

UNIVERZITET UMETNOSTI U BEOGRADU

FAKULTET MUZIČKE UMETNOSTI

KATEDRA ZA DUVAČKE INSTRUMENTE

**FLAUTA KAO *METAINTERFEJS* MODULARNIH SISTEMA
U SAVREMENOJ ELEKTROAKUSTIČKOJ MUZICI**

- ZAVRŠNI RAD -

KANDIDATKINJA: Hanan Hadžajlić

STEPEN STUDIJA: Doktorske akademske studije

STUDIJSKI PROGRAM: Izvođačke umetnosti - flauta

MENTOR: red. prof. mr. Ljubiša Jovanović

KOMENTORICA: red. prof. dr. Vesna Mikić

Beograd, 2018.

Posvećeno

Eni Musakadić (1991 – 2012) i Amini Abdić (1991 – 2015)

Predgovor

Prema komentorici mog istraživačkog rada, prof. dr. Vesni Mikić, moje djelovanje u oblasti interpretacije i kompozicije muzike, čini me (pro)izvođačicom. Modularni sistem *TransFlute*, koji u ovom radu predstavljam interfejsom vještačke muzičke inteligencije, profesorica označava proizvođačem. Stoga, interaktivni odnos navedenih proizvođača, posmatram kao izuzetno zanimljiv i sadržajan korisnički interfejs za istraživače, teoretičare i u konačnici proizvođače, koji žive i djeluju u vrijeme ekstremnog kapitalizma, u kojem su proizvodnja i proizvedeno osnova identiteta individue. Proizvodnu traku individue, koja je u konačnici produkt kolektivne proizvodnje znanja te individualne intuicije i kreativnosti, smatram konstantno postajućim identitetom. U današnjem svijetu višeslojne realnosti, isprepletenosti slika i zvukova podsvijesti, događaja sa ulica, hiperprodukciji svjetova koji s nama komuniciraju putem ekrana mobilnih telefona i kompjutera; te prenaplašene samoreprezentacije u predivnom virtualnom svijetu, postajući identitet definira subjekt kao nešto najmodularnije. Tako, subjekt odnosno savremeni čovjek, demonstrira na koji način funkcioniše prava, prirodna, živa inteligencija, ukoliko se konstantno susreće s novim informacijama. Ona proizvodi. Radnike, intelektualce, mesije, šizofreničare i uvijek postajuće globalno društvo. Puno optimizma i barem naizgled, konstruktivnih ideja orijentisanih ka sreći čovjeka, koje su konstantno izazvane proizvodnjom onog destruktivnog. Razvoj vještačke inteligencije u domenu kompjuterskih nauka predstavlja mimezis prave i žive inteligencije čovjeka. Vještačka inteligencija je danas modna etiketa, brend naučne zajednice. Dominira na modnim pistama virtualnih svjetova, naučnih radova i visokoškolskih institucija, predstavljena kao mesija novog svijeta. Stoga, radujem se danu u kojem će nam visoko razvijena vještačka inteligencija demonstrirati naše vlastite sposobnosti, odnosno, kako da gradimo ili kako da uništavamo svoje okruženje. Čovjek, da bi vjerovao u nešto, treba da to vidi, razumije i imitira. Međutim, vještačka muzička inteligencija, koju u ovom radu pripisujem modularnom sistemu *TransFlute*, proizvodi muziku, modulirajući sopstveni analogni signal te eksterne zvučne informacije. Ovaj tip inteligencije funkcioniše isključivo u autoreferentnom sistemu koji diktira električni napon, parametri modula te karakteristike eksterne informacije. Modularni sistem komponuje u realnom vremenu. Njegova recepcija, percepcija i kreativnost koji rezultiraju nedeterminiranim modulacijama, zapravo su determinirani njegovim tehničkim specifikacijama. Modularni sistem nema izvanmuzičku ideologiju niti svijest o svom potencijalnom mesijanizmu. Međutim, muzičaru demonstrira uspostavljanje kompleksnih kompozicionih procesa u realnom vremenu. Nadam se da je to

svojestveno i savremenom kompozitoru te da će u budućnosti to dokazati istraživači u oblasti savremene umjetničke improvizacije, bazirane upravo na kompozicionoj logici.

Prije svega, želim da se zahvalim svojim roditeljima, Rasemi i Ramu Hadžajliću koji su mi omogućili da se bavim onim što želim i pružili veliku podršku i razumijevanje. Zatim, veliku zahvalnost i poštovanje dugujem svom mentoru, red. prof. Ljubiši Jovanoviću, koji me je godinama podučavao u sklopu flautističkih seminara, a kao mentor na doktorskom studiju, nastavio nesebično dijeliti svoje znanje uz davanje enormne podrške svakoj mojoj ideji. Moja komentorica, prof. dr. Vesna Mikić, osim što zaslužuje moju veliku zahvalnost i poštovanje za svoj trud, izdvojeno vrijeme i sve sugestije, u fazi prijave teme rada, uspjela je da predvidi suštinski pravac mog istraživanja, pronalaskom adekvatnih termina. Flauta kao *metainterfejs* je konstrukcija koja je preusmjerila moje misaone procese, nadogradila početnu platformu koja se odnosila na vezu flaute sa modularnim sistemima i postala inicijator onoga na šta sam danas jako ponosna, a to je teorija o vještačkoj muzičkoj inteligenciji.

Veliku zahvalnost i poštovanje dugujem svom partneru, kompozitoru Dini Rešidbegoviću, bez kojeg realizacija umjetničkog projekta ne bi bila moguća. Također, moram da spomenem svog poštovanog profesora kompozicije, Mag. Art. Ališera Sijarića, koji me je naučio da razmišljam kao kompozitorica i povezujem znanje iz različitih oblasti, na čemu sam mu izuzetno zahvalna. Posebnu zahvalnost dugujem svom profesoru primjenjene estetike, dr. Miodragu Šuvakoviću te profesoru analize savremene muzike, dr. Milošu Zatkaliku.

Velika hvala sestri Dini i bratu Eminu na podršci i motivaciji.

Apstrakt

Flauta kao *metainterfejs* modularnih sistema u savremenoj elektroakustičkoj muzici

Flauta kao *metainterfejs* modularnih sistema odnosi se na flautu kao eksternu informaciju odnosno inicijatora procesa modulacija modularnog sistema *TransFlute*, interfejsa vještačke muzičke inteligencije. Teorija o vještačkoj muzičkoj inteligenciji modularnog sistema *TransFlute* inspirisana je razvojem generalne vještačke inteligencije unutar kompjuterskih nauka. Odnosi se na preprogramirane modulacije njegovog vlastitog analognog signala, baziranog na randomiziranom talasu. Istraživanje polazi od perspektive fizikalizma; preko inteligencije same materije, inteligencije subatomske čestice, električne energije kao pokretača svih prirodnih procesa i uopšte, života; preko elektrofiziološkog potencijala neurona, električne aktivnosti mozga, kognitivnog sistema, generalne inteligencije, sve do muzičke inteligencije i uopšte, fenomena modularnosti. Najviši stepen muzičke inteligencije je kompozicija (proizvodnja) muzike, a ovaj modularni sistem samostalno uspostavlja kompleksne procese modulacija te, zapravo, komponuje u realnom vremenu. Flauta je zasebni entitet čije karakteristike bivaju promijenjene u kontaktu sa modularnim sistemom, a ujedno i pokretač inteligentne reakcije sistema, to jest, preusmjerenja procesa modulacije analognog signala. Također, flauta predstavlja medij kompozicione arhitekture ali i korisnički interfejs kompozitora, što se pored njenih generalnih akustičkih svojstava, u ovom istraživanju, najviše odnosi na savremene izvođačke tehnike. Pored dvije kompozicije za flautu i procesore (modularni sistem *TransFlute*) od kojih jedna uključuje elektronsku traku, u ovom radu predstavljene su i dvije kompozicije za ozvučenu flautu te dvije kompozicije za flautu i traku.

Ključne riječi: flauta, elektroakustička muzika, modularni sistem *TransFlute*, vještačka muzička inteligencija, kompozicija

Abstract

Flute as *metainterface* of modular systems in contemporary electroacoustic music

Flute as *metainterface* of modular systems refers to the flute as an external information or an initiator of the modulation process of the *TransFlute* modular system, the interface of artificial musical intelligence. The theory of artificial musical intelligence of the *TransFlute* modular system is inspired by the development of general artificial intelligence within computer science. It refers to the pre-programmed modulation of its own analogue signal, based on a randomized wave. The research starts from the perspective of physicalism; through the intelligence of the matter, the intelligence of subatomic particles, the electricity as the driving force of all natural processes and, in general, life; through the electrophysiological potential of neurons, electrical activity of the brain, cognitive system, general intelligence, to the music intelligence and in general, the phenomena of modularity. The highest level of musical intelligence is composition (production) of music, and this modular system independently establishes complex modulation processes and, in fact, composes in real time. Flute is a separate entity whose characteristics are changing in contact with the modular system, and at the same time the trigger of an intelligent system reaction, that is, the redirection of the analog signal modulation process. Also, the flute represents the medium of compositional architecture, but also the user interface of the composer, which, in addition to its general acoustic properties, in this research, mostly refers to contemporary flute techniques. In addition to two compositions for flute and processors (*TransFlute* system), one of which includes an electronic tape, in this paper are also presented two compositions for amplified flute and two compositions for flute and tape.

Keywords: flute, electroacoustic music, *TransFlute* modular system, artificial musical intelligence, composition

SADRŽAJ

1.....	UVOD	9
2... MODULARNI SISTEM KAO INTERFEJS VJEŠTAČKE MUZIČKE INTELIGENCIJE		13
2.1.....	Elektricitet i inteligencija materije	13
2.2.....	Električna moždana aktivnost i kognitivna funkcija	17
2.3.....	Inteligencija	21
2.4.....	Vještačka inteligencija	22
2.5.....	Muzička inteligencija	23
2.6.....	Kompozicija i prirodni zakoni	25
2.7.....	Kompozicioni procesi i programiranje konteksta	26
2.8.....	Modularnost	28
2.9.....	Modularni sistemi i vještačka inteligencija	29
2.10.....	Ka teoriji vještačke muzičke inteligencije	31
2.11.....	Modularni sistemi i vještačka muzička inteligencija	35
3.FLAUTA KAO <i>METAINTERFEJS</i> MODULARNIH SISTEMA U SAVREMENOJ ELEKTROAKUSTICI		
3.1.....	Flauta	39
3.1.1.....	Konstrukcija	40
3.1.2.....	Akustička svojstva	44
3.1.3.....	Proizvodnja tona	47
3.1.4.....	Proširene izvođačke tehnike	52
3.2.....	Elektroakustička muzika	66
3.2.1.....	Uvod u elektroakustiku	70
3.2.1.1.....	Ozvučena flauta	71
3.2.1.2.....	Elektroakustički sistemi	73

3.2.2.	Audio efekti	74
3.2.2.1.	Prostorni efekti	76
3.2.2.2.	Dinamički efekti	78
3.2.2.3.	Ekvilajzerski efekti	79
3.2.2.4.	Modulacije tona i faze	81
3.2.2.5.	Multi-efekti	82
3.2.2.6.	Hardverski analogni moduli	84
3.2.3.	Korisnički interfejs flaute sa modularnim sistemima	86
3.2.3.1.	Parametri efekata i kontrolori	87
3.2.3.2.	Modularni sistemi	91
3.2.3.3.	Programiranje modulacija analognog signala i spektralna analiza	95
4.	UMJETNIČKI PROJEKAT	99
4.1.	Panayiotis Kokoras: <i>Cycling</i> za ozvučenu flautu	100
4.2.	Dominik Karski: <i>Open Cluster M45</i> za ozvučenu bas flautu	109
4.3.	Mario Davidovsky: <i>Synchronism br. 1</i> za flautu i traku	115
4.4.	Brian Ferneyhough: <i>Mnemosyne</i> za bas flautu i traku	119
4.5.	Hanan Hadžajlić: <i>A Thousand Plateaus: Hommage a Deleuze&Guattari</i> za flautu/bas flautu sa pro	
4.6.	Dino Rešidbegović: Koncert za flautu sa procesorima i traku	143
5.	ZAKLJUČAK	149
	Bibliografija	151

1. UVOD

Interfejs (eng. *interface*) je „tačka susreta i interakcije dva sistema.“¹ U fizici je definisan kao mali broj atomskih slojeva koji razdvajaju dvije čvrste supstance i koji posjeduju različite osobine od dvije supstance što ih ujedno čini i tačkom njihove interakcije. U društvenim naukama tumači se kao direktni kontakt dvije različite kulture, okruženja, filozofije ili sistema između kojih se vrši razmjena energije, informacija odnosno materijala.² U kompjuterskim naukama označava prostor oko kojeg dvije ili više komponente koje razmijenjuju informacije, pa postoje tri osnovna tipa interfejsa: hardverski, softverski i korisnički.³ Hardverski interfejs sastoji se od različitih povezoivača, kao što su kablovi koji povezuju uređaje poput tastature ili miša sa kompjuterom. Softverski interfejs je termin koji se odnosi na programske jezike, kodove koji uspostavljaju komunikaciju između različitih programa. Termin korisnički interfejs odnosi se na tačku komunikacije između korisnika i kompjutera i podrazumeva različite menije, ikone, alate koje korisnik aktivira tastaturom i mišem dajući komande kompjuteru.⁴ Kao i u slučaju kompjuterske, tako i u kontekstu muzičke tehnologije, termin interfejs se odnosi na vezu i komunikaciju između različitih sistema ili komponenti te na interakciju između korisnika i sistema, odnosno čovjeka i određene mašine ili seta povezanih uređaja. Interfejs "elektroakustičkog lanca" kojim se bavi ova studija,⁵ odnosi se na različite vrste kablova, to jeste, *povezoivača*. Tip povezoivača zavisi od tipova modularnih sistema koji čine hardverski elektroakustički lanac). Korisnički odnosno proizvođački interfejs odnosi se na kontrolne parametara odnosno pojednostavljena sredstva kompleksnih aktivnosti mašina, kojima proizvođač uspostavlja i oblikuje procese modifikacija zvuka.

Poznate teorije interfejsa kompjuterskih nauka u potpunosti ne diferenciraju nivo modela i meta nivoa odnosno meta modela interfejsa.⁶ Model označava set koncepata korištenih za kreaciju softvera za razvoj programskog jezika⁷, to jest, meta modela, jezika koji predstavlja model modela i služi za manipulaciju istim.⁸ Meta model je jezik koji ujedno opisuje sam

¹ Cf. <https://en.oxforddictionaries.com/definition/interface>, 02. 07. 2018.

² <http://www.businessdictionary.com/definition/interface.html>, 02. 07. 2018.)

³ <http://www.businessdictionary.com/definition/interface.html>, 02. 07. 2018.)

⁴Pavel Weicbroth, Marcin Sikorski, *User Interface Prototyping Techniques and Tools* (Katowicah: Uniwersytetu Ekonomicznego, 2015), 1.

⁵ Elektroakustički lanac se odnosi na mikrofona, hardverski elektroakustički sistem i zvučnik.

⁶ Anders Hesselhund, Andrzej Wasowski, "Interfaces and Metainterfaces for Models and Metamodels", *Model Driven Engineering Languages and Systems: 11th International Conference, MoDELS 2008, Toulouse, France, September 28 - October 3, 2008. Proceedings* (Berlin: Springer, 2008), 8.

⁷ <https://www.igi-global.com/dictionary/towards-programming-model-ubiquitous-computing/34866>

⁸ Jonathan Sprinkle, Bernhard Rumpe, Hans Vangheluwe, Gabor Karsai, „Metamodelling: State of The Art and Research Challenges“, *MBEERTS'07 Proceedings of the 2007 International Dagstuhl conference on Model-based engineering of embedded real-time systems* (Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 2010), 57.

sebe ali i sintaksu modela,⁹ sadrži strukturu i ponašanje modela ali je sam po sebi relevantan za različite procese, dakle, nije isključivo vezan za model.¹⁰ Primjer meta modela je vještačka inteligencija, u oblasti dubokog učenja (eng. *Deep Learning*)¹¹, bazirana na programskom jeziku (modelu) kao što je npr. Python,¹² čiji potencijal učenja meta model razdvaja kao samostalni entitet od samog modela, gradeći vlastite karakteristike.¹³ Model ima svrhu treniranja neuralnih mreža odnosno vještačkih neurona, meta modela, baziranih i inspirisanih biološkim neuronima koji su gradivno tkivo ljudskog mozga.

Flauta kao metainterfejs modularnih sistema znači pretprogramiranje procesa modulacija zvuka čiji izvor je flauta koja zasebno sadrži kako potencijal transformacije svog prirodnog tona različitim tehnikama sviranja, tako i proizvodnju različitih tipova zvukova postignutu savremenim izvođačkim tehnikama. Zvuk flaute sa efektom, podrazumeva kombinaciju akustičkog signala prevedenog u elektronski napon. Korištenje digitalnih efekata znači transformaciju prirodnog zvuka flaute i simulaciju npr. različitih tipova prostornosti, ali u ovom slučaju je veza između zvuka flaute i efekta unidirekionalna. U kombinaciji sa analognim modulom koji proizvodi analogni signal, istovremeno, flauta i analogni signal obostrano utiču na izmjene pojedinačnih karakteristika. U kontekstu ovog stručnog rada, analogni signal predstavlja nemogućnost razdvajanja nivoa modela i meta modela korisničkog interfejsa, dakle, analognog modula, efekta ili procesora zvuka. Međutim, modulaciju analognog signala odnosno uspostavu modularnog sistema, moguće je posmatrati kao meta model samog korisničkog interfejsa, modularnog sistema koji se odnosi na sistem povezivanja fizičkih modula. Njega čini set modula sa kontrolorima, koji moduliraju sopstveni analogni signal, rezultat elektronskog napona. Modulacije zvuka postižu se programiranjem parametara analognih modula te uspostavljanjem kompleksnih procesa putem njihovog povezivanja odnosno formiranja modularnih sistema. Pretprogramiranje modulacije odnosi se na postavljanje početne sintakse procesa analognog signala putem potenciometara. Rezultirajuće modulacije zvuka u kontekstu ovog istraživanja predstavljene su simulakrumom označenim kao vještačka muzička inteligencija.

⁹ Idem.

¹⁰ Ibid, 58.

¹¹ Duboko učenje (eng. *Deep Learning*) je grana mašinskog učenja bazirana na razvoju modela – neuralnih mreža. Metode dubokog učenja svoju primjenu pronalaze u važnim područjima vještačke inteligencije (meta modela) poput kompjuterskog vida, obrade prirodnog jezika, razumijevanja govora i zvučnih signala, kao i u bioinformatici. Cf. <https://www.fer.unizg.hr/predmet/dubuce>, 19. 11. 2018.

¹² Kreator programskog jezika Python, za duboko učenje sa neuralnim mrežama, je Gvido van Rossum (Guido van Rossum). Program je publiciran 1991. godine.

¹³ <https://medium.com/intuitionmachine/the-meta-model-and-meta-meta-model-of-deep-learning-10062f0bf74c>, 02. 07. 2018.

Dakle, flauta predstavlja informaciju koja biva modifikovana od strane već postojećeg sistema modulacije i kao takva, dokazuje sam koncept vještačke muzičke inteligencije. On proizilazi i perspektive fizikalizma, dakle, postavlja modularnost materije – električne sile atomskog jezgra - svega onoga što čini prirodu, kao aksiom same inteligencije. Po uzoru na razvoj vještačke inteligencije unutar kompjuterskih nauka, koncept vještačke muzičke inteligencije polazi od povezivanja fenomena modularnosti materije na subatomske nivou, elektrofiziološkog potencijala neurona, elektronske moždane aktivnosti kao osnove za razumijevanje kognitivnog sistema. Vještačka inteligencija bazirana je na izgradnji vještačkih neuralnih mreža, koje uspostavljaju modularnost procesa shodno primljenim informacijama, zadacima, kontekstu ispitivanja vještačke inteligencije. Koncept vještačke muzičke inteligencije, kako ga ja ovde "interpretiram", inkorporira koncept same muzičke inteligencije što ga diferencira od generalne inteligencije¹⁴ te u ovom radu, povezuje sam pojam modularnosti i kompoziciju kao najviši nivo muzičkog mišljenja i mimezisa prirodnih zakona. Prevazilazeći simbolički sistem same kompozicije, vještačka muzička inteligencija postaje fizička isključivo kao fenomen koji postoji i samostalno djeluje u realnom vremenu. Na izvjestan način, predstavlja živu sliku kompozicionog mišljenja, oslobođenog svih kulturalnih okvira. Tako, elektronski napon analognog modula, analogni signal u vidu zvuka, postaje materija koja je nosilac modularnog procesa – kompozicije u realnom vremenu. Uslov za uspostavljanje samostalnosti procesa je korištenje randomiziranog talasa, po uzoru na randomizirane elektronske impulse u ljudskom mozgu koji je nedeterministički.

U drugom poglavlju ovog rada, pod nazivom *Modularni sistem kao interfejs vještačke muzičke inteligencije*, detaljno je objašnjen put ka formiranju teorije o vještačkoj muzičkoj inteligenciji, što zapravo predstavlja uvod u pojam flaute kao *metainterfejsa* modularnih sistema. Objasnjena je međuzavisnost svih komponenti (modula, agenata) koji formiraju cjelokupni sistem ali i fenomen povezanosti flaute sa modularnim sistemom. Treće poglavlje odnosno centralno koje nosi naziv samog rada, *Flauta kao metainterfejs modularnih sistema u savremenoj elektroakustičkoj muzici*, predstavlja kako konstrukciju i akustička svojstva flaute, kratak osvrt na fenomen elektroakustike iz koje proizilazi elektroakustička kompozicija, audio efekte, moguće načine fizičkog povezivanja modula, tako i na sam korisnički interfejs flaute sa modularnim sistemima. Četvrto poglavlje pod nazivom *Umjetnički projekat* čini teorizacija šest kompozicija izvedenih u sklopu doktorskog umjetničkog projekta odnosno koncerta djela

¹⁴ Howard Gardner, *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences* (New York: Basic Books, 2011), 77 – 315.

za flautu/bas flautu; ozvučenu, sa trakom, sa procesorima te sa procesorima i trakom. Posljednje poglavlje ovog rada odnosno zaključni dio rezimira kompletno istraživanje i postavlja hipoteze potencijalnih budućih istraživanja na temu funkcionalnosti *TransFlute modularnih sistema* u razvoju generalne vještačke inteligencije.

2. MODULARNI SISTEM KAO INTERFEJS VJEŠTAČKE MUZIČKE INTELIGENCIJE

Vještačka muzička inteligencija se u ovom istraživanju odnosi na mehanizam koji je u stanju da uspostavlja kompozicione procese u realnom vremenu, koristeći električni napon kao izvor osnovnog materijala, sopstvenog analognog signala. Preusmjeravanje procesa koje je na izvjestan način moguće kategorizirati kao kreativnost mehanizma, zavisi od recepcije, percepcije i kontekstualizacije spoljne informacije. U kontekstu ovog umjetničkog istraživanja, isto se odnosi na preusmjeravanje procesa modulacije analognog signala aktiviranog spoljnim faktorom, zvukom flaute koji postaje kako inicijator modulacije tako i njen materijal. Mehanizam koji proizvodi vlastiti analogni signal i putem pretprogramiranja randomiziranog talasa uspostavlja kompleksne modulacije, jeste analogni modularni sistem *TransFlute* koji čine moduli iz grupe MOOG Moogerfooger, MF: 108M Cluster Flux Pedal, MF-101 Low Pass Filter i MF-102 Ring Modulator. Dakle, navedeni modularni sistem predstavlja interfejs vještačke muzičke inteligencije, koja i sama predstavlja modularni sistem kao metainterfejs korisničkog interfejsa a ujedno i interfejs kao tačka povezanosti korisničkog interfejsa i spoljne informacije (zasebnog entiteta koji postaje materijal modulacije), koji je u kontekstu ovog stručnog rada, flauta.

Da bi se razumio koncept/teorija vještačke muzičke inteligencije, koju ovdje zastupam potrebno je predstaviti i njen razvoj, putem objašnjenja različitih faza istraživanja navedenog. Ovo poglavlje uspostavlja veze između materijalnosti svijeta i inteligencije same materije, električnog napona kao pokretača svih procesa, ljudskog mozga i kognitivnog sistema, muzičke inteligencije i muzičke kompozicije, fenomena modularnosti i modula kao agenata u sistemu konekcije modularnog sistema i flaute.

2.1. Elektricitet i inteligencija materije

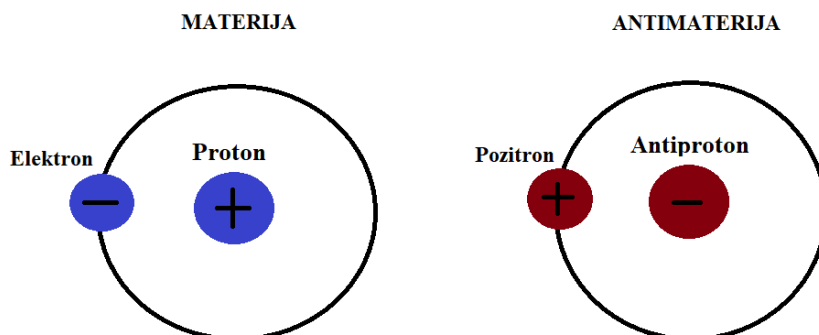
Fizikalizam, ontološka teorija i grana savremene filozofije, polazi od tvrdnje da su sve stvari sastavljene od materijalnih tvari, iz čega proizilazi i epistemološka teorija percepcije, bazirana na čulnim podacima odnosno objektima zavisnim od uma,¹⁵ koji posjeduju karakteristike kao što su boja, oblik, zvuk, tekstura itd.¹⁶ Materija se odnosi na sve ono što čini prirodu a sastoji se od elektrona zatočenih u hladnoći električnom silom atomskog jezgra.¹⁷ Atomi su najmanja

¹⁵ Howard Robinson, *Perception* (London: Routledge, 1994), 119.

¹⁶ Idem.

¹⁷ Frank Close, *Antimatter* (New York – Oxford: Oxford University Press, 2009), prevod: Lovro Čulin, 231.

gradivna jedinica molekula. Prema teoriji čestica, elementarne čestice koje sačinjavaju materiju su kvarkovi (protoni, neutroni i ostale složene čestice),¹⁸ leptoni (elektroni i neutriini)¹⁹ te prijenosnici sila koji vrše interakcije između materije ili samih sebe (fotoni, bozoni, gluoni).²⁰ Usljed rasta temperature dolazi do sudaranja atoma pri čemu njihovi elektroni postaju nestabilni a iznad deset hiljada stepeni, atomi počinju da se raspadaju.²¹ Njihovi elektroni se oslobađaju i slobodno kreću u plazmi, odnosno plinu elektronski nabijenih čestica.²² Antimaterija je struktura koju čine elementarne čestice, po svojim karakteristikama suprotne od čestica materije. Primjer takve čestice je pozitron, pozitivnog elektronskog naboja, koja je antičestica elektrona sa negativnim električnim nabojem. Prema teoriji Velikog praska, odnosno teoriji o stvaranju svemira, materija i antimaterija su se formirale u odgovarajućim parovima.²³ Međutim, u samom početku postojanja svemira, što se odnosi na manje od milijarditog dijela sekunde, fenomena proučavanog pri LEP-u (The Large Electron-Positron Collider, Cern)²⁴, pojavila se neravnoteža između materije i antimaterije.²⁵ Teorijski, preživjela je samo materija, koja se formirala i evoluirala tokom četrnaest milijardi godina.²⁶



Slika 1 : Grafički prikaz materije i antimaterije

¹⁸ Members of the APS Multi-Divisional Neutrino Study, *The Neutrino Matrix* (Maryland: American Physical Society, 2004), 5.

¹⁹ Idem.

²⁰ Frank Close, *Antimatter*, 233.

²¹ Ibid, 231.

²² Idem.

²³ Ibid, 232.

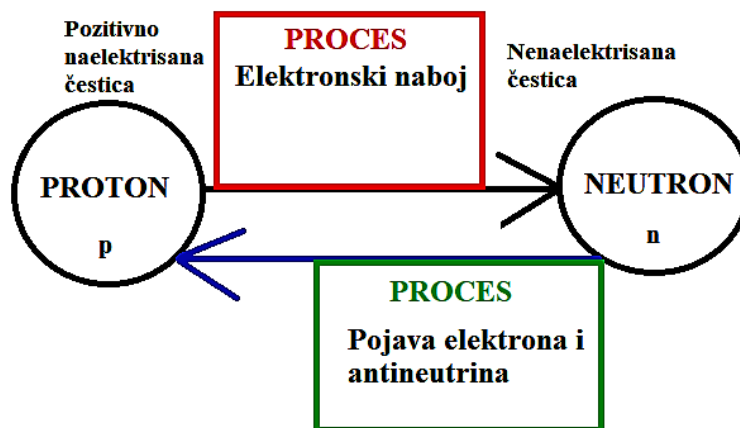
²⁴ <https://home.cern/about/accelerators/large-electron-positron-collider>, 02. 07. 2018.

²⁵ Frank Close, *Antimatter*, 233.

²⁶ Idem.

Ipak, savremena istraživanja upućuju na mogućnost pripisivanja antimaterije neutrinima iz grupe leptona, jednim od najraširenijih i najneuhvatljivijih čestica u svemiru.²⁷ Neutrini su čestice vrlo male mase koji nemaju elektronski naboj.²⁸ Oni mogu imati spin kao i elektroni.²⁹ Spin se odnosi na gibanje, specifičan oblik gibanja čestica najbliži rotaciji, ali se u okvirima klasične mehanike ne može u potpunosti objasniti kružnim gibanjem jer se elektron vrti lijevo i desno, u smjeru kazaljke i obrnuto.³⁰ Spin elektrona, negativno naelektrisanih, iste čini malim magnetima sa dvije strane, što znači da početak njihovog kretanja može biti na južnom ili sjevernom polu.³¹ Neutrini nemaju magnetizam jer nisu naelektrisani, ali imaju mogućnost lijevog (neutrino) i desnog spina (antineutrino).³² Fermioni su čestice spina koje se odnose na njegovu polucjelobrojnu vrijednost, kao što je $-3/2$, $-1/2$, $1/2$ itd.

Kada proton u jezgri prijeđe u neutron, promjena u energiji materijalizira se kao pozitron i neutrino. Elektronski naboj i mrežni broj fermiona (pri tome "mrežni" znači broj materije minus fermioni antimaterije) sačuvani su u procesu. Pozitron vodi računa o elektronskom naboju – počevši s jednim pozitivnim, nošenim od strane protona, i jednim na kraju; mrežni broj fermiona sačuvan je dok pozitron antimaterije biva balansirani s neutrinom materije u ovom računu. Obrnuto, kada neutron propada ostavljajući proton, pojavljuju se elektron i antineutrino.³³



Slika 2: Prikaz rezultata dva tipa odnosa protona neutrona

²⁷ Idem.

²⁸ Idem.

²⁹ Ibid, 234.

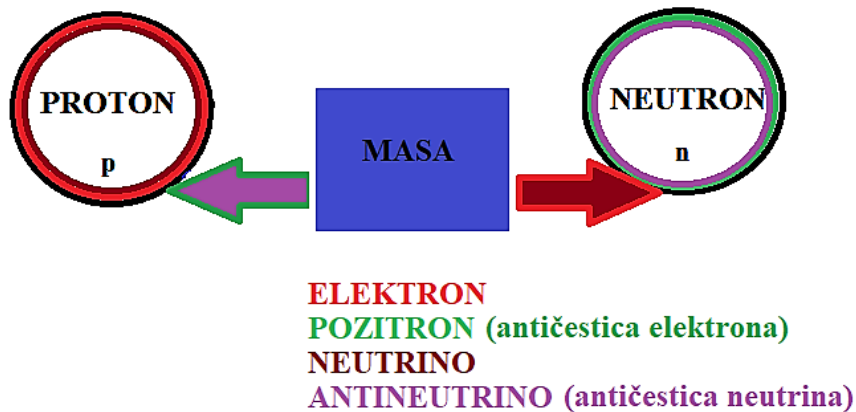
³⁰ Ibid, 235.

³¹ Idem.

³² Idem.

³³ Ibid, 234.

Antineutrini su antičestice neutrina, elementarne sub-atomske čestice sa infinitezimalnom masom (0.3 eV odnosno elektrovolta) bez elektronskog naboja.³⁴ Ukoliko elektron i antineutrin naiđu na masu, oni izazivaju reverzni proces, što znači da neutrino mijenja neutron u proton (prati ga elektron), dok antineutrino mijenja proton u neutron (prati ga pozitron).³⁵



Slika 3: Grafički prikaz reverznog procesa

Logično je zaključiti da elementarne čestice materije, sa svojim inverznim vrijednostima (kao što je prethodno navedeni odnos neutrina i antineutrina), čine module inteligencije atoma. Pokretač svih procesa unutar atomskog jezgra je elektricitet odnosno električna vodljivost. Stoga, električna energija je pokretač života materije (procesu elementarnih čestica), to jest materijalne tvari, koja prema fizikalizmu, čini svaku stvar.³⁶ Kretanje materije je najkompleksniji fenomen prirode, a to je sam život, odnosno prirodna inteligencija.³⁷ Osnovna gradivna i funkcionalna jedinica žive materije koja „sadrži elementarne oblike svih životnih procesa“, je ćelija.³⁸ U sljedećem potpoglavlju predstavljen je odnos električne moždane aktivnosti (bazirane na procesima blokova povezanih nervnih ćelija, hemijske i električne aktivnosti) i kognitivne funkcije, čiji fenomeni su osnova razvoja vještačke inteligencije u kompjuterskim naukama. Prema tome, pojam inteligencije proizilazi iz

³⁴ <https://www.nuclear-power.net/nuclear-power/reactor-physics/atomic-nuclear-physics/fundamental-particles/antineutrino/>, 02. 07. 2018.

³⁵ Frank Close, *Antimatter*, 234.

³⁶ Howard Robinson, *Perception*, 119.

³⁷ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5770642/>, 19. 11. 2018.

³⁸ <http://www.pmf.unsa.ba/hemija/files/Katedra%20za%20organsku%20hemiju%20i%20biohemiju/Predmeti%20KOHBI/I ciklus/II godina/Uvod u biohemiju/Struktura i funkcija stanice.pdf>, 19. 11. 2018.

teorijskih, algoritamskih i robotskih, naučnih modela uma,³⁹ zasnovanih na proučavanju kognitivnih fenomena što se odnosi isključivo na perspektivu fizikalizma.

2.2. Električna moždana aktivnost i kognitivna funkcija

Ljudski mozak je "asocijativni kompjuter" koji radi sa oblicima i sjenama te posjeduje enormne mogućnosti paralelizama i učinkovitosti.⁴⁰ Građen je od dvije vrste ćelija, nervnih (neurona) i nenervnih (glija).⁴¹ Neuron se sastoji od tijela (soma) iz kojeg proizilaze dendriti (od 200 do 200.000), povezani s drugim neuronima koji prenose informacije u mozak,⁴² putem hemijske komunikacije kroz sinapsu, a odlazna informacija se prosljeđuje preko živčanog vlakna, aksona.⁴³ Povezane nervne ćelije grade blokove koji su međusobno povezani kroz neuralne mreže i u konstantnoj hemijskoj i električnoj aktivnosti.⁴⁴ Osnovne vrste elektrofizioloških potencijala neurona su: transmembranski potencijal mirovanja, akcijski te postsinaptički potencijal, bazirani na signalnim mehanizmima, molekulama i njihovim receptorima.⁴⁵ Ioni su molekule ili atomi koji imaju električno punjenje, anioni su negativno punjeni, a kationi pozitivno punjeni ioni.⁴⁶ Značenje navedenih molekula moguće je uporediti i sa terminima koji se odnose na električno punjenje, pa se anoda koja je pozitivni terminal baterije odnosi na pomjeranje negativno punjenih iona prema njoj, a katoda koja je negativni terminal baterije, na pomjeranje pozitivno punjenih iona prema njoj.⁴⁷ Struja se odnosi na pomjeranje električnog punjenja koje zavisi od električnog potencijala i provodljivosti.⁴⁸ Dakle, elektrofiziologija neurona bazirana je na provodljivosti ($I = gV$).⁴⁹

³⁹ <https://academiaanalitica.files.wordpress.com/2016/10/nijaz-ibrulj-tema-1-kognitivne-funkcije-kognitivni-zadaci-i-inteligencija.pdf>, 19. 11. 2018.

⁴⁰ John Robert Burger, *Human Memory Modeled with Standard Analog and Digital Circuits* (Hoboken: John Wiley & Sons, 2009), 1.

⁴¹ Jay N. Giedd, Elizabeth A. Molloy, Jonathan Blumenthal, „Adolescent Brain Maturation“: V. S. Ramachandran, ed., *Encyclopedia of Human Brain* (Cambridge: Academic Press, 2002), 13.

⁴² Davor Eterović, *Biofizički temelji fiziologije* (Split: Sveučilište u Splitu – Medicinski fakultet, 2010), 35.

⁴³ Ibid, 35.

⁴⁴ British Neuroscience Association, *Neuroscience: Science of the Brain: an Introduction for Young Students* (Bristol: British Neuroscience Association, 2003), 2.

⁴⁵ John Huguenard, David A. McCormick, *Electrophysiology of the Neuron* (New York: Oxford University Press, 1994), 9 – 21.

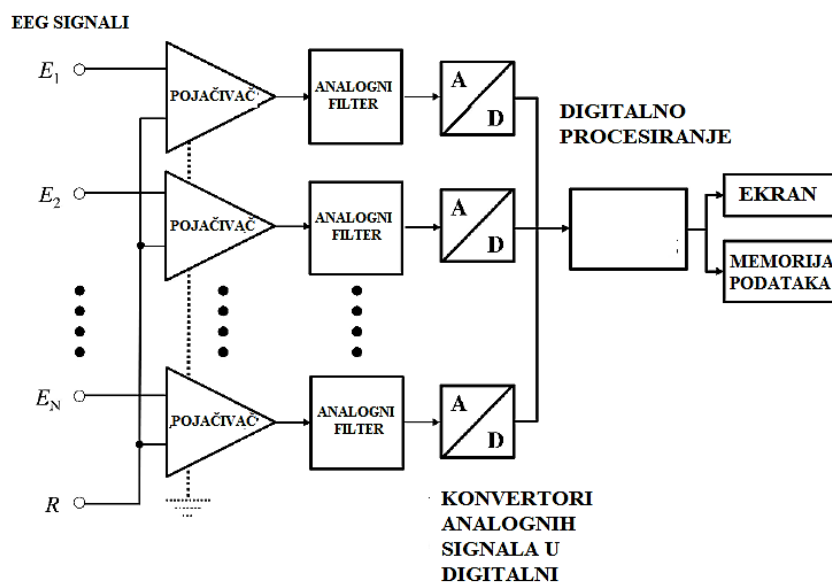
⁴⁶ Allan Siegel, Hreday N. Saprú, *Essential Neuroscience: Second Edition* (Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2010), 81.

⁴⁷ Idem.

⁴⁸ Idem.

⁴⁹ Idem.

Ritam električne moždane aktivnosti mjeri se frekvencijom odnosno ciklusima u sekundi⁵⁰ te prikazuje kroz sljedeće oblike moždanih talasa: delta (1 – 4 Hz), teta (od 4 – 8 Hz), alfa (od 8 – 12 Hz), beta (od 13 – 30 Hz), gama (od 30 – 120 Hz).⁵¹ Metoda mjerenja električne aktivnosti ljudskog mozga bazirana na interfejs tehnologiji tzv. *Brain Computer Interface*,⁵² naziva se elektroencefalografija (eng. *electroencephalography - EEG*).⁵³ Podrazumijeva direktno povezivanje mozga sa kompjuterom pomoću elektroda koje se pričvrste na lobanju.⁵⁴ Električni signal koji je osnova ovog mjerenja, rezultat je zbira sinhronih postsinaptičkih potencijala porijeklom iz neurona⁵⁵ i ima nisku amplitudu od 25 V, zato što su elektrode odvojene od površine mozga kožom, lobanjom i slojem cerebrospinalne tekućine i meninga.⁵⁶ U svrhu tačne analize, električni signali se pojačavaju sljedećim elementima: svim elektrodama koje učestvuju u mjerenju, pojačivačima električnih signala, filterima frekvencija i konvertorima analognih signala u digitalne.⁵⁷ Osnova mjerenja je analiza vremenskog i frekventnog domena.⁵⁸



⁵⁰ Jacob Empson, *Human Brainwaves: The Psychological Significance of the Electroencephalogram* (New York: Stockton Press, 1986), 11.

⁵¹ Uipil Chong, *EEG Analysis by Pupil Movements, Computer Science and its Applications: Ubiquitous Information Technologies* (Berlin: Springer Verlag, 2015), 275.

⁵² Idem.

⁵³ Maureen Clerc, Laurent Bougrain, Fabien Lotte, eds., *Brain Computer Interfaces 2: Technology and Applications* (London: ISTE Ltd., 2016), 143.

⁵⁴ Uipil Chong, *EEG Analysis by Pupil Movements, Computer Science and its Applications: Ubiquitous Information Technologies*, 275.

⁵⁵ Maureen Clerc, Laurent Bougrain, Fabien Lotte, eds., *Brain Computer Interfaces 2: Technology and Applications*, 143.

⁵⁶ Idem.

⁵⁷ Idem.

