluchových iluzí jako kompozičního prvku do skladby. Slovo teserakt vymyslel a poprvé použil britský matematik Charles Howard Hinton (1853 – 1907) v knize *A New Era of Thought* (Nová éra myšlení) z roku 1888. Hinton celý svůj produktivní život věnoval úsilí popularizovat a zviditelnit čtvrtý rozměr. V dějinách vědy bude tím, kdo jako jeden z prvních *"viděl"* čtvrtý rozměr. Než se dostaneme ke způsobu hudební transformace tohoto objektu do kompozice, pokusíme se nejprve nastínit fungování a složení tohoto čtyřrozměrného objektu. Teserakt je tedy čtyřrozměrnou analogií obyčejné krychle (pro krychle v jiných dimenzích se obecně používá termín hyperkrychle). Stejně, jako krychli, můžeme znázornit protažením čtverce do třetího rozměru a vytyčením jeho stopy v prostoru, tak i teserakt vznikne stopou, kterou krychle vytvoří při protažení do čtvrtého rozměru. Vizuální znázornění krychle protažené ve směru kolmém na všechny tři osy je sice obtížné, matematikům však pomáhá rozvíjet intuici pro vícerozměrné objekty prostřednictvím počítačové grafiky (simulace). Krychle je ohraničena čtvercovými stěnami, hranicemi teseraktu jsou krychlové stěny (viz obr. str. 63).

Vyjádřeno jinými slovy pocházejícími z knihy Radka Chajdy "Hravá matematika: hříčky s plochami i křivkami, úhly čísly i šiframi", (jejímž cílem je jednoduchou a výstižnou formou osvětlovat matematicko-fyzikální jevy), vysvětluje velmi obecnou formou fungování tohoto objektu následovně: *"Umístíme-li nad sebe dva čtverce a spojíme-li navzájem jejich vrcholy, dostáváme se do třetího rozměru, máme krychli. A kdybychom úplně stejně pokračovali dál, dostali bychom spojením vrcholů dvou trojrozměrných krychlí "čtyřrozměrnou krychli" - **teserakt**".*

---

zdroj: www.eprojekt.gjs.cz/Services/Downloader.ashx?id=13373
Radek Chajda: *" Hravá matematika: hříčky s plochami i křivkami,úhly čísly i šiframi"*, Edika, Albatros Media a.s., 2017, ISBN 8026603478, 9788026603474





Obrázek č.38, Výše uvedený obrázek ukazuje projekci tesseraktu ve 3 rozměrném prostoru, ve kterém se nacházíme my. Tesserakt má 16 vrcholů, 32 hran, 24 čtverců a osm kostek.
Zdroj: http://mathworld.wolfram.com/Tesseract.html

Obecným kompozičním záměrem této hudební plochy není dokonalé napodobování tohoto útvaru pomocí určitého typu matematické nebo geometrické hudební struktury. Tedy pokus o věrné napodobování tohoto útvaru v jakékoliv formě je zhlediska trojrozměrného prostředí, ve kterém žijeme, zcela nemožné. Ani čistě výrazová stránka zde není dominantním těžištěm kompozičního záměru ve snaze zhudebnit tento objekt, jako například předlohu pro formu programní hudby. Celá hudební plocha kompozice je z hlediska naší percepce pokusem o "zvukovo - časovou iluzi", tj. simulování způsobu lidského vnímání zvuku a jeho vlastností v rámci čtyřrozměrného prostoru. Tato základní myšlenka má utvářet jakousi analogii k procesuálnímu jsoucnu hyperkrychle jako

jednoho celistvého prostorového objektu fungujícím ve vyšším rozměru. Tento aspekt by se měl do kompozice nejvíce promítnout formou odlišných, ale zároveň společných čtyř hlavních časových dějů, kterými je míněna minulost, přítomnost, budoucnost a jejich vzájemné splývání v rámci jednoho vyššího časového děje. Útvar hyperkrychle byl vybrán podle čísla čtyři, které je z mého pohledu ve zcela zjednodušenné formě jeho základním konstrukčním parametrem. A to ve smyslu pohledu na jednoduchý dvourozměrný čtverec o čtyřech stejných stranách. Projeví-li se klasický čtverec ve čtyřrozměrném prostoru, pokoušíme se pohled na tyto čtyři strany čtverce vidět ze zcela jiné perspektivy (počet čtverců narůstá všemi směry). Tedy princip, kdy čtyři stejné strany utvoří ve čtvrtém rozměru ze čtverce dvě stejně velké krychle fungující uvnitř sebe jako jeden celistvý prostorový objekt, je hlavní inspirací k utváření 4 časových dějů. Konkrétně jde o tři námi vnímaná horizontální časová pásma (minulost, přítomnost a budoucnost). Existují-li tato časová pásma ve čtvrtém rozměru, dojde k momentu "vertikálního" vnímání všech třech časových dějů zároveň. Čtvrtý časový děj je momentem splynutí všech těchto dějů do jednoho celistvého čtyřrozměrného časoprostoru, ke kterému dojde v kompozici zhruba v místě zlatého řezu.

Časová pásma v kompozici probíhají z počátku v duchu lineárního vnímání, tzn.jako první probíhá v hudební ploše pásmo minulosti, které později splyne s časovým pásmem přítomnosti. K těmto dvěma pásmům se později připojí budoucnost a vznikne postupné prolínání těchto časových dějů až k momentu jejich úplného splynutí, čímž vzniká simulovaný čtvrtý rozměr. V tento moment se tato pásma stávají ve všech ohledech rovnocennými složkami. Z hlediska strukturálního má vždy přednost zvukový materiál, který je pro dané časové pásmo charakteristický. Dojde-li později k postupnému pásmovému prolínání, nadřazenost jejich charakteristických strukturálních prvků se v tomto momentě střídá. V momentě úplného splynutí těchto tří charakteristických prvků se v rámci struktury stávají všechny tyto charakteristické zvukové a zároveň kompoziční prvky zcela rovnocenými. Těmito charakteristickými kompozičními prvky pro každé časové pásmo jsou různé druhy sluchových iluzí, které jsou zvukovou simulací tohoto principu. Fiktivní analogií pro tuto myšlenku jsou vlastnosti zvuků, jejichž vedlejším účinkem (či spíše vyšším rozměrem) je sluchová iluze. Tento jev vychází z překročení hranic našich přirozených a zároveň do jisté míry "objektivních" smyslových schopností, vycházíme-li ze základní myšlenky, že

lidské vnímání a jeho objektivita jsou značně omezené a často i zkreslené. Rolí různých typů sluchových iluzí je simulace vícerozměrného zvuku, který je hierarchicky vrstven dle výše zmíněného uspořádání časových pásem vycházejících z inspirace útvaru hyperkrychle. Důvodem, proč jsou tyto iluze jako "vícerozměrné zvukové prostředky" začleněny do kompozice v každém jednotlivém pásmu, je výsledný záměr utvořit 4D zvukovou simulaci procesuálního jsoucna zvuku (tj. hyperkrychle) v rámci celé hudební plochy (retrospektivně) prostřednictvím naší schopnosti subjektivního vnímání zvuku.

Naše schopnost subjektivně vnímat zvuk, díky čemuž vzniká zvuková iluze jako taková, je vlastně onou hlavní pointou chápání této kompozice. V podstatě jde o to, jak lze vnímat takový druh zvuku pokaždé z jiné perspektivy nebo také jako jednu komplexní zvukovou událost. Ať už se jedná *o kategorii a) akustických iluzí* nebo *b) zvukových klamů*, v případě kategorie "a", zaměříme-li se například na vznik kombinačních tónů, které vnímáme v rámci subjektivní podoby souzvuku, lze hovořit o"vícedimenzionálním zvukovém objektu". První dimenzí naší percepce je schopnost vnímat základní tón (vnímání hotizontály), v momentě, kdy přidáme druhý tón, vzniká interval a s ním i druhá dimenze (vnímání vertikály). Pomyslnou třetí dimenzí je (při správném zvolení instrumentace a dynamiky) schopnost vnímat vzniklý rozdílový nebo součtový subjektivní kombinační tón a následně ho z dvojzvuku umět vyselektovat. Posledním aktem je vnímání čtvrté dimenze z hlediska vlastností zvukových iluzí. Hlavním pojítkem těchto třech předešlých evolučních bodů je schopnost (díky naší percepci takto subjektivně vnímat), která všechny tyto složky klamně vyhodnotí jako reálný objektivně slyšený souzvuk (komplexní zvuková událost). Tedy tento základní princip utváří analogii k simulovanému vímání čtyřrozměrného zvuku. V kategorii "b" se jednotlivé percepční dimenze zvuku vyvíjejí sice odlišně, avšak princip a jeho základní podstata zůstávají stejné. Jak už bylo zmíněno v první kapitole, sluchové iluze v kategorii zvukových klamů utvářejí přímou analogii k přepínání mezi dvěma nebo více obrazy v optické iluzi. Tato myšlenka je jednou z inspirací pro simulaci vícerozměrného vnímání zvuku v kategorii vnímání zvukových klamů. Příkladem by mohl být klam, jehož vlastností je vznik horizontálního pásmového rozložení na melodický a doprovodný ostinátní motiv (viz první kapitola). První percepční dimenzí je počáteční objektivní vnímání základní opakující se tónové sekvence, která je složena ze sedmi tónů (horizontálně). Vlivem jejího motorického opakování

vzniká druhá percepční dimenze, díky které vnímáme jen část tónů z původní tónové sekvence. Zbylé tóny z této sekvence utvoří další pásmo, tedy vzikne horizontální pásmové rozložení. Výsledkem je vnímání jednoduchého melodického motivu, který je ostinátně doprovázen. V tomto momentu vzniká "čtvrtá dimenze vnímání" této sedmitónové, stále stejně se opakující sekvence. Jednotlivé dimenze jsou tedy objektivním a subjektivním vnímáním různých vlastností, vycházejících ze stejného jednoho zvukového objektu (podnětu). Tento percepční jev je v hudební ploše využíván spolu se základním principem bistability jako charakteristický zvukový prvek pro úvodní část skladby s názvem pásmo minulosti.

4.2 Hledisko analytické

Nástrojové obsazení celé skladby je smyčcový orchestr, klavír, varhany, bicí nástroje (vibrafon, zvony, wind chimes, gong a basový buben) a eletroakustická stopa. Verze této kompozice jsou dvě, jedna je čistě akustická a druhá je upravena pro kombinaci s elektroakustickou stopou. Druhá verze skladby byla utvořena z čistě praktických prováděcích důvodů vzhledem k vyššímu počtu použitých nástrojů. Podstata akustické verze je promítnutí sluchových iluzí pouze na živých nástrojích. Tento aspekt neodpadne ani v případě elektroakustické verze, kde budou tyto jevy v rámci kompozice kombinovány jak akusticky, tak i elektronicky. Cíl, časový průběh a globální struktura obou kompozic je až na pár stylistických a zvukových detailů zcela rovnocenná/ý. Pro analýzu do této práce byla zvolena verze s elektronickou stopou, která bude interpretovaná komorním orchestrem v praxi.

Hudební plocha je sestavena ze čtyř charakteristických segmentů, před jejichž začátkem a po jejichž odeznění na ně plynule naváže krátký reminiscenční dovětek v podobě sólové elektronické stopy. Tento dovětek je avizován v samotném úvodu kompozice. A to z čistě logického stavebně vývojového hlediska celé zvukové plochy, která má touto úvodní a později závěrečnou simulací retrospektivně zdůraznit plynutí času ve vyšším rozměru (z hlediska makrostruktury). Mikrostrukturální průběh této zvukovo-časové simulace probíhá prostřednictvím zapojení sluchových iluzí do čtyř charakteristických segmentů. Z vlastností, které tyto iluze mají, je utvořen nástroj pro výstavbu a následné propojení jednotlivých segmentů této simulace. V každém z těchto segmentů

bude kompozičně nahlíženo na *objektivní* a *subjektivní* podobu zpracovávaného hudebního materiálu. Subjektivně vnímaným hudebním materiálem je v podstatě vlastnost dané sluchové iluze, která vznikne na základě formování nebo během jejího konkrétního procesu. Objektivní podoba kompozičního procesu a jeho vnímání je zpracovávání dané subjektivní vlastnosti prostřednictvím zcela jiného hudebního materiálu, který není spolutvůrcem sluchové iluze, ale z hlediska principu obsahuje kompozičně totéž.