⁵⁸ Uipil Chong, *EEG Analysis by Pupil Movements, Computer Science and its Applications: Ubiquitous Information Technologies*, 277 – 278.

Slika 4: Sistem pojačavanja, prenošenja, digitalnog procesiranja i memorisanja električnih signala⁵⁹

Matematičke metode i kompjuterska analiza u korelaciji s metodama kalkulacija neurofiziologa, imaju sve značajniju ulogu u istraživanju moždanih talasa,⁶⁰ s ciljem efikasnog mjerenja trenutnog stanja električnih signala koje zavise od kliničkog stanja pacijenta.⁶¹ Ono se odnosi na bilo koja kvantificirana svojstva elektrofiziološkog signala, koja su definisana kao parametri.⁶² Izbor parametara odnosi se na izbor određenih podskupova frekvencija skupa parametara, odnosno vrijednosti snage spektralne gustine (eng. *power spectral density* – *PSD*), koje najbliže sugerišu određeno kliničko stanje.⁶³ U nekim eksperimentalnim dizajnim, istraživači mogu sumirati vrijednost snage spektralne gustine u odnosu na frekvencije u opsegu od 8 do 12 Hz, odnosno alfa stanje moždanih talasa (budno stanje čovjeka)⁶⁴ i nadgledati energiju u tom opsegu u svrhu obezbjeđivanja parametra pojedinačnog praćenja koji će biti u koleraciji sa stanjem subjekta.⁶⁵

⁵⁹ Maureen Clerc, Laurent Bougrain, Fabien Lotte, eds., *Brain Computer Interfaces 2: Technology and Applications*, 144.

⁶⁰ Neil Burch, H. L. Altshuler, eds., *Behavior and Brain Electrical Activity* (New York: Plenum Press, 1975), 127.

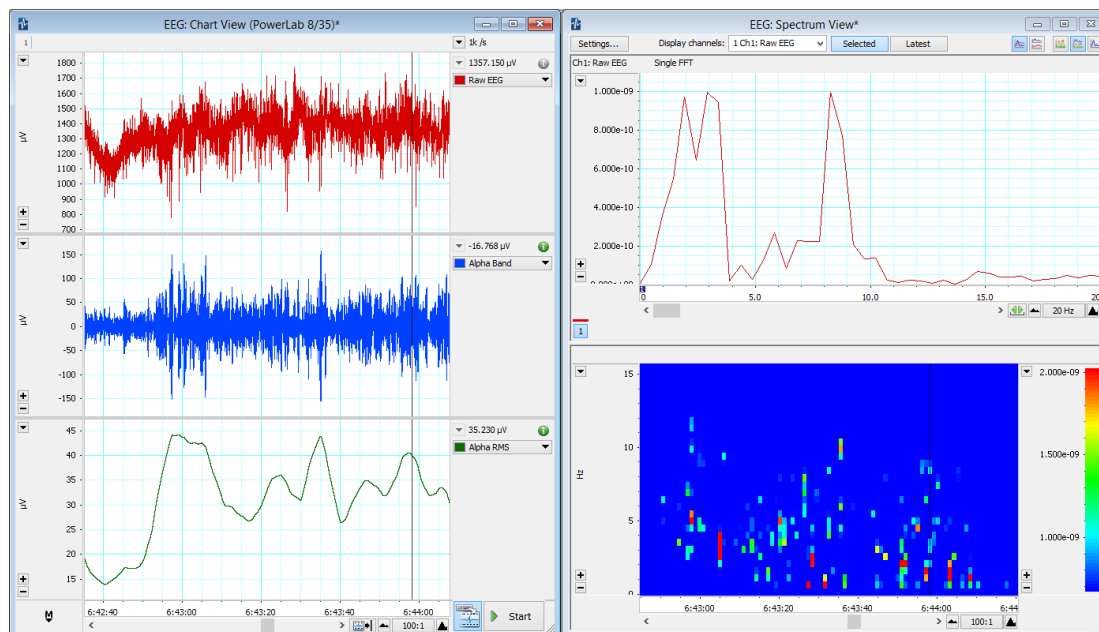
⁶¹ Idem.

⁶² Idem.

⁶³ Ibid, 128.

⁶⁴ Maureen Clerc, Laurent Bougrain, Fabien Lotte, eds., *Brain Computer Interfaces 2: Technology and Applications*, 202.

⁶⁵ Neil Burch, H. L. Altshuler, eds., *Behavior and Brain Electrical Activity*, 128.



Slika 5: Prikaz mjerenja električne aktivnosti mozga sa spektralnom analizom⁶⁶

U slučaju odgovarajućeg kliničnog stanja, posebno mladih ljudi, EEG može pronaći vezu između alfa frekvencije i kognitivne funkcije,⁶⁷ putem mjerenja inteligencije koeficijentom inteligencije (eng. *intelligence quotient* – *IQ*). Naučnici nikada nisu uspjeli dokazati vezu inteligencije sa alfa frekvencijama, međutim, zaključeno je da se indeksi EEG-a odnose na određene kognitivne faktore (a ne generalne mentalne sposobnosti) te da postoji korelacija između alfa frekvencije i automatizacije u kognitivnim procesima.⁶⁸

Moždani talasi uzrokovani su električnom aktivnošću neurona (moždanih ćelija), pa navedena korelacija alfa frekvencije i automatizacije u kognitivnim procesima (koji su baza razvoja vještačke inteligencije), predstavlja polaznu tačku teorije o vještačkoj muzičkoj inteligenciji.

Kao što je navedeno u prethodnom potpoglavlju, prirodna inteligencija⁶⁹ je najkompleksniji fenomen prirode, pa se stoga, ljudska inteligencija može tumačiti kao oblik života, uzrokovan kompleksnim procesima kretanja materijalne tvari.⁷⁰ Baza svih procesa kretanja, stoga i same inteligencije, je elektricitet. Inteligencija kao oblik života odnosi se na svijest odnosno dinamičko svojstvo posebne vrste morfologije, to jest, mreže koja je u interakciji sa

⁶⁶ <https://www.adinstruments.com/signal/eeg>, 02. 07. 2018.

⁶⁷ Neil Burch, H. L. Altshuler, eds., *Behavior and Brain Electrical Activity*, 422.

⁶⁸ Friedrich Vogel, *Genetics and Electroencephalogram* (Berlin: Springer – Verlag, 2000), 178.

⁶⁹ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5770642/>, 19. 11. 2018.

⁷⁰ Konstatcija se oslanja na prirodnu inteligenciju (život kao produkt kretanja materije), spomenutu u potpoglavlju „Elektricitet i inteligencija materije“.

okolinom.⁷¹ Teorija o vještačkoj muzičkoj inteligenciji predstavlja mimezis korelacije alfa moždanih talasa i automatizacije u kognitivnim procesima. Za osnovni materijal uzima elektricitet, odnosno električni napon u vidu osnovnog analognog signala, analognog modularnog sistema zvuka, čije modulacije bivaju preprogramirane od strane izvođača/proizvođača, bazirajući se na randomiziranom talasu (nedeterminiranom, po uzoru na nedeterminiranost ljudskog mozga). Na takav način, modulacije signala (električnog napona) koje su rezultat umreženosti modula kroz preprogramiranje sistema, u kontekstu teorije o vještačkoj muzičkoj inteligenciji, predstavljaju mimezis prethodno navedene mreže u interakciji sa okolinom – inteligencije kao oblika života, svijesti. Međutim, radi se o specifičnom obliku inteligencije koji treba da je u interakciji sa vanjskim informacijama, a odnosi se zapravo na proizvodnju muzike. Da bi razumjeli samu muzičku inteligenciju i načine na koje se ona može manifestirati kao vještačka, najprije je potrebno razumjeti fenomen i tipove inteligencije iz perspektive filozofije kao i njihove aplikacije na vještačku inteligenciju, zatim, muzičku inteligenciju, sličnost između kompozicionih procesa i programiranja konteksta u polju vještačke inteligencije, fenomen modularnosti te u konačnici, modularni sistem kao interfejs vještačke muzičke inteligencije.

2.3. Inteligencija

Inteligencija je područje koje još uvijek nije u potpunosti istraženo. Filozofi Platon i Aristotel su prije dvije hiljade godina izdvojili kognitivne faktore ljudskog ponašanja, a politički teoretičar i filozof Ciceron, uspostavio je pojam inteligencije (lat. *intelligentia*)⁷² i razuma (lat. *ratio*), koje korespondiraju sa konceptom dobrog prosuđivanja (eubolije) filozofa Sekstusa (Sextus), što po njemu označava nešto nedostižno.⁷³ Danas se IQ testovi uspješno primjenjuju u obrazovanju i industrijskoj selekciji, dok sa druge strane, postoje kritičari mjerenja inteligencije koji između ostalog negiraju i postojanje iste.⁷⁴

⁷¹ Gerald M. Edelman, Giulio Tononi, *A Universe of Consciousness: How Matter Becomes Imagination* (New York: Basic Books, 2000), 216.

⁷² H. J. Eysenck, ed., *A Model for Intelligence* (Berling: Springer – Verlag, 1982), 1.

⁷³ P. A. Meijer, *Stoic Theology: Proofs for the Existence of the Cosmic God and of the Traditional Gods* (Delft: Eburon Uitgeverij B.V., 2007), 190.

⁷⁴ H. J. Eysenck, ed., *A Model for Intelligence*, 1.

Anglosaksonski psiholog Rejmond Kejtl (Raymond Cattell, 1905–1998) je odredio dva osnovna tipa inteligencije: kristaliziranu i fluidnu.⁷⁵ Kristalizirana inteligencija odnosi se na akumulirano znanje tokom života, dakle vokabular, razumijevanje, aritmetiku, generalne informacije, dok se fluidna inteligencija odnosi na deduktivna rješenja, rješavanje problema, memoriju i figuralnu rotaciju.⁷⁶ Po teoriji višestruke inteligencije Hauarda Gardnera (Howard Gardner, 1943), ljudska inteligencija sastoji se od sljedećih modaliteta: muzičko-ritamskog i harmonskog, vizualno-spacijalnog, verbalno-lingvističkog, logičko-matematičkog, tjelesno-kinestetičkog, interpersonalnog, intrapersonalnog, naturalističkog, egzistencijalnog.⁷⁷ Prema mišljenju psihologa Roberta Štenberga (Robert Stenberg, 1949) postoje tri vrste inteligencije: komponentna, kontekstualna i iskustvena⁷⁸ i one su baza razvoja vještačke inteligencije u domenu kompjuterskih nauka.⁷⁹

2.4. Vještačka inteligencija

Vještačka inteligencija, iz perspektive modeliranja ljudske memorije kao sistema, bazirana je na znanju o memoriji i kogniciji⁸⁰ odnosno formiranju vještačkih neurona putem potprograma na osnovu kojih se programiraju vještačke neuralne mreže.⁸¹ Neuroni i njihove membrane modelirani su analognim strujnim kolom, dok se operacije sistema memorije, kognicija i učenje bazirane na korištenju digitalnih strujnih kola.⁸²

Apliciranjem Štenbergovih modela inteligencije na vještačku inteligenciju (komponentne, kontekstualne i iskustvene inteligencije⁸³), dolazi se do zaključka da bi ona trebali sadržati: mogućnost rješavanja opštih problema, pretpostavlja se – sposobnost rješavanja problema unutar određenih konteksta sa određenom efikasnošću, sposobnost korištenja svoje specijalizirane inteligencije na jedinstven način, sposobnost učenja iz svog okruženja odnosno

⁷⁵ Jay N. Giedd, Elizabeth A. Molloy, Jonathan Blumenthal, „Adolescent Brain Maturation“: V. S. Ramachandran, ed., *Encyclopedia of Human Brain*, 45.

⁷⁶ Idem.

⁷⁷ Howard Gardner, *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*, 77 – 315.

⁷⁸ Ben Goertzel, Cassio Pennachin, eds., *Artificial General Intelligence* (Berlin: Springer – Verlag, 2007), 7.

⁷⁹ Idem.

⁸⁰ John Robert Burger, *Human Memory Modeled with Standard Analog and Digital Circuits*, 1.

⁸¹ Ibid, 17.

⁸² Ibid, 1.

⁸³ Ben Goertzel, Cassio Pennachin, eds., *Artificial General Intelligence*, 7.

drugih inteligentnih sistema te sposobnost rješavanja novih dobijenih problema.⁸⁴ U kompjuterskim naukama, vještačka inteligencija može biti bazirana isključivo na sistemu koji je sposoban za učenje i koji je u interakciji sa svojim okruženjem, uz mogućnost nadograđivanja svojih prethodnih iskustava.⁸⁵

Međutim, grana inženjeringa koja se naziva *teorijom kontrole*, bavi se razvijanjem određenog koncepta ponašanja složene mašine.⁸⁶ Teorija adaptivne kontrole bavi se dizajnom mašina koje odgovaraju svim stimulusima, unutrašnjim i spoljašnjim te na snovu toga oblikuju i mijenjaju svoje ponašanje.⁸⁷ Na takav način, inteligencija se može tumačiti i kao sposobnost odgovarajućeg ponašanja u nepredvidljivim uslovima⁸⁸ odnosno kao sposobnost postizanja kompleksnih ciljeva unutar kompleksnih okruženja, što zapravo odgovara fluidnoj inteligenciji o kojoj je govorio Rejmond Kejtl.⁸⁹ Ipak, brojni naučnici stava su da je ovo subjektivni koncept inteligencije,⁹⁰ jer se oslanja na subjektivnu identifikaciju odgovarajućeg ponašanja, kompleksnih ciljeva, nepredvidljivih uslova i kompleksnih okruženja.⁹¹

2.5. Muzička inteligencija

Hauard Gardner je definisao muzičku inteligenciju kao "sposobnost pojedinca da razlikuje značenje i funkciju ritamski raspoređenih tonskih visina unutar određenih setova, kao i sposobnosti proizvodnje metrički uređenih sekvenci tonskih visina kao sredstva komuniciranja s drugim individuama",⁹² putem *neprirodnog* muzičkog jezika.⁹³ Prema Aronu Koplantu (Aaron Copland, 1900–1990) inteligentni slušalac podrazumijeva individu koja je u kapacitetu da prepozna strukturu i procese muzičkog materijala te u konačnici, globalnu kompozicionu (za)misao, što treba biti bazirano na znanju o osnovnim principima muzičke

⁸⁴ Ben Goertzel, Cassio Pennachin, eds., *Artificial General Intelligence*, 7.

⁸⁵ Ibid, 8.

⁸⁶ Ibid, 9.

⁸⁷ Ibid, 9.

⁸⁸ Ibid, 9.

⁸⁹ Jay N. Giedd, Elizabeth A. Molloy, Jonathan Blumenthal, „Adolescent Brain Maturation“: V. S. Ramachandran, ed., *Encyclopedia of Human Brain*, 45.

⁹⁰ Primjeri subjektivne identifikacije nalaze se u mnogim istraživanjima/mjerenjima fluidine inteligencije, o čemu govore naučnici kao što su Mohammed K. Shakeel i Vina M. Goghari. Cf. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5303862/>, 20. 11. 2018.

⁹¹ Ibid, 9.

⁹² Howard Gardner, *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*, 105.

⁹³ Howard Gardner, *The Mind's New Science: A History of the Cognitive Revolution* (New York: Basic Books, 1985), 278.

forme.⁹⁴ Gardner diferencira muzičku inteligenciju od sposobnosti mikroskopskog posmatranja muzike baziranog na prepoznavanju npr. određenih pasaža,⁹⁵ što se može odnositi i na elementarne parametre kao što su metar, ritam uključujući sve prisutne ritamske pulsacije, tonalitet ili tonalni model te istu naziva muzičkom kompetencijom.⁹⁶ Sistem organizacije tonskih visina, ritam, boja i kako Gardner kaže, „dozvoljene kompozicione forme“⁹⁷ te izbjegavanje „patetičkih zabluda“⁹⁸ koje se često odnosi i na poricanje emocionalne moći muzike, opisuju savremeno mišljenje o umjetničkoj kompoziciji koje je najsvojstvenije stanovištu pozitivizma.⁹⁹ Dakle, prema Gardneru, anuliranje emocionalnog doživljaja određenog efekta u muzici i muzička kompetencija koja podrazumijeva poznavanje elementarnih parametara određene muzike (muzičkog djela), ne upotpunjavaju koncept muzičke inteligencije bez faktora proizvodnje. Muzička kompetencija i proizvodnja osnova su kompozicije, improvizacije, instrumentalne interpretacije, dirigovanja ali i analize muzike kojom se bave teorija muzike i muzikologija. Dok se instrumentalna interpretacija, dirigovanje i teorijske discipline bave interpretacijom muzičkih djela, unutar svojih paradigmi koje uključuju veze sa različitim intelektualnim kompetencijama, prema Gardneru, proizvodnja koja zaokružuje koncept muzičke inteligencije, odnosi se na kompoziciju muzike.¹⁰⁰

S obzirom na to da sam i sama kompozitorica muzike i da je moja kompozicija *A Thousand Plateaus: Hommage a Deleuze & Guattari* za flautu/bas flautu i procesore (gdje sam u funkciji proizvođačice pomoću korisničkog interfejsa), dio umjetničkog projekta kojim se bavim u sklopu ovog rada, u nastavku ću objasniti fenomen kompozicije, odnos prema prirodnim zakonima i uspostavljanje kompozicionih procesa.

2.6. Kompozicija i prirodni zakoni

⁹⁴ Howard Gardner, *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*, 110.

⁹⁵ Ibid, 106.

⁹⁶ Idem.

⁹⁷ Ibid, 112.

⁹⁸ Idem.

⁹⁹ Idem.

¹⁰⁰ Ibid, 108.

Kompozicija se na izvjestan način bavi otkrivanjem i interpretacijom prirodnih pojava i zakona putem uspostavljanja sopstvenih formula, simbola, kroz uspostavljanje procesa transformacije inicijalnog oblika u finalni oblik. Prirodni zakoni su u nauci statistički tačni, što se odnosi isključivo na validnost makroskopskih kvantiteta, međutim, predviđanje mikroskopskih kvantiteta postaje gotovo nemoguće jer se isti ne ponašaju u skladu sa poznatim prirodnim zakonima.¹⁰¹ Filozofski koncept koji najpribližnije opisuje prirodne zakone je kauzalitet odnosno uzročnost,¹⁰² što znači da jedna pojava inicira drugu pod određenim okolnostima, a pojava koja predstavlja reakciju ne smije prije svega kvantitativno odudarati od uzročnika. Filozof i historičar Dejvid Hjum (David Hume, 1711–1776) smatrao je da je sva uspostava prirodnih zakona iz ljudske percepcije bazirana na iskustvu odnosno subjektivnoj impresiji kauzaliteta, koji je suštinski nemoguće percipirati logički, pa ista zapravo predstavlja čitanje i povezivanje pojedinačnih događaja.¹⁰³ Na taj način, kauzalitet je samo smještanje određene pojave u naviku mišljenja, a pojave koje izgledaju slučajno, bazirane su na osjećaju i utisku, dok suštinska veza između uzroka i posljedice ne postoji.¹⁰⁴ Filozof Davor Pećnjak (1963) je u svojoj knjizi *Sloboda volje, uzročnost i Hume*¹⁰⁵ opisao navedeni princip na sljedeći način:

Jedni događaji slijede druge događaje odnosno neki događaji prethode drugim događajima... Naš um se tim stalnim opažanjem navikava da kad god postanemo svjesni da se događa događaj X, onda očekujemo da će se dogoditi Y, a ne neki drugi događaj Z. Na taj način um oblikuje ideju nužnosti. Mi opažamo samo pravilnosti i ponavljanje sljedova, nužnost ne opažamo.¹⁰⁶

Švicarski psihijatar i psihoanalitičar Karl Gustav Jung (Carl Gustav Jung, 1875–1961) je teorijski djelimično potvrdio mišljenje Dejvida Hjuma, uvođenjem ne-slučajnih odnosa u dimenziju ljudske percepcije.¹⁰⁷ Godine 1935. je u svojoj knjizi *Analytical Psychology, Its*

¹⁰¹ Carl Gustav Jung, *Synchronicity: An Acausal Connecting Principle* (Princeton: Princeton University Press, 2011), 5.

¹⁰² Ibid, 5.

¹⁰³ Young Woon Ko, *Jung on Synchronicity and Yijing* (Newcastle: Cambridge Scholars Publishing, 2011), 31.

¹⁰⁴ Idem.

¹⁰⁵ Davor Pećnjak, „Sloboda volje, uzročnost i Hume“, *Prolegomena* 10 (2) (Zagreb: Udruga za promicanje filozofije, 2011), 312.

¹⁰⁶ Idem.

¹⁰⁷ Young Woon Ko, *Jung on Synchronicity and Yijing*, 31.

*Theory and Practice: The Tavistock Lectures*¹⁰⁸ upotrijebio pojam *sinhronicitet* koji je opisao kao „neobični princip aktivan u svijetu, koji omogućava da se stvari pojave zajedno i ponašaju kao da su iste“¹⁰⁹ dok u ljudskoj percepciji izgledaju različito. Polazeći od ideje da je umjetnost isprepletena sa kolektivnim nesvjesnim, povezo je određene arhetipe karaktera sa simboličkom reprezentacijom zasebnih fenomena odnosno estetskih objekata.¹¹⁰

Značaj simboličke reprezentacije u iskustvu estetske vrijednosti nalazi se u estetskom obliku koji kombinuje oblik ili redosljed sa arhetipskom vizijom. Obrazac estetske vrijednosti formira se u kvalitativnom iskustvu svijesti koje nije odvojeno od arhetipske vizije. U ovom procesu, Jung naglašava da je za efikasnost arhetipskog predviđanja kao izraza nesvjesnog potreban nastavak samoregulacije zasnovane na principu razumijevanja. Opasnost estetske mašte je predominacija nesvjesne moći bez samoreglativnog razumijevanja.¹¹¹

Savremena kompozicija umjetničke muzike teži ka racionalizaciji svih kompozicionih postupaka i uspostavljanja procesa te je stoga, moguće uspostaviti vezu između kompozicije i programiranja vještačke inteligencije. U sljedećem potpoglavlju predstavljena je sličnost između uspostavljanja kompozicionih procesa i programiranja konteksta u polju vještačke inteligencije.

2.7. Kompozicioni procesi i programiranje konteksta

Kompozitor Arnold Šenberg (Arnold Schoenberg, 1874–1951) je kompoziciju definisao kao „vječito preoblikovanje osnovnog oblika“,¹¹² postavljajući teoriju da je sve što je iz njega proizašlo, moguće vratiti na sami početak.¹¹³ Izuzimanje vanmuzičkih elemenata, to jest, koncentrisanje isključivo na muzička kompoziciona sredstva i njihove manifestacije unutar procesa, definišu autoreferentno muzičko djelo. Na takav način, kompozicioni proces je ujedno i kompozicioni kontekst. Konzistentnost procesa (što podrazumijeva multiprocesualnost), najapstraktniji je koncept muzičke kompozicije, a za kompozitora

¹⁰⁸ Carl Gustav Jung, *Analytical Psychology, Its Theory and Practice: The Tavistock Lectures* (New York: Pantheon Books, 1968)

¹⁰⁹ Carl Gustav Jung, *Synchronicity: An Acausal Connecting Principle*, XIII.

¹¹⁰ Young Woon Ko, *Jung on Synchronicity and Yijing*, 38.

¹¹¹ Idem.

¹¹³ Howard Gardner, *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*, 112.

zapravo predstavlja i najveći koncept dostignuća u muzici. Ona se odnosi na dosljednost u vidu stalnosti, čvrstine i samopotvrđivanja. Svaka analiza konzistentnosti procesa, bez obzira da li isti prikazuje numerički ili verbalno, deskriptivna je analiza koja polazi od određene teze – ideje o vezama između pojedinačnih konteksta (procesa) unutar globalnog konteksta (procesa), gdje je referenca sam kompozicioni materijal i mogućnosti njegovog razvoja. Ideja o matematičkim konceptima kao iskustvu o prirodi, iz Antike i Srednjeg vijeka, u kompoziciji je predstavljena konstrukcijom apstraktnih modela, koji kroz medijaciju o proporcijama i analogijama, dozvoljavaju stvaranje veza između potpuno različitih konteksta.¹¹⁴

Potencijal materijala je tačka u kojoj se determiniraju kompozicione tehnike. Najzastupljenije savremene kompozicione tehnike su: numerička filtracija, polifonija, integracija, multiplikacija slojeva itd. U osnovi, postoje dva tipa formiranja procesa: deterministički, koji uključuje matematičke teorije mogućnosti i stohastički sistem modeliranja s ciljem kontrolisanja svih faza procesa (po uzoru na procese matematičkih ili nekih drugih kalkulacija) i nedeterministički, koji se odnosi na pretpostavke o razvoju početnog modela odnosno uzorka. U komponovanju se najčešće koristi kombinacija dva navedena tipa formiranja procesa. Sličan pristup formiranju procesa dijeli i domen kompjuterskih nauka.

U programiranju vještačke inteligencije, kontekst se odnosi na vezujuće okruženje osnovne jedinice (statičke ili dinamičke)¹¹⁵ te je prema analogiji s tradicionalnim proceduralnim jezicima, fiksni kontekst odnosno *zatvaranje*, statistički povezan s jedinicom.¹¹⁶ Dokazivanje veze statičke jedinice sa konačnim ciljem, npr. brojem 9, odnosi se na dokazivanje procesa (konteksta, zatvaranja) razvijanja produkcije konačnog cilja, bez obzira na početni odnosno trenutni kontekst.¹¹⁷ Dokazivanje veze dinamičke jedinice sa konačnim brojem 9, uzima mjesto u početnom odnosno trenutnom kontekstu kalkulacije. Statističke politike opsega i definicije konteksta su u praksi kompjuterskih nauka učinkovitije nego dinamične, budući da se baziraju na rješavanju odnosa pojedinačnih dijelova jedinice i skupljanju istih, dakle, uspostavljanjem funkcionalne računice.¹¹⁸ Dinamičke politike konteksta se na izvjestan način

¹¹⁴ Philippe Vendrix, ed., *Music and Mathematics: In Late Medieval and Early Modern Europe* (Turnhout: Brepols Publishers, 2008), 18.

¹¹⁵ José G. Delgado-Frias, William R. Moore, eds., *VLSI for Artificial Intelligence and Neural Networks* (New York: Springer Science + Business Media, 1991), 112.

¹¹⁶ Idem.

¹¹⁷ Idem.

¹¹⁸ Idem.

odnose na pretpostavke, pa okvir kompjuterskih nauka podržava i integrira obje politike, uz izričito definiranje pojedinačnih konteksta.¹¹⁹

2.8. Modularnost

Sinteza prirodnih nauka, filozofije i kompozicije, bazirana na kombinaciji ontološkog i epistemološkog pristupa, omogućava širu perspektivu sagledavanja pojedinačnih kategorija (od sub-atomskih čestica do kreacije neuralnih mreža), ali i deduktivnog pristupa, u svrhu pronalaženja najmanjih struktura odnosno zasebnih sistema. Svaki najmanji sistem koji dolazi u kontakt sa novom informacijom odnosno novim sistemom, učestvuje u formiranju određenog procesa. Na taj način, svaki autoreferentni sistem ima potencijal razvoja, pronalaženjem odgovarajuće računice odnosno vezivnog tkiva sa drugim sistemom, a uspostavljeni proces povezivanja predstavlja novi kontekst. Kao veća jedinica povezuje se sa drugim kontekstom, pomoću sredstava vezivnog tkiva te tako zajedno formiraju sljedeći, novi kontekst, itd. Na takav način, moguće je mapirati svaku kategoriju, to jeste, pozicionirati je u odnosu na njenu funkciju prenosa i uspostaviti lanac ili mrežu npr. međusobnih interfejsa i metainterfejsa – interfejsa itd.

Ontološki inženjering bavi se metodologijom izgradnje ontologija, formalnih reprezentacija setova određenih koncepata te njihovih međusobnih odnosa, što se u navedenom istraživačkom polju naziva modularnošću ontologije.¹²⁰ U ovom smislu, modul je podskup aksioma ontologije koji pruža pokriće određenog potpisa, dok svaki potpis određuje sam modul.¹²¹ U kompjuterskim naukama, posebno u polju razvoja vještačke inteligencije, pokrivenost je obezbijedena modulima zasnovanim na konzervativnim ekstenzijama, ali i kompleksnim kompjuterskim aproksimacijama, kao što su moduli zasnovani na sintaktičkom lokalitetu.¹²² Modularnost se odnosi na razgrađivanje određenog sistema na interakcijske module koje je moguće posmatrati odvojeno.¹²³ Razvoj vještačke inteligencije baziran je na determinaciji načina simulacije modula ljudskog mozga, analognim, digitalnim ili hibridnim

¹¹⁹ Idem.

¹²⁰ Chiara Del Vescovo, Bijan Parsia, Uli Sattler, Thomas Schneider, „Atomic Ontology“, *Proceedings of the Twenty-Second International Joint Conference on Artificial Intelligence* (Barcelona: International Joint Conference on Artificial Intelligence, 2011), 1.

¹²¹ Idem.

¹²² Idem.

¹²³ https://artint.info/html/ArtInt_13.html

metodama.¹²⁴ Povezivanjem modula, to jeste, uspostavljanjem modularnog sistema, teži se ka simulaciji visoko složenih neuralnih mreža i paralelizama,¹²⁵ a to je analogno načinu na koji funkcionišu i drugi modularni sistemi.

2.9. Modularni sistemi i vještačka inteligencija

Ideja o modularnosti operacija uma je postulat mnogih istraživača iz oblasti neuropsihologije, kao što se Brenda Rep (Brenda Rapp), Aleksander Lurija (Alexander Luria, 1902-1977), Antonio Damazio (Antonio Damasio, 1944)¹²⁶, a programiranje vještačkih kognitivnih sistema bazirano je na modularnosti neuralnih mreža.

Najpoznatiji modeli su Cellular automata, modeli difuzije i Lindenmajerovi sistemi (prema Aristidu Lindermajeru/Aristid Lindermayer, 1925–1989).¹²⁷ Konvencionalni distribuirani simulacijski algoritmi bazirani su na konceptu simulacije kao skupu logičkih procesa koji komuniciraju razmjenom vremenskih oznaka ili događaja.¹²⁸

DEVS (*DEVS Formalism, The Discrete Event Systems Specification*) je transdisciplinarni model formalizma,¹²⁹ sa teorijskom osnovom iz oblasti zvuka i omogućava konstrukciju diskretnih modela događaja na hijerarhijski i modularni način.¹³⁰ Služi za zvučno formalno moduliranje i simulaciju algoritama i baziran je na konceptima generičkih dinamičkih sistema odnosno sistema sa neprekidnim, diferencijabilnim nelinearnostima.¹³¹ Sintetizira dva principa uspostavljanja procesa odnosno simulacije algoritama vještačke inteligencije, a to su

¹²⁴ Ray Kurzweil, *How to Create a Mind: The Secret of Human Thought Revealed* (New York: Viking Penguin, 2012), 100.

¹²⁵ Idem.

¹²⁶ Filipo Studzinski, Perotto, Rosa Vicari, Luís Otávio Alvares, „An Autonomously Intelligent Agent Architecture Based on Constructivist AI“, Max Bramer, Vladan Devedzic, eds., *Artificial Intelligence Applications and Innovations: IFIP 18th World Computer Congress TC12 First International Conference on Artificial Intelligence Applications and Innovations (AIAI-2004) 22–27 August 2004 Toulouse, France* (Berlin: Springer Science + Business Media, 2004), 113.

¹²⁷ Jingan Yang, Yanbin Zhuang, Hongyan Wang, „Evolutionary Robot Behaviour Based on Natural Selection and Neural Networks“, Ibid, 57.

¹²⁸ Heejung Chang, Kangsun Lim, „Applying Web Services and Design Patterns to Modeling and Simulating Real-World Systems“, Tag Gon Kim, ed., *Artificial Intelligence and Simulation: 13th International Conference on AI, Simulation, and Planning in High Autonomy Systems, AIS 2004, Jeju Island, Korea, October 4-6, 2004, Revised Selected Papers* (Berlin: Springer Science + Business Media, 2005), 370.

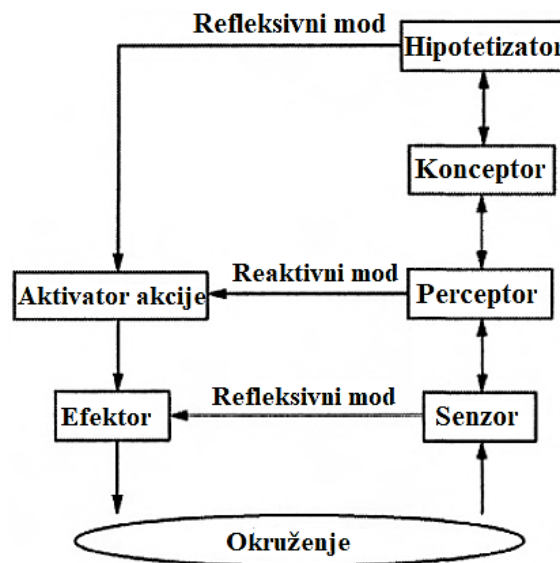
¹²⁹ Cf. <http://www.irma-international.org/viewtitle/77798/>, 20. 11. 2018.

¹³⁰ http://www2.fiiit.stuba.sk/~solcany/files/devs_article.pdf, 21. 11. 2018.

¹³¹ Ibid, 372.

hierarhijski i nehierarhijski, koji se baziraju na šemi sinhronizacije i ne-sinhronizacije.¹³² Sinhrona šema koristi paralelizam u simultanim događajima dok ne-sinhrona šema kombinuje hijerarhijski simulacioni mehanizam i distribuirane algoritme sinhronizacije.¹³³

Karakteristika koja određenom sistemu omogućava da prilagodi svoje ponašanje promjeni okruženja, jeste *smještenost* koja dolazi iz kognitivnih nauka, a refleksna reakcija sistema određena je sredstvom njegovog tumačenja.¹³⁴ Prema modularnoj arhitekturi Džona Džera (John Gero) i Harijukija Fuđija (Haruyuki Fujii) smještenih modula odnosno sistema¹³⁵, različiti načini kognicije bazirani su na fleksibilnosti pojedinačnih modula, to jeste, karakteristikama agenta.¹³⁶ Senzorni agent koristi sirove senzorne ulazne podatke iz okruženja, generirajući unaprijed programiran odgovor na iste.¹³⁷ Reaktivni agent koristi percepciju, za aktivaciju svog djelovanja, što se može posmatrati kao ograničeni oblik inteligencije, ograničen fiksnim skupom koncepata i ciljeva.¹³⁸ Reflektivni agent konstruiše koncepte zasnovane na trenutnim ciljevima i ovim procesom konstruiše hipoteze očekivanih spoljnih stanja i sugerise alternativne akcije za postizanje željenog stanja kroz svoje efekte.¹³⁹



¹³² Ibid, 371.

¹³³ Idem.

¹³⁴ Udo Kannengiesser, John S. Gero, „Using Agents in the Exchange of Product Data“, Max Bramer, Vladan Devedzic, eds., *Artificial Intelligence Applications and Innovations: IFIP 18th World Computer Congress TC12 First International Conference on Artificial Intelligence Applications and Innovations (AIAI-2004) 22–27 August 2004 Toulouse, France*, 130.

¹³⁵ Ibid, 131.

¹³⁶ Idem.

¹³⁷ Ibid, 130.

¹³⁸ Idem.

¹³⁹ Idem.

Slika 6: Grafički prikaz arhitekture smještenosti modula sistema po Džeru i Fuđiju, koja omogućava različite modele rasuđivanja sistema.¹⁴⁰

2.10. Ka teoriji vještačke muzičke inteligencije

Naučno-umjetnički potencijal polja razvoja generalne vještačke inteligencije sintetizira tri aspekta: *techne*, *poiesis* i *mimesis*, u namjeri simulacije modularnog sistema po uzoru na ljudski mozak koji nije deterministički, a veza ontološkog i epistemološkog predstavlja interfejs u kojoj se dva navedena principa sastaju ali imaju i mogućnost razdvajanja. Koncept vještačke muzičke inteligencije, baziran je na primjerni metafore „model i meta model interfejsa“, po uzoru na programiranje generalne vještačke inteligencije, a ujedno je i tačka interakcije čovjeka i mašine, gdje je čovjek kreator koda, a mašina kreator potencijalnog umjetničkog djela.¹⁴¹

Teorija vještačke muzičke inteligencije prije svega zahtijeva rezime osnovnih stanovništa domena vještačke, te muzičke inteligencije. Kao što je navedeno u potpoglavlju o vještačkoj inteligenciji, koncept iste baziran je na Štenbergovim modelima inteligencije odnosno komponentnoj, kontekstualnoj i iskustvenoj.¹⁴² Inteligencija predstavlja apstraktni zakon, entitet koji ima sposobnost rješavanja problema u specifičnim okolnostima i korištenja specijalizirane inteligencije na jedinstven način, kao i sposobnost učenja iz svog okruženja. Teorija adaptivne kontrole koja se bavi dizajnom mašina sposobnih za ponašanje u nepredvidljivim uslovima i teorija kontrole, koja se bavi razvojem određenog koncepta ponašanja složenih mašina, zapravo determiniraju kontekste u vidu simplificiranih kao i nepredvidljivih uslova i okruženja te shodno tome, definiraju i grade specifične platforme koje omogućavaju potencijal inteligentnog ponašanja mašina. Baza muzičke inteligencije, po Gardneru, odnosi se na muzičke kompetencije, dok produkcija odnosno kompozicija muzike, predstavlja najvišu instancu muzičke inteligencije.¹⁴³

¹⁴⁰ Ibid, 131.

¹⁴¹ Mark Coeckelbergh, „Can Machines Create Art“, *Philosophy & Technology: Volume 30* (Dordrecht: Springer Netherlands, 2016), 286.

¹⁴² Ben Goertzel, Cassio Pennachin, eds., *Artificial General Intelligence*, 7.

¹⁴³ Howard Gardner, *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*, 108.

Primjeri vještačke muzičke inteligencije ogledaju se u projektima kao što su *Kurzweil Music Systems* Reja Kurcvajla¹⁴⁴ (Ray Kurzweil, 1948), *EMI* Dejvida Koupa¹⁴⁵ (David Cope, 1941) ili *Impromptu* Endrua Sorensena (Andrew Sorensen), baziranim na softverskoj tehnologiji. Međutim, iako navedeni programi sadrže osnove muzičke kompozicije postignute specifičnim algoritmima i kompjuterskih modela percepcije muzike, oni su bazirani na korištenju digitalnih semplova akustičkih instrumenata i kontekstualizaciji muzičke kompozicije kao procesa algoritama koji za referencu koriste kulturne modele klasične muzike. Svaki od projekata sadrži koncept muzičke kompetencije odnosno mogućnost prepoznavanja određenih modela od strane programa te dalju modifikaciju putem unesenih algoritama, što rezultira određenim kompozicionim procesom. Na takav način, u odnosu na teorije interfejsa iz kompjuterskih nauka, programski jezik predstavlja model, a specifični algoritmi meta model, što bi značilo da tačka kontekstualizacija informacije – kako samog tipa zvuka tako i početnog kompozicionog modela, predstavlja metainterfejs. On sadrži sintaksu modela ali ga je moguće posmatrati zasebno izvan konteksta, to jeste, procesa algoritama. Međutim, vještačka muzička inteligencija navedenih projekata, bazirana na softverskoj tehnologiji i informacijama koje se strogo referiraju na kulturu klasične muzike, predstavljaju samo jednu od mogućnosti koncepta vještačke muzičke inteligencije.

Savremena kompozicija umjetničke muzike¹⁴⁶ teži ka prevazilaženju kulturnih referenci, kroz izbjegavanje upotrebe kulturnih kodova i pronalaženje vlastitih modela uspostave i kontrole materijala. Samim tim, namjeru uspostavljanja autoreferentnih sistema baziranih na autoreferentnom materijalu. Takav sistem predstavlja zasebni entitet, jezik koji funkcioniše isključivo u sopstvenom kontekstu i predstavlja određenu zakonitost. Međutim, kako smo već istakli, kompoziciona logika polazi od mimezisa prirodnih zakona, što znači da suštinski sadrži analitički aspekt sproveden u kontekstualizaciju, ipak, izvjesne reference, muzičkim jezikom. Na taj način, shodno Gardnerovoj teoriji o kompoziciji kao najvišoj instanci muzičke inteligencije, ona sadrži potencijal mimezisa fenomena inteligencije, definirajući sopstveni materijal i sredstva apstrahizacije kognitivne funkcije. Tako, mimezis inteligencije kompozicionom logikom, dakle specifičnim postupcima i tehnikama, postaje kompozicija. Neophodno je navesti da je ona funkcionalna isključivo u medijima njene interpretacije, kroz analizu i muzičku interpretaciju simboličkog sistema, što predstavlja oblik izvjesne materijalizacije kompozicije. Distinkcija između intencionalnog mimezisa i materijalizacije

¹⁴⁴ Robert Palmieri, ed., *The Piano Encyclopedia: Second Edition* (New York: Routledge, 2003), 217.

¹⁴⁵ <http://artsites.ucsc.edu/faculty/cope/experiments.html>, 04. 08. 2018.