Reminiscenční dovětek ↓ anticipace	A (1.SEGMENT/MINULOST)	B (2.SEGMENT\PŘÍTOMNOST)	C (3.SEGMENT/BUDOUCNOST)	D=A +B +C (ČTVRTÝ SEGMENT/ SPLYNUTÍ)	*Reminiscenční dovětek* ↓ reminiscence

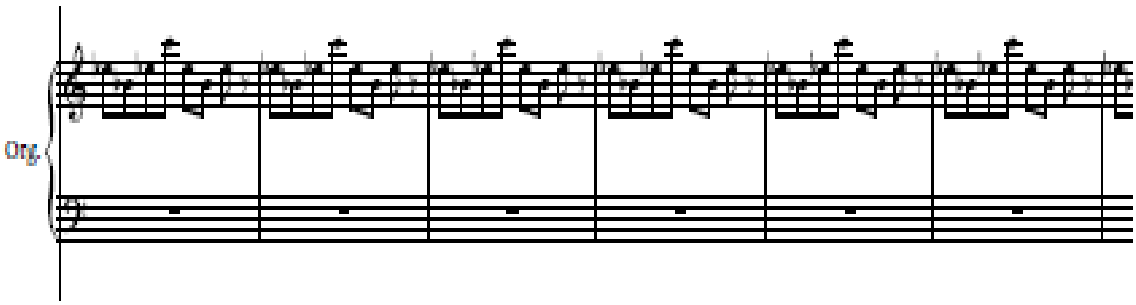
Obrázek č.39, Formální schéma kompozice

4.2.1 Reminiscenční dovětek- (úvod)/první segment (minulost)

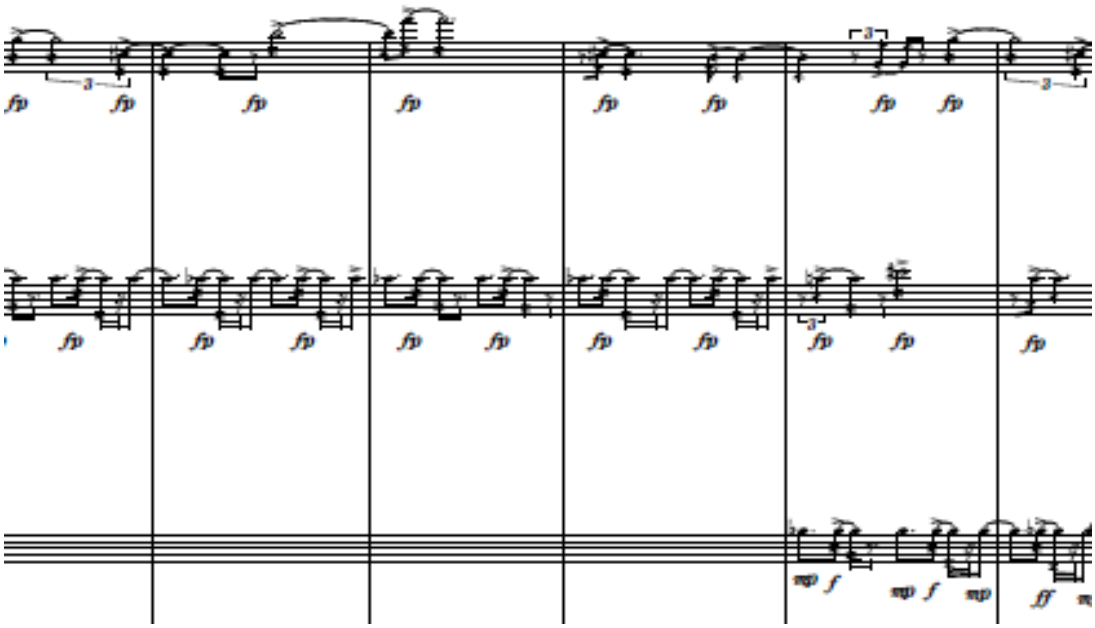
Jedná se o sólový, zhruba čtyřiceti vteřinový úsek, jehož náplní jsou jednotlivé tóny a dvojzvuky chudého i bohatého nástrojového spektra, jejichž vlastností jsou postupně vzniklé jemné kombinační tóny. Jde o elektronicky upravené zvuky ústní harmoniky a basového klarinetu, které tento jev úplně stejným způsobem produkují i v živém provedení. Zhruba ve třicáté vteřině začínají do elektronické stopy pozvolna vstupovat varhany. V momentu vstupu varhan se začíná postupně vyvíjet první segment, jehož charakterem je princip iluze bistability a zvukového klamu horizontálního pásmového rozložení na dva motivy. Tento hudební materiál, produkující tyto percepční jevy ve varhanách, je charakteristickým nástrojem pro pásmo minulosti. Vše probíhá v rámci neustále se opakujících dvou patternů, jejichž průběh je z počátku lineární, a později se díky subjektivnímu vyhodnocování naší percepce stane jevem, který později začneme vnímat spíše v rámci vertikály. Hlavními strukturálními prvky v prvním

segmentu je interval kvarty, který je součástí melodie zvukových klamů v akustických nástrojích nebo jako dvojzvuk v elektronické stopě. Dalším prvkem jsou opakované tóny a pětitónová melodie, s čímž operuje výhradně smyčcová sekce. Celý tento segment kompozičně pracuje se subjektivní a objektivní podobou jednoduchého melodického a doprovodného ostinátního motivu, který se vyvíjí různě v čase. Subjektivní verzí je lineární motiv ve varhanách, při jehož opakování dochází k již zmiňovanému horizontálnímu pásmovému rozložení na melodický a doprovodný ostinátní motiv. Objektivní verzí je tremolový doprovod na opakovaném tónu "as" v partu druhých houslí, později ve violách a nakonec ve violoncellech. Part prvních houslí, následně také druhých, utváří k tomuto doprovodu rozprostřenou melodii na delší ploše v čase. Melodie je sestavená z tónu "h", "a", "g", "cis" a "f", které nepravidelně rotují v různých oktávových polohách. Na konci prvního segmentu dochází k rozpadu motivu ve varhanách (jako na úplném začátku varhanního vstupu), který plynule vplouvá do dalšího segmentu (pásmo přítomnosti). Již v prvním segmentu (pásmo minulosti) se promítají různé časové vrstvy identické hudební myšlenky, která je zvukově odlišována prostřednictvým objektivního a subjektivního percepčního stavu quasi melodické a doprovodné složky.

a) subjektivní melodický a doprovodný ostinátní motiv (varhany)



b) objektivní melodický a doprovodný ostinátní motiv (smyčce)



Obrázek č.40 a) subjektivní -motiv při kterém dochází k horizontálnímu pásmovému rozložení ve varhanách ,**b) objektivní**- rozprostená melodické linka a ostinátní doprovod v čas (smyčcová sekce)