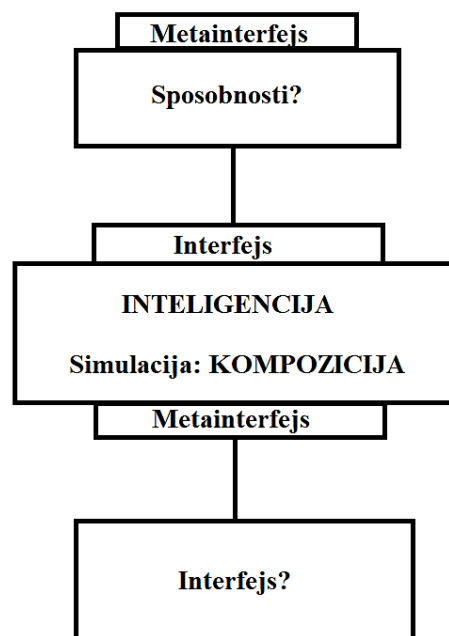
kompozicije kao zasebnog entiteta jeste njena funkcionalnost u specifičnim okolnostima, definiranim samim medijem. Jedan od aksioma ove teorije o vještačkoj muzičkoj inteligenciji jeste da se kognitivna funkcija razvija putem uspostavljanja novih sinaptičkih veza, što znači da ista prolazi kroz proces konstantne modulacije, shodan reakcijama na specifične okolnosti sa kojima se susreće.

Dakle, prema navedenom aksiomu, kompozicija koja bi simulirala kognitivnu funkciju, *trebala bi sadržavati mogućnost sopstvene modulacije i razvoja u realnom vremenu.*

Potrebno je postaviti sljedeća pitanja:

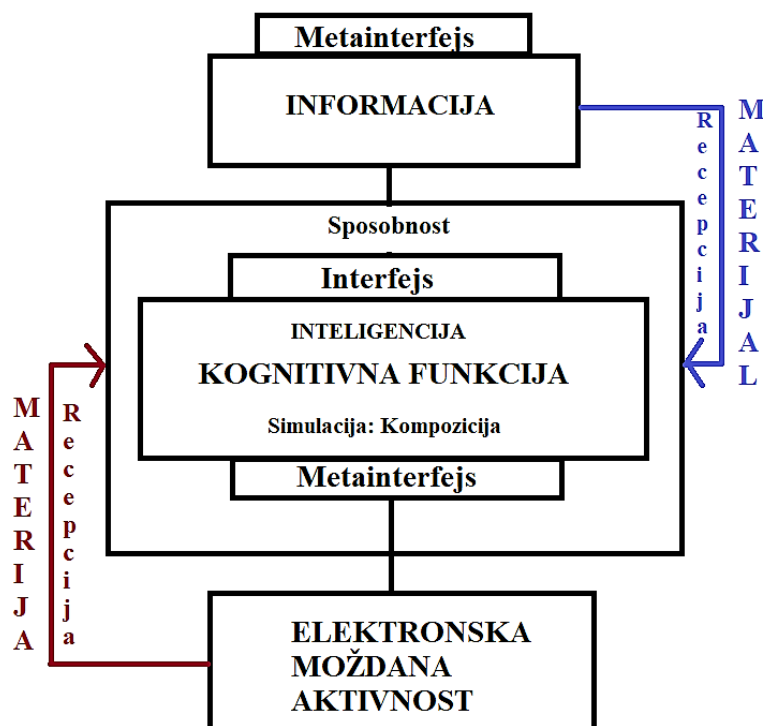
- Da li inteligencija koja predstavlja apstraktnu zakonitost sa sposobnošću prilagođavanja novim okolnostima, može biti simulirana kompozicijom?
- Šta bi bio njen medij? Na koji način bi se kompozicija prilagođavala novim okolnostima?

Ukoliko posmatramo samu inteligenciju kao interfejs sposobnosti, pa tako i simulaciju iste kao kompoziciju, ona ponovno predstavlja određeni meta model. U tom kontekstu: šta je interfejs? Potrebno je grafički prikazati poziciju inteligencije (simulacije) kao metainterfejsa i interfejsa u lancu između inicijalne tačke i sposobnosti kao sljedeće instance:



Slika 7: Apstraktni prikaz pozicije inteligencije (simulacije kao kompozicije) između inicijalne tačke (interfejsa) i sposobnosti (metainterfejsa)

Vratimo se, nakratko na prvo potpoglavje, *Električna moždana aktivnost i inteligencija* i na potencijalnu vezu između alfa talasa i kognitivne funkcije, koju djelimično potvrđuju istraživanja sprovedena EEG tehnologijom. Teorijski, kognitivnu funkciju, koja je baza razvoja vještačke inteligencije u kompjuterskim naukama i teorijski se povezuje sa različitim sistemima povezivanja neurona tri tipa elektrofiziološkog potencijala (transmembranski potencijal mirovanja, akcijski te postsinaptički potencijal),¹⁴⁷ moguće je posmatrati kao autoreferentni sistem s potencijalom razvoja – uspostavljanja novih sinaptičkih veza. Dakle, uspostavljanje veza na taj način predstavlja konstantno oblikovanje konteksta kognitivne funkcije, odnosno njenog sopstvenog procesa. Stoga, kognitivnu funkciju moguće je posmatrati kao metainterfejs i interfejs. Ona predstavlja zasebni entitet ali, teorijski, proizilazi iz električne moždane aktivnosti, što znači da predstavlja sistem sopstvenog oblikovanja i u konačnici sistem recepcije informacija. Kao interfejs, kognitivna funkcija na takav način predstavlja sistem modifikacije primljenih informacija, koje ujedno utiču na njen vlastiti kontekst i njegovo konstantno uspostavljanje. Istovremeno, multiprocesualnost kognitivne funkcije unutar globalnog procesa, utiče na promjenu određenih karakteristika same informacije, koja tako postaje metainterfejs.



Slika 8: Elektronska moždana aktivnost kao interfejs, kognitivna funkcija kao metainterfejs te interfejs informacije

¹⁴⁷ John Huguenard, David A. McCormick, *Electrophysiology of the Neuron: An Interactive Tutorial*, 9 – 21.

2.11. Modularni sistemi i vještačka muzička inteligencija

Teorija vještačke muzičke inteligencije bazirana je na mimezisu odnosa električne moždane aktivnosti i kognitivne funkcije, kroz preslikavanje istog u drugi medij, odnosno, simulacijom neuralnih mreža kompozicionim procesima (kao što je već ranije objašnjeno). Polazeći od postulata fizikalizma, kognitivnu funkciju kao osnovnu koncepta inteligencije u kontekstu ovog rada, suštinski nedeterminističku i samo-modulirajuću, teorijski, moguće je simulirati kompozicionim procesima. Električnu moždanu aktivnost moguće je simulirati randomiziranim talasom, specifičnih analognih modula. Dakle, odgovarajući tip analognog aparata za modulaciju zvuka treba da ima mogućnost samo-oscilacije auditivne frekvencije i moduliranja vlastitog signala, što znači da mu ne treba eksterni signal za formiranje autoreferentnog modulirajućeg sistema. Međutim, ukoliko je jedan modul povezan sa još jednim ili pak više analognih modula koji imaju mogućnost samo-moduliranja ili pak intervencija na određeni eksterni izvor, uspostavlja se *modularni sistem*.

Unutar koncepta modularnog sistema, moguće je diferencirati dvije kategorije:

1. korisnički interfejs, koji se odnosi na povezanost fizičkih modula (aparata),
2. modularni sistem kao njegov metainterfejs - modularno programiranje parametara i modulacije zvuka kao kompozicioni sistem.

Obje kategorije se u programiranju modulacija referiraju na modularnu arhitekturu Džera i Fuđija,¹⁴⁸ što znači da *smještanje* odnosno pozicija modula, kako fizičkih tako i parametarskih, ima značajnu ulogu u predeterminaciji procesa. Pojedinačni moduli se mogu paliti i gasiti te na taj način izolovati iz sistema, međutim, u sklopu modularnog sistema, predstavljaju međuzavisne module jednog organizma, odnosno sistema. Međuzavisnost se ogleda u unutrašnjoj multiprocesualnosti modularnog sistema, koja podrazumijeva generalni proces u sklopu kojeg se simultano odvija više procesa odnosno ciklusa modulacija. Ciklus se odnosi na komplementarnu aktivnost modula, dakle, konstrukciju ili redukciju dimenzionalnosti signala, to jeste amplitudnu, frekvencijsku, faznu modulaciju i demodulaciju te samoponištavanje određenog signala, ciklusa pojedinačnog modula ili kompletnog zvuka,

¹⁴⁸ Udo Kannengiesser, John S. Gero, „Using Agents in the Exchange of Product Data“, Max Bramer, Vladan Devedzic, eds., *Artificial Intelligence Applications and Innovations: IFIP 18th World Computer Congress TC12 First International Conference on Artificial Intelligence Applications and Innovations (AIAI-2004) 22–27 August 2004 Toulouse, France*, 131.

dakle svih prisutnih ciklusa. Ukoliko je u sistemu i određeni digitalni modul, mogu biti uključeni i digitalni modulacijski postupci.

Kao što je navedeno u potpoglavlju *Modularni sistemi i vještačka inteligencija*, modularnost koncepta *smještenosti* iz kognitivnih nauka definira i omogućava prilagođavanje određenog sistema promjeni okruženja, dok njegovu refleksnu reakciju, što se odnosi na lokalizaciju određene pojave (inicijatora akcije) i uspostavu smjera kretanja, određuje sredstvo tumačenja, to jest, sam inicijator.¹⁴⁹ Tako, interfejs modularnih sistema u vidu modulacija zvuka, jeste sistem povezivanja fizičkih modula. Modulacije zvuka su aspraktni samo-modulirajući dinamički sistemi sa sposobnošću prilagođavanja promjeni okruženja (što zavisi od akcija pojedinačnih modula unutar generalnog procesa), koje proizilaze iz sistema povezanosti fizičkih modula pa mogu predstavljati metainterfejs istog. Međutim, kontekstualizacijom obje kategorije u jedan sistem, u odnosu na modularnu arhitekturu Džera i Fuđija¹⁵⁰ (gdje modul tzv. senzorni agent generira unaprijed programiran odgovor na sirove senzorne ulazne podatke iz okruženja, a reaktivni agent koristi apstraktni koncept percepcije i samo-aktivacije kao oblika inteligencije ograničenim fiksnim skupom mogućih koncepata),¹⁵¹ moguće je formirati i koncept modula tzv. reflektivnog agenta. Njegova svrha je određivanje refleksne reakcije, konstrukcija koncepata zasnovanim na specifičnim stanjima i ciljevima sistema (predeterminiranim procesima), konstrukcija hipoteza o očekivanim stanjima i kreacija alternativnih uputstava za postizanje specifičnih željenih stanja, sopstvenim sredstvima i efektima.¹⁵² Dakle, simulacija autonomnog reflektivnog agenta je metainterfejs modularnog sistema, vještačke muzičke inteligencije. Autonomni agent je sistem koji sintetizira međusobno zavisne module, senzorni i reflektivni agent. U meta programiranju, domenu kompjuterskih nauka, struktuiranje reflektivnih agenata naziva se meta dizajnom kompozicionih arhitektura.¹⁵³

Autonomni agenti često pokazuju bogatu raznovrsnost ponašanja: oni razumiju različite aspekte ne samo njihovog ponašanja, već i ponašanja drugih agenata i interakcija između njih. Konkretnije, podrazumijevaju: vlastito informaciono stanje, sopstvene pretpostavke, kontrolu sopstvenog obrazloženja, svoja zapažanja (npr. koja zapažanja treba obaviti, pod kojim uslovima), svoju

¹⁴⁹ Ibid, 130.

¹⁵⁰ Ibid, 131.

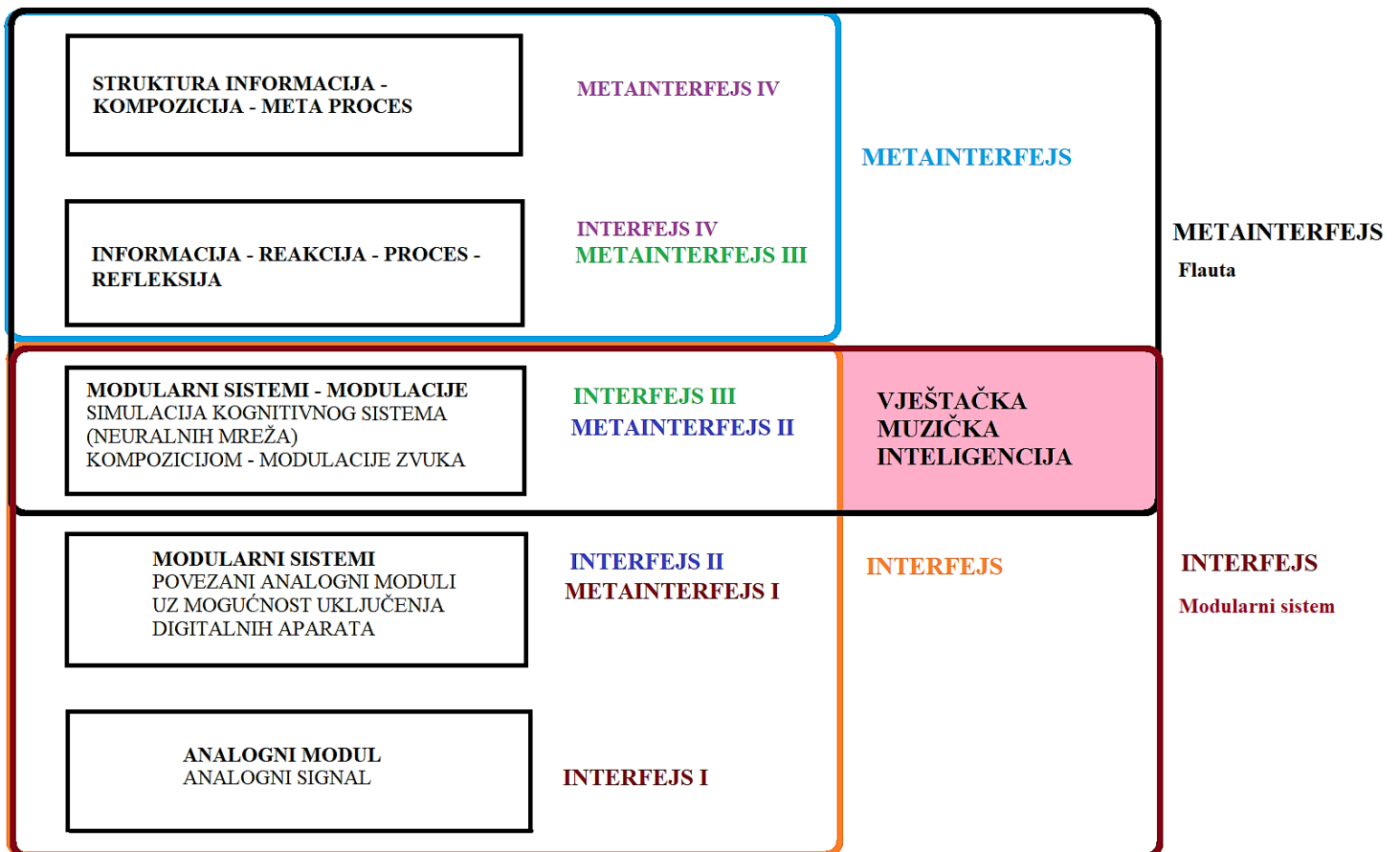
¹⁵¹ Ibid, 130.

¹⁵² Idem.

¹⁵³ Frances Brazier, Jan Treur, „Compositional Modelling Reflective Agents“, *International Journal of Human-Computer Studies: Volume 50, Issue 5* (Amsterdam: Elsevier, 1999), 1.

komunikaciju (npr. izbor komunikacije koju izvodi, sa kojom i drugi agenti) itd.¹⁵⁴

Dakle, metainterfejs modularnih sistema odnosi se na medij određene kompozicione arhitekture koja kontroliše procese svih uključenih tzv. agenata cjelokupnog sistema. Kompoziciona arhitektura, dakle kompozicija, predstavlja informacijski sistem koji je prije svega djelimično deterministički, a njena realizacija zavisi od *percepcije* njegovog medija od strane modularnog sistema, modulacija, odnosno, vještačke muzičke inteligencije. Reflektivni agent, metainterfejs, u kontekstu ovog istraživačkog rada odnosi se na flautu kao medij i muzičku kompoziciju kao informacijski sistem. Flauta je polazna tačka procesa modulacija kao i okruženje modularnog sistema. Sljedeći grafikon demonstrira ovaj koncept:



Slika 9: Prikaz odnosa agenata: modularni sistem i/odnosno vještačka inteligencija kao interfejs, flauta (medij kompozicione arhitekture, polazna tačka i okruženje) kao metainterfejs

¹⁵⁴ Idem.

3. FLAUTA KAO *METAINTERFEJS* MODULARNIH SISTEMA U SAVREMENOJ ELEKTROAKUSTIČKOJ MUZICI

Flauta kao *metainterfejs* modularnih sistema odnosi se na flautu kao spoljnog inicijatora procesa modularnog sistema, zasebni entitet čije karakteristike također bivaju promijenjene (bez obzira da li je signal flaute prethodno prošao kroz digitalni efekat). Na takav način, odnos flaute i modularnog sistema je bidirekcionalan, što znači da flauta utiče na modulacije analognog signala – modularnog sistema, a isti utiče na promjene karakteristika zvuka flaute. U kontekstu savremene elektroakustičke muzike, ovaj mehanizam postaje korisnički interfejs za kompozitore. S obzirom na inteligenciju modularnog sistema *TransFlute* i na nemogućnost apsolutne determinacije modulacija, savremena elektroakustička muzika za flautu sa analognim procesorima zvuka koji čine ovaj modularni sistem, predstavlja isključivo pretpostavku, koncept, nacrt sa uputama kompozitora izvođaču koji za cilj ima primarno istraživanje potencijala inteligentnih muzičkih mašina. Stoga, savremena elektroakustička muzika za flautu kao *metainterfejs* modularnih sistema odnosi se prije svega transdisciplinarno istraživanje vještačke muzičke inteligencije, bazirano na sintezi umjetničke i naučne perspektive.

Sljedeće poglavlje najprije predstavlja flautu kroz njene karakteristike: konstrukciju, akustička svojstva, proizvodnju tona, savremene izvođačke tehnike. Sadrži i kratki historijski osvrt na elektroakustičku muziku kao i objašnjenje same elektroakustike, elektroakustičkih sistema; zatim audio efekata, njihovih kontrolora, modularnih sistema i načina njihovog povezivanja kao korisničkog interfejsa flaute sa procesorima odnosno modularnim sistemima. Priložene su i upute za programiranje dvije modulacije sa spektralnom analizom, u svrhu razumijevanja principa na kojem funkcioniše uspostavljanje modulacija te na koji način različit tretman parametara modula (u dvije različite modulacije) utiče na karakteristike signala odnosno informacije o njegovom spektralnom sadržaju

3.1. Flauta

Žak Martin Oteter (Jacques Martin Hottetterre) je 1660. godine izumio flautu sa jednom klapnom. Prema Horng-Jiung Linu (Horng-Jiun Lin), dalja poboljšanja ovog sistema sa jednom klapnom dovela su do dodavanja klapni u narednih nekoliko stotina godina što je rezultiralo sistemom od osam klapni koju je kompanija Rudall & Rose razvila 1827. godine.¹⁵⁵ Kada je prvi orkestar nastao u kasnoj polovini 18. stoljeća, flauta je uključena, ali se pokazala neadekvatnom zbog slabog intenziteta zvuka.¹⁵⁶ Međutim, popularnost flaute nastavila je da raste i postala je još važnija, kako zbog velikog interesovanja Fridriha II Pruskog (Friedrich II, Friedrich der Große)¹⁵⁷ za instrument, tako i zbog instrumentalne polifonije u Mocartovim (Mozart) simfonijama.¹⁵⁸ Zbog popularizacije flaute tokom 19. stoljeća, graditelji flauta su počeli da razvijaju nove sisteme klapni kako bi zadovoljili potrebe flautista, kompozitora i auditorijuma tog vremena.¹⁵⁹ Teobald Bem (Theobald Boehm, 1794-1881), zlatar, inženjer i flautista, bio je najvažniji graditelj u historiji razvoja flaute.¹⁶⁰ Patentirao je tri modela mehanizma: Bemove flaute 1831, 1832, 1847, od kojih je posljednja postala osnovni model za proizvodnju flauta sve do danas. Novi koncepti konstrukcije njegovog modela 1847, potpuno su revolucionirali flautu i mogu se podijeliti u tri glavna načela: 1. Cilindrično proširenje otvora cijevi sa paraboličnim zglobovom glave, 2. Proširenje i dodavanje rupica za mijenjanje tonskih visina i njihov raspored, 3. Razvoj mehanizma kontrolisanog prstima izvođača.¹⁶¹ Đulio Bričaldi (Giulio Briccialdi) 1849. godine unapređuje Bemov mehanizam tako što patentira Bb polugu, odnosno pomoćnu klapnu, koju izvođač kontroliše palcem.¹⁶²

Historijske flaute su bile građene od različitih materijala, uključujući najčešće drvo i slonovaču. Savremene flaute su napravljene od drveta, srebra, zlata ili platine kao i

¹⁵⁵ Nancy Toff, *The Development of the Modern Flute* (New York: Taplinger Publishing Company, 1979), 27.

¹⁵⁶ Idem.

¹⁵⁷ Janice Dockendorff Boland, *Method for the One-Keyed Flute* (London: University of California Press, 1998), 3.

¹⁵⁸ Toff, *The Development of the Modern Flute*, 27.

¹⁵⁹ Horng-Jiun Lin, *An Illustrated Basic Flute Repair Manual for Professionals* (Columbus: The Ohio State University, 2008), 2.

¹⁶⁰ Idem.

¹⁶¹ Moyra E. Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute* (Gainesville: University of Florida, 2008), 25 – 26.

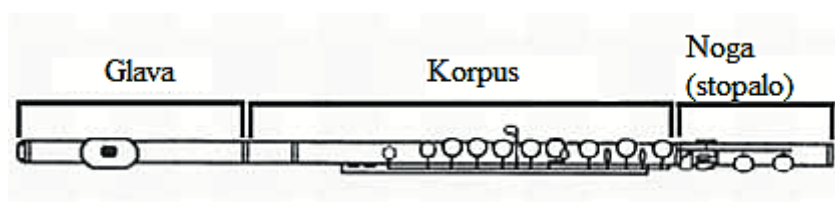
¹⁶² Ibid, 10.

kombinacija materijala.¹⁶³ Srebrne flaute je prvi put predstavio Bem, 1847. godine, kao najbolje rješenje za izvedbe u velikim prostorijama, zbog njihove sonornosti, brilijantnosti zvuka kao i velike mogućnosti za modulacije tona.¹⁶⁴

Poboljšanje tehnologije i visoko kvalitetna proizvodnja metala inicirale su i razvijanje novih mehanizama flaute, od strane proizvođača kao što su Brenen i Mijazava,¹⁶⁵ baziranih na sistemu danskog graditelja Johana Bregera (Johan Brögger) kao i Eve Kingme (Eva Kingma) i Bikforda Brenena (Bickford Brannen) koji su ispred Brannen Flute Company razvili mehanizam baziran na Bemovom modelu sistema iz 1847. godine.¹⁶⁶ Ipak, tradicionalni Bemov sistem je i dandanas baza proizvodnje flauti u većini kompanija. Pored standardne koncertne flaute, u porodicu flauta spadaju i varijacije kao što su pikolo flauta, alt flauta (in G), bas flauta (in C), kontrabas flauta i hiperbas flauta.

3.1.1. Konstrukcija

Flauta se sastoji od tri dijela: glave, korpusa i noge (stopala). Njena približna dužina iznosi 67 cm. Dijelovi se spajaju pomoću spojnika odnosno produžetka jednog segmenta cijevi, koji se stapa sa otvorom sljedeće cijevi i stvara čvrsti spoj. Spojnik između glave flaute i korpusa je dug približno 5.08 cma njegov alternativni naziv je i podesivi slajd. Otvor cijevi ili vazdušnog stuba je 1.9 cm prečnika i cilindričan je za $\frac{3}{4}$ dužine tijela. Sužavanje otvora je u obliku parabolične krive i smanjuje prečnik do 1.7 cm na kraju glave flaute.¹⁶⁷



Slika 10: Dijelovi koncertne flaute.¹⁶⁸

¹⁶³ Ibid, 27.

¹⁶⁴ Theobald Boehm, *The Flute and Flute Playing* (New York: Dover Publications, Inc., 1964), 54.

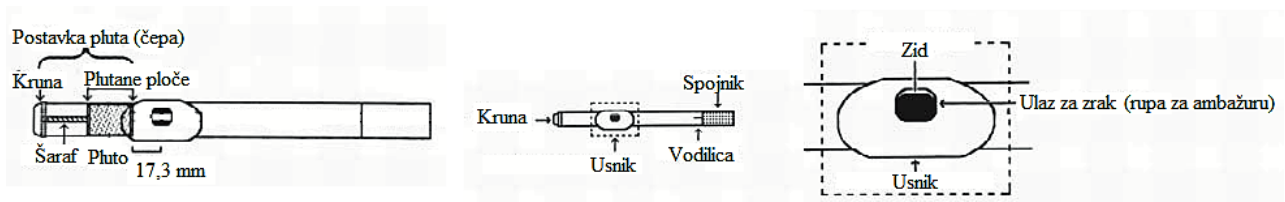
¹⁶⁵ Lin, *An Illustrated Basic Flute Repair Manual for Professionals*, 12 – 13.

¹⁶⁶ Ibid, 20.

¹⁶⁷ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, 21.

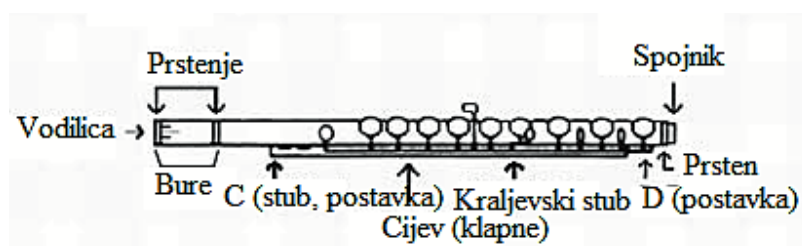
¹⁶⁸ Susan Maclagan, *A Dictionary for the Modern Flutist* (Lanham: The Scarecrow Press, 2009), 222.

Plastični ili plutasti zatvarač koji se nalazi na kraju glave flaute se postavlja na rastojanju jednakom prečniku cijevi od centra otvora za ambažuru, a ova distanca iznosi približno 17 mm.¹⁶⁹ Oblik otvora za ambažuru je ili eliptičan ili pravougaoni i dug približno 1.2 do 1.4 cm u dužoj dimenziji. Najčešće korištene mjere otvora za ambažuru su one koje je dao Teobald Bem: 10.4 mm/12.2 mm.¹⁷⁰



Slika 11: Unutrašnji dijelovi glave flaute (lijevo), vanjski dijelovi (u sredini), dijelovi usnika (desno).¹⁷¹

Flauta ima trinaest tonskih otvora te dodatne otvore za olakšavanje trilera i alternativnih prstometa.¹⁷² Teobald Bem je osmislio ključni mehanizam koji omogućava prstima da kontrolišu sve otvore. Njegova ideja je bila proširivanje svih otvora u redosljedu hromatskih tonova, odnosno njihove akustički korektna pozicije.¹⁷³



Primjer 3: Dijelovi korpusa flaute.¹⁷⁴

¹⁶⁹ Boehm, *The Flute and Flute Playing*, 108.

¹⁷⁰ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, 22.

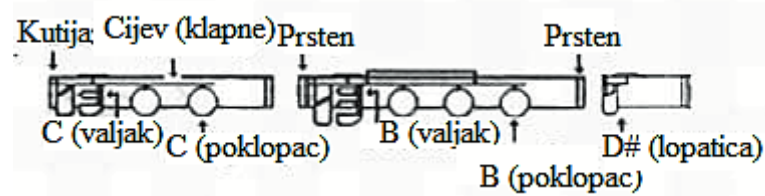
¹⁷¹ Maclagan, *A Dictionary for the Modern Flutist*, 222.

¹⁷² Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, 22.

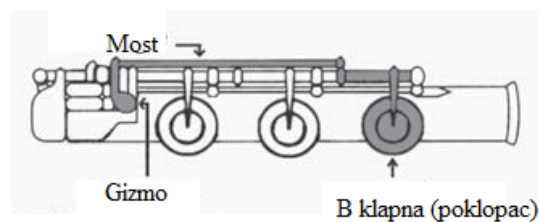
¹⁷³ Idem.

¹⁷⁴ Maclagan, *A Dictionary for the Modern Flutist*, 222.

Neke flaute imaju i dodatnu h klapnu na podnožju, pa se noga flaute naziva h fus ili b noga (njem. *H-fuß*, eng. *B Footjoint*). Na h nozi određenih modela flauta nalazi se i *gizmo* klapna koja omogućava zatvaranje otvora tona h bez istovremenog zatvaranja otvora tonova C i C#, pa na takav način olakšava proizvodnju tonskih visina u četvrtoj oktavi.



Slika 12: Dijelovi C noge (lijevo), B noge (u sredini) i D noge (desno).¹⁷⁵



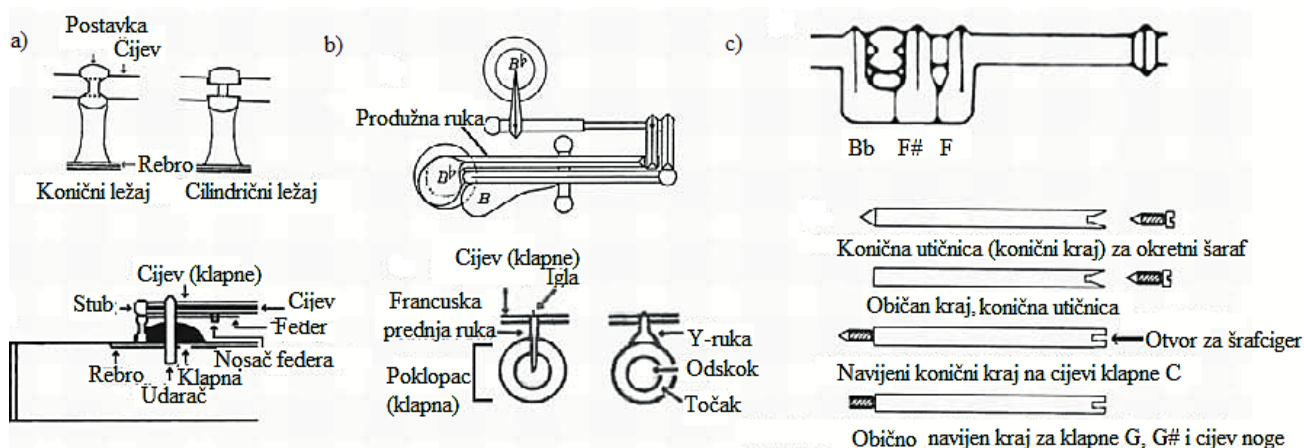
Slika 13: h noga sa gizmo klapnom.¹⁷⁶

Na savremenoj flauti, jedine klapne koje ostaju zatvorene su G# i D. Dodatne klapne koje ostaju zatvorene su trileri D i D# te A# koja duplicira ploču za palac¹⁷⁷, čija funkcija je zapravo pomoć pri proizvodnji tona A# (ili Bb) u izvođenju kompleksnih intervalskih sklopova. Neke flaute imaju podijeljeni E mehanizam, što znači da je podijeljena gornja i donja akcija G sistema, odnosno omogućeno zatvaranje donje G klapne kada se svira E3, što značajno poboljšava njegov kvalitet kao i brzinu nastupa. Sljedeći primjer prikazuje nekoliko dijelova mehanizma odnosno međusobne zavisnosti manjih dijelova u sistemu klapni:

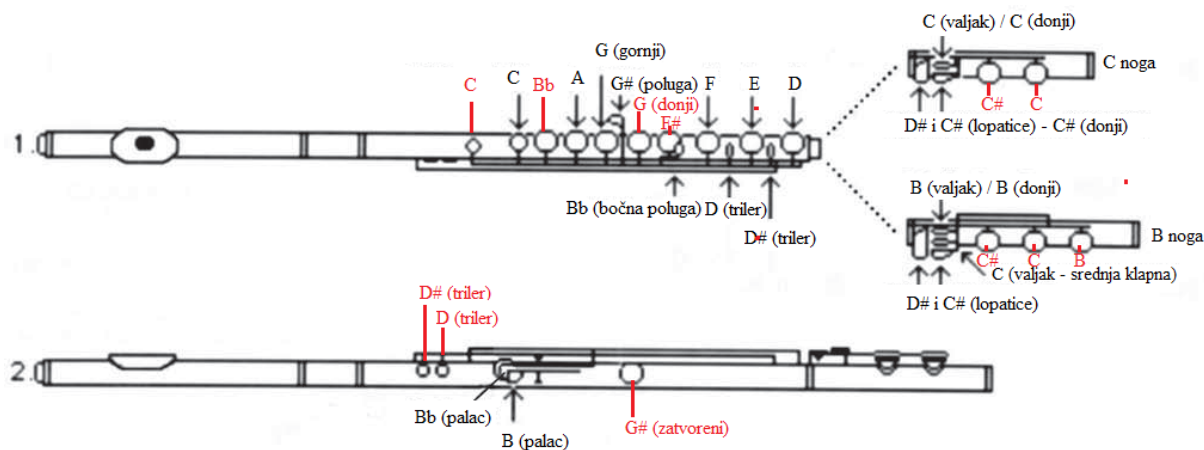
¹⁷⁵ Idem.

¹⁷⁶ Ibid, 226. Autorica originalnog crteža je Tess Vincent.

¹⁷⁷ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, 26.



Slika 14: Dijelovi mehanizma: a) tipovi postavljenih ležaja / dijelovi stukture klapni (zadnji dio noge), b) Briccialdi Bb ležaj i Bb klapna koju aktivira / dijelovi klapni, c) Povezivač koji prikazuje vezu između klapni Bb, F# i F koji se proteže pod druga dva držača / tipovi cijevi i okretnih šarafa.¹⁷⁸



Slika 15: Prednja i bočna strana flaute. Crnom bojom označeni su nazivi klapni koji se direktno pritišću prstima. Crvenom bojom označene su klapne koje se pomjeraju samo kada se pritisnu druge klapne.¹⁷⁹

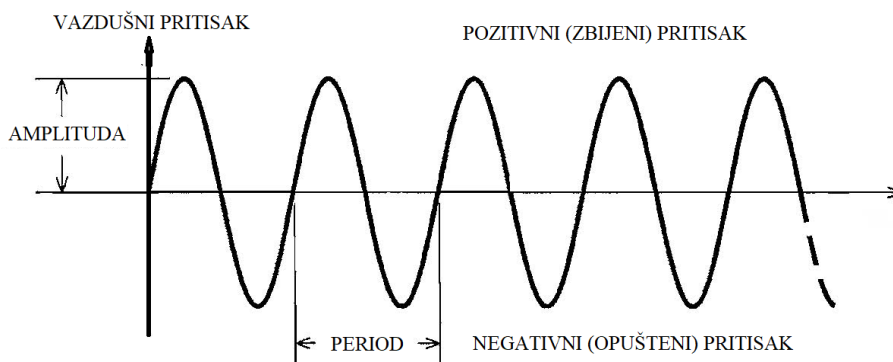
¹⁷⁸ Maclagan, *A Dictionary for the Modern Flutist*, 222. Autorica slike je Susan Maclagan. Crtež pod oznakom b, koji demonstrira odnos Briccialdi Bb ležaja i Bb klapne, autorica je preuzela iz knjige: Theobald Boehm, *The Flute and Flute-playing in Acoustical, Technical, and Artistic Aspects* (New York: Dover, 1964). Autor drugog crteža u koloni c, koji prikazuje tipove cijevi i šarafa, je Stephen Wessel a urednica je Tess Vincent.

¹⁷⁹ Ibid, 223 – 224. Autorica originalnog crteža je Susan Maclagan a urednica Tess Vincent. Ovaj primjer je adaptiran od strane Hanan Hadžajlić.

3.1.2. Akustička svojstva flaute

Akustika je grana fizike koja se bavi izučavanjem karakteristika proizvodnje, prenosa, i recepcije zvuka, odnosno, mjerenjem energije, vremenske varijacije, frekvencijskog sadržaja i lokacije zvuka.¹⁸⁰ Zvuk je vibracija čestica vazduha koje stimulišu odgovor slušnih nerva.¹⁸¹ Izvor zvuka može biti bilo koje vibrirajuće tijelo, koje obično pojačava neki rezonator¹⁸², što je u kontekstu flaute korpus instrumenta. Brzina zvuka varira od medija kroz koje prolazi, kao što i njegova cjelina zavisi od karakteristika vjetra, a to su smjer, jačina i temperatura. Talasna dužina formira se u odnosu na učestalost i temperaturu zraka, pa jedan stepen podizanja temperature zraka ubrzava zvuk za jednu sekundu.¹⁸³

Flauta proizvodi zvuk vibracijom koja čini promjene pritiska vazduha, stoga se u fizici ova pojava reprezentira putem dvodimenzionalnog prikaza sinusnog talasa. Vibracija označava pozitivni i negativni pritisak koji djeluju u mediju odnosno vazduhu i utiču na poremećaj molekula zraka, na način da one vibriraju sinhronizovano sa izvorom.¹⁸⁴ Najčešća reprezentacija ove pojave je sinusni oblik kojeg čine pozitivna i negativna sila u dvodimenzionalnom prikazu.



Slika 16: Sinusni talas (periodični). Ilustracija ekvivalentnog odnosa sila kojima se održava ovaj talas u mediju odnosno zraku.¹⁸⁵

¹⁸⁰ Charles Dodge, Thomas A. Jerse, *Computer Music: Synthesis, Composition and Performance* (New York: Schirmer Books, 1997), 25.

¹⁸¹ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, 7.

¹⁸² Dino Rešidbegović, *Subtraktivna sinteza u kompoziciji* (Sarajevo: Muzička akademija Univerziteta u Sarajevu, 2016), 19.

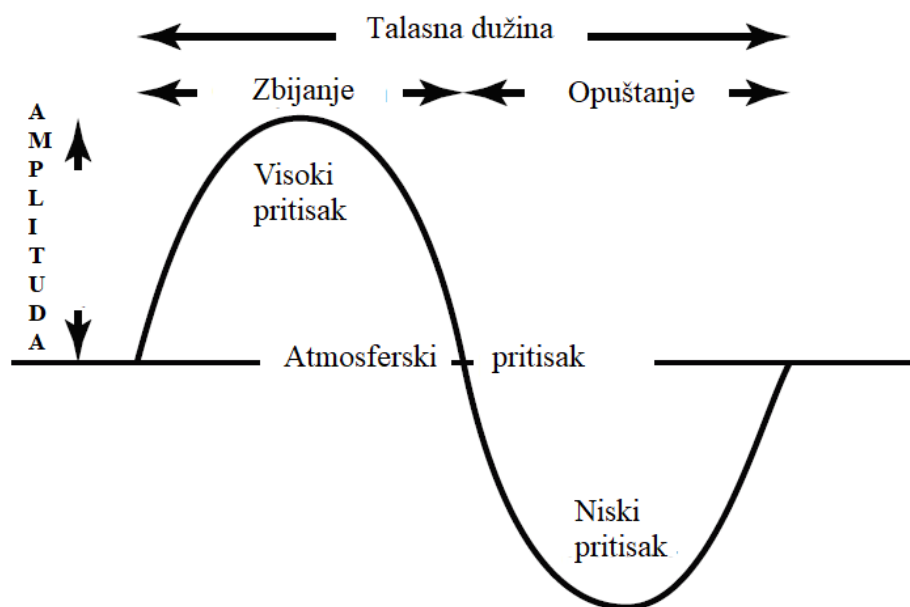
¹⁸³ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, 11.

¹⁸⁴ Dodge, Jerse, *Computer Music: Synthesis, Composition and Performance*, 25.

¹⁸⁵ Ibid, 26.

Sinusni talas je najjednostavniji model zvuka, gdje domen predstavlja vrijeme (x osa) a opseg predstavlja pritisak (y osa), što se predstavlja sljedećom matematičkom formulom: $P = A \sin(2\pi ft)$, gdje P označava pritisak, u decibelima (dB) ili paskalima (Pa); t označava vrijeme, u sekundama; A je amplituda, u dB ili Pa; f je frekvencija u hercima (Hz). T predstavlja period, u sekundama te označava trajanje talasa ($T = 1/f$).

Intenzitet ili jačina zvuka predstavlja veličinu amplitude odnosno raspona pritiska talasa.¹⁸⁶ Amplituda pritiska je količina pozitivne ili negativne promjene u atmosferskom pritisku i rezultat je zbijanja i opuštanja ciklusa zvuka. Indikator je količine akustičke energije u zvuku i najbitniji faktor percepcije jačine zvuka. Mjeri se u njutnima po kvadratnom metru (N/m^2). Intenzitet zvuka je mjerilo snage u zvuku koji dolazi u kontakt sa bubnom opnom jer ga karakteriše brzina pri kojoj se energija isporučuje u auditivnom iskustvu.¹⁸⁷ Primjer amplitude moguće je predstaviti sljedećim grafikonom:



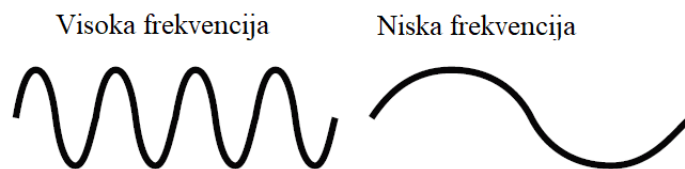
Slika 17: Amplituda talasa (količina promjene u pritisku zraka, visokom ili niskom, izvan atmosferskog pritiska).¹⁸⁸

¹⁸⁶ Mark Petersen, *Mathematical Harmonies*, <http://amath.colorado.edu/pub/matlab/music/MathMusic.pdf>, 2. 20. 03. 2018.