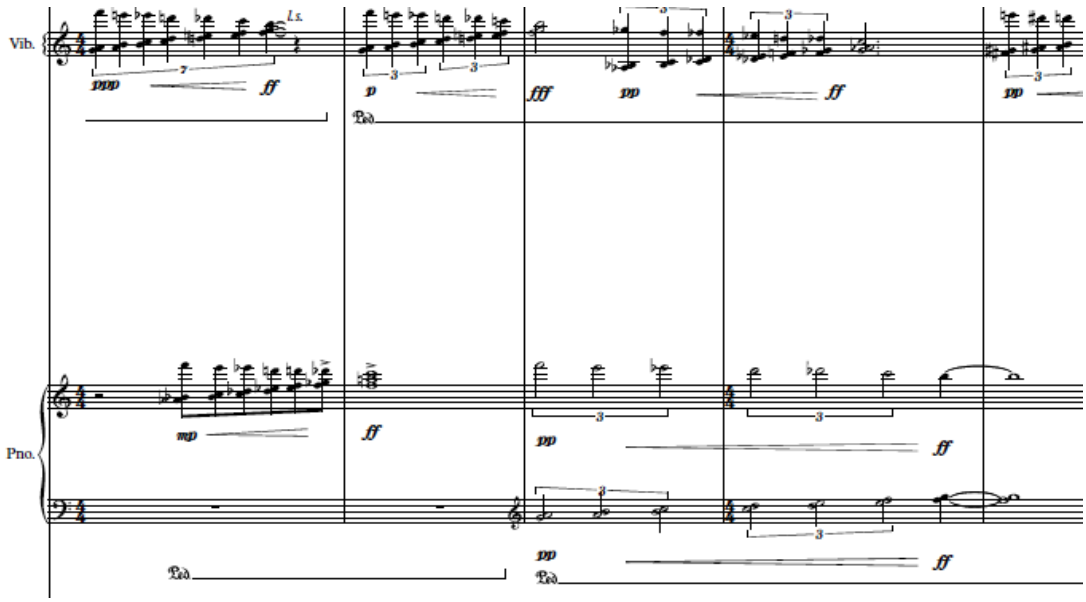
4.2.2 Druhý segment (přítomnost)

Hlavním strukturálním prvkem tohoto segmentu je zvukový klam v podobě iluze s tendencí stoupání/klesání (viz první kapitola). Tyto jevy jsou v tempu čtvrtka rovná se 130 vrstveny do několika pásem pomocí akustického vibrafonu, klavíru a taktéž v elektronické stopě, přidáváním pásem zvonkohry a vibrafonu, které se vyvíjí v nepatrně rychlejším tempovém předpisu. Tyto téměř stejné patterny naše percepce v daném kontextu vyhodnocuje někdy jako klesající směr, jindy jako stoupající sérii souzvuků. Patterny iluze s tendencí stoupání/klesání jsou kromě partu bicích nástrojů a klavíru využity jako kompoziční prvky i vrámci smyčcové sekce, kde fungují spíše v rámci makrostruktury větších, někdy pocitově stoupajících někdy spíše klesajících, celků. Smyčcové nástroje nejsou ideálními prostředníky pro utváření tohoto konkrétního jevu. Jejich role je v tomto případě čistě proporční a zvuková. Tato smyčcová plocha je tedy utvořena za účelem kompoziční práce s těmito patterny na delších časových úsecích. Efekt tohoto zvukového klamu, který funguje v bicích nástrojích a klavíru, zde sice neutváří ryze subjektivní vlastnost tendence

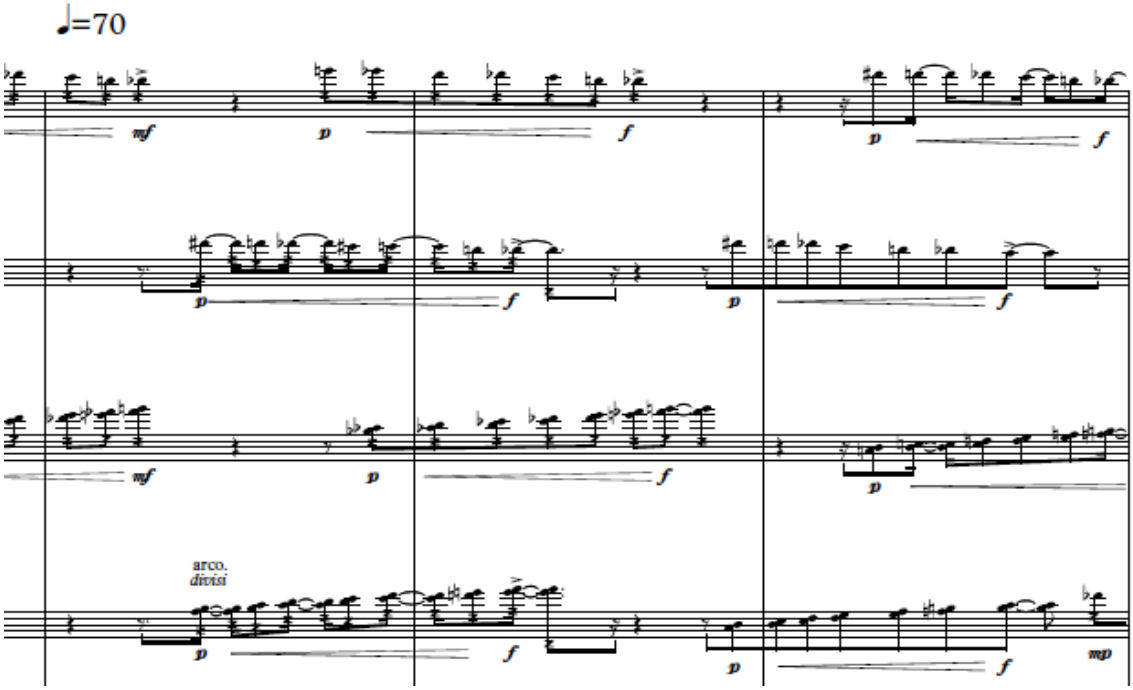
stoupání/klesání konkrétních melodicko-rytmických motivků, ale má tendence formovat celkové tvarování této vícevrstevnaté strukturystoupajícím nebo klesajícím směrem. Výsledný dojem utváří pocit zpomaleného a místy zvlněného hudebního toku, který strukturálně vychází z melodicko-rytmických motivků bicích nástrojů, uvedených na začátku tohoto segmentu. Způsob poslechu této smyčcové plochy je svým charakterem blízký gestalt (tvarové) psychologii, kde si z této vícevrstevnaté struktury vydělujeme a následně utřiďujeme určité tvary, skrze které se v takovémto druhu struktury orientujeme. Prostřednictvím naší percepce zde dekódujeme vlastní průběh přes sebe vrstvených tvarů, které reálně stoupají i klesají.

Podobně, jako v první segmentu, je i v této struktuře uplatněn princip subjektivního a objektivního druhu vnímání stejného efektu, který je kompozičně rozdílně zpracováván. Jde tedy o vztah bicích nástrojů (iluze s tendencí stoupání/klesání) a smyčcových nástrojů (objektivní stoupání/klesání motivků, vrstveno v čase), který byl nastíněn výše. V rámci tohoto segmentu je v elektronické stopě uplatňovaná kvarta "d"/"a" v ústní harmonice, která retrospektivně odkazuje na pásmo minulosti, kde byla kvarta centrálním intervalem pro percepčně subjektivní patterny ve varhanním partu.

a) "subjektivní motiv" s tendencí stoupání/klesání (vibrafon, klavír, EA-zvonkohra)



b) "objektivní motiv" tvarující stoupání/klesání v čase (smyčcová sekce)



Obrázek č.41, a) subjektivní motiv (bicí/EAstopa), **b) objektivní motiv**- (smyčcová sekce)

,

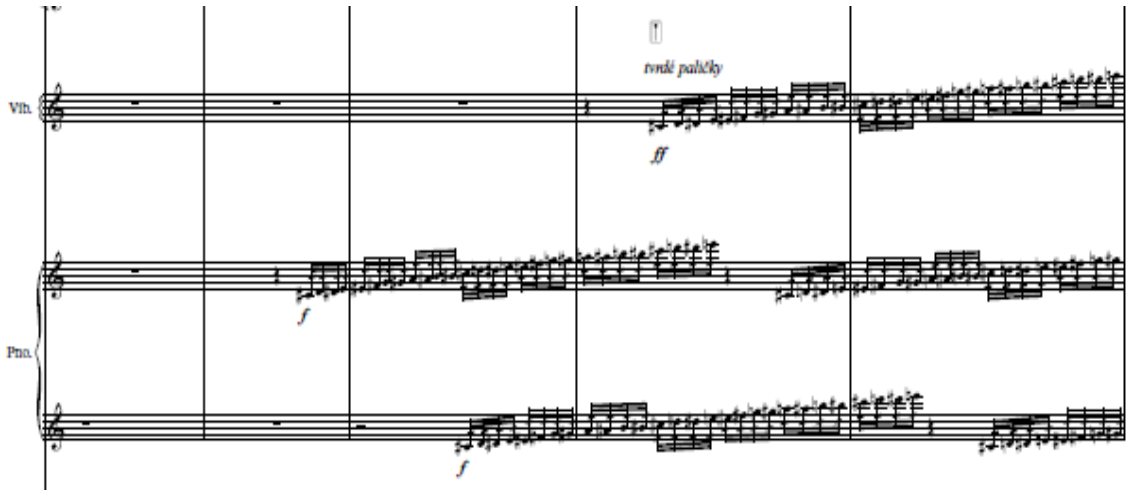
4.2.3 Třetí segment (budoucnost)

Třetí segment je z hlediska kompozičního procesu inspirován audio iluzí, kterou objevil Roger Shepard. Kompoziční práce ve smyslu objektivního a subjektivního percepčního významu hudebních podnětů zde spočívá v inspiraci nekonečným stoupáním, které R. Shepard zkonstruoval pomocí navrstvování sinusových tónů (viz Shepard tone ilussion). V tomto segmentu je nejprve pracováno s objektivně vnímaným prvkem neustálého stoupání. Jde o nepravidelně navrstvená ryze stoupající glissanda, která jsou hrána pouze první a druhou houslovou sekcí, dohromady pět skupin po třech hráčích. Tato zhruba dvaatřiceti taktová stoupající plocha prochází vnitřním témborvým frázováním pomocí téměř synchronního formování dynamické složky ve všech přítomných vrstvách. Tento druh dynamického vlnění jinak statické struktury prostřednictvím nepravidelného zesilovaní a zeslabovaní všech vrstev zároveň prochází různými dynamickými intenzitami v čase. Elektronická stopa během

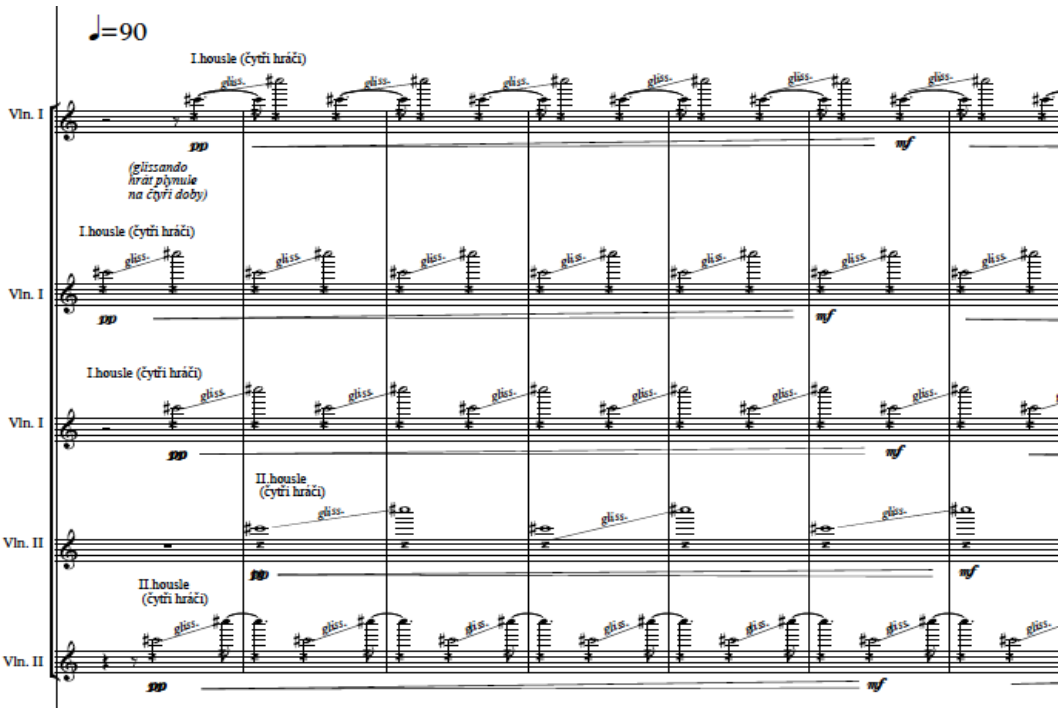
výrazového vývoje této glissandové plochy přináší neúplný reminiscenční materiál ze segmentu minulosti v podobě fragmentů, pocházejících z úvodního kvartového patternu ve varhanách. V tomto případě jsou tyto opakované kvarty hrány harfou, která prochází jemnou zvukovou transformací v podobě mírné granulace tónů "d" / "a" s použitím reverbu.