¹⁸⁷ Dodge, Jerse, *Computer Music: Synthesis, Composition and Performance*, 26.

¹⁸⁸ Brian K. Shephard, *Refining Sound: A Practical Guide to Synthesis and Synthesizers* (Oxford: Oxford University Press, 2013), 6

Svaka zvučna pojava može da se mjeri u odnosu na vrijeme. Frekvencija je definirana kroz herce (Hz) ili cikluse po sekundi (cps, eng. *cycle per second*). Što je frekvencija veća, to je ton viši i obrnuto. Kada se govori o frekvenciji od 440 Hz, koja je u muzici označena kao ton A¹, onda to znači da se u jednoj sekundi dešava 440 vibracija koje istu određuju. Drugim riječima, jedna vibracija jeste jedna talasna dužina. Ona je u fizici označena kao lambda (λ).¹⁸⁹ Na ovom primjeru može se objasniti matematička formula kojom je jedinica Hz definirana: $\text{Frekvencija} = \frac{1}{\text{period}}$, što implicira da je $\text{period} = \frac{1}{\text{frekvencija}}$. Dakle, ovom formulom je moguće ustanoviti da je jedna cjelina podijeljena na period označen u sekundama (ili milisekundama) jednak broju vibracija odnosno frekvenciji. U ovom slučaju, jedan period iznosi 440 vibracija odnosno Hz.



Slika 18: Dva talasa sa istom amplitudom. Visoka frekvencija je rezultat većeg, a niska frekvencija manjeg broja ciklusa u sekundi.¹⁹⁰

Zvučna percepcija ljudskog uha razlikuje frekvenciju od 20 Hz do 20 KHz (kiloherca).¹⁹¹ S obzirom da se opseg savremene flaute računa od tona H do tona Eb⁴, reprezentacija frekvencijskog opsega u Hz je 248,064 Hz do 2500,33 Hz ako je A1 jednak štimu od 442 Hz.¹⁹² Dakle, frekvencija je vibracija jednaka jednoj talasnoj dužini koja se mjeri u sekundama i izražava u hercima.

Ton se sastoji od parcijala koji se drugačije nazivaju i setom harmonika.¹⁹³ Fundamental je rezultat harmonika najniže frekvencije koja zbog svoje jačine određuje tonsku visinu. On predstavlja prvi parcijal i vibrira zajedno sa ostalim parcijalima. Jedina razlika između

¹⁸⁹ Eduardo Reck Miranda, *Composing Music with Computers* (Boca Raton: CRC Press, 2001), 64.

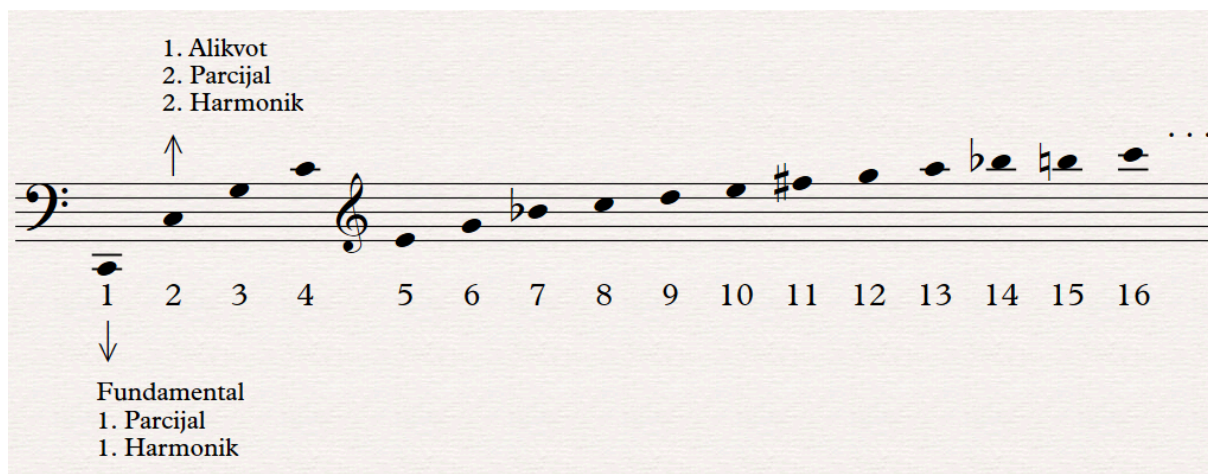
¹⁹⁰ Shephard, *Refining Sound: A Practical Guide to Synthesis and Synthesizers*, 9.

¹⁹¹ Dodge, Jerse, *Computer Music: Synthesis, Composition and Performance*, 26.

¹⁹² http://www.flutopedia.com/pitch_to_frequency.htm.

¹⁹³ Ron Yorita, *Using Spectral Analysis to Evaluate Flute Tone Quality* (San Luis Obispo: Faculty of California Polytechnic State University, 2014), 6

parcijala i harmonika je njihova semantička specifikacija.¹⁹⁴ Drugi parcijal se odnosi i na drugi harmonik, ali predstavlja prvi alikvot, što se u kontekstu proizvodnje zvuka na flauti odnosi na prvo preduvavanje.



Slika 19: Serija harmonika sa fundamentalom C¹⁹⁵

Parcijali formiraju zvučni agregat koji ljudsko uho percipira kao cjelinu. Izvor zvuka određen je na osnovu prepoznavanja boje, osnovne karakteristike zvuka, koja je rezultat razlika intenziteta pojedinačnih harmoničkih parcijala. Na takav način ljudsko uho diferencira različite izvore zvuka, kao što su različiti muzički instrumenti. Substancijalni efekat na percepciju boje imaju tranzijenti, što se odnosi na manir u kojem nastupa ton na različitim instrumentima.¹⁹⁶

3.1.3. Proizvodnja tona

Proizvodnja tona na flauti podrazumijeva koordinaciju tri mehanička procesa: 1. Akciju respiratornog sistema koji je osnova formiranja vazdušnog stuba, 2. Pokrete usana i orofacijalnih mišića koji kontrolišu frekvenciju, jačinu i boju zvuka (zvučni izlaz, sekundarna

¹⁹⁴ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, 13.

¹⁹⁵ Ibid, 13.

¹⁹⁶ Ibid, 14.

karakteristika vazdušnog stuba), 3. Akciju prstiju i prstometa koji determiniraju promjene tonskih visina.¹⁹⁷

Osnova proizvodnje tona je uspostava vazdušnog stuba koji ima tri karakteristike, a to su brzina, veličina i smjer.¹⁹⁸ Tokom udisanja vazduha, najprije se širi grudni koš. Vazduh ulazi u pluća kroz usta i nos, ali istovremeno formira dodatni prostor u plućima, što je rezultat pomijeranja dijafragme usljed širenja grudnog koša.¹⁹⁹ U regulaciji protoka i pritiska vazdušnog stuba učestvuju nekoliko respiratornih struktura, a to su dijafragma, abdominalni i interkostalni mišići, grkljan i artikulatori unutar grla.²⁰⁰ Eksterni abdominalni mišići guraju vazduh prema dijafragmi koja za funkciju ima kontrolu brzine kojom vazduh prolazi kroz usta u flautu.²⁰¹ Odnos abdominalnih mišića i mišića dijafragme predstavlja izometrijsku akciju koja označava podršku, odnosno pritisak mišića.²⁰² Brzina vazdušnog stuba zavisi od jačine pritiska. Dakle, što je pritisak jači, to je vazdušni stub brži i obrnuto.

¹⁹⁷ Isabelle Cossette, Pawel Sliwinski, Peter T. Macklem, „Respiratory parameters during professional flute playing“, *Respiration Physiology*, vol. 121 (Amsterdam: Elsevier, 2000), 33.

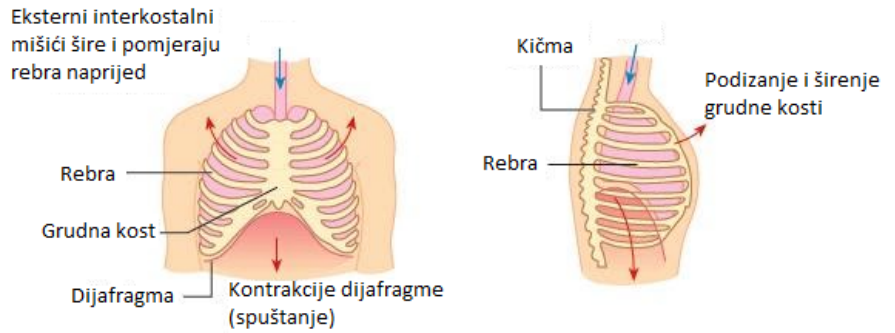
¹⁹⁸ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, 29.

¹⁹⁹ Howard Harrison, *How to Play the Flute* (London: EMI Music Publishing Ltd, 1982), 12.

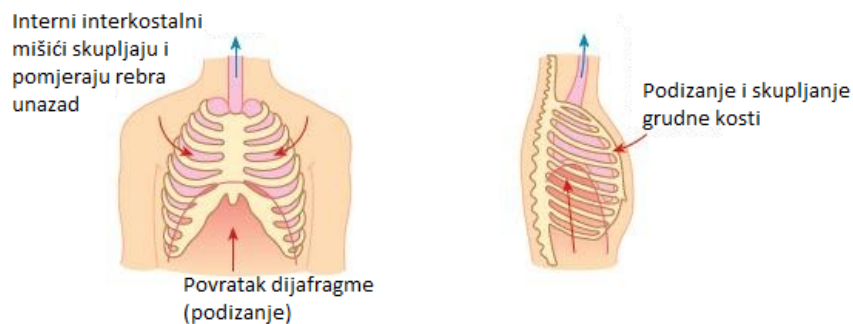
²⁰⁰ Joon-Hee Beth Hwang-Shim, *The Physiology of Flute Playing: The Role of the Larynx* (Sydney: The University of Sydney, 2005), 73.

²⁰¹ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, 29.

²⁰² Idem.



Udisanje



Izdisanje

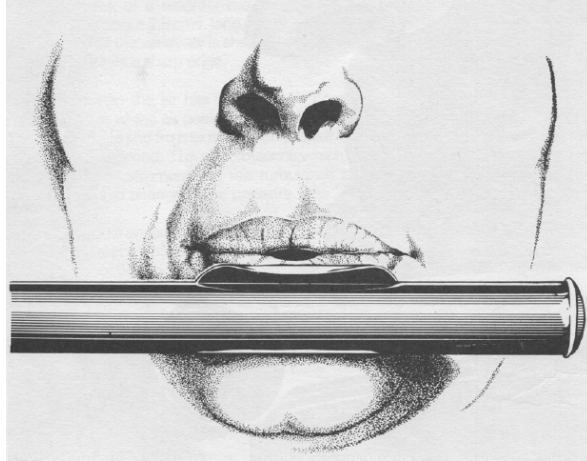
Slika 20: Mehanika disanja²⁰³

Druga karakteristika vazdušnog stuba jeste njegova veličina, koja se naziva zvučnim izlazom²⁰⁴ i označava kontrolu frekvencije, jačine zvuka i modulaciju njegove boje od strane flautiste. Navedene karakteristike postižu se promjenom oblika i veličine otvora između usana kroz koji prolazi vazduh, uz podršku orofacijalnih mišića. Ako je otvor između usana manji, zvuk postaje oštiji a intonacija viša i obrnuto. U kombinaciji sa principima prve karakteristike vazdušnog stuba, flautisti često koriste različite načine formiranja veličine vazdušnog stuba, kako bi postigli široki spektar dinamike i boja zvuka bez poteškoća koje se odnose na generalnu intonaciju.²⁰⁵

²⁰³ <https://sites.google.com/a/ncea.org.uk/biology/lifestyle-1/the-lungs-3-1-4/gaseous-exchange-in-the-lungs/mechanism-of-breathing>, 24. 06. 2018.

²⁰⁴ Hwang-Shim, *The Physiology of Flute Playing: The Role of the Larynx*, 73.

²⁰⁵ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, 30.



Slika 21: Ambažura²⁰⁶

Smjer vazdušnog toka prolazi kroz ivice rupe za ambažuru na usniku flaute i skokovi u intervalu oktave postižu se nezavisno od sistema klapni.²⁰⁷ Ako je vazduh usmjeren nisko, što podrazumijeva otvaranje odnosno pomjeranje donje čeljusti unazad, vazduh je fokusiran više u rupu za ambažuru. Međutim, ako je donja čeljust gurnuta naprijed, postignut je osnovni uslov za proizvodnju tonova u višim registrima, odnosno odgovarajuća postavka ambažure svojstvena preduvavanju kroz oktave ali i proizvodnji alikvota.

Flauta je otvorena cijev koja omogućava proizvodnju svih parcijala harmoničke serije,²⁰⁸ a prvo preduvanje odnosno prvi alikvot odnosi se na interval oktave. Proizvodnja alikvota postiže se preduvanjem, to jeste proporcionalnim razdvajanjem vazdušnog stuba fundamentalna. Vibrirajuće tijelo vibrira, kako u cijelini, tako i u segmentima od $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ itd.²⁰⁹ Ton A^1 vibrira u 440 ciklusa u sekundi, što znači da je njegoja fundamentalna frekvencija 440 Hz. Frekvencija prvog alikvota (A^2), je 880 Hz, što je rezultat udvostručavanja fundamentalne frekvencije ($440 \text{ Hz} \times 2 = 880 \text{ Hz}$), frekvencija trećeg alikvota (E^2), je 1320 Hz ($440 \text{ Hz} \times 3 = 1,320 \text{ Hz}$), pa se određivanje frekvencije svakog sljedećeg alikvota nastavlja na istom principu.²¹⁰

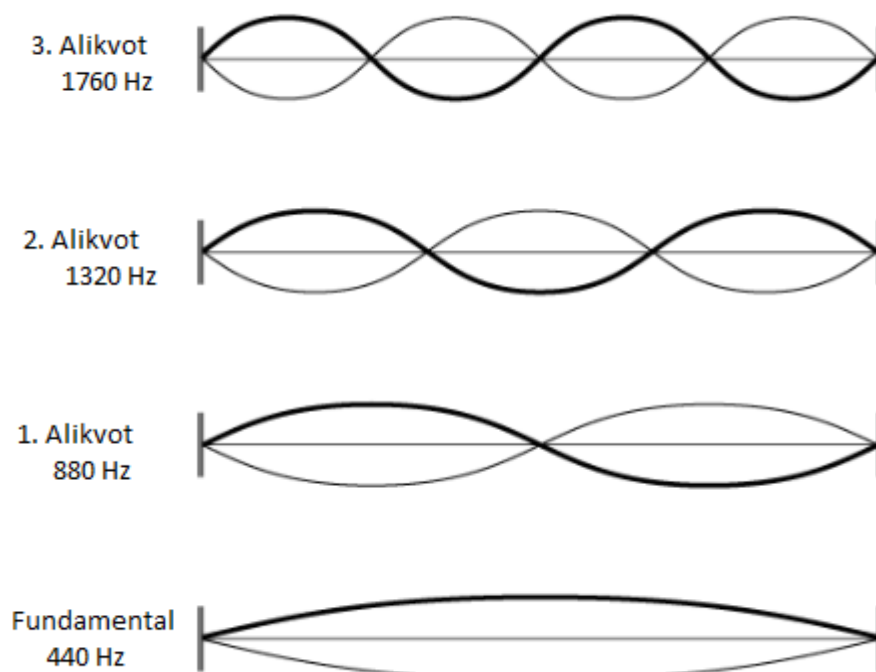
²⁰⁶ Harrison, *How to Play the Flute*, 8.

²⁰⁷ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, 30.

²⁰⁸ Ibid, 35.

²⁰⁹ Ibid, 13.

²¹⁰ Yorita, *Using Spectral Analysis to Evaluate Flute Tone Quality*, 6.



Slika 22: Grafička reprezentacija vibrirajućih segmenata - fundamental A¹ (440 Hz)

Kontrolirana iregularnost vazdušnog stuba rezultira fluktuacijom frekvencije, njene amplitude i boje²¹¹ što se naziva vibratom²¹². Postiže se kombinacijom pritiska stomačnih mišića²¹³ ili opuštanjem i sužavanjem mišića grla, iako je druga metoda rjeđe zastupljena didaktici flaute, zbog teže kontrole.²¹⁴ Najbitniji parametar vibrata je njegov intenzitet koji je rezultat prethodno navedene izometrijske akcije abdominalnih mišića i dijafragme.²¹⁵ Brzina vibrata, kao i brzina vazdušnog stuba bez njene kontrolirane iregularnosti, zavisi od jačine pritiska stomačnih mišića odnosno količine kreirane tenzije.²¹⁶ Pojedinačna akcija stomačnih mišića, fokusirana i akcentirana, može rezultirati artikulisanim pojedinačnim tonom bez upotrebe grlenih artikulatora.

²¹¹ Ibid, 9.

²¹² Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, 33.

²¹³ Yorita, *Using Spectral Analysis to Evaluate Flute Tone Quality*, 9.

²¹⁴ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, 33.

²¹⁵ Idem.

²¹⁶ Idem.

Artikulisanje pojedinačnih tonova jezikom, koje podrazumijeva tehnike jednostrukog, dvostrukog i trostrukog jezika²¹⁷, uobičajena je metoda u praksi izvođenja kako historijske tako i savremene umjetničke muzike za flautu. U savremenoj literaturi, standardni modeli artikulacije *t* i *d*, koji se postižu kontaktom vrha jezika sa gornjim nepcem te *k* i *g*, koji su rezultat pomjeranja jezika unazad i kontakta sa grlom²¹⁸, zamijenjeni su atakama kao što su *ht*, *puh*, *tuh*, *his*, s.²¹⁹ Jedna od uobičajenih savremenih tehnika artikulacije je flatercung, koji označava *lepršanje* jezika. Najčešće se postiže na sljedeće načine: atakom jezika, *fr* ili *dr* nakon koje se vazduh oslobađa i formuliše tok koji zvuči kao *rrrrr*, dok je drugi način, poznat kao grleni ili francuski flatercung, baziran na vibraciji u dubini grla, sličnoj grgljanju.²²⁰ Flatercung ima i funkciju vježbe za otvaranje grla i opuštanje jezika.²²¹

3.1.4. Proširene izvođačke tehnike

Standardni pristup sviranju flaute podrazumijeva usmjeravanje vazduha ka ivici ambažure i proizvodnju oscilacije protoka vazduha.²²² Proširene tehnike sviranja flaute moguće je definisati kao načine sviranja koji isti prevazilaze²²³ pa na takav način predstavljaju ekspanziju različitih mogućnosti proizvodnje zvuka na flauti, koje pronalazimo u literaturi 20. i 21. stoljeća.²²⁴

Prema Klodu Kedožu (Claude Cadoz) i Marčelu M. Vanderliju (Marcelo Wanderley) postoje tri tipa muzičkih gesti: geste uzbuđenja, geste modifikacije i geste selekcije.²²⁵ Geste uzbuđenja su one koji obezbeđuje energiju koja će na kraju biti prisutna u percepciji

²¹⁷ Ibid, 76

²¹⁸ <https://forteflutes.wordpress.com/2017/04/12/articulation-2/>, 24. 06. 2018.

²¹⁹ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, 76.

²²⁰ Ibid, 77.

²²¹ <https://www.flutecolors.com/techniques/flatterzunge/>, 24. 06. 2018.

²²² Julie Delisle, „Mapping the sound world of the flute: towards a new classification of standard and extended techniques“, U: Birgitta Burger, Joshua Bamford, Emily Carlson (Eds.), *Proceeding of the 9th International Conference of Students of Systematic Musicology (SysMus16)*, Jyväskylä yliopisto, (Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2016.1

²²³ Ibid, 1.

²²⁴ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, 48.

²²⁵ Claude Cadoz, Marcelo M. Wanderley, „Gesture – Music“, U: Marcelo M. Wanderley, Marc Battier (Eds.), *Trends in Gestural Control of Music* (Paris: IRCAM – Centre Pompidou, 2000), 79–80.

fenomena, pa ih autor dijeli na momentalne odnosno perkusivne, što znači da zvuk počinje kada gesta završava; te kontinuirane, što označava simulaciju kontinuiranog uzbuđenja.²²⁶

Kada je u pitanju tehnika sviranja na flauti, Džuli Delajl (Julie Delisle) među momentalne geste svrstava tehnike kao što su: tongue ram, zvuk "trube" i udarci klapnama²²⁷ a među kontinuirane svrstava: standardni ton, multifonike, eolski zvuk i whistle tonove,²²⁸ jer predstavljaju načine proizvodnje oscilacije koja donosi neophodnu mehaničku energiju za proizvodnju zvuka kao i vrstu rezonance koja zavisi od aktivacije vazdušnog stuba unutar cijevi.²²⁹

Geste modifikacije odnose se na modifikaciju svojstava instrumenta i uvode novu izražajnu dimenziju tako što utiču na odnos između pokreta i zvuka.²³⁰ Vil Offermans (Will Offermans) pristupa sviranju proširenih tehnika prvenstveno kao fizičkom činu što nije slučaj sa standardnim pristupom flauti (koji je po njemu suštinski veoma fizički) i diferencira dva aspekta sviranja flaute: fizički (korpus instrumenta), što se odnosi na fizičnost samog instrumenta, te tjelesni (ljudsko tijelo), koji izvođača postavlja u funkciju internog procesa odnosno fizičke podrške proizvodnje zvuka.²³¹ Ovaj tip gesti određuje elemente u odnosu na oblik, strukturu i funkciju proizvedenih informacija,²³² a Cadoz i Vanderli ih dijele na parametričke ili kontinuirane, što označava kontinuiranu varijaciju parametra kao što je vibrato te strukturalne, što se odnosi na dodavanje ili oduzimanje specifičnih dijelova²³³ unutar pojedinačne geste. Po Đuli Delajl, ovdje je moguće svrstati tehnike promjene tonske visine, intenziteta ili trajanja tehnike jer ovaj tip gesti odgovara modifikaciji geste i sastoji se od zvučnih modulacija i periodičnih ili aperiodičnih promjena kontinuiranog zvuka.²³⁴ Flatercung, bisbigliando, promjene prstometa i postavke ambažure, smorcato, modulacije

²²⁶ Ibid, 80.

²²⁷ Delisle, „Mapping the sound world of the flute: towards a new classification of standard and extended techniques“, U: Burger, Bamford, Carlson (Eds.), *Proceeding of the 9th International Conference of Students of Systematic Musicology (SysMus16)*, Jyväskylä yliopisto, 3.

²²⁸ Ibid, 4.

²²⁹ Ibid, 3.

²³⁰ Cadoz, Wanderley, „Gesture – Music“, U: Wanderley, Battier (Eds.), *Trends in Gestural Control of Music*

²³¹ Kallie Rogers, Will Offermans: The Pedagogy of a Contemporary Flutist-Composer (Tallahassee: Florida State University, 2015), 24.

²³² Cadoz, Wanderley, „Gesture – Music“, U: Wanderley, Battier (Eds.), *Trends in Gestural Control of Music*, 80.

²³³ Idem.

²³⁴ Delisle, „Mapping the sound world of the flute: towards a new classification of standard and extended techniques“, U: Burger, Bamford, Carlson (Eds.), *Proceeding of the 9th International Conference of Students of Systematic Musicology (SysMus16)*, Jyväskylä yliopisto, 3.

intenziteta vibrata ili kombinacija tona i glasa, tehnike su koje predstavljaju geste parametričke modifikacije.²³⁵

Posljednji tip gesti, to jeste geste selekcije, odnosi se na izbor između više sličnih mogućnosti instrumenta, ali se ne odnosi na modifikaciju svojstava instrumenta ili obezbjeđivanje dodatne energije rezultirajućem zvuku.²³⁶ Đuli Delajl u ovu grupu svrstava korištenje alternativnih prstometa i načine modifikacije boje²³⁷, kao što je promjena ambažure,²³⁸ jer se ove geste odnose isključivo na modifikaciju trajanja i intenziteta zvuka i odvijaju nezavisno od načina proizvodnje zvuka.²³⁹

Proširene tehnike koje se oslanjaju na standardni pristup sviranju, odnose se na proizvodnju pojedinačnog zvuka (tona) i svrstavaju u tehnike tona.²⁴⁰ Ova grupa tehnika se može podijeliti na monofone zvukove²⁴¹, koji uključuju harmonike (prirodne i vještačke), zvižduće tonove (eng. *whistle tones*), modulacije tonske visine, trilere i tremola, vibrato (različite modele kontrole vazdušnog stuba); kao i polifone zvukove koji se odnose na multifonike i multifone trilere, kombinaciju sviranja i pjevanja, eolski ton.

Prirodni harmonici su izvedeni iz fundamentala u odnosu na principe konstrukcije flaute²⁴² i postižu se kalkulisanim preduvavanjem odnosno raspodjelom vazdušnog stuba fundamentala.

²³⁵ Ibid, 4.

²³⁶ Cadoz, Wanderley, „Gesture – Music“, U: Wanderley, Battier (Eds.), *Trends in Gestural Control of Music*, 80.

²³⁷ Delisle, „Mapping the sound world of the flute: towards a new classification of standard and extended techniques“, U: Burger, Bamford, Carlson (Eds.), *Proceeding of the 9th International Conference of Students of Systematic Musicology (SysMus16)*, Jyväskylän yliopisto, 3.

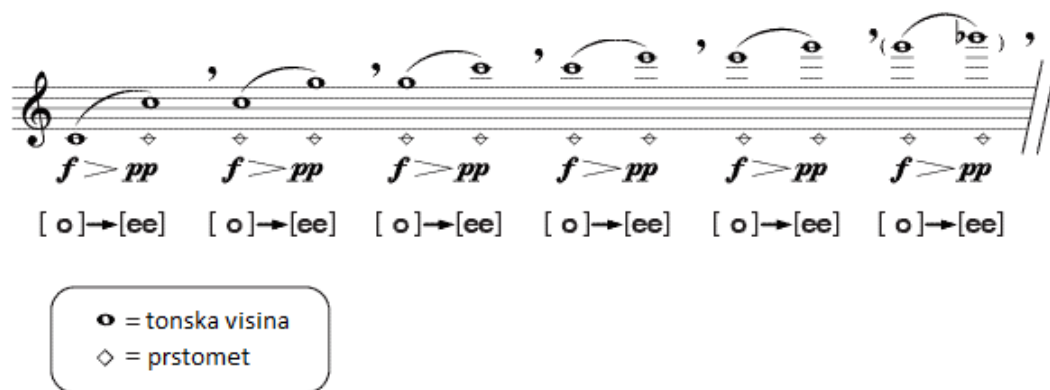
²³⁸ Ibid, 4.

²³⁹ Ibid, 3.

²⁴⁰ Hanan Hadžajlić, *Kompoziciono-tehnička i interpretacijska analiza kompozicije „Dah“ Ališera Sijarića* (Sarajevo: Muzička akademija Univerziteta u Sarajevu, 2015), 29.

²⁴¹ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, 48.

²⁴² Ibid, 49.



Slika 23: Harmonici od tona C – Vježba Vila Ofermensa²⁴³

Vještački harmonici postižu se korištenjem nestandardnih prstometa u svrhu dobijanja kvalitetnog izvedenog gornjeg dijela, što rezultira drugačijim spektrom boje.²⁴⁴



Slika 24: Izvođenje harmonika²⁴⁵

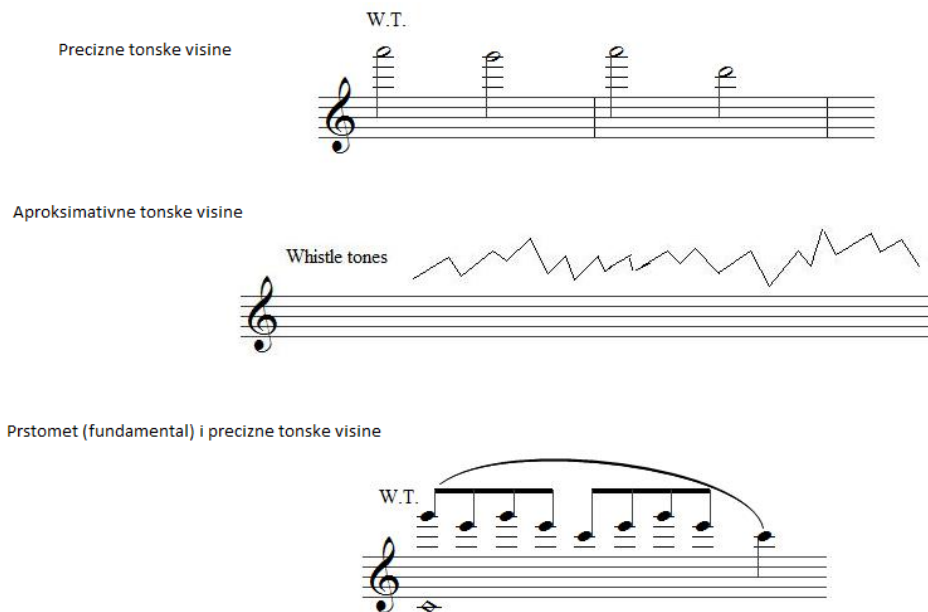
Žviždući tonovi (eng. *whistle tones*) su mekani, visoki i jasni individualni parcijali fundamentalnog tona, koji se postižu nježnim usmjeravanjem vazduha u rupu ambažure sa minimalnim pritiskom usana²⁴⁶, a moguće ih je proizvesti i bez ikakve akcije usana.

²⁴³ <https://www.forthethecontemporaryflutist.com/etude/etude-02.html>, 25. 06. 2018.

²⁴⁴ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, 49.

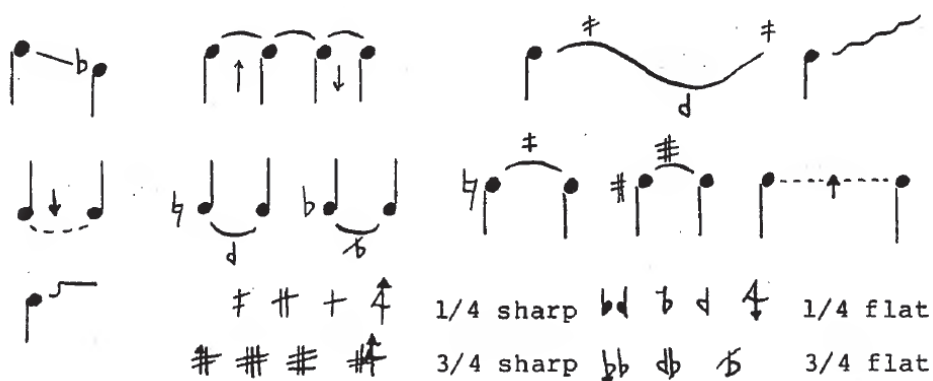
²⁴⁵ Idem.

²⁴⁶ Ibid, 51 – 52.



Slika 25: Načini zapisa zviždućih tonova²⁴⁷

Modulacije tonske visine odnose se na promjenu spektra, mikrotonove i mikrotonalna glisanda, bisbiglianda, smjene standardnog i distorziranog tona i postižu se alternativnim prstometima i promjenama ambažure.



Slika 26: Modulacije tonske visine²⁴⁸

²⁴⁷ <https://www.flutecolors.com/techniques/whistle-tones/>, 25. 06. 2018.

²⁴⁸ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, 54.

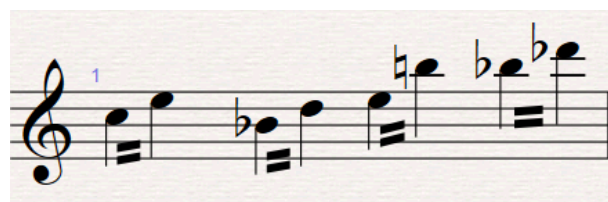
Triler se odnosi na brzu smjenu između dva tona minimalnog rastojanja postignuta specifičnim prstometom.²⁴⁹ Može se bazirati i na istoj tonskoj visini te uključivati različite tehnike (kombinacija standardnog tona i harmonika) kao i biti u formi harmoničkog ili mikrotonalnog trilera. Tremolo najčešće označava brzu smjenu između dva tona većeg intervalskog rastojanja, međutim, u flautističkoj literaturi česta pojava je i unisoni tremolo (npr. kombinacija standardnog tona i harmonika iste tonske visine). Bitan parametar obje tehnike izjednačenost vazdušnog stuba u svrhu održavanja intenziteta zvuka²⁵⁰, kao i preciznost unutrašnje ritamske pulsacije.



Slika 27: Standardni triler



Slika 28: Harmonički triler²⁵¹



Slika 29: Standardni tremolo

²⁴⁹ <https://www.flutetunes.com/fingerings/trills.php>, 25. 06. 2018.

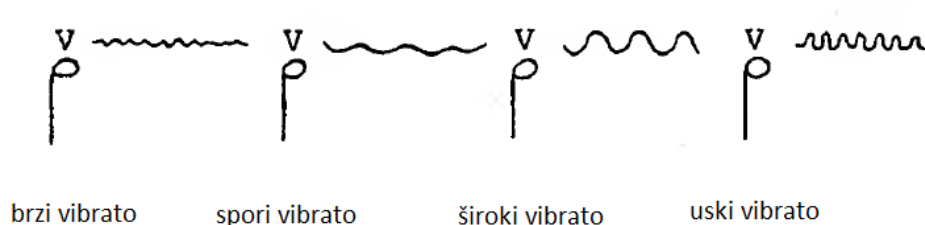
²⁵⁰ Hadžajlić, *Kompoziciono-tehnička i interpretacijska analiza kompozicije „Dah“ Ališera Sijarića*, 33.

²⁵¹ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, 63.



Slika 30: Unisoni tremolo (kombinacija standardnog tona i harmonika)

Vibrato nastaje pritiskom stomačnih mišića i predstavlja kontrolisanu iregularnost vazdušnog stuba odnosno modifikacije njegove brzine (ritamske pulsacije pritiska mišića) i ambitusa.²⁵² Dijeli se na ravnomjerni (spori, brzi, široki i uski) te neravnomjerni (randomizirani) vibrato.



Slika 31: Ravnomjerni vibrato²⁵³



Slika 32: Neravnomjerni (randomizirani) vibrato²⁵⁴

Multifonici se odnose na kombinaciju više različitih tonova koji zvuče u isto vrijeme²⁵⁵, odnosno fundamentala i odabranih harmonika koji teoretski imaju istu amplitudu.²⁵⁶ Svaki pojedinačni ton ima specifičnu boju i intenzitet.²⁵⁷ Proizvode se korištenjem alternativnih

²⁵² Ibid, 61.

²⁵³ Idem.

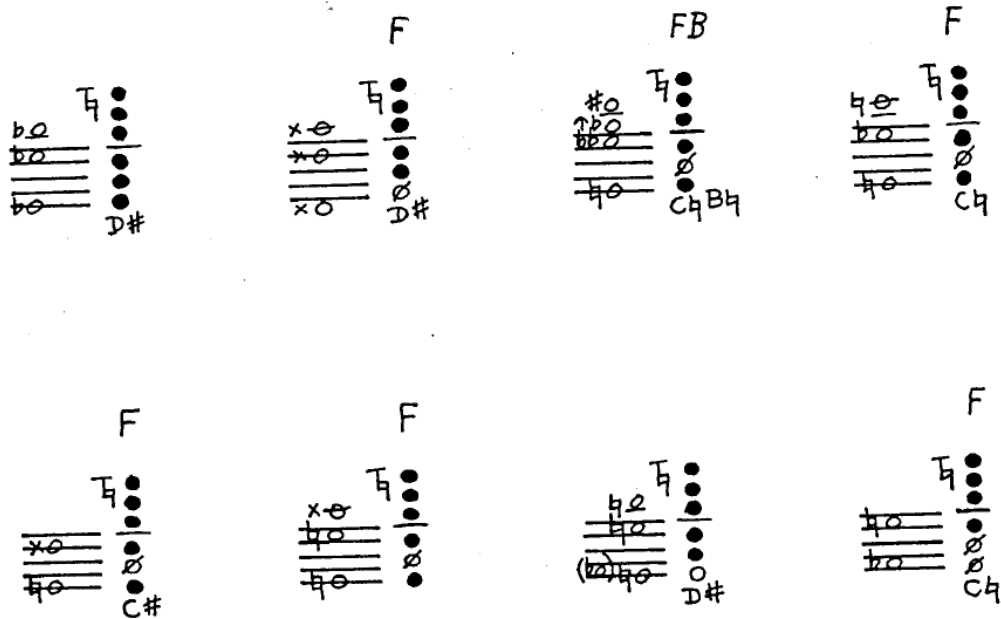
²⁵⁴ Ibid, 62.

²⁵⁵ <https://www.flutecolors.com/techniques/multiphonics/>

²⁵⁶ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, 109.

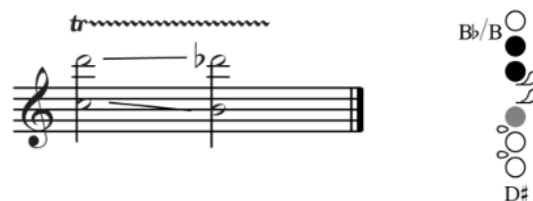
²⁵⁷ Idem.

prstometa i formiranjem većeg otvora između usana ili preduvavanjem, što se odnosi na harmoničke multifonike. Moguće je svirati dvozvuke, trozvuke, četverozvuke itd.



Slika 33: Multifonici²⁵⁸

Multifonik triler moguć je isključivo između multifonika sličnog tonskog sklopa i modela prstometa.²⁵⁹



Slika 34: Multifonik triler na alt flauti²⁶⁰

Eolski ton označava kombinaciju vazduha i tona.²⁶¹ Rezultat je nefokusiranog vazdušnog stuba, što znači da se vazduh djelimično rasipa. Ako je pritisak vazduha slabiji, šum je

²⁵⁸ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, Appendix, 62.

²⁵⁹ <http://www.altoflute.co.uk/06-multiphonics/multiphonic-trills.html>

²⁶⁰ <http://www.altoflute.co.uk/06-multiphonics/multiphonic-trills.html>

dominantniji, a ukoliko je pritisak jači, do izražaja dolazi fundamentalna tonska visina uz sporedna multifona sazvučja. Princip prstometa je isti kao i kod standardnih multifonika, a eolski ton je moguće proizvesti na svakom prstometu.



Slika 35: Eolski ton, postepeni prelazak u standardni ton (ord.) i multifonik (slobodna konstrukcija na tonu Gb)

Sljedeća grupa tehnika naziva se specijalnim efektima²⁶² i dijeli na su tehnike artikulacije²⁶³ i tehnike buke²⁶⁴. U tehnike artikulacije spadaju, flatercung, picikato, udarci klapnama, zaustavljanje jezika (eng. *tongue ram* ili *tongue stop*)²⁶⁵ i modeli nove artikulacije. Navedene tehnike moguće je proizvesti sa zatvorenim, otvorenim ili djelimično otvorenim usnikom.

Flatercung se odnosi na *lepršanje* jezika i dobiva na nekoliko načina. Najuočajan dva načina su proizvodnja kontinuiranog *rrrrr* tako što vrh jezika dotiče prednje gornje nepce te grleni flatercung, tzv. grgljanje.²⁶⁶ Moguće je jezik pomjeriti unazad i postići flatercung kontaktom jezika i grla ali i proizvesti ovu tehniku bez upotrebe vokala, što rezultira komplikacijama u boji zvuka.²⁶⁷ Intenzitet tehnike zavisi od brzine akcije jezika kao i pritiska vazduha. Moguće je proizvesti u istovremeno sa monofonim i multifonim savučjima (uz manje poteškoće), u kombinaciji sa harmonicima, vokalnim zvukovima, različitim načinima artikulacije kao što su dvostruki i trostruki jezik²⁶⁸ ali i sa zatvorenim usnikom, što isključuje ton flaute i rezultira rezonirajućim *rrrrr* unutar cijevi.

²⁶¹ Hadžajlić, *Kompoziciono-tehnička i interpretacijska analiza kompozicije „Dah“ Ališera Sijarića*, 24.

²⁶² Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, Appendix, 75.

²⁶³ Hadžajlić, *Kompoziciono-tehnička i interpretacijska analiza kompozicije „Dah“ Ališera Sijarića*, 35.

²⁶⁴ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, Appendix, 86.

²⁶⁵ Hadžajlić, *Kompoziciono-tehnička i interpretacijska analiza kompozicije „Dah“ Ališera Sijarića*, 38.

²⁶⁶ Lydia Ayers, „Synthesizing Timbre Tremolos and Flutter Tonguing on Wind Instruments“, U: *Proceedings of the International Computer Music Conference ICMC2004* (Coral Gables: University of Miami, 2004), 3.

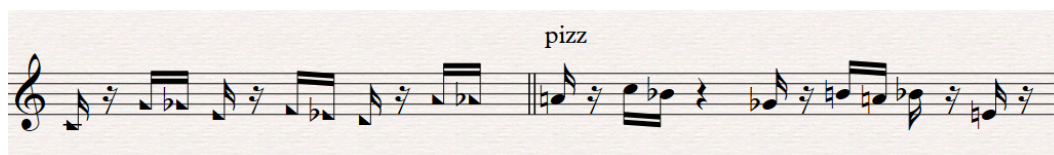
²⁶⁷ Ibid, 3.