Dalším kompozičním prvkem, který se tentokrát týká zdůraznění průběhu různých časových dějů v rámci jedné plochy, jsou tři modely tempových modulací. První modulace je čtrnácti-taktový model ztvárněný efektovanými temple blocky, které jsou uvedeny v elektroakustické stopě. Tento model je užit v kátkém posunu, přičemž originál je zabarven pouze lehkým umělým dozvukem a v druhé posunuté lince (kopírující originál) dochází k postupné quassi glissandovité proměně tónových výšek jednotlivých úderů. Jako forma odpovědi na tuto modulaci přichází prvek reálného prostoru v podobě sólového sedmitaktového modelu tempové modulace v partu zvonů. Posledním úsekem tempové modulace je opět model v elektroakustické stopě, který v tomto případě probíhá v unisonovém tvaru prostorově efektované harfy a temple blocků. Závěrem tohoto segmentu se dostáváme k subjektivnímu principu výše zmíněného neustálého stoupání, které je inspirováno Rogerem Shepardem. Tento jev je vynotován jako neustále cirkulující chromatická stupnice opakovaných tónů od tónové výšky cis směrem nahoru. Pro napodobení tohoto jevu je zapotřebí velké množství nástrojových vrstev v různých oktávách, které jsou následně doplněny vrstvami v elektronice. Akustickými vrstvami budou v rámci orchestru klavír a vibrafon, nové elektroakustické vrstvy nastupují postupně ve zvonkohře a dvou vibrafonech. Tato stále stoupající masa zvuku končí a zároveň i začíná nový čtvrtý segment, ve kterém dochází ke splynutí všech základních principů těchto již exponovaných časově-zvukových pásem, která začínají fungovat všechna současně v simulovaném čtvrtém rozměru.

a) subjektivní pocit neustálého stoupání (klavír, vibrafon, Ea stopa-další vrstvy)



b) objetkivní pocit stoupání (smyčcová sekce)



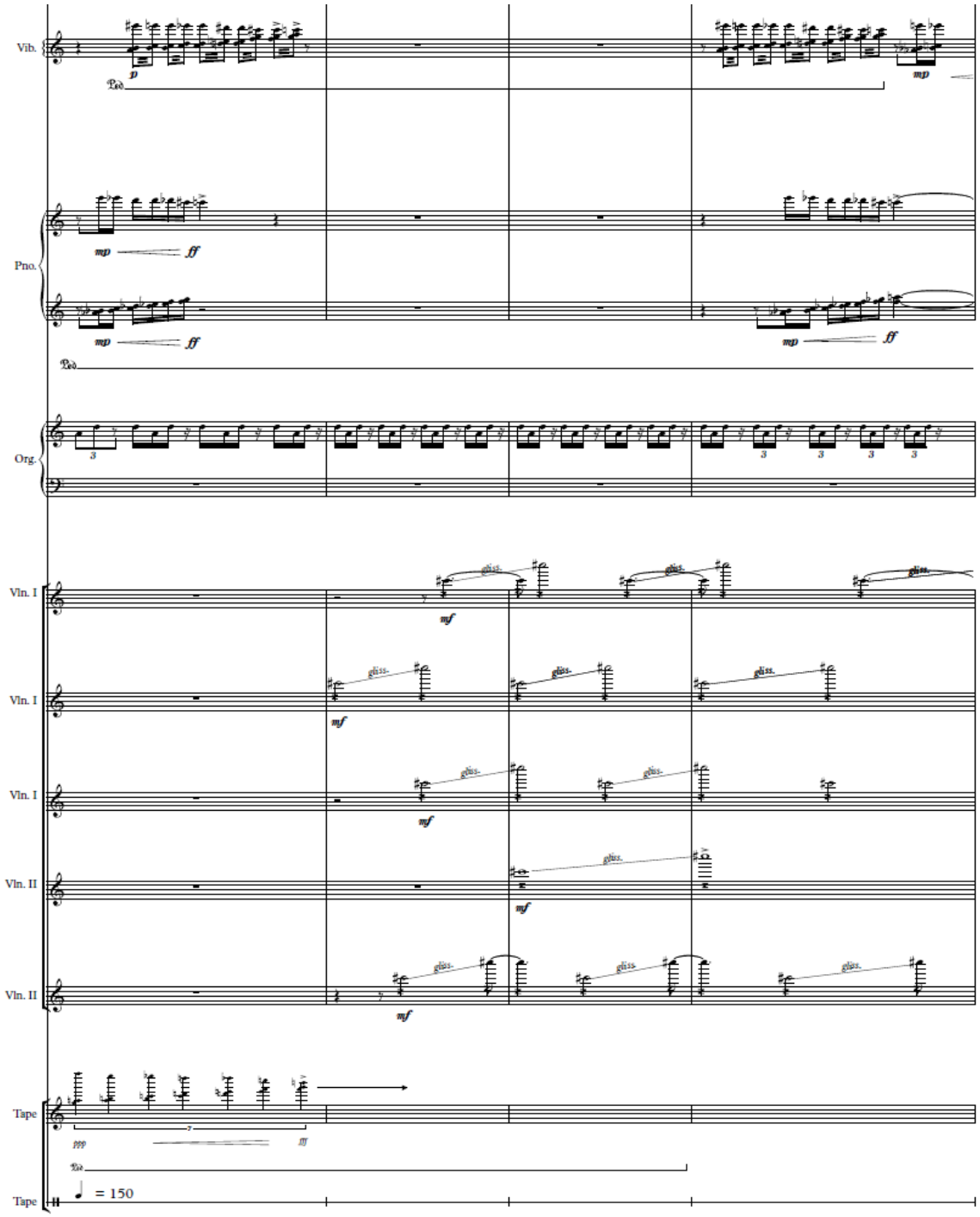
Obrázek č 42, a) subjektivní motiv (bicí/EAstopa), **b) objektivní motiv**- (smyčcová sekce)

4.2.4 Čtvrtý segment (splynutí-zjednodušení)/ reminiscenční dovětek

Tato poslední část vyobrazuje splynutí všech základních tvarů, se kterými bylo v předchozích částech kompozičně pracováno. Tedy, jak v partech orchestru, tak i v elektroakustickém pásmu, které dohromady tvoří jeden celek, dochází k úplnému vyčištění struktury a jediným kompozičním materiálem se stávají základní a zároveň vybrané charakteristické prvky, které se objevovaly v předešlých segmentech. Smyčcová sekce fragmentárně pracuje s ploškami stoupajících glissand, která jsou propojována statickou a evoluční linkou varhanního partu, ve kerém je rytmicky variován bistabilní efekt a horzintální pásmové rozložení na dva motivky. Ostatními navazujícími a ze strurkturálního hlediska zcela rovnocennými fragmenty jsou tendenčně stoupající/klesající motivky v bicích nástrojích, klavíru a elektroakustické stopě. Dalším materiálem EA stopy, který se významově i strukturálně pojí s kvartovým patternem z předchozích částí, jsou kvartové dvojzvuky s uměle protaženým dozvukem a jemně znějícím kombinačním tónem. Umělé protažení dozvuku tohoto dvojzvuku vzniklo díky záměrnému podporování naší percepce ve vnímání vzniklého subjektivního tónu v rámci kvarty navíc. Výsledkem vyhodnocení naší percepce tohoto zvukového objetku (mimo kombinační tón) může být přinejmenším subjektivní pocit ve smyslu proměnného průběhu barvy tohoto intervalu uměle rozprostřeného v prostoru. Před úplným závěrem, který je tvořen reminiscenčním dovětkem, se struktura postupně rozplývá, a její hlavní role se přelévá do elektroakustické stopy. Průběh kvartového patternu ve varhanách je postupně perforován a v posledních taktech je do vzniklých mezer zasazen úder zvonů na tónu "d1", na kterém při správně silné dynamické intenzitě vzniká kombinační tón (čistá kvinta).