²⁶⁸ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, Appendix, 78.



Slika 36: Flatercung

Picikato ili slep (eng. *slap tongue*) proizvodi se kontaktom vrha jezika sa zadnjim dijelom gornjih zuba odnosno akcentiranim izgovorom *t* ili brzim zatezanjem i opuštanjem usana, to jeste akcentiranim izgovorom *p*, na usniku flaute, bez pritiska dijafragme.²⁶⁹ Dobivanje jasne tonske visine moguće je isključivo u prvoj oktavi (do tona C²).



Slika 37: Picikato

Udarci klapnama koriste se na nekoliko načina: akcentiranom akcijom prstiju na otvorenoj cijevi bez ili sa podrškom vazduha i nježnog izgovora *k*, što rezultira tonskom visinom svojstvenoj originalnom prstometu²⁷⁰ te zatvaranjem usnika bradom ili jezikom i akcijom prstiju, pri čemu prozvedena tonska visina zvuči interval velike septime niže u odnosu na prstomet.²⁷¹



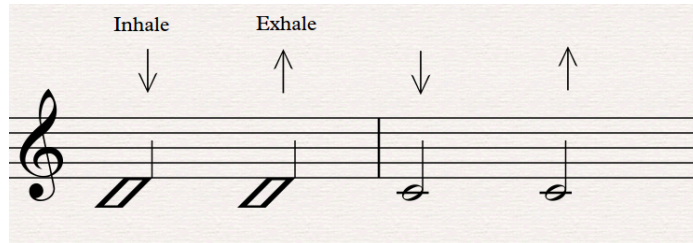
Slika 38: Udarci klapnama – otvoreni usnik/zatvoreni usnik

²⁶⁹ Hadžajlić, *Kompozicono-tehnička i interpretacijska analiza kompozicije „Dah“ Ališera Sijarića*, 25.

²⁷⁰ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, Appendix, 81.

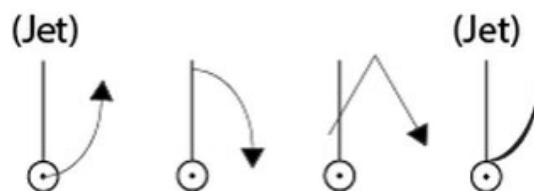
²⁷¹ *Ibid*, 82.

Udisanje i izdisanje (eng. *inhale/exhale*) je tehnika glasnog disanja kroz zatvoreni ili poluotvoreni usnik. Intenzitet zavisi od pritiska stomaćnih mišića ali i postavke vokalnog aparata, što podrazumijeva izgovor *hu* pri ili *fu* pri udisanju (koje može biti i usisavanje zraka kroz zube pomoću skupljenih usana) te izgovor *hu* i *fu* pri izdisanju, uz opuštanje usana. Ovu tehniku je moguće proizvesti sa različitim veličinama otvora ambažure.



Slika 41: Udisanje i izdisanje

Leteći zvižduk (eng. *jet whistle*) je tehnika koja se proizvodi kroz zatvoreni usnik, brzim guranjem vazduha kroz cijev i izgovaranjem akcentiranog *hui* (uzlazni), *hiu* (silazni) ili *huiu* (kombinacija) kroz zatvoreni usnik. Visoki pritisak i postavka vokalnog aparata tako da vokali zvuče što više, rezultiraju dobivanjem rezidualnog tona kao i postepenu promjenu tonske visine i boje, zbog jačanja gornjih parcijala.²⁷³



Slika 42: Leteći zvižduk²⁷⁴

Oštro udisanje (eng. *harsh inhale*) je kombinacija vokalne tehnike tzv. guturalno pjevanje i udisanja, kroz zatvoreni usnik, gdje flauta služi kao rezonator. Ova tehnika se može izvoditi na istom prstometu što zvuči kao pojačano guturalno pjevanje ili sa smjenama prstometu (tonski nizovi), što rezultira simulacijom dužeg korpusa instrumenta i konstantne smjene

²⁷³ Willis, *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*, 90 – 91.

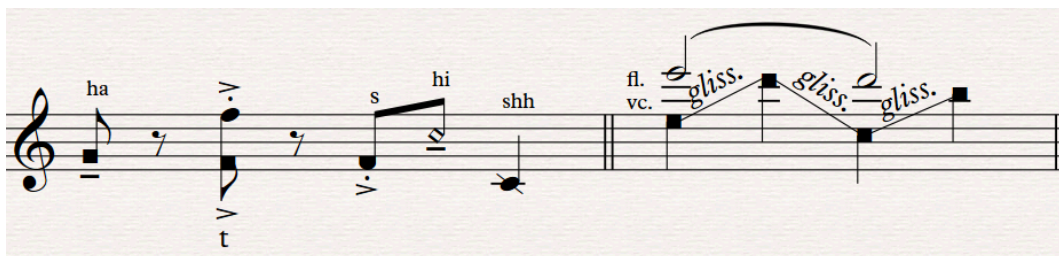
²⁷⁴ <https://www.flutexpansions.com/jet-whistle>, 26. 06. 2018.

oktava. Dodatnim igovaranjem *iu, ui, iuiu, oui, ro, roui, riou* ili *iuior*, postižu se modulacije intenziteta i frekvencija zvuka. Tehnika je patentirana od strane autorice rada²⁷⁵ te primjenjena i na druge drvene duvačke instrumente.



Slika 43: Oštro udisanje

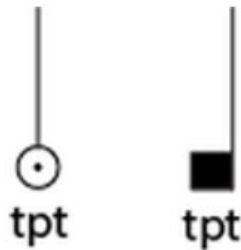
Vokalni elementi odnose se na efekte kao što su pjevanje, vrisak, govor, šapat, glisando glasom, guturalno pjevanje, grgljanje. U flautističkoj literaturi koriste se kako u kombinaciji sa tonom (što rezultira kombinacionim tonom na istoj tonskoj visini ili proizvodnjom glisanda glasom), a tako i sa ostalim proširenim tehnikama.



Slika 44: Vokalni elementi

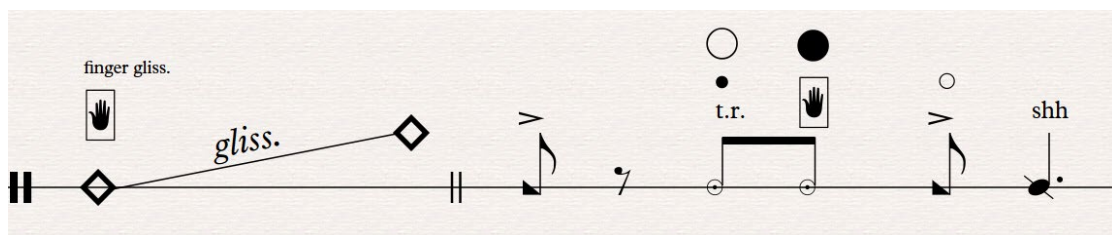
Zvuk trube (eng. *trumpet sound*) je efekat koji podsjeća na ton limenih duvaćih instrumenata. Postiže se pozicioniranjem usana oko rupe za ambažuru ili formiranjem ambažure oko gornjeg dijela korpusa flaute, proizvodnjom vibracije na vrhu usana. Zvučni rezultat oba načina proizvodnje ima sličan intenzitet, s tim da se na korpusu postižu znatno niže frekvencije.

²⁷⁵ Hadžajlić, *Kompoziciono-tehnička i interpretacijska analiza kompozicije „Dah“ Ališera Sijarića*, 6.



Slika 45: Zvuk trube na usniku flaute²⁷⁶

Glava flaute može se posmatrati kao zasebni instrument. Tonska visina koju je moguće proizvesti na glavi flaute bez dodatnih intervencija je najčešće C#², a ostali tonovi se rezultat preduvanja uz zatvaranje otvora cijevi rukom. Glisando prstom na glavi flaute zavisi od podešavanja referentnih tonskih visina prstom, što određuje i sam smjer te intervalski raspon tehnike. Na glavi flaute moguće je proizvesti i perkusivne tehnike kao što su picikato i zaustavljanje jezika (uz otvoreni ili zatvoreni donji dio cijevi) te kombinacije istih sa vokalnim elementima.



Slika 46: Tehnike na glavi flauta – glisando prstom i kombinacija tehnika

Akustička svojstva flaute, tehničke mogućnosti i savremene izvođačke tehnike (njihovo označavanje/notiranje i teorizacija proizvodnje) predstavljaju korisnički interfejs savremenih kompozitora. Stoga, izvođačke tehnike svojstvene savremenoj flauti, koju definira savremena umjetnička kompozicija, zapravo, ujedno definiraju i savremenu umjetničku kompoziciju. Kompozicija elektroakustičke muzike za flautu, pronalazi načine upotrebe flaute unutar različitih tipova elektroakustičkih sistema, što ujedno utiče i na razvoj novih polja istraživanja zvuka u domenu kompozicije, ali i mogućnosti izgradnje kompozicionih procesa baziranih na savremenim flautističkim tehnikama.

²⁷⁶ <https://www.flutexpansions.com/trumpet>, 26. 06. 2018.

3.2. Elektroakustička muzika

Termin elektroakustička muzika, koji označava kreativnu i intelektualnu disciplinu,²⁷⁷ prevod je originalnog termina sa francuskog jezika (fr. *musique électroacoustique*), usvojenog krajem pedesetih godina 20. stoljeća s namjerom ujedinjenja praksi konkretne muzike (fr. *musique concrète*) i elektronske muzike (njem. *elektronische Musik*).²⁷⁸ Konkretna muzika bila je bazirana na snimanju stvarnih zvukova²⁷⁹ odnosno zvukova iz okoline. Pionir ovog pravca, kompozitor i inženjer²⁸⁰ Pjer Šefer (Pierre Schaeffer, 1910 – 1995), smatrao je da su karakteristike zvuka ono što je „dato“ kompozitoru, što nije komponovano i predstavlja karakteristike materijala u kojem kompozitor interveniše,²⁸¹ kao što skulptor radi sa karakteristikama granita.²⁸² Za Šefera, repeticija izvornog zvuka kojem je odsječena ataka odnosno anegdotican trag njegovog originalnog konteksta,²⁸³ definisala je novo značenje zvuka, kao zvučnog objekta (eng. *sound object*) koji postoji isključivo u akuzmatskom iskustvu.²⁸⁴ Dakle, zvučni objekt odnosi se na bilo koji akustički sadržaj iz okoline koji čovjek može percipirati i analizirati unutar svog određenog trajanja, lišen svih konotativnih značenja, pa na takav način postoji samo u percepciji slušaoca,²⁸⁵ koji apstraktno shvata npr. zvuk motora, alarm za opasnost ili lavež psa. Osnova konkretne muzike bila je snimanje, obrada i reprodukcija zvukova iz prirode pomoću tada savremenih tehnologija kao što su mikroskop, magnetofon, filteri, generatori zvuka, mehanička reverbizacija, mikser zvuka, gramofon,²⁸⁶ koje nisu u potpunosti mogle zadovoljiti intencije kompozitora. Koncept zvučnog objekta bio je početna tačka razvoja novih tehnologija, alata koji bi omogućili manipulacije i modifikacije zvuka.²⁸⁷

²⁷⁷ James R. Mooney, *Sound Diffusion Systems for the Live Performance of Electroacoustic Music* (Sheffield: The University of Sheffield, 2005), 5.

²⁷⁸ Ibid, 5 – 6.

²⁷⁹ Ibid, 56.

²⁸⁰ Udo Zoelzer, *DAFX: Digital Audio Effects* (New York: John Wiley & Sons, Inc., 2002), 5.

²⁸¹ James R. Mooney, *Sound Diffusion Systems for the Live Performance of Electroacoustic Music*, 59 – 60.

²⁸² Ibid, 60.

²⁸³ Kane Brian, *Sound Unseen: Acousmatic Sound in Theory and Practice* (Oxford: Oxford University Press, 2014), 17.

²⁸⁴ Ibid, 23.

²⁸⁵ Kane Brian, *Sound Unseen: Acousmatic Sound in Theory and Practice*, 25.

²⁸⁶ Daniel Terrugi, „Technology and musique concrète: the technical developments of the Groupe de Recherches Musicales and their implication in musical composition“, *Organised Sound: An International Journal of Music and Technology*, Volume 12, Issue 3 (Cambridge: Cambridge University Press, 2007), 213.

²⁸⁷ Ibid, 214.

Dok je konkretna muzika označavala novi model muzičkog mišljenja, predstavljen od strane Šefera, elektronska muzika (njem. *elektronische Musik*) predstavljala je nastavak određenih aspekata etablirane muzičke prakse.²⁸⁸ Za razliku od Šeferovog tretmana karakteristika snimljenog zvuka kao fundamentalnog kompozicionog materijala u cjelosti, grupa individua kao što su direktor sjeverozapadnog njemačkog radija (eng. *North-West German Radio*) Robert Bejer (Robert Beyer), zatim šef odsjeka za fonetiku Univerziteta u Bonu, Verner Mejer-Epler (Werner Meyer-Eppler), muzikolog, teoretičar i kompozitor Herbert Ejmert (Herbert Eimert) te kompozitor Karlhajnc Štokhauzen (KarlHeinz Stockhausen),²⁸⁹ kompozicionu estetiku elektronske muzike bazirali su na strukturnoj organizaciji kompletnog zvučnog materijala.²⁹⁰ Termin *elektronische Musik* nastao je tokom predavanja Mejera-Eplera kao opis svake vrste zvuka proizvedene elektronskim instrumentima.²⁹¹ Osnova koncepta zvuka bila je determinacija njegovih karakteristika odnosno tonske visine, dinamičkog levela, trajanja i spektra, što je rezultiralo razvojem serijalizma u kompoziciji elektronske muzike.²⁹² U ranim fazama razvoja *elektronische Musik*, kada je konkretna muzika označavala stvarne, a elektronska muzika isključivo vještački sintetizirane zvukove,²⁹³ kompozitori su željeli da izbjegnu ljudski faktor fizičnosti u izvođenju muzike kao i mane zvučnih izvora.²⁹⁴ Međutim koncept apsolutnog determinizma, koji je baziran na pretpostavci da kompozitor vlada svim algoritmima mogućih zvučnih sinteza odnosno da je u mogućnosti u potpunosti kontrolisati kompletni spektralni profil zvuka u svakom momentu njegovog razvoja,²⁹⁵ bez faktora fizičnosti, u praksi se pokazao neefikasnim.²⁹⁶ Interes prema manipulaciji živih zvukova pomoću elektronskih sintetizatora, kompozitora kao što su Karlhajnc Štokhauzen, Oto Lening (Otto Luening), Džon Kejdž (John Cage), Vladimir Usačevski (Vladimir Ussachevsky) i Edgard Varez (Edgard Varèse),²⁹⁷ rezultirao je integracijom konkretne i elektronske muzike kao prihvaćenom praksom koja se dalje razvijala od 1954. godine.²⁹⁸ Studio u Kelnu, poznat po proizvodnji isključivo elektronske muzike, od 1960. godine počeo je uvoditi opremu

²⁸⁸ James R. Mooney, *Sound Diffusion Systems for the Live Performance of Electroacoustic Music*, 61.

²⁸⁹ Idem.

²⁹⁰ Idem.

²⁹¹ Jacob Ransom, *Functionality and of Electronics in Regards to the Performance Practice of the Following Works: 'Temazcal' (1984), Javier Alvarez, and 'Memory Palace' (2012)*, Christopher Cerrone (Fairbanks: University of Alaska Fairbanks, 2016), 22.

²⁹² James R. Mooney, *Sound Diffusion Systems for the Live Performance of Electroacoustic Music*, 61 – 62.

²⁹³ Ibid, 65.

²⁹⁴ Jacob Ransom, *Functionality and of Electronics in Regards to the Performance Practice of the Following Works: 'Temazcal' (1984), Javier Alvarez, and 'Memory Palace' (2012)*, Christopher Cerrone, 25.

²⁹⁵ James R. Mooney, *Sound Diffusion Systems for the Live Performance of Electroacoustic Music*, 65.

²⁹⁶ Jacob Ransom, *Functionality and of Electronics in Regards to the Performance Practice of the Following Works: 'Temazcal' (1984), Javier Alvarez, and 'Memory Palace' (2012)*, Christopher Cerrone, 25.

²⁹⁷ Idem.

²⁹⁸ Idem.

svojevrsnu snimanju i reprodukciji konkretne muzike,²⁹⁹ što je označilo promjenu ideologije unutar koncepta produkcije muzike elektronskim instrumentima u specijaliziranim studijima.³⁰⁰

Američka grupa kompozitora, Džon Kejdž, Erl Braun (Earle Brown), Kristijan Vulf (Christian Wolff), Mortn Feldman (Morton Feldman) i Dejvid Tjudr (David Tudor),³⁰¹ pokrenula je projekt *The Music for Magnetic Tape* i komponovala djela elektronske muzike, ograničenim resursima odnosno iznajmljenom tehnologijom komercijalnih studija, usljed nedostatka institucionalne finansijske podrške.³⁰² Kompozitor Vladimir Usačevski demonstrirao je svoju muziku za traku na Columbia University u Njujorku, gdje mu je jedan od zapošljenih inženjera pokazao procese kreiranja efekata trake, kao što su riverb – prostornost (reverb), eho (echo) i diley – odjek (delay), što je probudilo njegov veliki interes za komponovanjem pomoću novih tehnologija.³⁰³ Ubrzo je uspostavio saradnju sa kompozitorom Otom Luningom, pa su zajedno postali jedni od prvih američkih kompozitora elektronske muzike za traku.³⁰⁴ S obzirom na nedovoljne uslove za ozbiljno bavljenje elektronskom muzikom na Columbia University, Usačevski i Luning komponovali su u domu kompozitora Henrija Kavela (Henry Cowell) u Njujorku³⁰⁵ te su se kao grupa predstavili u Muzeju savremene umjetnosti 1952. godine.³⁰⁶ Vratili su se na Columbia University 1955. godine i osnovali prvi američki studio za komponovanje elektronskih traka, a 1958. godine su uz pomoć kompozitora Milтона Bebita (Milton Babbitt), koji je bio zaposlen na Princeton University, osnovali Columbia-Princeton Electronic Music Center.³⁰⁷

Prvo djelo kompjuterske muzike komponovao je inženjer Maks Metjus (Max Matthews), koji je ujedno razvio i prvi kompjuterski muzički jezik odnosno program *Music I*³⁰⁸ te postao savjetnik u francuskoj organizaciji IRCAM³⁰⁹ (L'Institut de recherche et coordination acoustique/musique)³¹⁰, osnovanoj od strane kompozitora Pjera Buleza (Pierre Boulez).³¹¹

²⁹⁹ Idem.

³⁰⁰ Ibid, 25 - 26

³⁰¹ Ibid, 26.

³⁰² Idem.

³⁰³ Idem.

³⁰⁴ Idem.

³⁰⁵ Ibid, 27.

³⁰⁶ Ibid, 28.

³⁰⁷ Idem.

³⁰⁸ Idem.

³⁰⁹ Idem.

³¹⁰ <https://www.ircam.fr/lircam/>, 09. 08. 2016.

Novi institucionalni koncept, Bulezova ideja o dijalogu između muzičara, kompozitora, naučnika, inženjera, učinio je da 1980. godine IRCAM postane vodeći istraživački centar u oblasti kompjuterske muzike i kompozicije.³¹²

Evolucija konkretne muzike, od eksperimentalne muzike (fr. *musique expérimentale*) početkom šezdesetih godina, elektroakustičke muzike također šezdesetih godina i akuzmatičke muzike od 1974. godine,³¹³ rezultirala je i različitim tehnološkim periodima, a to su: mehanički, elektronički i kompjuterski periodi, digitalni mejnfrejm (eng. *digital mainframe*) te PC (eng. *personal computer*).³¹⁴ Mehanički period trajao je od 1948. do 1960. godine i označavao upotrebu magnetofona i elektronske opreme kao što su filteri i oscilatori.³¹⁵ Elektronski period koji je trajao od početka šezdesetih do kraja sedamdesetih godina, predstavio je tranzistore, sintetizatore, kompleksne mikserne zvuka, elektronsku reverbizaciju i intermodulaciju izvora.³¹⁶ Digitalni mejnfrejm period trajao je od početka sedamdesetih do početka devedesetih godina i označavao prve, kompleksne digitalne sisteme za kalkulisanje i interno instaliranje zvuka, bez mogućnosti emuliranja njegovog procesuiranja.³¹⁷ Posljednji, PC period, počinje devedesetih godina i traje sve do danas. Predstavlja minijaturizaciju kompjutera, pristupačnost i mogućnost kućnih sistema izvan institucija; brzinu i snagu kompjutera, široki spektar mogućnosti sinteze zvuka, prerađivačke kapacitete, što se odnosi i na razvoj MIDI instrumenata.³¹⁸ Danas bi bilo moguće govoriti i o periodu interneta, koji čak i ako tehnologija ostane fundamentalno ista, putem razmjena i kolaborativnih sistema značajno utiče na razvoj koncepata novih tehnologija.³¹⁹

Korištenje *TransFlute modularnog sistema* predstavlja novum u domenu kompozicije i interpretacije savremene elektroakustičke muzike, pa ovaj stručni rad kao i umjetnički projekt koji uključuje dvije kompozicije pisane za flautu sa procesorima, predstavlja prototip istraživanja, interpretacije i kompozicije muzičkih djela za flautu i procesore iz grupe *Moogerfoogers*.

³¹¹ Jacob Ransom, *Functionality and of Electronics in Regards to the Performance Practice of the Following Works: 'Temazcal' (1984), Javier Alvarez, and 'Memory Palace' (2012)*, Christopher Cerrone, 28.

³¹² Ibid, 30.

³¹³ Daniel Terrugi, „Technology and musique concrète: the technical developments of the Groupe de Recherches Musicales and their implication in musical composition“, *Organised Sound: An International Journal of Music and Technology*, Volume 12, Issue 3, 215.

³¹⁴ Idem.

³¹⁵ Idem.

³¹⁶ Idem.

³¹⁷ Idem.

³¹⁸ Idem.

³¹⁹ Idem.

3.2.1. Uvod u elektroakustiku

Elektroakustika je grana elektrotehnike koja izučava transformacije zvučnog signala u električni signal,³²⁰ fizikalne osobine zvuka, pohranjivanje snimljenih zvukova na različite medije te subjektivno doživljavanje zvuka odnosno psihoakustiku.³²¹ U inženjerskoj praksi postoje tri razloga zbog kojih se zvučni pritisak naziva zvučnim signalom, a to su: 1. Namjerno kodiranje informacija zvukom kao sredstvom komuniciranja, što se odnosi na govor i muziku, 2. Sadržaj informacija u zvučnom pritisku kao signalu, o izvoru generisanja istog, 3. Promjene zvučnog talasa na putu od izvora do tačke posmatranja, što je rezultat fizičkih uticaja sistema prenosa odnosno procesa prostiranja talasa.³²²

Označavanje zvučnog pritiska zvučnim signalom podrazumijeva njegovo pretvaranje u električni signal pomoću sprava koje se nazivaju elektroakustičkim pretvaračima.³²³ Oni mogu biti mikrofoni, zvučnici, slušalice.³²⁴ Mikrofon konvertuje akustičke vibracije u električnu energiju, što je uslov pojačavanja i snimanja zvuka.³²⁵ Rad zvučnika zasniva se na električnoj snazi koju dobiva iz nekog pojačivača snage te istu transformiše u akustičku snagu u okolnom vazduhu.³²⁶ Na istom principu, slušalice su prilagođene radu u vazduhu odnosno maloj vrijednosti impedanse vazdušne sredine,³²⁷ što se odnosi na na odnos pobude i odziva, to jeste, sile i brzine³²⁸ kao ukupnog električnog otpora³²⁹ u kolu naizmjenične struje. Jedinica za mjerenje otpora je Om (Ω , eng. *Ohm*) prema Ohmovom zakonu (Georg Ohm, 1789 – 1854), koji označava jakost struje izravno razmjernu naponu i obrnuto razmjernu otporu strujnog kola.³³⁰ Akcija zvučnika odnosi se na zračenje zvuka u šire okruženje, dok su slušalice prilagođene malom vazдушnom prostoru između njih i bubne opne slušaoca.³³¹ Zajednička karakteristika svih pretvarača je membrana, to jeste, mehanički sistem koji

³²⁰ Dragana Šumarac Pavlović, Miomir Mijić, *Elektroakustika* (Beograd: Elektrotehnički fakultet u Beogradu, 2017), 56.

³²¹ <https://www.scribd.com/document/44496665/Elektroakustika-Prirucnik-Josip-Rasinec>, 10. 08. 2018.

³²² Dragana Šumarac Pavlović, Miomir Mijić, *Elektroakustika*, 56.

³²³ Idem.

³²⁴ Ivan Djurek, *Vrednovanje izobličenja u elektroakustičkim sustavima s pomoću pseudoslučajnog signala* (Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 2003), 8.

³²⁵ Bobby Owsinsky, *The Recording Engineers's Handbook* (Boston: Course Technology, 2004), 1.

³²⁶ Dragana Šumarac Pavlović, Miomir Mijić, *Elektroakustika*, 293.

³²⁷ Ibid, 256.

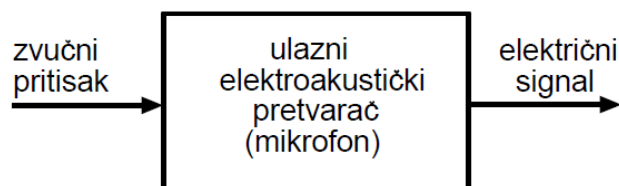
³²⁸ Dragana Šumarac Pavlović, Miomir Mijić, *Elektroakustika*, 261.

³²⁹ Bobby Owsinsky, *The Recording Engineers's Handbook*, 385.

³³⁰ https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_promet_1/OEIE_POG_03.pdf, 12. 08. 2018.

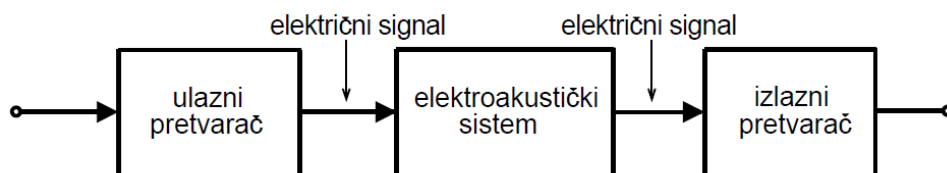
³³¹ Dragana Šumarac Pavlović, Miomir Mijić, *Elektroakustika*, 256.

određuje pretvaranje zvučnog signala³³² tako što se kreće, generiše akustički protok i vrši mehaničko-akustičko pretvaranje.³³³



Slika 47: Mikrofon kao elektroakustički pretvarač³³⁴

Svi pretvarači nalaze se na početku i na kraju elektroakustičkog lanca³³⁵ odnosno uređaja i sistema za snimanje, prenos, obradu i reprodukciju signala.³³⁶ Ulazni pretvarač odnosno mikrofon se nalazi na početku lanca i posrednik je između zvučnog polja i električnog domena, dok je izlazni pretvarač, kao što je zvučnik, generator zvučne snage kojim se stvara zvučno polje u mediju, na osnovu električnog signala sa izlaza sistema i nalazi se na kraju "elektroakustičkog lanca".³³⁷



Slika 48: Pretvarači u elektroakustičkom lancu³³⁸

3.2.1.1. Ozvučena flauta

Flauta predstavlja akustički izvor zvuka koji mikrofon transformiše u električni audio signal, a zvučnici isti pretvaraju u akustički talas. Oni predstavljaju kopiju izvornog signala ukoliko nije primijenjena nikakva intervencija na ulazni akustički signal. Zvučnik sadrži

³³² Ibid, 258.

³³³ Idem.

³³⁴ Ibid, 57.

³³⁵ Ibid, 254

³³⁶ Ivan Djurek, *Vrednovanje izobličenja u elektroakustičkim sustavima s pomoću pseudoslučajnog signala*, 8.

³³⁷ Dragana Šumarac Pavlović, Miomir Mijić, *Elektroakustika*, 254 – 255.

³³⁸ Dragana Šumarac Pavlović, Miomir Mijić, *Elektroakustika*, 255.

elektromagnet i membranu. Elektromagnet pokreće membranu koja stvara mehanički pritisak na vazduh i time postiže akustičku energiju, odnosno zvuk.

Za ozvučavanje flaute se u praksi izvođenja elektroakustičke muzike obično koriste kondenzatorski mikrofoni, koji zahtijevaju prepojačala. Za razliku od dinamičkih mikrofona, kondenzatorski imaju dodatno napajanje strujom putem prepojačala ili miksete koja daje dodatno napajanje od 24V, odnosno fantom (eng. *phantom*) napajanje. Također, kondenzatorski mikrofoni imaju puno osjetljiviju membranu što znači da registruju puno manji dinamički spektar za razliku od dinamičkog mikrofona. Izvođačima omogućavaju stajanje na većoj udaljenosti od mikrofona prilikom čega se signal vjerodostojno prenosi, za razliku od dinamičkih mikrofona koji zahtijevaju da instrument bude tik uz mikrofona.

Specijalizirani mikrofoni za flautu fiksiraju se na glavu flaute i posjeduju izuzetno osjetljivu membranu, prilagođenu frekventnom opsegu flaute. Posjeduju i prepojačalo koje se obično fiksira na kaiš oko struka izvođača, zbog toga što sadrži kontrolore pojačavanja signala kao i prekidač za paljenje i gašenje.



Slika 49: Mikrofoni za flautu SDSystems, LCM70³³⁹

³³⁹ https://www.thomann.de/gb/sd_systems_lcm_70.htm, 12. 08. 2018.



Slika 50: Pretpojačalo mikrofona za flautu SDSsystems, LCM70³⁴⁰

3.2.1.2. Elektroakustički sistemi

Intervencije na ulaznom akustičkom signalu baziraju se i zavise od elektroakustičkih sistema. Konstrukcije elektroakustičkih sistema proizilaze iz umjetničkog potencijala realizacije zvuka.³⁴¹ Idiom elektroakustike jeste reprodukcija zvuka putem zvučnika³⁴² što se prenosi i u ideje o elektroakustičkoj muzici i ostalim praksama baziranim na korištenju iste tehnologije, odnosno elektroakustičkih sistema.³⁴³ Elektroakustička muzika, iako može označavati bilo koju vrstu muzike u kojoj je elektricitet involviran u produkciju zvuka prevazilazeći samu funkciju mikrofona ili pojačavanja zvuka, u kontekstu umjetničke muzike, odnosi se na praksu muzičke kompozicije, čija kreativna pokretačka sila proizilazi iz jedinstvenih mogućnosti audio tehnologije involvirane u njenu realizaciju.³⁴⁴ Ova tehnologija mogu biti različiti audio efekti, razdvajač signala (eng. *audio dividers*), spliteri (eng. *splitters*), mikseri i pojačivači zvuka.

³⁴⁰ http://www.bill-lewington.com/sdsystems/parts/sd_sp_6.jpg, 12. 08. 2018.

³⁴¹ James R. Mooney, *Sound Diffusion Systems for the Live Performance of Electroacoustic Music*, 38.

³⁴² Ibid, 8.

³⁴³ Ibid, 40.

³⁴⁴ Ibid, 53.

3.2.2. Audio efekti

Etimološki, termin efekat dolazi od latinske riječi *effectus*, što označava tendenciju, svrhu i konsekvencu. Pojam efekta, Lorens Urdang (Laurence Urdang) u riječniku sinonima *The Oxford Thesaurus*, označava terminima kao što su „rezultat, posljedica, ishod, zaključak, uspjeh, uticaj“.³⁴⁵ Udo Celcer (Udo Zölzer) efekat opisuje relacijom tačke gledišta, odnosno subjekta i fenomena koji biva posmatran, što znači da efekat označava utisak proizveden u umu osobe, odnosno promjeni percepcije koja je rezultat uzroka.³⁴⁶ Jezik svojstven praksi polja muzičke tehnologije akustičke efekte diferencira u odnosu na njihova perceptivna svojstva, pa Celcer navodi dva srodna pojma koja predstavljaju znatno različite aspekte, a to su zvučni efekti i audio efekti.³⁴⁷ Zvučni efekti odnose se na snimljene i obrađene zvukove koji se koriste za simuliranje akcija, interakcija ili emocija, u predstavama ili filmovima.³⁴⁸ Audio efekti su alati transformacije zvuka, koji ujedno modificiraju uticaj samog efekta na posmatrača.³⁴⁹

Audio efekti, fizičke komponente odnosno moduli ili softverski alati,³⁵⁰ sastavni su dio modifikacije audio signala u realnom vremenu i savremene muzičke produkcije. Postoji nekoliko tipova klasifikacije audio efekata, postavljenih najčešće od strane inženjera procesiranja digitalnog signala, koji se između ostalog bave i njihovim dizajniranjem.³⁵¹ Shodno tome, šeme klasifikacija efekata proizilaze iz sljedećih istraživačkih polja: procesiranja signala, tipova kontrole efekata, perceptivnih atributa efekata, kompjuterske muzike³⁵² i interdisciplinarnog lanca komunikacije³⁵³ između istraživača i graditelja efekata koji uključuje discipline kao što su muzička kompozicija, zvučni dizajn, instrumentalna interpretacija, semiologija, akustika, psihoakustika, muzička kognicija, inženjerstvo u oblasti elektrotehnike itd.³⁵⁴ Odgovarajuća šema klasifikacije audio efekata za polje instrumentalne interpretacije, koji se u kontekstu ovog rada povezanog sa umjetničkim projektom odnose

³⁴⁵ Laurence Urdang (ed.), *The Oxford Thesaurus* (Oxford, Oxford University Press, 1997), 447.

³⁴⁶ Udo Zölzer, *DAFX: Digital Audio Effects* (Chichester, John Wiley & Sons, Ltd., 2011), 21.

³⁴⁷ Idem.

³⁴⁸ Idem.

³⁴⁹ Idem.

³⁵⁰ Ibid, 20.

³⁵¹ Ibid, 3.

³⁵² Idem.

³⁵³ Idem.

³⁵⁴ Udo Zölzer, *DAFX: Digital Audio Effects*, 3 – 4.

isključivo na hardverske komponente, jeste podjela u odnosu na njihove perceptivne atribute, odnosno: prostornost, jačinu, boju i tonsku visinu.³⁵⁵ Na takav način, audio efekti podijeljeni su na: prostorne, dinamičke, ekvilajzerske efekte i modulacije tona i faze.



Slika 51: Hardverski audio efekat – prostornost (eng. *reverb*), BOSS RV-6 Reverb Pedal



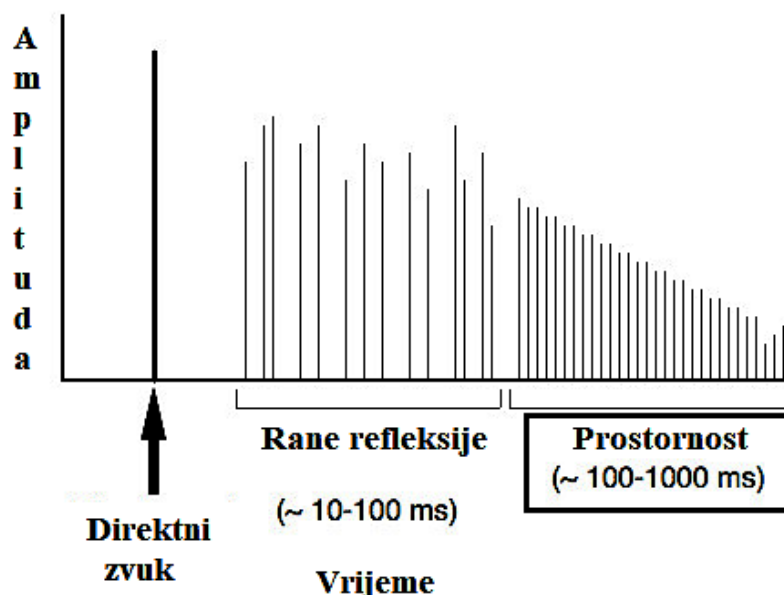
Slika 52: Softverski audio efekat – prostornost (eng. *reverb*) sa parametrima, TAL Reverb III³⁵⁶

³⁵⁵ Ibid, 7 – 8.

³⁵⁶ G. W. Childs, *Your Free Open Source Music Studio* (Boston: Course Technology, 2012), 58.

3.2.2.1. Prostorni efekti

Prostornost (eng. *reverb*) odnosi se na emuliranje efekta akustike različitih tipova prostora, odnosno atmosfere³⁵⁷ i rezonance.³⁵⁸ Fizičko ponašanje prostorije³⁵⁹ mjeri se prostornim vremenom (eng. *reverb time*) i označava kao RT60.³⁶⁰ Vrijeme raspada zvuka za tačno 60 dB, odnosno prostornost pada energije, označava najkvalitetniji tip akustike prostorija.³⁶¹ Proces efekta prolazi kroz tri faze: porast, stabilno stanje i opadanje prostornog polja.³⁶² Mjerenje prostornog vremena zavisi od spektralnog sadržaja inicijalnog signala³⁶³ odnosno raspona frekvencija, pa se zasebno može mjeriti prostorno vrijeme dubokih, srednjih i visokih frekvencija.³⁶⁴ Parametri prostornosti su prostorno vrijeme, količina basa i inicijalno vrijeme odjeka.³⁶⁵ Efekti koji spadaju u kategoriju prostornosti su: gluha soba (eng. *room*), velika soba (eng. *dry plate*), mala sala (eng. *wet plate*), sala (eng. *hall*) i crkva (eng. *church*).



Slika 53: Grafički prikaz efekta prostornosti³⁶⁶

³⁵⁷ Michael Hewitt, *Composition for Computer Musicians* (Boston: Course Technology, 2009), 140.

³⁵⁸ Alexander U. Case, *Sound FX: Unlocking the Creative Potential of Recording Studio Effects* (Burlington: Elsevier, 2007), 264.

³⁵⁹ Udo Zölzer, *DAFX: Digital Audio Effects*, 168.

³⁶⁰ Alexander U. Case, *Sound FX: Unlocking the Creative Potential of Recording Studio Effects*, 265.

³⁶¹ Idem.

³⁶² David Howard, Jamie Angus, *Acoustics and Psychoacoustics: Fourth Edition* (Oxford: Elsevier, 2009), 288.

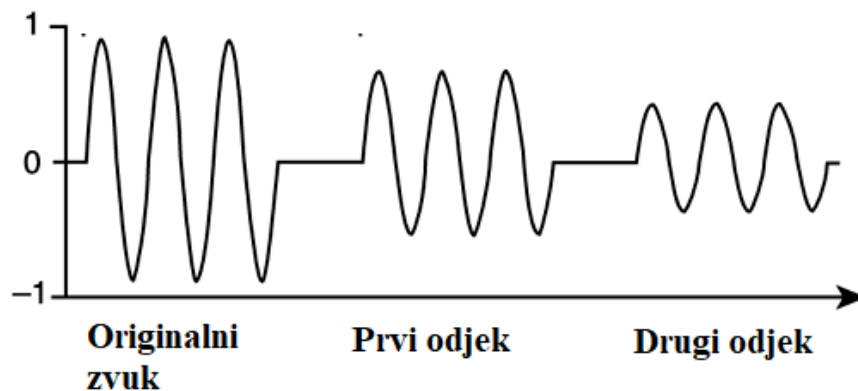
³⁶³ Alexander U. Case, *Sound FX: Unlocking the Creative Potential of Recording Studio Effects*, 265.

³⁶⁴ Idem.

³⁶⁵ Idem.

³⁶⁶ <https://www.practical-music-production.com/reverb.html>, 13. 08. 2018.

Odjek (eng. *delay*) jedan je od najčešće korištenih efekata u moduliranju audio signala. Odnosi se na eho, kašnjenje, koje traje nekoliko milisekundi nakon originalnog zvuka³⁶⁷, u zavisnosti od programiranja njegovih parametara i može se generirati putem softverske, hardverske, analogne ili digitalne tehnologije.³⁶⁸ Vrijeme odjeka uspostavlja se u odnosu na otkucaj (eng. *beat*)³⁶⁹, koji je ekvivalent milisekundama. Kalkulacija milisekundi postiže se dijeljenjem minute, odnosno 60 sekundi sa vrijednošću tempa, to jeste, otkucaja u minuti, koji se označava kao BPM (eng. *beats per minute*).³⁷⁰ Ako je tempo 160 BPM, $60/160 = 0,375$ odnosno 375 ms,³⁷¹ pa je, shodno tome, vrijeme osmine 187 ms a šesnaestine 93 ms. Kompleksniji pristup programiranju odjeka odnosi se na multiplikacije ili korištenje frakcija otkucaja.³⁷² U praksi, odjek se posmatra i dijeli u odnosu na njegovo trajanje. Ukoliko traje kraće od 20 ms, naziva se kratkim odjekom, dok trajanje između 20 i 50 ms označava srednji, a trajanje duže od 50 ms, dugi odjek.³⁷³ Sljedeća grupa efekata spada u kategoriju odjeka: rane refleksije (eng. *early reflections*), unakrsni odjeci (eng. *cross delay*), sekvencirani odjeci (sequence delay), prostorno-dinamični odjeci (eng. *auto-panning delay*), modulirajući odjeci (eng. *modulation delay*), odjeci kontrolisani simultanim tempima (eng. *multi-tap delay*) i obrnuti odjeci (eng. *reverse*).³⁷⁴



Slika 54: Grafički prikaz efekta odjeka

³⁶⁷ Michael Hewitt, *Composition for Computer Musicians*, 131.

³⁶⁸ Alexander U. Case, *Sound FX: Unlocking the Creative Potential of Recording Studio Effects*, 207.

³⁶⁹ Michael Hewitt, *Composition for Computer Musicians*, 131.

³⁷⁰ Idem.

³⁷¹ Idem.

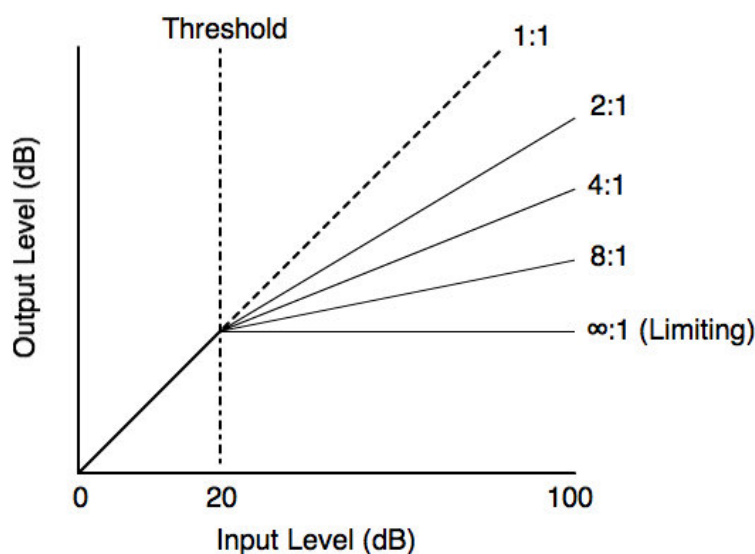
³⁷² Idem.

³⁷³ Alexander U. Case, *Sound FX: Unlocking the Creative Potential of Recording Studio Effects*, 214.

³⁷⁴ Michael Hewitt, *Composition for Computer Musicians*, 137.

3.2.2.2. Dinamički efekti

Pojačavanje audio signala rezultira njegovim obogaćivanjem, kroz moguće uvođenje efekta raštimavanja tonske visine ili fluktuacije talasa,³⁷⁵ što je moguće komparirati sa korištenjem tehnika flatercunga, vibrata ili tremola u sviranju flaute.³⁷⁶ Deformacija frekvencijske ose odnosi se na promjenu spektralnih karakteristika³⁷⁷ inicijalnog signala, pa dinamički efekti imaju primarno funkciju kontrolora te pojačivača. Limiter je atenuator koji za svrhu ima ublažavanje visokih skokova amplitude zvuka,³⁷⁸ u svrhu spriječavanja neželjenih saturacija. Kompresor (eng. *compressor*) ograničava dubinu efekta, što je bazirano na rotaciji faze (eng. *phase rotation*) unutar efekta, odnosno stišavanju glasnih dijelova i pojačavanju tiših dijelova zvuka.³⁷⁹ Uzbunjivač (eng. *exciter*) je procesor signala koji naglašava ili opušta pojedine frekvencije signala sa svrhom modifikacije njegove boje.³⁸⁰ Tremolo je atenuator koji usporava modulaciju amplitude,³⁸¹ izdvajajući vrijednost (eng. *rate*) odnosno frekvenciju i dubinu modulacije, izvedenu iz karakteristika signala.³⁸²



Slika 55: Grafička reprezentacija aktivnosti limitera³⁸³

³⁷⁵ Udo Zölzer, *DAFX: Digital Audio Effects*, 447.

³⁷⁶ Idem.

³⁷⁷ Ibid, 450.

³⁷⁸ Alexander U. Case, *Sound FX: Unlocking the Creative Potential of Recording Studio Effects*, 139.

³⁷⁹ Udo Zölzer, *DAFX: Digital Audio Effects*, 132.

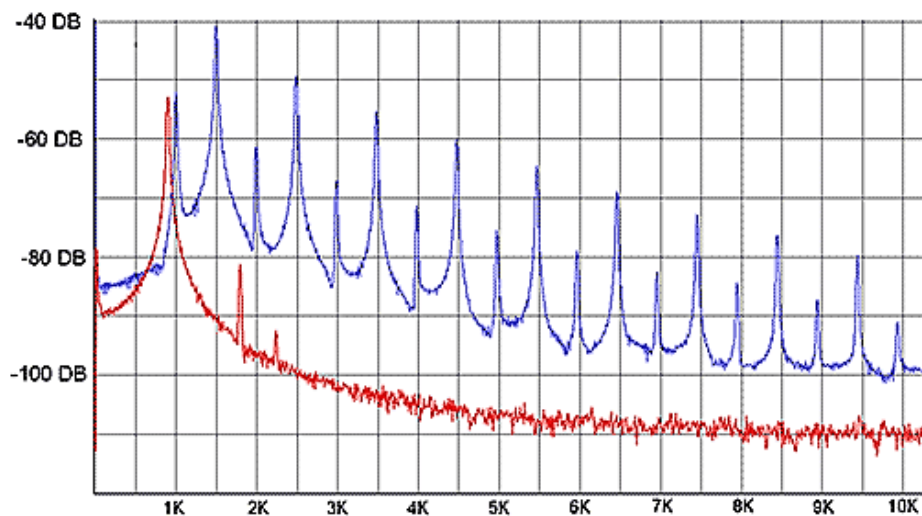
³⁸⁰ Idem.

³⁸¹ Alexander U. Case, *Sound FX: Unlocking the Creative Potential of Recording Studio Effects*, 185.

³⁸² Udo Zölzer, *DAFX: Digital Audio Effects*, 372.

³⁸³ <https://www.practical-music-production.com/audio-limiter.html>, 15. 08. 2018.

Distorzija (eng. *distortion*) je modifikacija ulaznog talasa signala po nelinearnom sistemu³⁸⁴ koja rezultira izobličenim izlaznim talasom³⁸⁵ te frekvencijom ekvivalentnom razlici dvije čiste frekvencije incijalnog signala.³⁸⁶ Proizvedeći nove spektralne komponente, ovaj efekat kompozitorima, izvođačima i inženjerima zvuka nudi neograničene mogućnosti kompleksnog oblikovanja boje³⁸⁷ kroz dinamičku manipulaciju parcijalima. Ukoliko je količina distorzije prevelika, gubi se fundamental. U grupu distorzija spadaju sljedeći efekti: prezasićena distorzija (eng. *overdrive*), analogni zapis (eng. *analog record*), simulacija pojačala (eng. *amplifier sim.*), simulacija trake (eng. *tape sim.*)³⁸⁸



Spektar distorzije

Slika 56: Grafički prikaz spektra distorziranog zvuka³⁸⁹

3.2.2.3. Ekvilajzerski efekti

Sistemi filtriranja ukupnog spektra zvuka koji omogućavaju manipuliranje pojedinačnim parametrima frekvencije, nazivaju se ekvilajzerskim efektima.³⁹⁰ Lanac pretvarača u

³⁸⁴ Udo Zölzer, *DAFX: Digital Audio Effects*, 590.

³⁸⁵ Alexander U. Case, *Sound FX: Unlocking the Creative Potential of Recording Studio Effects*, 89.

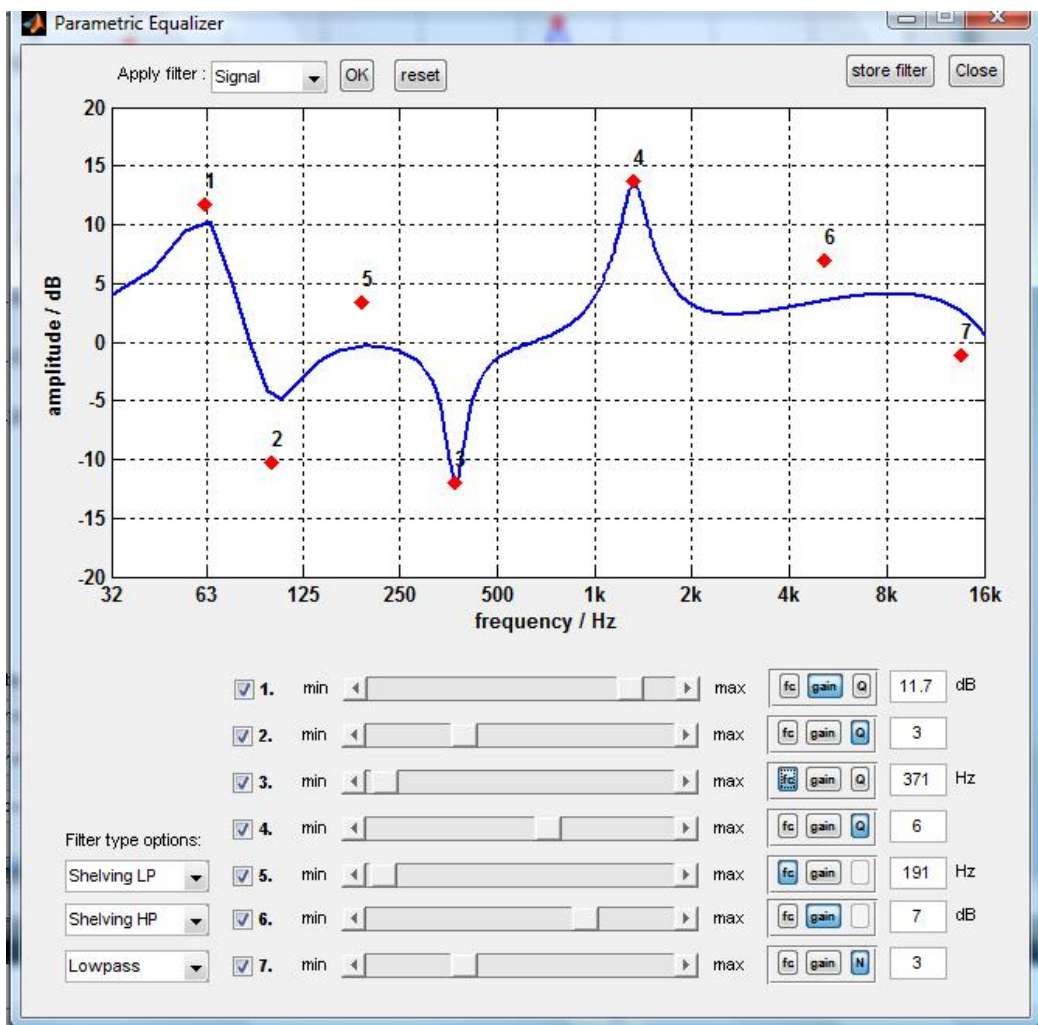
³⁸⁶ Ian Johnston, *Measured Tones: The Interplay of Physics and Music, Third Edition* (Boca Raton: CRC Press, 2009), 243.

³⁸⁷ Alexander U. Case, *Sound FX: Unlocking the Creative Potential of Recording Studio Effects*, 97.

³⁸⁸ Michael Hewitt, *Composition for Computer Musicians*, 137.

³⁸⁹ <https://www.passlabs.com/press/audio-distortion-and-feedback>, 17. 08. 2018.

konstrukciji navedenih efekata baziran je na odnosu filtera svojstvenih vremenskom domenu, faznog vokodera frekvencijskog domena i spektralnih modela frekvencijskog domena.³⁹¹ Kao takav, operatoru omogućava modifikaciju energije u svakom frekvencijskom opsegu kao i kalkulirane gubitke unutar lanca, kroz: kontrolu dobitka, centralne frekvencije i propusni opseg.³⁹² Stoga, ekvilajzerski efekti označavaju spektralne modifikatore.³⁹³ Među ekvilajzerske efekte spadaju: grafički (eng. *graphic equaliser*), parametrički (eng. *parametric equaliser*), grafička dinamika (eng. *graphic dynamics*), filter (eng. *filter*) i vah-vah (eng. *wah-wah*).³⁹⁴



Slika 57: Prikaz parametričkog ekvilajzera – grafikon i parametri³⁹⁵

³⁹⁰ Udo Zölzer, *DAFX: Digital Audio Effects*, 590.

³⁹¹ Udo Zölzer, *DAFX: Digital Audio Effects*, 19.

³⁹² Idem.

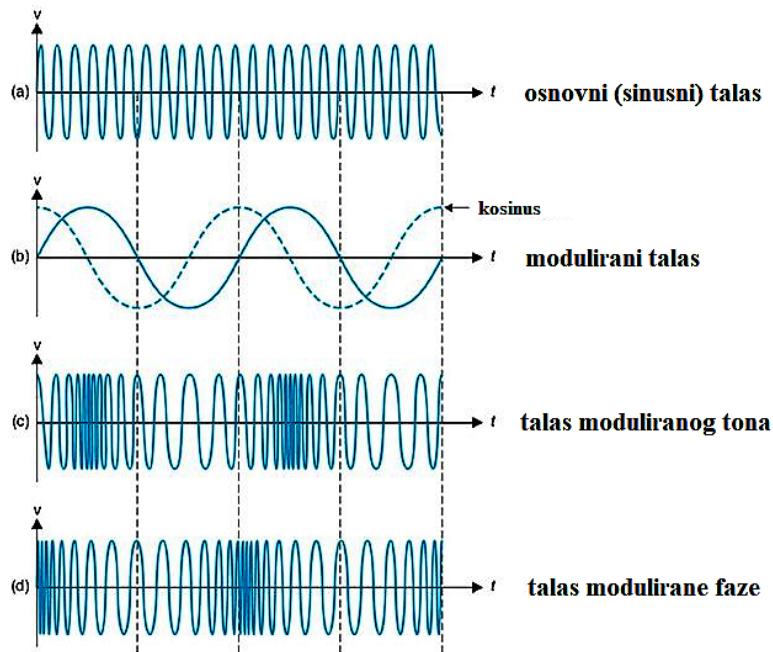
³⁹³ Alexander U. Case, *Sound FX: Unlocking the Creative Potential of Recording Studio Effects*, 103.

³⁹⁴ Michael Hewitt, *Composition for Computer Musicians*, 137.

³⁹⁵ <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/19292-7-band-parametric-equalizer>, 17. 08. 2018.

3.2.2.4. Modulacije tona i faze

Modulacija tona odnosi se na moduliranje frekvencije talasa pomoću drugog talasa odnosno modulatora.³⁹⁶ Modulacija faze je promjena pozicije ciklusa talasa izazvana drugim signalom odnosno kontrolorom.³⁹⁷ Faza je trenutna pozicija periodičnog ciklusa talasa³⁹⁸ i sastavni je dio modulacije tona,³⁹⁹ dok je za modulaciju faze, direktno proporcionalna moduliranom signalu.⁴⁰⁰ Modulacija tona i faze odnosi se na efekte koji uključuju kombinaciju dva procesa sa svrhom promjene fundamentalnih frekvencija tonova što čini generalni zvuk bogatijim i punijim. U ovu grupu efekata spadaju: korus (eng. *chorus*), flendžer (eng. *flanger*), prstenasti modulator (eng. *ring modulator*), rotirajući zvučnici (eng. *rotary speakers*), faznik (eng. *phaser*), izmjenjivač tona (eng. *pitch shifter*) i vibrato (eng. *vibrato*).



Slika 58: Grafički prikaz talasa: a) osnovni talas, b) modulirani talas i njegov kosinus, c) modulacija tona, d) modulacija faze⁴⁰¹

³⁹⁶ Mitch Gallagher, *The Music Tech Dictionary: A Glossary of Audio-Related Terms and Technologies* (Boston: Course Technology, 2009), 78.

³⁹⁷ Ibid, 156.

³⁹⁸ Ibid, 155.

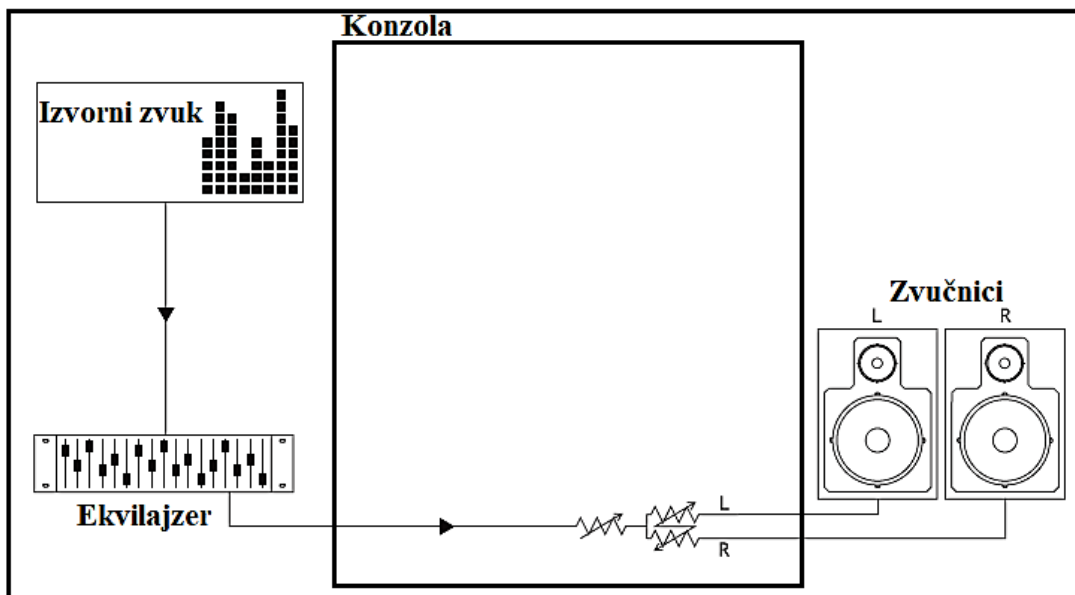
³⁹⁹ Udo Zölzer, *DAFX: Digital Audio Effects*, 87.

⁴⁰⁰ Idem.

⁴⁰¹ <https://slideplayer.com/slide/4348501/>, 18. 08. 2018.

3.2.2.5. Multi-efekti

Više različitih efekata u jednom sistemu odnosno signalnom procesoru, naziva se multi-efektom.⁴⁰² Najčešći set efekata u sistemu je kombinacija filtera, ekvilajzera, kompresora, odjeka, koji mogu učestvovati u modulaciji zvuka zasebno ili u različitim konekcijama.⁴⁰³ Postoje dva osnovna tipa konekcija unutar multi-efekt procesora, koja su osnova procesa modifikacije zvuka, serijska i paralelna konekcija. Serijska konekcija znači da signal u formi jednog izlaza prolazi kroz određeni efekat i kao takav se povezuje sa svakim sljedećim efektom. Paralelna konekcija podrazumijeva dva ili više izlaza signala koji se istovremeno dijele na više procesa odnosno prolaze kroz više efekata. Kompleksniji sistem povezivanja odnosi se na kombinovane tipove konekcija (serijsko-paralelne ili paralelno-serijske) u koju spada i sistem unakrsne konekcije. Kombinovani tip konekcije na ulazu sistema znači da se unutar cijelog sistema formira više lanaca, unutar ulaza i direktne modifikacija zvuka te daljih sistema povezivanja efekata odnosno programiranja modifikacija. Na isti način funkcioniše i unakrsna konekcija, koja pri ulazu signala kombinuje serijski i paralelni ulaz a u daljem procesu omogućava povezivanje efekata aktiviranih u različitim kanalima.

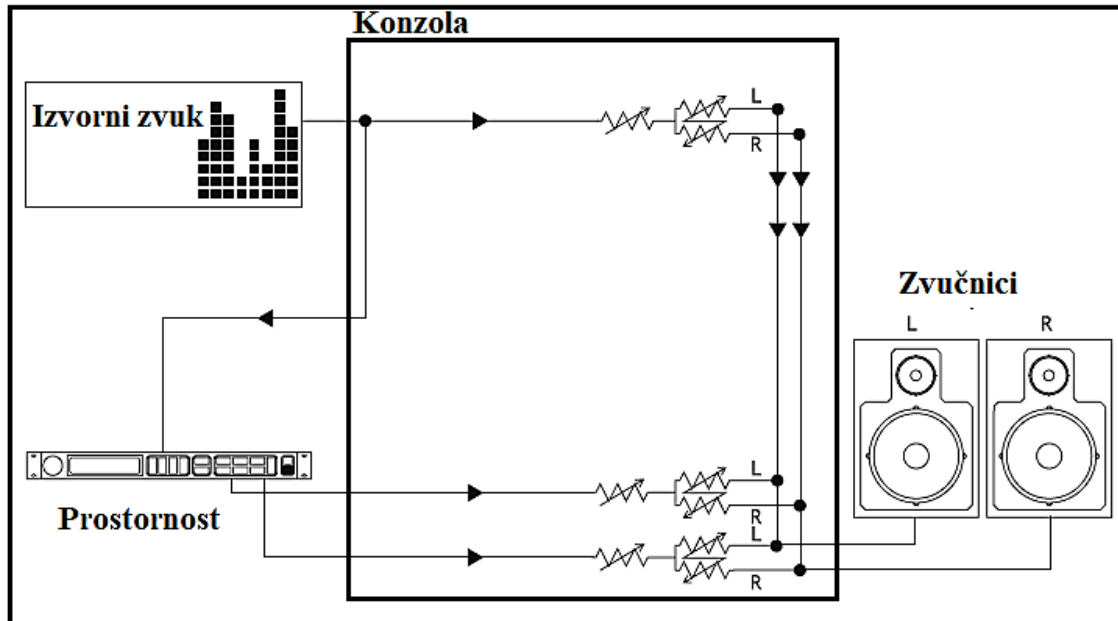


Slika 59: Serijska konekcija⁴⁰⁴

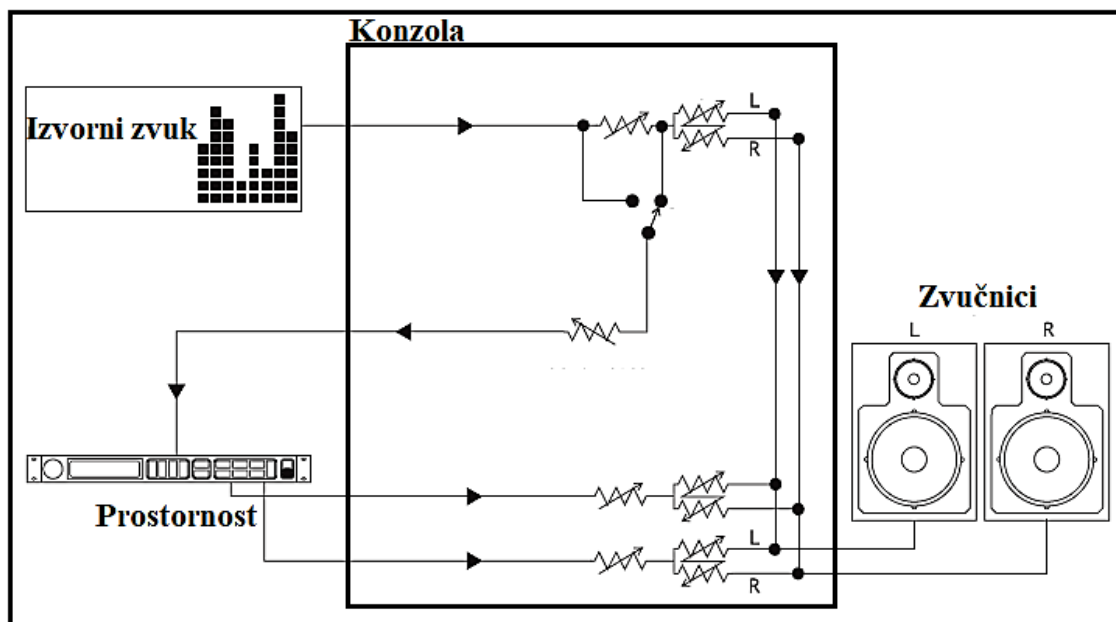
⁴⁰² Udo Zölzer, *DAFX: Digital Audio Effects*, 591.

⁴⁰³ Alexander U. Case, *Sound FX: Unlocking the Creative Potential of Recording Studio Effects*, 55.

⁴⁰⁴ *Ibid*, 57.



Slika 60: Paralelna konekcija⁴⁰⁵



Slika 61: Kombinovana (serijsko-paralelna) konekcija⁴⁰⁶

⁴⁰⁵ Ibid, 56.

⁴⁰⁶ Ibid, 58.

Multi-efekti, bez obzira da li se radilo o analognim ili digitalnim, mogu biti hardverski i softverski. Iako je korištenje softverskih sistema u izvođenju elektroakustičke muzike uobičajena praksa, hardverdske odnosno fizičke komponente izvođaču omogućavaju puno brži i direktniji kontakt sa kontrolorima u realnom vremenu.



Slika 62: Digitalni multi-efekt procesor, BOSS VE – 20 Vocal Performer Pedal⁴⁰⁷

3.2.2.6. Hardverski analogni moduli

Analogni moduli su bazirani na tranzistorskoj tehnologiji ali mogu sadržati i mikroprocesor koji nije u arhitekturi audio signala, već služi za memorisanje zvuka ili neke intervencije na njega. Podrazumijevaju vremenski kontinuirani signal odnosno električni napon, što znači da u specifičnim uslovima, samostalno proizvode zvuk. Tranzistor je poluvodička komponenta⁴⁰⁸ koja reguliše i kontroliše količinu struje, kako samostalno tako i putem različitih otpornika i drugih komponenti sklopa.⁴⁰⁹ Osnovni elementi operacije bilo kojeg elektronskog sistema su: izvor ulaznog signala odnosno napajanje te sklopovi koji izvode određene funkcije u svrhu postizanja izlaznog signala.⁴¹⁰ Napon ili struja, odnosno količina elektriciteta predstavlja talasni oblik, što je funkcija vremena.⁴¹¹ U funkciji zapisa algebre, odnosno niza međusobno

⁴⁰⁷ <https://www.boss.info/us/products/ve-20/>, 18. 08. 2018.

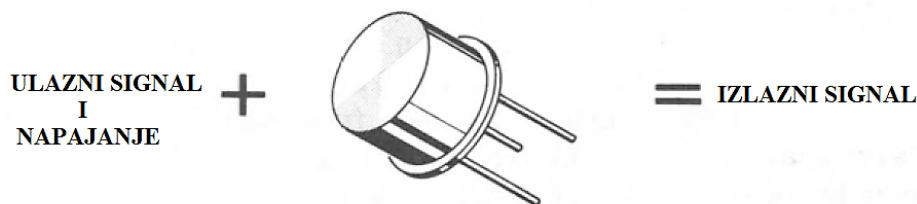
⁴⁰⁸ Mitch Gallagher, *The Music Tech Dictionary: A Glossary of Audio-Related Terms and Technologies*, 218.

⁴⁰⁹ Charles A. Pike, *Transistor Fundamentals Vol. 2: Basic Transistor Circuits* (Indianapolis: Howard W. Sams & Co., Inc., 1968), 17.

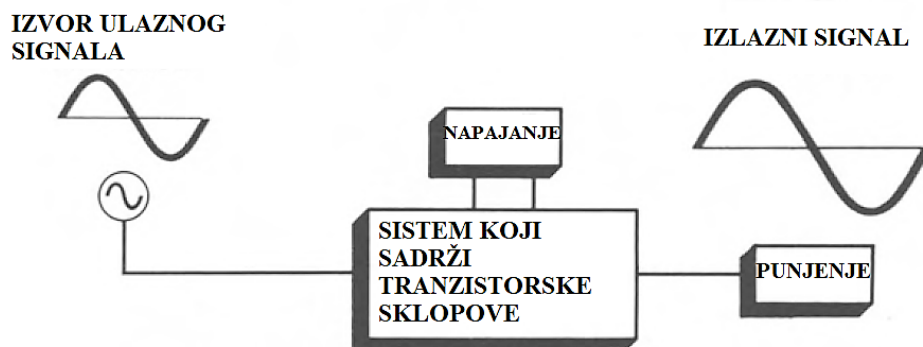
⁴¹⁰ Ibid, 14.

⁴¹¹ Dennis L. Feucht, *Handbook of Analog Circuit Design* (Amsterdam: Elsevier Science, 2014), 3.

povezanih elemenata, talasni oblik se može označiti kao $v(t)$, gdje je v napon i t vrijeme.⁴¹² Tranzistor je uređaj konverzije struje obezbjeđene napajanjem u željeni izlaz struje, kontrolisan ulaznom strujom.⁴¹³ Izlazni signal je povećana verzija ulaznog signala, što je rezultat uticaja sklopova koji se nazivaju pojačivačima.⁴¹⁴ Postoji nekoliko tipova tranzistora, no najčešći su: bipolarni tranzistor (eng. *bipolar junction transistor – BJT*) i unipolarni odnosno tranzistor s efektom polja (eng. *field effect transistors –FET*). Osnovni bipolarni tranzistor sadrži tri terminala: kolektor, bazu i emiter.⁴¹⁵ Kada je tranzistor u funkciji pojačala, velika količina napona je primjenjena u kolektoru, dok je izvorni signal (kao što je npr. audio signal), primijenjen na bazu u svrhu kontrolisanja napona-napajanja.⁴¹⁶ Izlazni signal na emiteru je značajno veći, pa predstavlja pojačan izvor napona.⁴¹⁷



Primjer: Tranzistor⁴¹⁸



Slika 63: Osnovni elementi elektronskog sistema⁴¹⁹

⁴¹² Idem.

⁴¹³ Charles A. Pike, *Transistor Fundamentals Vol. 2: Basic Transistor Circuits*, 17.

⁴¹⁴ Ibid, 15.

⁴¹⁵ Mitch Gallagher, *The Music Tech Dictionary: A Glossary of Audio-Related Terms and Technologies*, 218.

⁴¹⁶ Idem.

⁴¹⁷ Idem..

⁴¹⁸ Charles A. Pike, *Transistor Fundamentals Vol. 2: Basic Transistor Circuits*, 13.

⁴¹⁹ Ibid, 14.

Analogni moduli korišteni u ovom istraživanju spadaju u grupu *Moogerfooger's* i predstavljaju sisteme direktno izvedene iz originalnih modularnih sintisajzera kompanije Moog, baziranim na najsavremenijim analognim kolima⁴²⁰, a to su MF-108M Cluster Flux, MF-101 Low Pass Filter i MF-102 Ring Modulator.



Slika 64: Analogni moduli iz grupe MOOG Moogerfooger MF: 108M Cluster Flux Pedal⁴²¹, MF-101 Low Pass Filter⁴²² i MF-102 Ring Modulator⁴²³

3.2.3. Korisnički interfejs flaute sa modularnim sistemima

Interfejs između flaute i modularnih sistema je mikrofoni. Modularni sistem se u kontekstu korisničkog interfejsa odnosi na povezivanje fizičkih modula. Interfejs između svih komponenti elektroakustičkog lanca su kablovi, različite vrste povezača. Korisnički interfejs u kontekstu modula su kontrolne ploče sa svim sredstvima unošenja podataka i pokretanja procesa, od strane izvođača. Dakle, interfejs između izvođača i flaute sa

⁴²⁰ <https://www.moogmusic.com/products/moogerfoogers/>, 20. 08. 2018.

⁴²¹ <https://www.sweetwater.com/store/detail/Clusterflux--moog-moogerfooger-mf-108m-cluster-flux-pedal>, 20. 08. 2018.

⁴²² <https://www.sweetwater.com/store/detail/MF101--moog-moogerfooger-mf-101-lowpass-filter-pedal>, 20. 08. 2018.

⁴²³ <http://www.boutiquepedalnyc.com/product/434>, 20. 08. 2018.

modularnim sistemom, zasebnog interfejsa, jeste korisnički interfejs koji znači poznavanje karakteristika svih uključenih elemenata, njihovih veza i mogućnosti. To uključuje kako simultanu fizičku kontrolu flaute i modularnog sistema, to jeste momentalnih modulacija zvuka, tako i kontrolu u kontekstu uspostavljanja samostalnih procesa interfejsa: naslojavanja zvukova snimljenih u realnom vremenu i njihovog smještanja u koncept vremena realizacije procesa te preprogramiranja modulacija zvuka, simulacije vještačke muzičke inteligencije.

3.2.3.1. Parametri efekata i kontrolori

Moduliranje audio signala bazirano je na postavci parametara efekata. U hardverskoj tehnologiji parametri su zastupljeni potencijometrima, klizačima i prekidačima, odnosno elektronskim komponentama u formi varijabilnih otpornika, koji se koriste za podešavanje nivoa napona u električnom kolu.⁴²⁴ U softverskoj tehnologiji, isti su simulirani. Neki od hardverskih uređaja posjeduju i ekran, koji prikazuje sve promjene prilikom operiranja parametrima, izražene u brojevima. Neki od najznačajnijih parametara su vrijeme (eng. *time*), količina (eng. *amount*), dubina (eng. *depth*) i frekvencija (eng. *frequency*). Sljedeća tabela prikazuje osnovne specifikacije hardverskog analognog modula MOOG Moogerfooger MF: 108M Cluster Flux Pedal.

Osnovne specifikacije: MF-108M Cluster Flux⁴²⁵	
Prednja ploča	
TIME (Vrijeme)	Mogućnost prilagođavanja vremena odlaganja od 0.6 – 10 mS u Flanger i 5 mS do 50 mS u režimu Chorus
RANGE (Opseg)	Izbor između režima Flanger i Chorus
FEEDBACK (Povratni signal)	Kontinuirana kontrola (bez povratne informacije do beskonačnih povratnih informacija) i Bi-Polar kontrola (mogućnost isticanja neparnih harmonika povratne informacije)

⁴²⁴ Mitch Gallagher, *The Music Tech Dictionary: A Glossary of Audio-Related Terms and Technologies*, 161.

⁴²⁵ <https://www.moogmusic.com/products/moogerfoogers/mf-108m-cluster-flux#specs-tab>, 20. 08. 2018.

DRIVE (Snaga pojačivača)	Mogućnost postizanja između -7dB i +28dB dobitka ili slabljenja ulaznog signala – za optimalnu putanju signala, izobličenje i usklađivanje nivoa zvuka
OUTPUT (Izlazna snaga)	Mogućnost postizanja dobitka ili slabljenja ulaznog signala za kompatibilnost sa širokim spektrom ulaznih uređaja
MIX (Mikser)	Cross fader kontrola – mogućnost promjene količine mokrog ili suhog signala na izlazu
LFO (Niskofrekventni oscilator)	Rotacijski prekidač za odabir šest oblika talasa niskofrekventnog oscilatora za modulaciju odjeka: sinusni, trouglasti, kvadratni, rampe, testere i randomizirajući stepenasti talas
LFO RATE (Brzina odnosno frekvencija niskofrekventnog oscilatora)	Podešavanje brzine (frekvencije) niskofrekventnog oscilatora, od 0.05 Hz do 50 Hz
LFO AMOUNT (Količina učesća niskofrekventnog oscilatora)	Kontrola količine vremena odlaganja modulacije niskofrekventnog oscilatora
LED svjetla i prekidači	
RATE (Brzina/frekvencija)	LED svjetlo sa dvije boje koje pokazuje brzinu i oblik talasa niskofrekventnog oscilatora kao i izvor kontrole
MIDI (Midi)	LED svjetlo sa dvije boje za prikaz prisustva MIDI
LEVEL (Izlazna snaga)	LED svjetlo sa dvije boje za prikaz nivoa ulaznog signala post drive kontole za optimalni nivo obrade
BYPASS (Propuštanje ili preusmjerenje signala)	LED svjetlo sa dvije boje koje označava da li je efekat uključen
TAP (Regulacija brzine/frekvencije niskofrekventnog oscilatora putem dodira)	Strujni prekidač za podešavanje brzine niskofrekventnog oscilatora
BYPASS SWITCH (LED kontrola za usmjeravanje ili propuštanje signala)	Strujni prekidač za usmjeravanje ili propuštanje signala
Zadnja ploča	

AUDIO IN (Ulaz za audio signal)	Ulaz za audio signal
LEFT/MONO AUDIO OUT (Izlaz za slušalice)	Izlaz za slušalice sa podesivom snagom signala
RIGHT/STEREO OUT (Izlazni prekidač, stereo)	Drugi izlazni prekidač koji se može konfigurirati za stereo izlaz
FEEDBACK, TIME, LFO RATE, MIX, LFO AMOUNT (Ulaz, pedalna kontrola)	Ulazi za kontrolu putem pedala
FEEDBACK INSERT (Ulaz, luping povratnog signala)	Ulaz za ubacivanje efekta u luping povratnog signala
MIDI IN (Ulaz, MIDI)	Ulaz za MIDI kontrolu

Vrijeme u nekim efektima se pojavljuje pod oznakom brzina (eng. *rate*). Njim se utiče na vremenski interval nastupa, brzine ili trajanja određenog efekta. Količina je gotovo najprisutniji parametar u audio efektima. Ovim parametrom se utiče na količinu učešća nekog od drugih parametara prisutnih u istoj sekciji efekta. Primjer toga je uticaj parametra količine odjeka na njegovo miješanje sa izvornim signalom, što znači da on utiče na količinu odjeka. Dubina utiče na intenzitet učešća efekta. Za razliku od prethodnog parametra, ovaj parametar može u potpunosti anulirati izvorni signal ili da ga svojim učešćem promijeni do neprepoznatljivosti. U nekim efektima, ovim parametrom moguće je promijeniti i samu frekvenciju signala. Primjer upotrebe parametra dubine može se naći u efektu prostornosti gdje sam parametar utiče na frekvenciju i istovremeno, na boju izvornog signala. Frekvencija se najčešće koristi u ekvilajzerskim efektima. Ovim parametrom se određuje propusnost i blokada izvjesnih frekvencija. Pored ekvilajzerskih efekata i drugi efekti, kao što su distorzija, prstenasti modulator i korus, sadrže ovaj parametar. U navedenim efektima, on utiče na frekvencijske promjene izvornog signala direktno ili indirektno, kao modulator, prilikom čega se značajno mijenja zvučni spektar efekata. Kontrolorima se utiče na parametarske promjene, odnosno, postiže dinamika promjena vrijednosti parametara. Najčešći kontrolori su različite vrste pedala, senzori za pokrete i dodirni senzori. Pedale mogu svojim unipolarnim ili

bipolarnim učešćem djelovati na parametar određenog efekta. Neke pedale imaju mogućnost istovremene kontrole više parametara.



Slika 65: Efekat distorzija sa kontrolnom pedalom, BOSS DS – 1 Distortion⁴²⁶



Slika 66: Kontrolna pedala, MOOG EP – 3 Expression Pedal⁴²⁷

Senzori za pokrete mogu biti bazirani na infracrvenim svjetlima koja reaguju na pokret te na ta način prenose informacije na parametre efekta. Najčešće su unipolarni. Dodirni senzori su najstarija vrsta kontrolora. Primjer su klavijature na sintetizatorima zvuka, kontrolna traka (eng. *ribbon controller*), koji je posjedovao poznati sintetizator Yamaha CS 80.

⁴²⁶ <https://www.keymusic.com/item/boss-ds-1-distortion-40th-anniversary-limited-edition/>, 20. 08. 2018.

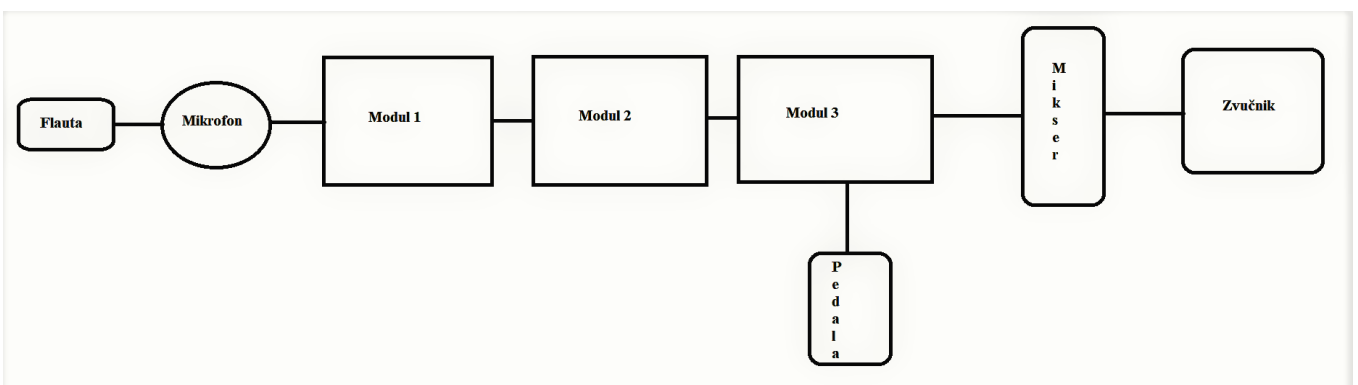
⁴²⁷ <https://www.humbuckermusic.com/products/moogep1mooge>, 20. 08. 2018.

3.2.3.2. Modularni sistemi

Modularni sistem je sastavljen od više povezanih modula odnosno audio efekata. Ova terminologija je prisutna još od početaka elektroakustičke i elektronske muzike jer su svi uređaji bili puno veći nego danas, zasebni te posjedovali svoja vlastita kućišta. Stoga, inženjeri su povezivajući više modula pravili sisteme koje nazivamo modularnim. Ovaj sistem povezivanja vrijedio je za sve module bazirane na analognoj tehnologiji. U današnjoj praksi, bez obzira da li se radi o analognoj ili digitalnoj tehnologiji, navedenim terminom se označava povezivanje više različitih fizičkih (digitalno-analognih) kao i simuliranih softverskih modula.. U ovom istraživanju modularne sisteme čine primarno analogni hardverski moduli te jedan multi-efekt procesor.