Poslední segment je z tektonického hlediska přímo propojen s reminiscenčním dovětkem, který materiálově vychází z úvodu. Zvukový materiál závěru v elektroakustické stopě je tvořen z reálných samplů ústní harmoniky. Tento materiál v podobě dvou tónových výšek "c3" a "g3" je uměle vychylován. Tyto dvě tónové výšky, které později splynou v interval čisté kvinty, v tomto momentu utvoří subjektivní harmonii kombinačním (v tomto případě rozdílovým) tónem v podobě "c1". Posledním vstupem akustického nástroje do EA stopy, je reminiscence melodického fragmentu v klavíru, pocházejícího ze

třetího segmentu. Zvukovou a významovou rolí samotného závěru elektronické stopy je navázání na postupné vymizení nebo-li zneviditelnění všech doposud projevených základních charakteristických struktur jednotlivých segmentů v prostoru. Poslední tóny ústní harmoniky a hlubokého kmitočtu v bassklarinetu se díky neustálému vrstvení různorodého dozvuku postupně zneviditelní a díky samotné délce jeho prodlužování se zvuk zcela vytratí.



Obrázek č.43, vybrané charakteristické prvky (viz. předchozí segmenty)

5. Závěr

Cílem této práce byla sumarizace sluchových iluzí a jejích druhů do specifických kategorií, dle způsobu jejich vzniku a principů fungování. Jejich ověřování v praxi bylo prováděno dvěma základními způsoby, kterými byl psychoakustický experiment (test) a zpracování iluzí do různých hudebních kontextů či kompozičních procesů. Následným a zároveň hlavním bodem bylo jejich využití jako kompozičního prvku ve skladbě. Z akustické praxe bylo zjišťováno, které nástroje jsou vhodné pro vznik a spolehlivé fungování jednotlivých iluzí. Ukázalo se, že akustická iluze a zvukový klam mají společné podmínky z hlediska výběru takových nástrojů, které jejich různé projevy podporují, popř. podporují méně nebo také nejsou zcela vhodnými. Zatímco akustická iluze je kromě nástrojového obsazení, jeho barevného tónového spektra a zvoleného kmitočtu přímo závislá i na velikosti prostoru, ve kterém se odehrává. V případě výše rozebíraných zvukových klamů prostor hraje zcela minimální roli, odráží se spíše v barvě daného zvukového objektu. Zvukové klamy jsou pro kompoziční využití mnohem flexibilnějšími prvky, které jsou závislé pouze na základních parametrech, díky nimž vznikají. Na delší ploše mohou snést překrývání jinými strukturami, např. jakýmikoliv melodicko-rytmickými útvary nebo vrstvami. Po častějším narušování struktury různorodými prvky, je ideální nechat danému jevu (zvukovému klamu) opět prostor pro jeho znovuobnovení v rámci naší percepce. Zvukové klamy mohou sloužit jako jeden z kompozičních nástrojů pro danou hudební tématiku, na jejímž principu můžeme svůj vlastní klam zkonstruovat tak, aby vyhovoval našim kompozičním představám.

Přesto, že tyto jevy fungují na základě daných parametrů, což se týká všech utvářených zvukových objektů za konkrétním kompozičním účelem, jako jsou například multifonika na dechových nástrojích, jejich další rozměr v chápání zvuku spočívá v naší percepci, díky níž můžeme k hudebnímu dílu přistupovat pokaždé jinak a hlavně slyšet tu samou hudební plochu zcela odlišným způsobem. Celý takto ovlivněný kompoziční proces a jeho dopad na výrazovou, strukturální, formální a někdy i stylovou složku, je obohacen o další polohu v podobě subjektivních schopností vnímat hudební tvary, jejich proměnlivost, samotný průběh a z širšího pohledu celkový kontext, který se může proměňovat taktéž v závislosti na umístění těchto prvků.

Jedním z pozitivních vlivů na pasivní i aktivní poslech hudebního díla, které má ve své struktuře potenciálně obsaženy sluchové iluze, je znatelně větší tendence k vnímání větších zvukových detailů a různých spojitostí během poslechu dané hudební plochy. Tento poznatek může platit pouze v případě, kdy je posluchač s existencí těchto jevů ve skladbě obeznámen. Podstatou tedy není jen samotné rozkrývání sluchových iluzí v rámci příslušné struktury, ale pomocí jejich vlastností rozšířit způsob vnímání detailů i větších celků. Tento způsob takto rozšířeného vnímání je spuštěn jako řetězová reakce na povědomí o přitomnosti jakýchkoliv nejednoznačných hudebních podnětů. Použití sluchových iluzí ve skladbě může být pojato způsobem cílené manipulace posluchače do předem postupně připravované posluchačské polohy, do které jsme postupně vmanipulováváni za konkrétním kompozičním nebo-li hudebním cílem. Další verzí může být usilování o hudební nejednoznačnost, tedy nevmanipulováváme ani nepředpřipravujeme posluchače do cílené polohy, ale naopak mu necháváme prostor pro záměrně proměnlivý poslech, jež může mít nepředvídatelnou podobu. Druh zvukomalebného prvku je další formou hudebního projevu, jakou tyto iluze mohou v hudbě zastávat. V podstatě jde o jisté návrhy pro možnou kompoziční práci, která je z hlediska skladatelovy invence nebo jakéhokoliv předem zvoleného strukturálního principu zcela neomezená. Tyto psychoakustické jevy jsou kompozičnímy prvky jako kterékoliv jiné. Ovlivňovat mohou dle způsobu jejich využití celkovou stylistiku kompozice, která může utvářet dojem velmi specifické "zvukovosti" a výrazového charakteru hudebního dění, jež má potenciál utvářet zcela nové vnitřní vztahy a hierarchie prvků, které se v daných případech mohou řídit podle úplně jiných pravidel, než které jsou nám známy například z předchozích získaných zkušeností v tomto oboru nebo z různých principů hudební teorie.

Seznam použité literatury:

1) DEUTSCH, Diana: *Psychology of music 1st edition*, Edition, 2013, pp xvii + 765 ISBN-10: 012381460X ISBN-13: 978-0123814609

2) OTČENÁŠEK, Zdeněk: *O subjektivním hodnocení zvuku*, NAMU, ERMART Praha, s.r.o., 2008, ISBN 978-80-7331-113-1

3) FRANĚK, Marek. *Hudební psychologie*. 2. dotisk 1. vyd. Praha: Karolinum (nakladatelství), 2009. ISBN 978-80-246-0965-2

4) DEUTSCH, Diana: *Paradoxes of musical pitch*. Scientific American, 1992, 267, 88-95

5) RISSET, Jean-Claude: *Paradoxes and Illusions: a Musical Illustration*, Volume 1997, 1997

6) DAURER, Gerhard: *Auditory Illusions* ELA2020 - Acoustics and Psychoacoustics *1*

7) SYROVÝ, Václav: *Hudební akustika*, ISBN 80-7331-901-2, AMU, Praha 2003

8) DEUTSCH, Diana: *Pitch class and octave similarity. Proceedings of the First International Conference on Music Perception and Cognit*, 1989, 107-112, Kyoto, Japan.