Postoje četiri osnovna tipa konekcije modula odnosno formiranja modularnih sistema: serijska, paralelna, kombinovana (serijsko-paralelna i paralelno-serijska) te unakrsna konekcija.

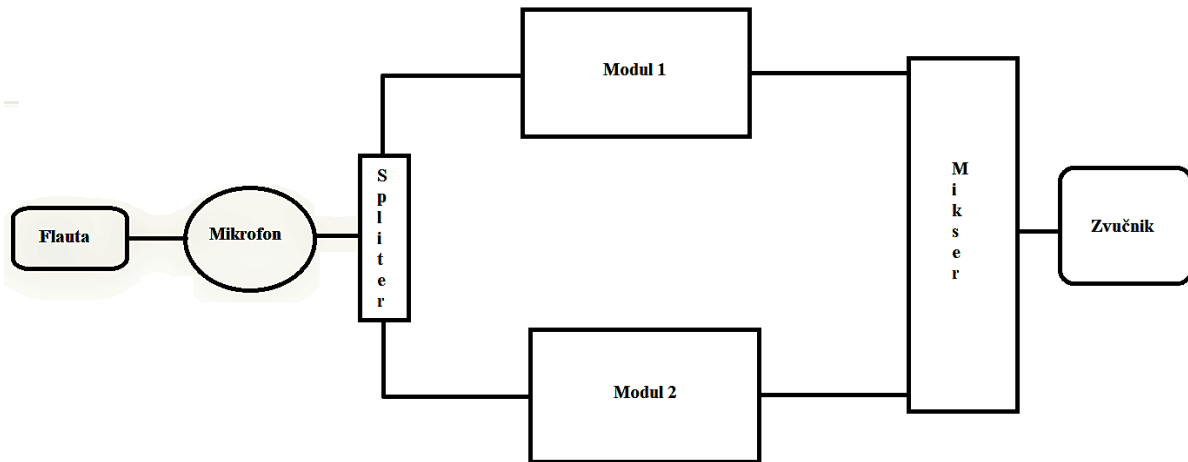
Serijska konekcija podrazumijeva linearnu vezu između modula što znači da signal može prolaziti kroz svaki pojedinačni modul i biti serijski modificiran. Ukoliko je aktivirana funkcija poveznik (eng. *bypass*) određenog modula, tada isti premišćuje signal između dva susjedna modula i ne učestvuje u modifikaciji zvuka. Serijska konekcija može biti analogna, digitalna ili kombinovana.



Slika 67: Serijska konekcija tri modula sa kontrolorom (pedalom)

Paralelna konekcija modula zahtijeva splitter ili razdvajač signala, odnosno komponente koje signal dijele na dva ili više kanala te ga šalju odvojene u pojedinačne module. Izlaz iz ove

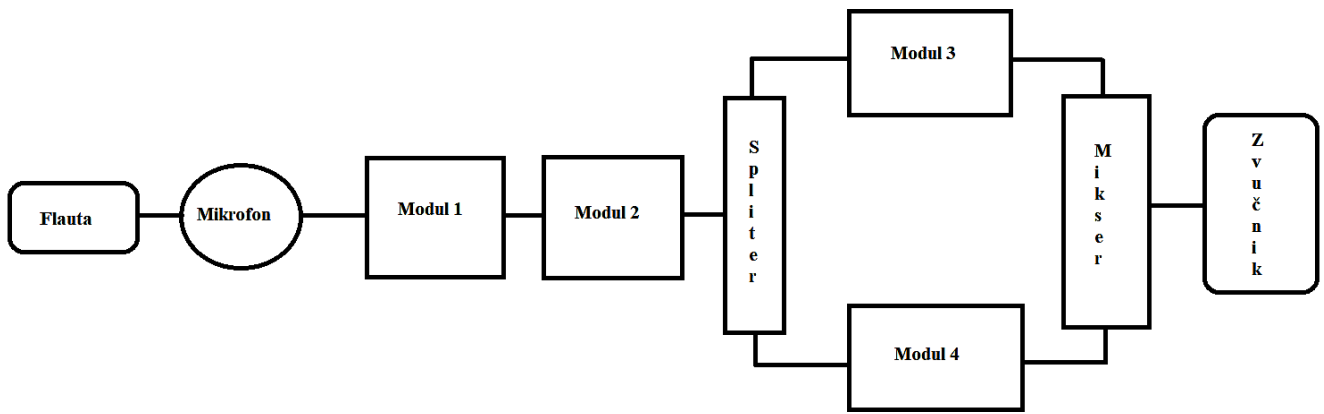
konekcije se putem odvojenih kanala u mikseru šalje na zajednički izlaz ka zvučnicima. Ovaj princip je višekanalnog karaktera. Prednost ovog sistema, za razliku od serijske konekcije jeste u mogućnosti pojedinačnog obrađivanja modula u snimanju zvuka.⁴²⁸



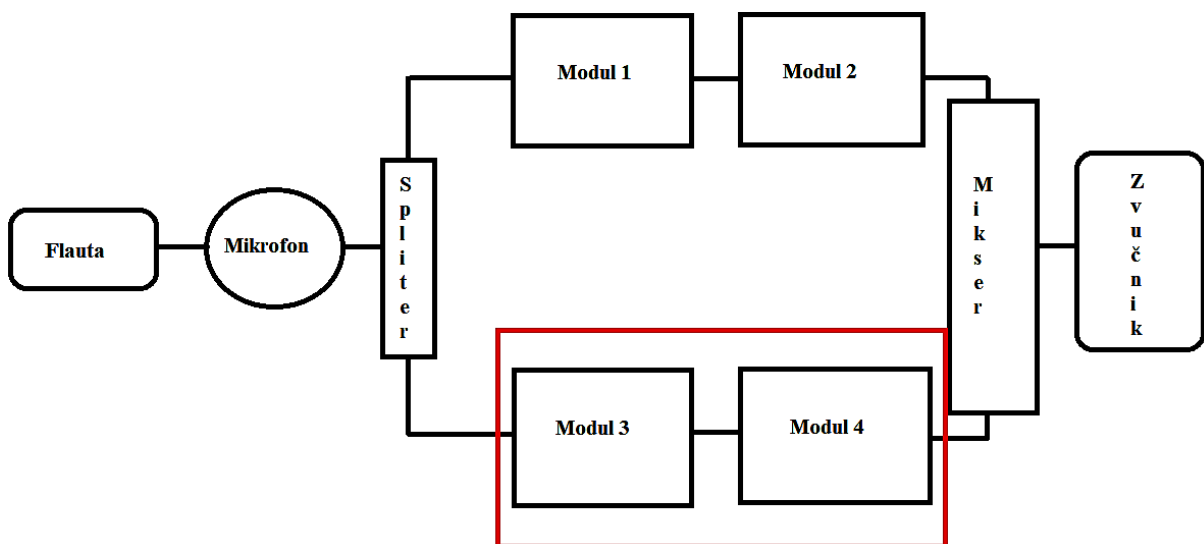
Slika 68: Spliter signala i paralelna konekcija dva modula

Kombinovana konekcija predstavlja kombinaciju prethodno navedena dva tipa te se dijeli na: serijsko-paralelnu i paralelno-serijsku konekciju. Razlika između njih je način ulaska signala u modularni sistem. Serijsko-paralelna konekcija podrazumijeva ulazak signala u jedan modul i naknadno dijeljenje odnosno slanje istog u ostale komponente putem splitera ili razdvajачa signala. Paralelno-serijska konekcija funkcioniše po principu istovremenog razdvajanja inicijalnog signala na više kanala koji naknadno prolaze kroz serijsku vezu modula. Ova serijska veza je višekanalna.

⁴²⁸ Alexander U. Case, *Sound FX: Unlocking the Creative Potential of Recording Studio Effects*, 57.

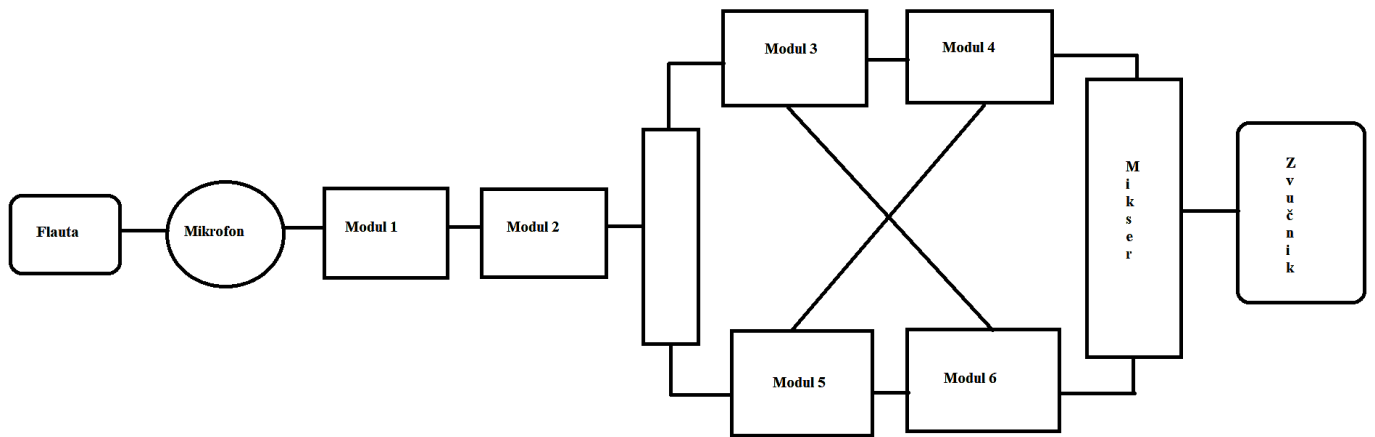


Slika 69: Serijsko-paralelna konekcija

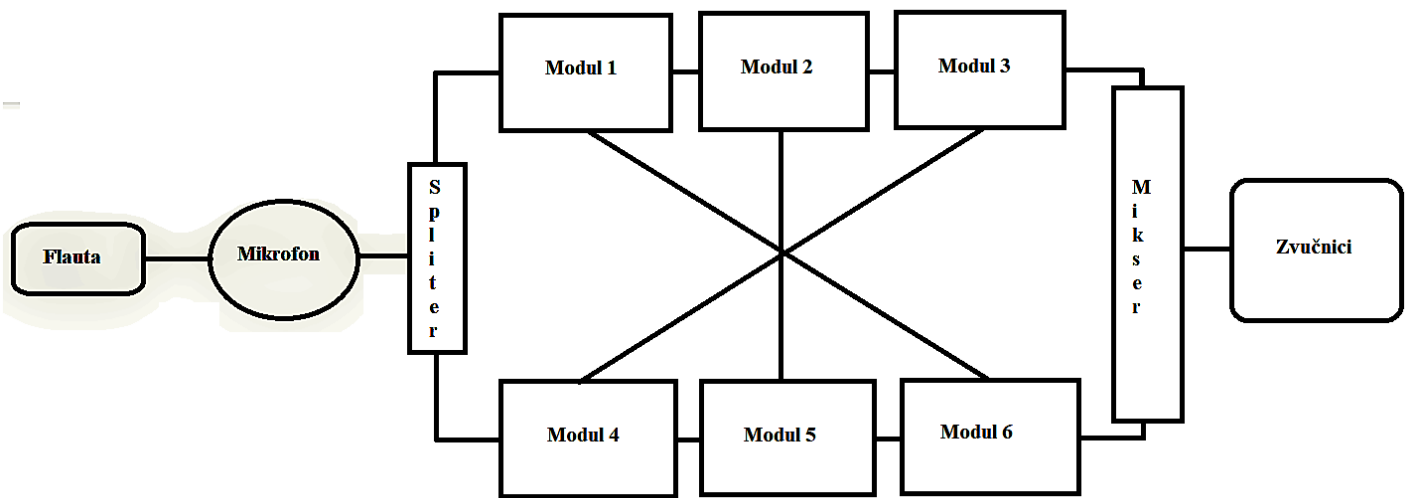


Slika 70: Paralelno-serijska koncekcija

Unakrsna konekcija može se bazirati na kombinovanoj konekciji, što znači da je ulazak signala u sistem najprije serijski a zatim paralelni ili obrnuto. Pojedinačni moduli se vezuju za module prisutne u različitim kanalima, što omogućava kompleksne kombinacije protoka signala.



Slika 71: Unakrsna konekcija, serijsko-paralelni ulaz signala



Slika 72: Unakrsna konekcija, paralelno-serijski ulaz signala

3.2.3.3. Programiranje modulacija analognog signala i spektralna analiza

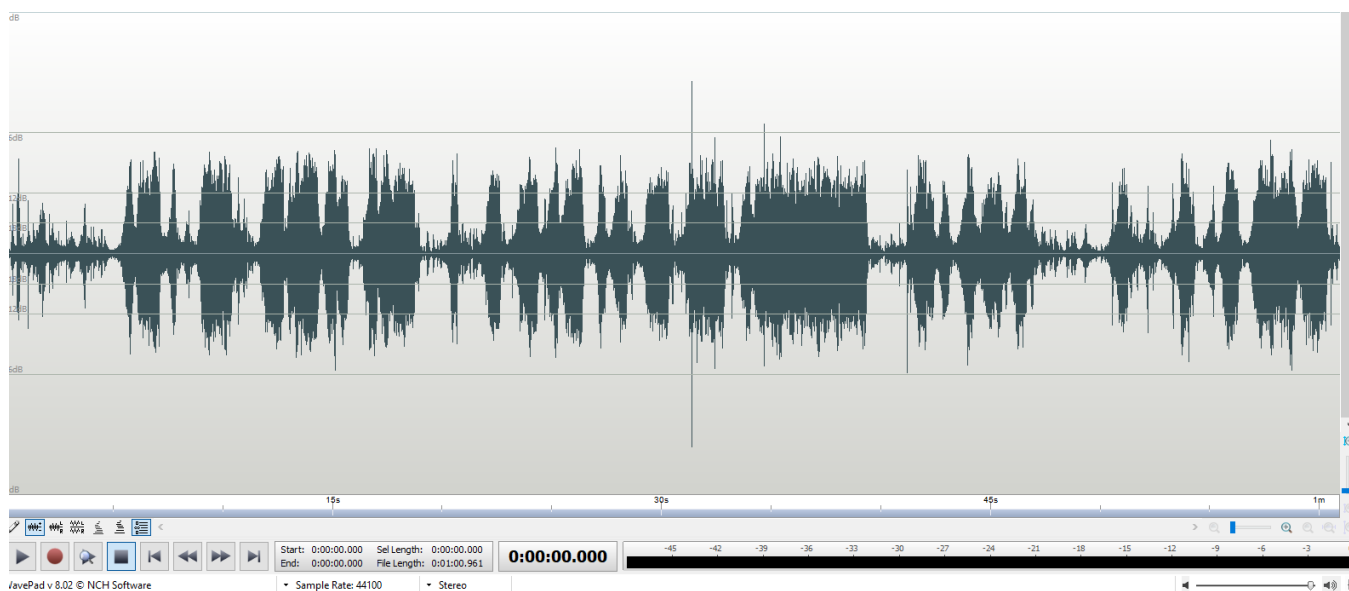
U nastavku će biti prikazane dvije modulacije u vidu uputstava za preprogramiranje, prikaza signala snimljene modulacije u trajanju od jedne minute te spektralne analize sa informacijama o rasponu frekvencija i tonskih visina te dobiti (snage koja se dodaje audio signalu neposredno na ulazu istog u mikser). Obje modulacije bazirane su na modularnom sistemu koji čine sljedeći moduli iz grupe Moogerfooger - MOOG Moogerfooger MF: 108M Cluster Flux Pedal, MF-101 Low Pass Filter i MF-102 Ring Modulator i na naponskoj kontroli (*eng. CV Control - control voltage*). Naponska kontrola, dakle kontrola putem napona struje označava komunikaciju između dva ili više analognih modula, koja se sprovodi kablovima $\frac{1}{4}$ ili $\frac{1}{8}$. Spektralna analiza sprovedena je putem programa Wave Pad i alata TFFT (*eng. Time-Based Fast Fourier Transform*), koji koristi boje za prikaz intenziteta spektralnih informacija snimljenog signala.⁴²⁹

Modulacija I

Naponska kontrola (<i>eng. CV Control - control voltage</i>)						Tempo	Pulsacija	
						$\frac{1}{4} = 62$	8/1	
MF-108M Cluster Flux								
DELAY						LFO		
TIME	RANGE	FEEDBACK	DRIVE	OUTPUT LEVEL	MIX	WAVE	RATE	AMOUNT
6, 4	Flange	+ ∞	10 h	12 h	100%	random	ca. 9	9, 2
MF-101 Low Pass Filter								
ENVELOPE						FILTER		
AMOUNT	S/F	MIX	DRIVE	CUTOFF	2POLE/4POLE	RESONANCE		
5	Fast	10	2	500 Hz	2	6, 3		
MF-102 Ring Modulator								
LFO						MODULATOR		

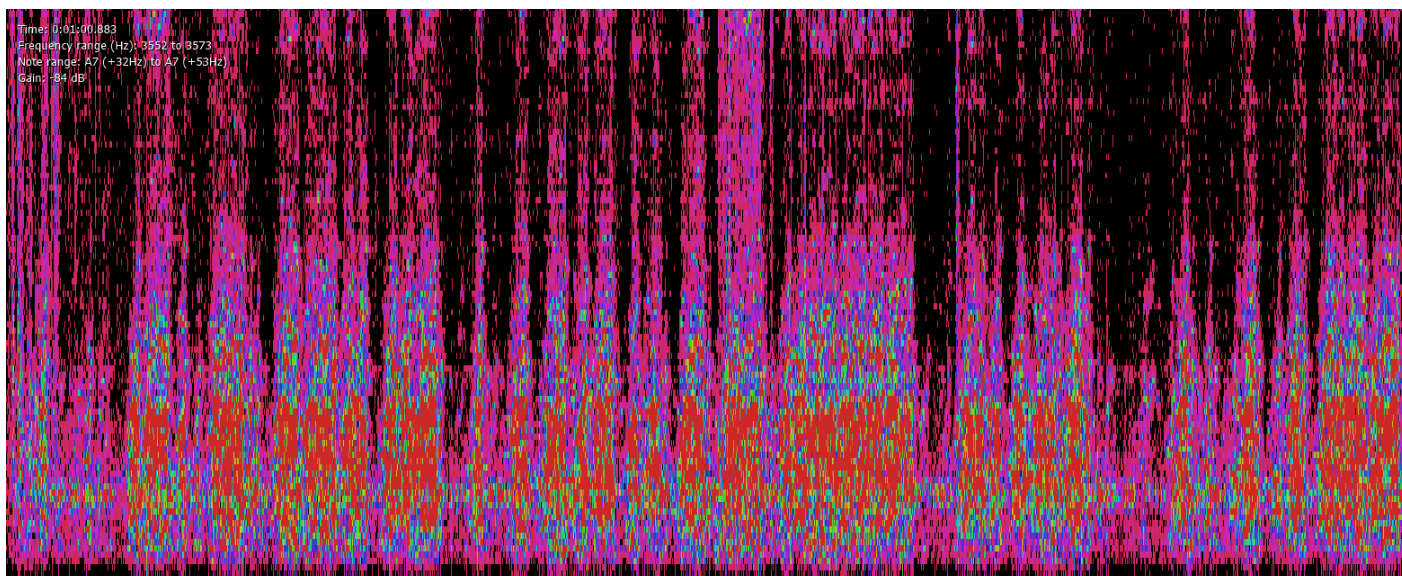
⁴²⁹ <http://help.nchsoftware.com/help/en/wavepad/win/frequencyanalysis.html>

AMOUNT	WAVE	RATE	DRIVE	MIX	LO/HI	FREQUENCY
10	Square	25 Hz	1,5	10	High	20 kHz



Slika 73: Prikaz signala snimljene modulacije I

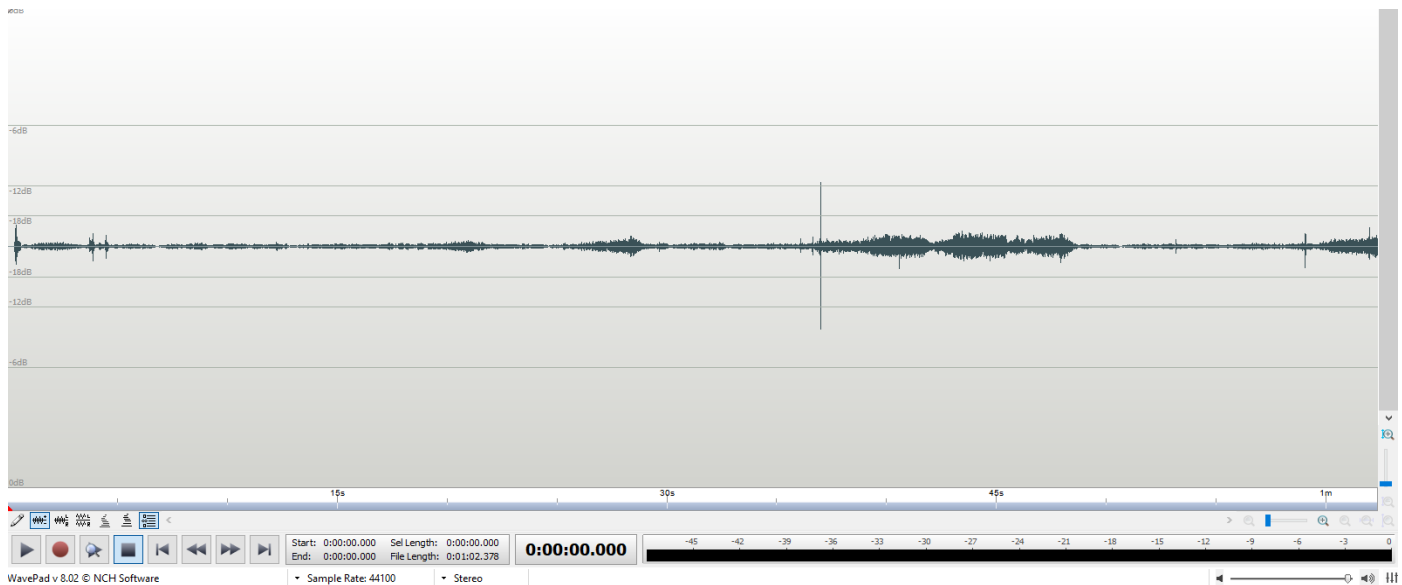
Trajanje snimka	0:01:00.883
Raspon frekvencija	3552 Hz do 3573 Hz
Raspon tonских visina	A7 (+32 Hz) do A7 (+53 Hz)
Dobit	-84 dB



Slika 74: Spektralna analize modulacije I

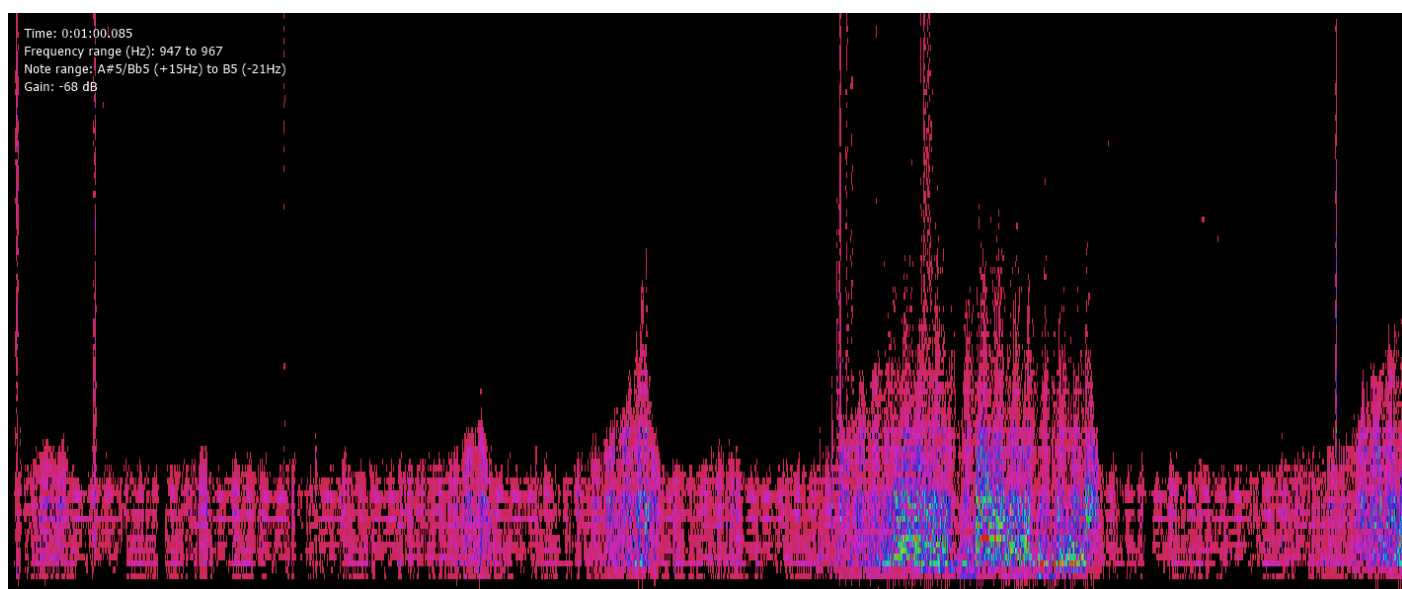
Modulacija II

Naponska kontrola (<i>eng. CV Control - control voltage</i>)						Tempo	Pulsacija	
						$\frac{1}{4} = 62$	8/1	
MF-108M Cluster Flux								
DELAY						LFO		
TIME	RANGE	FEEDBACK	DRIVE	OUTPUT LEVEL	MIX	WAVE	RATE	AMOUNT
8	Chorus	- ∞	12 h	1 h	4	random	8	9, 5
MF-101 Low Pass Filter								
ENVELOPE						FILTER		
AMOUNT	S/F	MIX	DRIVE	CUTOFF	2POLE/4POLE		RESONANCE	
3, 8	Fast	10	1, 5	250 Hz	4		8	
MF-102 Ring Modulator								
LFO						MODULATOR		
AMOUNT	WAVE	RATE	DRIVE	MIX	LO/HI	FREQUENCY		
9	Sine	25	12	10	Low	80 Hz		



Slika 75: Prikaz signala snimljene modulacije II

Trajanje snimka	0:01:00.085
Raspon frekvencija	947 Hz do 967 Hz
Raspon tonskih visina	A#5/Bb5 (+15 Hz) do B5 (-21 Hz)
Dobit	-68 dB



Slika 76: Spektralna analiza modulacije II

4. UMJETNIČKI PROJEKAT

Program umjetničkog projekta⁴³⁰ koji je predmet istraživanja ovog rada, čini šest kompozicija koje prezentiraju četiri kategorije elektroakustičke muzike za flautu. Prva se odnosi na ozvučenu flautu i predstavljena je kompozicijama *Cycling* za ozvučenu flautu, Panajiotisa Kokorasa (Panayiotis Kokoras) i *Open Cluster M45* za ozvučenu bas flautu Dominika Karskog (Dominik Karski). Druga kategorija odnosi se na djela za flautu i traku, *Synchronisms No. I* Marija Davidovskog (Mario Davidovsky) i *Mnemosyne* za bas flautu i traku Brajana Fernihaua (Brian Ferneyhough). Treća kategorija predstavljena je mojom kompozicijom za flautu/bas flautu i procesore (digitalni procesor BOSS VE-20 i modularni sistem *TransFlute*, serijska konekcija), pod nazivom *A Thousand Plateaus: Hommage a Deleuze&Guattari*. Četvrta kategorija koja se odnosi na kombinaciju žive elektronike i trake, predstavljena je kompozicijom *Koncert* za flautu, procesore (serijska konekcija) i traku, koju je Dino Rešidbegović napisao sa svrhom istraživanja potencijala flaute sa modularnim sistemom *TransFlute* uz traku odnosno snimak analognog modularnog sintetizatora Make Noise.

U ovom poglavlju predstavljene su navedene kompozicije, a istraživanje je usmjereno primarno na analizu specifičnih flautističkih tehnika, koje su korisnički interfejs kompozitora, to jest, na specifičnosti medija kompozicione arhitekture koja kontroliše procese kompletnog sistema,⁴³¹ bez obzira da li se radi o ozvučenoj flauti, sa trakom, modularnim sistemom, ili pak kombinaciji. Također, u predstavljanju kompozicija koje uključuju modularni sistem, ukazano je i na mjesta gdje izvođač eksperimentiše sa inteligentnom reakcijom sistema i tako, uslovno rečeno, uspostavlja interaktivni odnos.

⁴³⁰ Doktorski umjetnički projekt Hanan Hadžajlić realiziran je 5. oktobra 2018. godine u Studentskom kulturnom centru u Beogradu, u sklopu Međunarodne tribine kompozitora.

⁴³¹ Referiram se i podsjećam na dijagram u kojem je predstavljen lanac intereseja/metainterfejsa, u drugom poglavlju ovog rada, pod nazivom „Modularni sistem kao interfejs vještačke muzičke inteligencije“.

4.1. Panayiotis Kokoras: *Cycling* za ozvučenu flautu

Kompoziciju *Cycling* za ozvučenu flautu sa efektom prostornosti Panajiotis Kokoras napisao je 2009. godine, kao narudžbu projekta 'L' Arsenal wants you!' Premijerno ju je u Veneciji izveo flautista Mario Karoli (Mario Caroli). Partitura je publicirana od strane Ars Publica Musical Editions. Ova kompozicija bila je u finalu takmičenja Earplay Donald Aird Composers 2014 i FNMC Flute New Music Consortium Composition Competition. Prema kompozitorovom komentaru o djelu, kompozicioni postupak zasnovan je na strukturama „od zvuka do zvuka“ i na transformacijama strategija njihovog povezivanja.⁴³² Osnovnu kompozicionu ideju moguće je nazvati simulacijom dizajna zvuka u realnom vremenu.

Iz aspekta kompozicionih postupaka i tehnika, globalni proces predstavljen je transformacijom zvuka od dominantno perkusivnih zvukova baziranih na: udarcima klapnama, kako sa otvorenim usnikom tako i u kombinaciji sa artikulacijom jezikom u koje su integrisane kratke faze dodavanja vazduha do tona koji je konstantno moduliran kombinacijama harmonika, akcentiranog preduvavanja, zviždućih tonova i flatercunga. Osnovni metar je $\frac{3}{4}$ uz povremenu inkorporaciju metra $\frac{4}{4}$ i $\frac{5}{4}$, a dominantne ritamske pulsacije su $\frac{10}{1}$ i $\frac{8}{1}$ te sekundarne, $\frac{5}{1}$, $\frac{4}{1}$, $\frac{3}{1}$ i $\frac{2}{1}$ (najčešće u kontekstu notiranog usporavanja toka inicijalne pulsacije). Kompozitor je u partituri verbalno označio pet različitih dijelova koji predstavljaju zasebne faze unutar globalne transformacije zvuka: *Riding The Pedals* (t. 1–22), *Feel the Wind* (t. 23–37), *Open the Wings* (t. 38–44), *Crossing the Valley* (t. 45–51), *Memory Traces* (t. 52–72). Prema kompozitoru, partituru i oznake tehnika zvuka izvođač treba tretirati na sljedeći način:

Notacija ne implicira proizvedeni zvuk. Partituru treba tretirati kao priručnik za izvođača u svrhu proizvodnje i manipulacije naznačenim zvukovima. Tehnike proizvodnje boje treba shvatiti kao idealne indikacije i na taj način se u praksi mogu tretirati fleksibilno i kreativno. Promjenu iz jednog tipa zvuka u drugi ne bi trebalo izvršavati u jednoj instanci (osim ako nije naznačeno), ali "vrijeme transformacije" treba da dozvoli oblikovanje zvuka. Ovo vrijeme transformacije je važno i kreativno izražajno sredstvo i treba ga razmatrati tokom cijelog djela. Potrebno je naglasiti pravu i bogatu produkciju promenljivih zvučnih mogućnosti, a ne isključivo precizno reprodukovati pasaže koji u svakom slučaju nisu posebno zahtjevni. Virtuoznost koju kompozicija zahtijeva može se nazvati virtuoznošću zvuka (fr. *La Virtuosite du Son*) jer muzičar ima dužnost da pravi

⁴³² http://panayiotiskokoras.com/_cycling/P.KOKORAS_Cycling_%5Bnotes%5D.pdf, 1. 15. 10. 2018.

zvuk a ne da reprodukuje zvukove. Struktura i ideje komada mogu se otkriti samo ako su mogućnosti zvuka tretirane precizno.⁴³³

Cycling

Panayiotis A. KOKORAS

Riding the Petals ♩ = 72

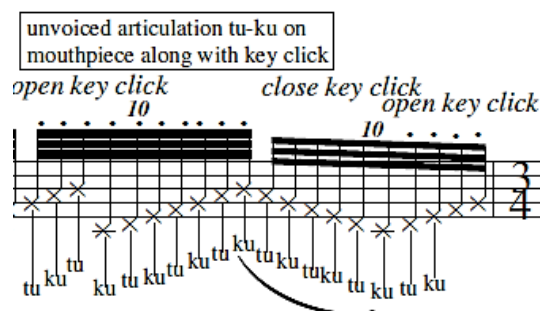
Slika 77: Prvi dio, *Riding the Petals* (isječak, t. 1 – 6)⁴³⁴

Dominantne instrumentalne tehnike u prvom dijelu su udarci klapnama (zatvorene ili otvorene klapne), sa otvorenim usnikom ili u kombinaciji sa artikulacijom jezikom te trileri udaraca klapnama. Postepeno se uvode i vazdušni zvukovi u vidu tehnika kao što su zvuk sa većom količinom vazduha ili pak u kombinaciji sa harmonicima, sviranje pasaža bez pritiskanja oktavnih klapni (kombinacija udaraca klapnama sa vazduhom), kao i preduvanje.

Tehnika udaraca klapnama koja zahtijeva otvorene klapne i otvoreni usnik odnosi se na zvuk koji rezultira suprotno od akcije prstiju, to jeste sviranja pasaža od najdubljeg do najvišeg tona. Zbog izostavljanja podrške vazduha, kao i intoniranja perkusivnih zvukova potpunim

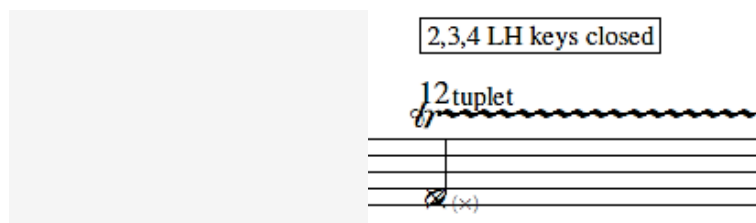
⁴³³ Panayiotis Kokoras, *Cycling* (Panayiotis Kokoras, Thessaloniki, 2009), 1. „The notation doesn't imply the sound produced. The score works as a manual for the performer in order to produce and manipulate the sounds required. Timbre techniques are to be understood as ideal indications and may thus in practice be treated flexibly and creatively. The change from one sound type to another should not be executed at one instance (unless indicated) but a 'transformation time' should allow the sound to be shaped. This transformation time is important and creative expression tool and should be considered throughout the piece. Emphasis should be given on the right and rich productions of the variable sound possibilities rather than to exact and precise execution of the passages that anyway are not particularly demanding. The virtuosity required for the piece may be called 'La Virtuosite du Son' for the musician has the duty to make sound and not to play sounds. The structure and the ideas of the piece can be revealed only if the sound possibilities treated with meticulous precision and accuracy.“

⁴³⁴ Ibid, 2.



Slika 80: Artikulisanje jezikom u kombinaciji sa udarcima klapnama, bez indikacije precizne tonske visine⁴⁴⁰

Triler udaraca klapnama odnosi se na standardno sviranje trilera prstima, ali bez učešća vazduha. U ovoj kompoziciji triler treba da sadrži dvanaest udaraca klapni, što se odnosi na šest zatvaranja i otvaranja.⁴⁴¹



Slika 81: Triler udaraca klapnama⁴⁴²

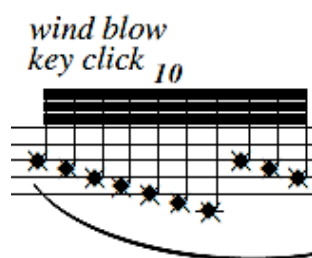
Vazdušni zvukovi u drugom dijelu odnose se na nekoliko tehnika: kao vazduh sa minimalnom indikacijom tonske visine ili/odnosno harmonika, koja su kontrolisani ćoškovima i tenzijom usana, zatim kao vazduh bez indikacije tonske visine.⁴⁴³

⁴⁴⁰ Idem.

⁴⁴¹ Idem.

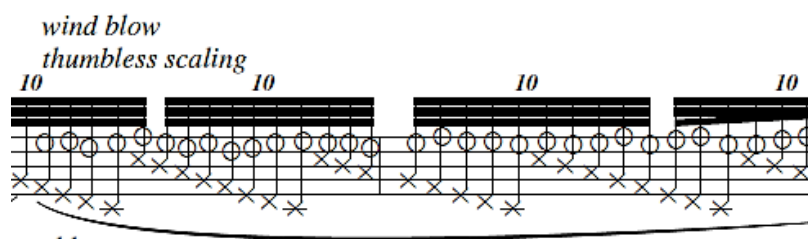
⁴⁴² Idem.

⁴⁴³ Idem.



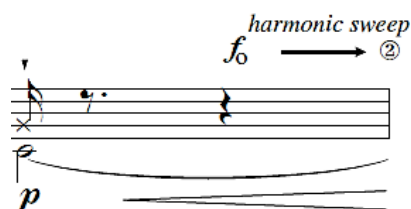
Slika 82: Vazduh (sa minimalnom indikacijom tonske visine) u kombinacijama sa udarcima klapni⁴⁴⁴

Sviranje pasaža bez pritiskanja oktavnih klapni, odnosno kombinacija vazduha sa pasažima bez prvog preduvanja, rezultira kontinuiranom mikro-intervalskom zvučnošću. Zapisane tonske visine na takav način ne korespondiraju sa proizvedenim zvukom.⁴⁴⁵



Slika 83: Sviranje pasaža bez pritiskanja oktavnih klapni⁴⁴⁶

Preduvanje se u ovoj kompoziciji odnosi na postepenu promjenu harmonika, označenih brojevima (preduvanjima) u odnosu na osnovnu tonsku visinu.⁴⁴⁷



Slika 84: Preduvanje⁴⁴⁸

⁴⁴⁴ Idem.

⁴⁴⁵ Idem.

⁴⁴⁶ Ibid, 3.

⁴⁴⁷ Ibid, 3.

Feel the Wind

23 *wind blow* mf p mf f

25 sfz p mf f mp

27 sfz mp mf f pp

Slika 85: Drugi dio, *Feel the Wind* (isječak, t. 23–28) ⁴⁴⁹

U drugom dijelu, dominantne su tehnike vazduha i preduvavanje, postepeno uvedene u prvi dio. Jedine prisutne perkusivne tehnike su udarci klapnama sa vazduhom i artikulacijom jezikom, dok udarci klapnama izvan navedenog konteksta, nisu prisutni u ovom dijelu.

Open the Wings

37 ff mf ff

39 f ff ff

41 p ff

Slika 86: Treći dio, *Open the Wings* (isječak, t. 38–42) ⁴⁵⁰

⁴⁴⁸ Ibid, 3.

⁴⁴⁹ Ibid, 3.

Treći dio je baziran na modeliranju preduvavanja odnosno oblikovanju serija harmonika koje se kontinuirano izmjenjuju. Samo jednom je uključena artikulacija jezikom u vidu tri tona, što predstavlja ostatak perkusivnih tehnika.

Crossing the Valley

Fl. 45 ff p mf p rit.

Fl. 47 p mp pp

Fl. 49 ff p rit. pp

Slika 87: Četvrti dio, *Crossing the Valley* (isječak, t. 45–50) ⁴⁵¹

Četvrti dio rezimira prethodna dva dijela po sadržaju materijala a ujedno uvodi i obrnuti proces transformacije zvuka, baziran postepenom prelaženju iz tehnike harmonika u perkusivnu tehniku artikulacije jezikom.

⁴⁵⁰ Idem.

⁴⁵¹ Idem.

Memory Traces

Fl. 51 *sfzmp* *f* *p* *mf* *pp* rit.

Fl. 53 some whistle tones may appear *p*

Fl. 55 *mf* *pp* *mf* *f* rit.

Fl. 57 some whistle tones may appear *pp* *p* *pp* rit.

Fl. 59 *pp* *p* *pp* *more breathy* *pp* rit.

Slika 88: Peti dio, *Memory Traces* (isječak, t. 52–60) ⁴⁵²

Posljednji dio sadrži sve prethodne instrumentalne tehnike a uvodi i nestabilni eolski zvuk, oštri vazduh unutar cijevi (flatercung sa zatvorenim usnikom) te dvoglasje (zadržavanje određene tonske visine uz istovremeno sviranje nizova klapnama u kombinaciji s vazduhom).

Nestabilni eolski zvuk označava proizvodnju bogate mješavine vazduha i tona ali bez rezonance konkretne tonske visine. ⁴⁵³

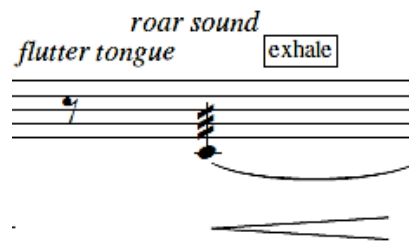
Fl. *p* *rit.*

Slika 89: Nestabilni eolski zvuk ⁴⁵⁴

⁴⁵² Idem.