9) DEUTSCH, Diana: *A musical paradox. Music Perception*, 1986, 3, 275-280

10) KULKA, Jiří: *Psychologie 2, přepracované a doplněné vydání*, Vyd. 2., přeprac. a dopl., V Grada Publishing,2008, ISBN 978-80-247-2329-7

11) SCHARINE Angélique A.,LETOWSKI R. Tomasz: *Perceptual Conflicts and Illusions,*PDF

12) DEUTSCH, Diana: *Phantom Words and Other Curiosities*. Philomel Records, Compact Disc and Booklet, 2003.

13) DEUTSCH, Diana:, *Musical Illusions and Paradoxes*. Philomel Records, Compact Disc and Booklet, 1995.

14) NIBLOCK, Phil: *Working title*, ISBN 978-2-84066-423-9

15) RISSET, Jean-Claude: *The perception of musical sound*, Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique, CNRS, Marseille

16) PATRÍCIO, Pedro: *From the Shepard tone to the perceptual melody auditory illusion*, Research Centre for Science and Technology of the Arts (CITAR) Portuguese Catholic University – School of the Arts Rua Diogo Botelho 1327, 4169-005 Porto-Portugal

17) LEVITIN, J. Daivd: T*his is your brain on music: The Science of a human Obsession* Paperback- August 28, 2007

Internetové prameny

1)
http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.546.1235&rep=rep1&type=pdf

2)
http://www.auditory.org/democds.html

3)
http://www.design.kyushu-u.ac.jp/~ynhome/ENG/Demo/illusions.html

4)
http://www.newmusicostrava.cz/en/articles/1597-alvin- lucier-music-on-a-long- thin-wire.html

5)
http://www.stevereich.com/articles/orig/NY-VT.pdf

6)
www.eprojekt.gjs.cz/Services/Downloader.ashx?id=13373

7)
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306452217302981

8)
https://jiyounkang.com/wordpress/index.php/archives/525

9)
http://www.rhsmpsychology.com/Handouts/diagram_of_the_ear.htm

10)
http://educationmusicale.ac-besancon.fr/wp-content/uploads/sites/42/2015/10/Part._vue_avt_coute.pdf

11)
https://www.youtube.com/watch?v=rjQBFiVJso8¨

12)
https://newt.phys.unsw.edu.au/jw/tartini-temperament.html

13)
http://www.tichanek.cz/fyzika-jako-geometrie.html#V.

14)
https://backyardbrains.com/experiments/Phenomenogram

Seznam obrázků

Obrázek č. 1:

druhy časového průběhu akustického tlaku signálu (sínus,tón a hluk)

Obrázek č. 2:

základní proces slyšení, průřez kochley

Obrázek č. 3:

umístění pravého a levého kortexu v mozku

Obrázek č. 4:

analogie bistabilní optické a sluchové iluze,modely místa

Obrázek č. 5:

Claude Debussy *"Le Vent dans le plaine"*

Obrázek č. 6:
základní trojzvuková sekvence s proměnlivou tendencí
stoupání/klesání

Obrázek č. 7:
základní tónová sekvence horizontálního pásmového rozložení na
melodický a doprovodný ostinátní motiv verze A,B

Obrázek č. 8:

originální tvary sedmitónové sekvence (stimul A,B,C a D)

Obrázek č. 9:

nejpreferovanější tvary sekvence, osoby s předchozími zkušenostmi

Obrázek č. 10:

časový průběh akustického signálu stimulu D

Obrázek č. 11:

nejpreferovanější tvary sekvence, laici

Obrázek č. 12:

výsledky klastrové analýzy (laici, osoby se zkušenostmi)

Obrázek č. 13:

Tartiniho kombinační tóny

Obrázek č. 14:

oktávová iluze Diany Deutsh

Obrázek č. 15:

různé bistabilní zvukové klamy v kompozičním procesu (ukázka)

Obrázek č. 16:
souzvuková varianta modelu na vibrafonu, iluze s tendencí stoupání/klesání

Obrázek č. 17:

základní souzvuková sekvence, zvonkohra

Obrázek č. 18:

vertikální typ řetězení

Obrázek č. 19:

horizontální typ řetězení

Obrázek č. 20:

časový průběh akustického signálu, klarinet

Obrázek č. 21:

časový průběh akustického signálu, ústní harmonika

Obrázek č. 23:

časový průběh akustického signálu, varhany

Obrázek č. 24:

vertikální barva trojzvuku, místa vzniku kombinačních tónů

Obrázek č. 25:

horizontální barva rozprostřeného trojzvuku

Obrázek č. 26:

časový průběh akustického signálu, trubicové zvony

Obrázek č. 27:

časový průběh akustického signálu, basklarinet (hlubší kmitočty)

Obrázek č. 28:
místa vzniku kombinačních tónů, trubicové zvony + marimba + xylofon

Obrázek č. 29:

dynamika, jako kompoziční nástroj pro tvorbu kombinačních tónů

Obrázek č. 30:

Phill Niblock, "*Bao Bab"*

Obrázek č. 31:

György Sándor Ligeti, *"Kontinnum*"

Obrázek č. 32:

Diana Deutsch (analogie s Ligetim)

Obrázek č. 33:

Steve Reich,*" Music for 18 musicians"* (cyklus akordů)

Obrázek č. 34:

souzvuk, materiál pro první sekci skladby

Obrázek č. 35:

Alvin Lucier, plán kompozice, *"Music on a long thin wire"*

Obrázek č. 36:

Ivan Kurz, místa vzniku kombinačních tónů, *"O ptáčkovi, který se bál létat"*

Obrázek č. 37:

Ivan Kurz, kontrabasová linka

Obrázek č. 38:

hyperkrychle

Obrázek č. 39:

formální schéma kompozice

Obrázek č. 40:

subjektivní versus objektivní doprovodná linka

Obrázek č. 41:

subjektivní versus objektivní motiv, bicí nástroje / smyčce

Obrázek č. 42:

varianty stoupání

Obrázek č. 43:

vybrané charakteristické strukturální prvky

Seznam zkratek

apod.	a podobně
atd.	a tak dále
viz.	vizte
např.	například
pozn.	poznámka
tj.	to jest
tzn.	to znamená
sec.	sekunda