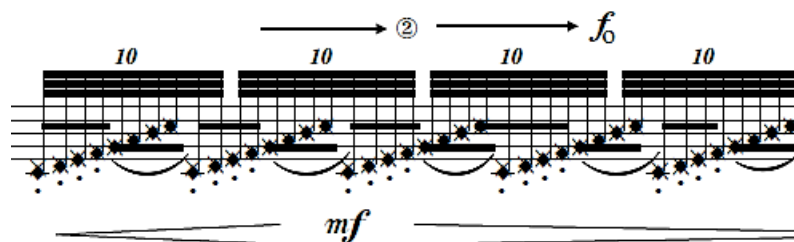
⁴⁵³ Idem.

Oštri vazduh unutar cijevi (flatercung) zatijeva zatvoren usnik, što znači da je isti prekriven usnama tokom proizvodnje standardnog flatercunga.



Slika 90: Oštri vazduh⁴⁵⁵

Dvoglasje se odnosi na zadržavanje naznačene tonske visine unutar nizova (tehnike vazduha). U svrhu postizanja jasne dvoglasne fakture, potrebno je podijeliti tehnike na dva sloja, što znači da je veći dio vazduha usmjeren na stabilnost zadržane tonske visine dok je manji dio povezan sa tokom aktivnosti prstiju što udarcima klapni omogućava rezonancu.



Slika 91: Dvoglasje⁴⁵⁶

Kompozitor u partituri objašnjava potrebu za ozvučenjem i efektom prostornosti kao ideju o površnom ozvučenju koje rezultira gubitkom neutralnosti klasičnog zvuka flaute i omogućava mikroskopsko posmatranje zvuka, što je dio i same estetike kompozicije.⁴⁵⁷ Potrebna oprema naznačena u partituri se sastoji od miksera sa aktiviranim limiterom, dva zvučnika, dvostrukim mikrofonom za flautu ili dva mikrofona (jedan mikrofona treba biti pozicionar na

⁴⁵⁴ Ibid, 4.

⁴⁵⁵ Idem.

⁴⁵⁶ Ibid, 5.

⁴⁵⁷ Idem.

usniku flaute a drugi na kraju odnosno dnu cijevi).⁴⁵⁸ Kompozitor preporučuje i limiter/kompresorom te pojačivač zvuka ukoliko je mikser softverski.⁴⁵⁹

4.2. Dominik Karski: *Open Cluster M45* za ozvučenu bas flautu

Kompozicija *Open Cluster M45* za ozvučenu bas flautu, Dominika Karskog (Dominik Karski), naručena je od strane ansambla ELISION i premijerno izvedena u Australiji od strane flautistice Liz Hirst (Liz Hirst), 2007. godine.⁴⁶⁰ Naslov kompozicije, otvoreni klaster (eng. open cluster), odnosi se na zvjezdanu konstelaciju Plejade (iz grčke reči "Pleios" što znači "puno" ili "mnogo").⁴⁶¹

Ova kompozicija za bas flautu suštinski predstavlja klaster koji se kreće kroz vrijeme, a sastoji se od različitih elemenata koji su kombinovani na različite načine kako bi stvorili kontinuirano transformirajuće, ali i konzistentno kretanje zvučnih karakteristika i kvaliteta. Kontinuum se neprekidno razvija, pošto izvođač označava progres tokovima brzih akcija. Zvučni materijal artikulisan na instrumentu često se spaja sa upotrebom glasa, koji može da simbolizira blagi odjek drevnih vremena i bića.⁴⁶²

Partitura ne sadrži oznaku metra kao ni taktova, međutim, svaka pojedinačna četvrtina sadrži određenu ritamsku pulsaciju nadograđenu specifičnim instrumentalnim tehnikama, što označava najkraću fazu procesa modulacije zvuka. Dominantna ritamska pulsacija je 5/1 (uz internu podjelu 10/1), sekundarne su 8/1 i 7/1 i tercijalne 6/1 te 3/1. Osnovni kompozicioni materijal je ćelija od tri tona; G#, F# i H, a razvoj istog baziran je na instrumentalnim tehnikama koje proizvode različita harmonska polja, što predstavlja simulaciju serijalne kompozicione tehnike. Korištene instrumentalne tehnike su: perkusivne tehnike sa različitim tretmanom usnika odnosno udarci klapnama, picikato i zaustavljanje jezika, zatim kombinacija perkusivnih zvukova sa vazduhom (zatvoreni usnik), tehnike promjene boje

⁴⁵⁸ Idem.

⁴⁵⁹ Idem.

⁴⁶⁰ <https://www.australianmusiccentre.com.au/product/open-cluster-m45-for-amplified-bass-flute-escore>, 15. 1. 2018.

⁴⁶¹ Dominik Karski, *Open Cluster 45* (Musica Neo, Kreuzlingen, 2003), 1.

⁴⁶² Idem.

(specifični prstometi bazirani na tri osnovne tonske visine), multifonici te kombinacija navedenih tehnika sa glasom.

Kompozitor je u partituri naznačio pet različitih tretmana usnika bas flaute: distancu od usnika, potpuno otvoreni usnik (kao u proizvodnji zviždućih tonova), standardnu formaciju ambažure, usnik pokriven usnama te rupu usnika blokiranu jezikom (kao u proizvodnji tehnike zaustavljanja jezika).⁴⁶³



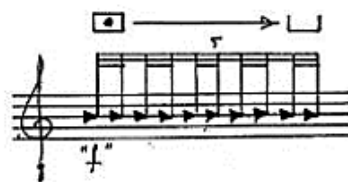
Slika 92: Oznake tretmana usnika⁴⁶⁴

Perkusivne tehnike proizvode se u kombinaciji sa navedenim načinima tretmana usnika kao i sa glasom. Kompozitor iste označava na sljedeći način:



Slika 93: Tehnika udarca klapnom⁴⁶⁵

Picikato u kombinaciji sa promjenom tretmana usnika



Slika 94: Picikato⁴⁶⁶

⁴⁶³ Idem.

⁴⁶⁴ Idem.

⁴⁶⁵ Idem.

⁴⁶⁶ Idem.

Zaustavljanje jezika i proizvedena tonska visina



Slika 95: Zaustavljanje jezika⁴⁶⁷

Tehnike promjene boje kompozitor naziva i prstometima boje.⁴⁶⁸ S obzirom na njegovu namjeru da ovom kompozicijom otkrije mogućnosti transformacije, kao i samog kvaliteta zvuka bas flaute, što se ne odnosi na „standardni pristup strukturi tonskih visina i drugim formacijama apstraktnih muzičkih parametara“⁴⁶⁹, kompozitor koristi veliki broj različitih prstometa baziranih na tri osnovne tonske visine. Specifičnost prstometa ogleda se u tri aspekta: velikim brojem mogućnosti postizanja različite boje na istoj tonskoj visini, postizanjem različitih tonskih visina baziranih na varijacijama prstometa osnovne tonske visine (preduvavanjem) te organizacijom navedenih prstometa u različite paterne, koji su međusobno zavisni sa prethodno navedenim ritamskim pulsacijama. Kompozitor prstomete označava brojevima iznad zapisanih tonskih visina, a uspostavljene paterne samostalno prikazuje u partituri na sljedeći način:

⁴⁶⁷ Idem.

⁴⁶⁸ Idem.

⁴⁶⁹ Idem.

Prstometi boje

Osnovni ton



Diagram illustrating fingering patterns for the basic tone G#4 across five different voicings (G#-1 to G#-5). Each voicing is shown with a bracketed list of fingerings for the four strings (1-4) and the bass string (5). The patterns are as follows:

- G#-1:** [1/2/3/4, 1/2/3/4, 1/2/3/4, 1/2/3/4], 5
- G#-2:** [1/2/3/4, 1/2/3/4, 1/2/3/4, 1/2/3/4], 5
- G#-3:** [1/2/3/4, 1/2/3/4, 1/2/3/4, 1/2/3/4], 5
- G#-4:** [1/2/3/4, 1/2/3/4, 1/2/3/4, 1/2/3/4], 5
- G#-5:** [1/2/3/4, 1/2/3/4, 1/2/3/4, 1/2/3/4], 5

Additional markings include (G#) and (G#) below some of the patterns.

Slika 96: Prstometi boje⁴⁷⁰

Sljedeći primjer prikazuje paterne prstomete unutar ritamske pulsacije 7/1:

Diagram illustrating a rhythmic pulsation of 7/1, showing a sequence of fingerings for the four strings (1-4) and the bass string (5). The sequence is as follows:

1 1 1 1 1 1 1
 2 2 2 2 2 2 2
 4 4 4 4 4 4 4
 3 3 3 3 3 3 3
 5 5 5 5 5 5 5

(low partials...)

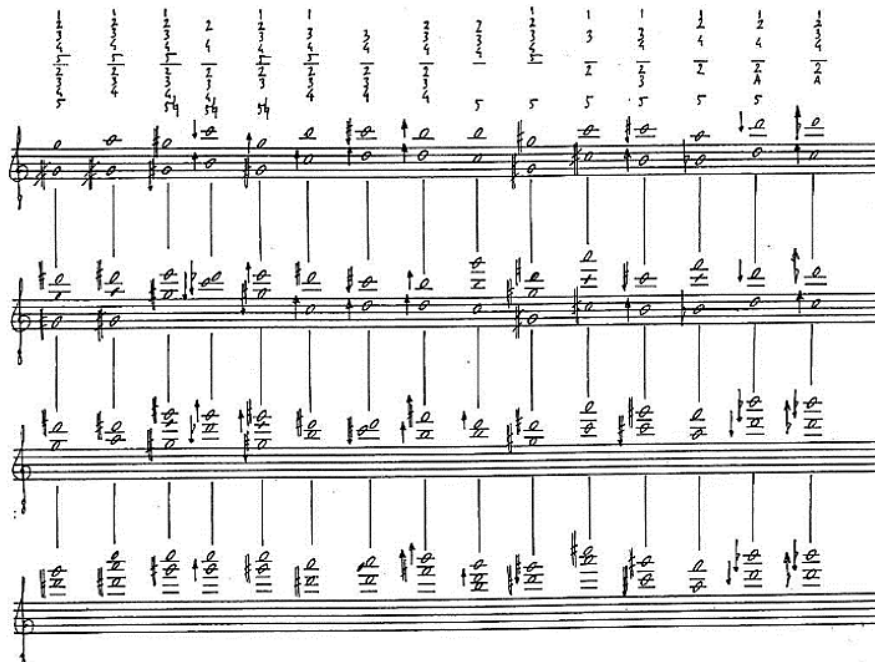
Slika 97: Paterni prstomete⁴⁷¹

U sklopu uputa izvođačima u partituri, kompozitor objašnjava sličnost između zapisa zvučnog rezultata prstomete boje i multifonika primarno kao fluktuaciju boje, što je rezultat brze kontinuirane smjene prstomete. Nemogućnost uspostavljanja distinkcije boje, odnosno svakog pojedinačnog prstomete u nizu, usljed brze smjene istih, omogućava zadržavanje osnovnih tonских visina kao neprekidnog sloja, dok drugi ostali promjenljivi slojevi tonских visina (u

⁴⁷⁰ Idem.

⁴⁷¹ Idem.

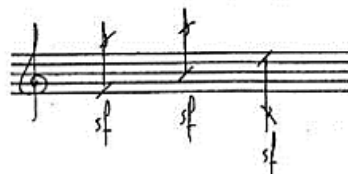
nekoliko varijacija, sličnih intervalskih sklopova), simuliraju fluktuaciju spektra multifonika u koji je inkorporirana ritamska pulsacija.



Slika 98: Varijacije zvučnog rezultata prstometeta/multifonika⁴⁷²

Upotreba glasa u kombinaciji s prethodno prikazanim instrumentalnim tehnikama odnosi se isključivo na produžetak zvuka instrumenta, a ne na odvojenu zvučnu komponentu.⁴⁷³ Notacija glasa sadrži mogućnost improvizacije, zbog nedeterminiranih oblika glisanda i kvaliteta distorzije kao i slobodu variranja osnovne frekvencije, čime kompozitor ostavlja prostor kreativnosti izvođača.⁴⁷⁴ Sljedeći primjeri demonstriraju načine notiranja glasa:

Kratki, ekstremno artikulirani zvukovi



Slika 99: Kratki, ekstremno artikulirani zvukovi proizvoljnih tonskih visina (pozicija notne glave sugerirše registraciju)⁴⁷⁵

⁴⁷² Idem.

⁴⁷³ Idem.

⁴⁷⁴ Idem.

⁴⁷⁵ Ibid, 2.

Handwritten musical score for bass flute and voice. The bass flute part is in G major (one sharp) and features complex rhythmic patterns with fingerings (1-5) and dynamics (sf, p). The voice part has sparse notes with dynamics (sf, p). Annotations include '(sim.)', 'f - key noise', and 'f'.

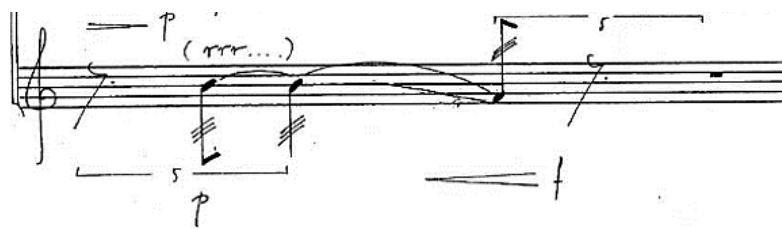
Slika 100: Glas u kombinaciji s prstometima boje⁴⁷⁶

Handwritten musical score for voice and multifonics. The voice part has a glissando with dynamics (sf, p). The multifonics part has complex rhythmic patterns with dynamics (sf, p, mp) and annotations like 'middle partials...'. Fingerings (1-5) are indicated for both parts.

Slika 101: Glisando glasa u kombinaciji s glisandom multifonika⁴⁷⁷

⁴⁷⁶ Idem.

⁴⁷⁷ Idem.



Slika 102: Distorzirani glas i glisando⁴⁷⁸

Kompozitor ne navodi specifikacije ozvučenja bas flaute u partituri. Međutim, s obzirom na intenzitet zahtevanih (proširenih) instrumentalnih tehnika, ozvučenje nije neophodno ukoliko se izvedba kompozicije dešava u koncertnoj sali sa osrednjim efektom prostornosti. Ukoliko prostorija nema odgovarajuću akustiku, što određuje mogućnost recepcije najtiših tehnika, poželjno je bas flautu ozvučiti kondenzatorskim mikrofonom.

4.3. Mario Davidovsky: *Synchronisms No. 1* za flautu i traku

Kompozicija *Synchronisms br.1* za flautu i traku napisana je 1963. godine kao prva od deset istoimenih kompozicija koje je Mario Davidovski napisao za elektronsku traku i različite akustičke instrumente.⁴⁷⁹ Istovremeno, prva je kompozicija ikada koja je napisana za flautu sa trakom. Premijerno je izvedena na Columbia University u maju 1963. godine, od strane flautiste Harvija Solbergera (Harvey Sollberger), koji je također prvi snimio u studiju.⁴⁸⁰ Kompozitorova namjera bila je kako očuvanje tipičnih pojedinačnih karakteristika flaute i elektronske trake, kao i njihova integracija u koherentnu muzičku teksturu.⁴⁸¹ Kompozitor je napisao sljedeći komentar o ciklusu *Synchronisms*:

U planiranju i realizaciji ovih kompozicija pojavljuju se dva osnovna problema – ispravna sinhronizacija ritma i tonskih visina. Tokom kraćih epizoda unutar kojih sviraju elektronika i konvencionalni instrumenti, potrebno je strogo pridržavanje vremena. Međutim, u produženim dijelovima ove vrste, uveden je element slučajnosti, kako bi se dopustila vremenska diskrepanca između živog izvođača i trake koja konstantno

⁴⁷⁸ Idem.

⁴⁷⁹ <http://www.subliminal.org/flute/dissertation/ch04.html>, 16. 10. 2018.

⁴⁸⁰ http://www.arkivmusic.com/classical/Drilldown?name_id1=2756&name_role1=1&bcorder=1&comp_id=421632, 16. 10. 2018.

⁴⁸¹ <http://www.newworldrecords.org/uploads/filesn8ri.pdf>, 16. 10. 2018.

teče... Da bi se postigla koherentnost između materijala konvencionalnih instrumenata, baziranog na dvanaestonskoj hromatskoj skali te elektronike koja nije temperovana, korištene su izrazito guste tonske pojave – manifestirane npr. veoma brzim redoslijedom atake, mogućim jedino u elektronskom mediju. Stoga, u takvim slučajevima - zasnovanim na velikoj brzini i kratkom trajanju odvojenih tonova, nemoguće je da uho percipira čistu tačku svakog odvojenog događaja; iako reaguje, traga za statističkom krivom gustine. Samo se u vrlo malo slučajeva u kompozicijama ciklusa *Synchronisms* korištene temperovane tonske visine elektronike... Traka je korištena koristi kao sastavni deo instrumentalne tkanine.⁴⁸²

Traka je izvorno snimljena na analognom mediju odnosno magnetofonu i kasnije konvertirana u digitalni format, stoga je danas moguće realizirati preko kompjutera. Zvukovi su generisani upotrebom oscilatora, generatora sinusnih talasa, izvorima bijelog šuma i različitih elektronskih traka, a zatim manipulirani prstenastim modulatorom, mikserom, filterom uz pažljivu kontrolu brzine i amplitude.⁴⁸³

Formalno, kompozicija se sastoji od tri dijela. Taktovi u partituri nisu numerisani, a referentne tačke odnosa sa elektronikom su naznačene u pojedinim dijelovima, s obzirom na to da je kompozicija pisana u tri sistema; prva dva za elektroniku i treći za flautu.

⁴⁸² <http://www.newworldrecords.org/uploads/files/n8ri.pdf>, 16. 10. 2018. „In the planning and realization of these pieces, two main problems arise — namely proper synchronization (a) of rhythm and (b) of pitch. During the shorter episodes where both electronic and conventional instruments are playing, rather strict timing is adhered to. However, in the more extended episodes of this type, an element of chance is introduced to allow for the inevitable time discrepancies that develop between the live performer(s) and the constant-speed tape recorder... To achieve pitch coherence between the conventional instruments which use the 12-tone chromatic scale and the electronic medium which is non-tempered, use is made of tonal occurrences of very high density — manifested for example by a very high speed succession of attacks, possible only in the electronic medium. Thus, in such instances — based on high speed and short duration of separate tones, it is impossible for the ear to perceive the pure pitch value of each separate event; though in reacting, it does trace so to speak a statistical curve of the density. Only in a very few instances have tempered electronic pitches been employed in the *Synchronisms*. .. Tthe tape recorder has been used as an integral part of the instrumental fabric.“

⁴⁸³ <http://www.subliminal.org/flute/dissertation/ch04.html>, 16. 10. 2018.

SYNCHRONISMS N° 1
for Flute and Electronic Sounds MARIO DAVIDOVSKY
1962

Slika 103: Prva strana partiture *Synchronisms No. 1* ⁴⁸⁴

Prvi dio traje od prvog takta do kraja trećeg reda na drugoj strani partiture. Traka je prisutna povremeno a dominantna je flautistička dionica koja najprije iznosi melodije u legatu, u zadnjem redu prve strane uvodi brzi intervalski niz u stakatu, a na drugoj strani navedeni elementi su kombinirani uz uvođenje picikata. Nakon korone u posljednjem taktu trećeg reda, nastupa kratka solo dionica elektronike. U četvrtom redu ponovo nastupa flauta, čime počinje i drugi dio kompozicije. Prvi put se u ovoj kompoziciji pojavljuje i tehnika flatercunga unutar melodija u legatu koje postepeno bivaju zamijenjena sa brzim intervalskim nizovima kratke artikulacije koji vode ka kulminaciji, čemu doprinosi i kombinacija flatercunga, picikata i stakata, u četvrtom redu druge strane. Kulminacija je na kraju prvog reda posljednje strane (trostruki jezik na tonu C4, koji se obično izvodi kao flatercung zbog previše brzog tempa

⁴⁸⁴ Mario Davidovsky, *Synchronisms I* (New York: McGinnis & Marx, 1966), 1.

S obzirom na učestale promjene tempa, poželjno je da izvođač ima klik traku (eng. *click tape*) odnosno dionicu metronoma prilagođenu tempima označenim u partituri. Istu je moguće napraviti u programima muzičke notacije kao što je npr. Sibelius, kopirati u formatu MIDI na mobilni telefon i u toku izvedbe, koristiti slušalice. Sljedeća tabela demonstrira osnovnu metričku mrežu kao i promjene tempa u kompoziciji *Mnemosyne*, od nastupa trake, odnosno označenog t. 1 u partituri:

Broj takta	Metar	Tempo
1	4/8	1/8 = 60
2	1/8	1/8 = 60
3	5/8	1/8 = 60
4	5/8	1/8 = 60
5	1/8	1/8 = 60
6	4/8	1/8 = 60
7	5/8	1/8 = 60
8	1/8	1/8 = 60
9	7/8	1/8 = 60
10	3/8	1/8 = 60
11	6/8	1/8 = 60
12	5/8	1/8 = 60
13	5/8	1/8 = 60
14	3/8	1/8 = 60
15	3/8	1/8 = 60
16	4/8	1/8 = 60
17	3/8	1/8 = 60
18	1/8	1/8 = 60
19	1/8	1/8 = 60
20	4/8	1/8 = 60
21	6/8	1/8 = 60
22	5/8	1/8 = 60
23	3/8	1/8 = 60
24	2/8	1/8 = 60

25	3/8	1/8 = 60
26	8/8	1/8 = 60
27	3/8	1/8 = 60
28	10/	1/8 = 60
29	1/8	1/8 = 60
30	6/8	1/8 = 60
31	5/8	1/8 = 60
32	3/8	1/8 = 60
33	3/8	1/8 = 60
34	5/8	1/8 = 60
35	5/8	1/8 = 60
36	6/8	1/8 = 60
37	2/8	1/8 = 60
38	3/8	1/8 = 60
39	7/16	1/8 = 54
40	2/8	1/8 = 54
41	9/16	1/8 = 54
42	9/16	1/8 = 54
43	2/8	1/8 = 54
44	7/16	1/8 = 54
45	9/16	1/8 = 54
46	2/8	1/8 = 54
47	13/16	1/8 = 54
48	4/8	1/8 = 54
49	11/16	1/8 = 54
50	9/16	1/8 = 54
51	9/16	1/8 = 54
52	4/8	1/8 = 60
53	4/8	1/8 = 60
54	7/16	1/8 = 60
55	4/8	1/8 = 60
56	2/8	1/8 = 60
57	2/8	1/8 = 60

58	7/16	1/8 = 60
59	11/16	1/8 = 60
60	9/16	1/8 = 60
61	4/8	1/8 = 60
62	3/8	1/8 = 60
63	4/8	1/8 = 60
64	15/16	1/8 = 60
65	4/8	1/8 = 60
66	19/16	1/8 = 40
67	2/8	1/8 = 40
68	11/16	1/8 = 40
69	9/16	1/8 = 40
70	4/8	1/8 = 40
71	4/8	1/8 = 40
72	9/16	1/8 = 40
73	9/16	1/8 = 40
74	11/16	1/8 = 40
75	3/8	1/8 = 40
76	4/8	1/8 = 40
77	5/12	1/8 = 60
78	1/8	1/8 = 60
79	5/12	1/8 = 60
80	5/8	1/8 = 60
81	1/8	1/8 = 60
82	4/12	1/8 = 60
83	5/8	1/8 = 60
84	1/8	1/8 = 66
85	7/12	1/8 = 66
86	3/16	1/8 = 66
87	6/12	1/8 = 66
88	5/12	1/8 = 66
89	5/8	1/8 = 66
90	3/16	1/8 = 66

91	3/16	1/8 = 66
92	4/12	1/8 = 66
93	3/16	1/8 = 66
94	1/8	1/8 = 66
95	1/8	1/8 = 66
96	4/12	1/8 = 66
97	6/12	1/8 = 66
98	5/12	1/8 = 66
99	3/16	1/8 = 66
100	2/8	1/8 = 66
101	3/16	1/8 = 66
102	8/12	1/8 = 66
103	3/16	1/8 = 66
104	10/12	1/8 = 66
105	1/8	1/8 = 66
106	6/12	1/8 = 66
107	5/12	1/8 = 80
108	3/16	1/8 = 80
109	3/16	1/8 = 80
110	5/12	1/8 = 80
111	5/8	1/8 = 80
112	6/12	1/8 = 80
113	2/8	1/8 = 80
114	3/16	1/8 = 80
115	4/10	1/8 = 80
116	1/8	1/8 = 80
117	5/12	1/8 = 80
118	5/8	1/8 = 80
119	1/10	1/8 = 80
120	4/8	1/8 = 80
121	5/12	1/8 = 80
122	1/8	1/8 = 80
123	7/10	1/8 = 80

124	$3/8$	$1/8 = 80$
125	$6/12$	$1/8 = 80$
126	$5/8$	$1/8 = 80$
127	$5/10$	$1/8 = 80$
128	$3/8$	$1/8 = 80$
129	$3/12$	$1/8 = 49,6$
130	$4/8$	$1/8 = 49,6$
131	$3/10$	$1/8 = 49,6$
132	$1/8$	$1/8 = 49,6$
133	$1/8$	$1/8 = 49,6$
134	$4/12$	$1/8 = 49,6$
135	$6/8$	$1/8 = 49,6$
136	$5/10$	$1/8 = 49,6$
137	$3/8$	$1/8 = 49,6$
138	$2/8$	$1/8 = 49,6$
139	$3/12$	$1/8 = 49,6$
140	$8/8$	$1/8 = 49,6$
141	$3/10$	$1/8 = 49,6$
142	$10/8$	$1/8 = 40$
143	$1/8$	$1/8 = 40$
144	$6/12$	$1/8 = 40$
145	$5/8$	$1/8 = 40$
146	$3/8$	$1/8 = 40$
147	$3/16$	$1/8 = 40$
148	$5/8$	$1/8 = 40$
149	$5/12$	$1/8 = 40$
150	$2/8$	$1/8 = 40$
151	$6/12$	$1/8 = 40$
152	$6/12$	$1/8 = 40$

Ukoliko izvođač sam aktivira traku sa kompjutera, poželjno je napraviti npr. dva uvodna takta klik trake (prije dijela i nastaviti svirati uvodni materijal *ad libitum* i *dal niente*⁴⁸⁸), a u t. 9, istovremeno držati instrument (svirati ton C sa flatercungom i neperiodičnim smorcandom) te pustiti traku kažiprstom desne ruke. Ukoliko se ova kompozicija izvodi u sklopu ciklusa *Carceri d'invenzone*, znak za početak solo dionice, kao i ansambla (simulacije trake) daje dirigent, što omogućava izvođenje *ad libitum*.

Slika 106: Isječak iz partiture, uvodni dio *ad libitum*⁴⁸⁹

Sljedeći neophodan faktor jesu interpretativna sredstva odnosno realizacija svih dinamičkih, artikulacijskih i agogičkih oznaka, kao i specifičnih instrumentalnih tehnika. Kompozicioni procesi koegzistiraju sa interpretativnim sredstvima i tehnikama, pa je elementarno razumijevanje i realizacija istih kroz interpretaciju neophodna za formiranje kompoziciono-instrumentalnih gesti i procesa njihovih transformacija tokom cijele kompozicije. Polifona faktura kompozicije *Mnemosyne*, koja sadrži elemente mikropolifonije, multiplikacije slojeva, filtriranja transformisanih inicijalnih paterna kao povremenu i integraciju pojedinačnih linija u monodijsku formu odnosno simulaciju tzv. teme, podsjeća na estetiku barokne muzike. Tome doprinose i interpretativna sredstva kao što su različiti tipovi trilera, mordenta, artikulacije te zahtjev kompozitora za održavanjem tona bez vibrata, osim ukoliko je isti naznačen specifičnim načinom proizvodnje.

⁴⁸⁸ Brian Ferneyhough, *Mnemosyne* (Edition Peters Ltd, London, 1986), 1.

⁴⁸⁹ Idem.

4.5. Hanan Hadžajlić: *A Thousand Plateaus: Hommage a Deleuze & Guattari* za flautu/bas flautu sa procesorima

Ciklus *A Thousand Plateaus: Hommage a Deleuze & Guattari* za flautu/bas flautu i procesore baziran je na filozofskom konceptu rizoma Žila Deleza (Gilles Deleuze, 1925 -1995) i Feliksa Gatarija (Felix Guattari, 1930-1992), predstavljenom u knjizi *A Thousand Plateaus: Capitalism and Schizophrenia* kroz šest principa, pa se ovaj ciklus sastoji od šest stavova: 1. *Connection*, 2. *Heterogeneity*, 3. *Multiplicity*, 4. *Asignifying Rupture*, 5. *Cartography*, 6. *Decalomania*. Navedeni principi baza su šest kompozicionih modela procesa rada, sa nekoliko tipova osnovnog materijala cijelog djela.

Komponente za modulaciju zvuka za koje je raspisana partitura, čine digitalni procesor (multi-efekt) BOSS VE-20 i modularni sistem *TransFlute*. Potrebno je koristiti specijalizirani mikrofon za flautu te kondenzatorski mikrofon sa desne strane izvođača. Digitalni procesor ima svrhi multi-efekta kojim se postižu distorzija (prvi, drugi i četvrti stav), robot (treći stav), crkva (peti stav) i korus (šesti stav) uz prehodnu postavku parametara odnosno dubine, prostornosti i odjeka (u odnosu na specifikacije sale u kojoj se kompozicija izvodi) te centra memorije zbog mogućnosti snimanja i naslojavanja pojedinačnih linija (traka) u realnom vremenu, koristeći *loop*. Modularni sistem *TransFlute* koji čine procesori iz grupe MOOG Moogerfooger MF: 108M Cluster Flux Pedal, MF-101 Low Pass Filter i MF-102 Ring Modulator, u ovoj kompoziciji ima funkciju efekta, uz povremeno korištenje istog u prvom, drugom, trećem i četvrtom dijelu. Efekat se odnosi na reakciju sistema na pojedine dijelove unutar solističke dionice flaute koja se istovremeno snima ali u digitalni procesor pohranjuje bez efekta/uticaja modularnog sistema. Na takav način, postiže se akustička i kontekstualna diferencijacija istog materijala a ujedno, demonstrira i inteligentna reakcija procesora na muzički materijal koji iznosi flauta.

Osnovni pojmovi svojstveni ovoj kompoziciji su naslojavanje, poliritmija i mikropolifonija, što implicira apsolutnu preciznost izvođača, posebno u aspektu ritma, kao osnovu iznošenja kompozicije. Naslojavanje pojedinačnih linija različitih ritamskih proporcija unutar istog metra zahtijeva isključivo mehanički pristup da bi se postigla horizontalno-vertikalna mreža korelacija najmanjih segmenata muzičkog materijala. Prvi stav, *Connection* (konekcija) demonstrira osnovnu ideju cijele kompozicije: bazira se na snimanju, dakle naslojavanju pojedinačnih linija različitih ritamskih proporcija te u prvom dijelu (t. 1 – t. 10) uspostavlja

prvi plan mreže korelacija unutar koje izvođač treba da improvizira u odnosu na dati model (t. 11) nakon prekida snimanja, što znači da sljedeći sloj ne ulazi u navedenu mrežu ali postepeno formira materijal za snimanje druge mreže.

A Thousand Plateaus: Hommage a Deleuze & Guattari

♩ = 120

Rec 1

Rec 2

Hanan Hadzajlic

Flute

Flute

Flute

Flute

Flute

Flute

Track 1

Rec 3

Fl.

Fl.

Fl.

Fl.

Fl.

Fl.

Track 2

Slika 109: Isječak iz partiture – Prvi stav, *Connection* (t. 1 – 6) ⁴⁹⁰

⁴⁹⁰ Hanan Hadžajlić, *A Thousand Plateaus: Hommage a Deleuze & Guattari* (Sarajevo, 2018), 1.

Slika 110: Isječak iz partiture – Prvi stav, *Connection* (t. 10 – 15) ⁴⁹¹

U t. 18 počinje snimanje i uspostavljanje nove mreže u odnosu na izvedeni materijal iz prethodno navedene solo linije. Postepeno se dodaju različiti tipovi novog, izvedenog materijala i formiraju se kompleksne ritamsko-melodijske relacije. Snimanje se prekida u t. 34, flauta ponovo iznosi solo dionicu i nastavlja sa snimanjem u t. 55. U t. 57 iznesen je model na osnovu kojeg izvođač treba da improvizira, formira naslojavanje uzlaznih nizova i aktivira Low Pass Filter i Ring Modulator.

⁴⁹¹ Ibid, 2.

Slika 111: Isječak iz partiture – Prvi stav, *Connection* (t. 49 – 52) ⁴⁹²

⁴⁹² Ibid, 3.

Slika 112: Isječak iz partiture – Prvi stav, *Connection* (t. 56 – 62) ⁴⁹³

Prvi stav završava u t. 66, tako što izvođač naklo prekida tok naslojenih uzlaznih nizova, a već u sljedećem taktu počinje drugi stav, *Heterogeneity* (heterogenost).

Principi povezivanja i heterogenosti: bilo koja tačka rizoma može biti povezana sa bilo čim drugim i mora biti. Ovo se jako razlikuje od drveta ili korijena, koji postavlja tačku, uspostavlja red. ... svaka osobina rizoma nije nužno vezana za jezičku osobinu: semiotički lanci svake prirode povezani su sa veoma različitim načinima kodiranja (biološki, politički, ekonomski itd.) koji u igru unose, ne samo različite režime znakova, već i stanja stvari različitog statusa. Kolektivni sklopovi ekspresije funkcionišu direktno unutar mašinskih sklopova; nije nemoguće napraviti radikalnu pauzu između režima znakova i njihovih objekata. Čak i kad lingvistika tvrdi da se ograničava na ono što je eksplicitno i da ne čini pretpostavke o jeziku, i dalje je u sferi diskursa podrazumijevajući određene načine sklapanja i vrste društvene moći. ⁴⁹⁴

⁴⁹³ Ibid, 5.

⁴⁹⁴ <https://www.ntnu.no/wiki/download/.../21463142/deleuzeguattarirhizome.pdf>, 7. 18. 10. 2018. „Principles of connection and heterogeneity: any point of a rhizome can be connected to anything other, and must be. This is very different from the tree or root, which plots a point, fixes an order. not every trait in a rhizome is necessarily

Od t. 67 do t. 73 flauta iznosi osnovni gradivni materijal stava kroz solo dionicu, a u t. 74 snima prvi sloj mikropolifone fakture. Prvi stav završava u t. 66, tako što izvođač naglo prekida tok naslojenih uzlaznih nizova, a već u sljedećem taktu počinje drugi stav, *Heterogeneity* (heterogenost). Od t. 67 do t. 73 flauta iznosi osnovni gradivni materijal stava kroz solo dionicu, a u t. 73 snima prvi sloj mikropolifone fakture, uz aktivaciju procesora MF-102 Ring Modulator i Low Pass Filter koji proizvode efekat koji nalikuje na kombinaciju flatercunga i dsitorzije ali i nasumične unutarnje ritamske pulsacije. Snimanje se prekida u t. 76 i sljedeća dva takta digitalni procesor iznosi snimljeni sloj. S obzirom na to da signal ide u analogne procesore, prethodno navedeni efekat je još uvijek prisutan. U t. 79 izvođač deaktivira analogne procesore u isto vrijeme kada iznosi uvod novog materijala za snimanje, koje počinje u t. 80. S obzirom da je aktivan samo digitalni procesor, prethodno snimljeni materijal dolazi do izražaja bez analognih efekata ali u kombinaciji sa novim materijalom koji se snima sve do t. 94.

linked to a linguistic feature: semiotic chains of every nature are connected to very diverse modes of coding (biological, political, economic, etc.) that bring into play not only different regimes of signs but also states of things of differing status. Collective assemblages of enunciation function directly within machinic assemblages; it is not impossible to make a radical break between regimes of signs and their objects. Even when linguistics claims to confine itself to what is explicit and to make no presuppositions about language, it is still in the sphere of a discourse implying particular modes of assemblage and types of social power.“

67 $\text{♩} = 60$ 9

Fl. *f* *pp* *ppp* *f* *pp*

Fl. *ppp* *f* *pp* *ppp* *mf*

Fl. LFO RING M *ff* *pp*

Rec 1

Fl. *5* *5* *5* *5* *3*

Fl. *5* *5* *5* *5* *3*

Fl. *5* *5* *5* *5* *3*

Fl. *5* *5* *5* *5* *3*

Slika 113: Isječak iz partiture – Drugi stav, *Heterogeneity* (t. 67 – 76)⁴⁹⁵

Fl. *fff*

Fl. *5* *5* *6* *3*

Fl. *5* *5* *5* *5* *3*

Fl. *5* *5* *5* *5* *3*

Fl. *f*

Fl. *5* *5* *5* *5* *3*

Fl. *5* *5* *5* *5* *3*

Slika 114: Isječak iz partiture – Drugi stav, *Heterogeneity* (t. 82 – 83)⁴⁹⁶

⁴⁹⁵ Hanan Hadžajlić, *A Thousand Plateaus: Hommage a Deleuze & Guattari*, 9.

Nakon prekida snimljenog materijala, nastupa izvedeni, izolovani materijal u t. 99, isti se snima od t. 101 do t. 102, a zatim izvođač treba da uzme bas flautu i u t. 107 svira solo dionicu koja citira prethodni materijal ali iznosi i izvedeni ritamski-melodijski model. Izvođač može da inkorporira kratku improvizaciju ali je potrebno da završi ovaj stav sa posljednjim preciziranim materijalom te u momentu prestanka sviranja deaktivira digitalni procesor.

The image displays a musical score for the second movement of 'Heterogeneity' (measures 98-116). It consists of five staves for Flute (Fl.) and one staff for Bass Flute (B. Fl.). The score includes various musical notations such as notes, rests, and dynamic markings like 'fff'. There are also technical instructions and performance cues, including 'stop', 'Rec 1', 'To B. Fl.', and 'Bass Flute'. The music is characterized by complex rhythmic patterns and melodic lines.

Slika 115: Isječak iz partiture – Drugi stav, *Heterogeneity* (t. 98 – 116)⁴⁹⁷

Treći stav, *Multiplicity* (multiplicitet), koristi efekat robot digitalnog procesa. Počinje u t. 117 snimanjem prvog materijala, koji simulira nervna vlakna (sredstvo povezivanja dvije lutke u različitim dimenzijama, o čemu govore Delez i Gatarj)⁴⁹⁸, sve do t. 126, nakon čega procesor

⁴⁹⁶ Idem.

⁴⁹⁷ Idem.

⁴⁹⁸ <https://www.ntnu.no/wiki/download/.../21463142/deleuzeguattarirhizome.pdf>, 8. 18. 10. 2018.

iznosi snimljeni materijal, zadržavajući isključivo zvuk efekta robot, što znači da anulira prethodno snimljene tonske visine flaute.



Slika 116: Isječak iz partiture – Treći stav, *Multiplicity* (t. 117 – 124) ⁴⁹⁹

Princip multiplikacije: to je samo kada je multiplicirano efikasno tretirano kao suštinsko, "multiplicirano", koje prestaje imati bilo kakvu vezu sa Jednim kao subjektom ili objektom, prirodnom ili duhovnim stvarnošću, slikom i svijetom. Multipliciteti su rizomatske i izložene arborescentnim pseudo-multiplicitetima za ono što jesu... Multiplicitet nema ni subjekta niti predmeta, samo odredbe, veličine i dimenzije koje se mogu brojno povećati bez multipliciteta koji se mijenja u prirodi (zakoni kombinacije se stoga povećavaju jer multiplicitet raste). Lutke kao rizom ili multiplicitet, nisu vezane za pretpostavljenu volju umetnika ili lutkara, već za mnoštvo nervnih vlakana, koja čine drugu lutku u drugim dimenzijama povezanim s prvom... ⁵⁰⁰

⁴⁹⁹ Hanan Hadžajlić, *A Thousand Plateaus: Hommage a Deleuze & Guattari*, 12.

⁵⁰⁰ <https://www.ntnu.no/wiki/download/.../21463142/deleuzeguattarirhizome.pdf>, 8. 18. 10. 2018. „Principle of multiplicity: it is only when the multiple is effectively treated as a substantive, "multiplicity", that it ceases to have any relation to the One as subject or object, natural or spiritual reality, image and world. Multiplicities are rhizomatic, and expose arborescent pseudomultiplicities for what they are... Multiplicity has neither subject nor object, only determinations, magnitudes, and dimensions that cannot increase in number without the multiplicity changing in nature (the laws of combination therefore increase in number as the multiplicity grows). Puppet strings, as a rhizome or multiplicity, are tied not to the supposed will of an artist or puppeteer but to a multiplicity of nerve fibers, which form another puppet in other dimensions connected to the first...”

U t. 132 izvođač aktivira procesor MF: Cluster Flux, istovremeno sa nastupom zadržanih tonova u trećem registru flaute, koji se također snimaju. U t. 147 nastupa modifikacija prvog materijala, kao model na osnovu kojeg izvođač improvizira sve do kraja prvog stava. Još uvijek je aktivan efekat robot kao i analogni procesor. U drugoj polovini t. 163 nastupa izdržani ton H u trećem registru koji traje sve do kraja stava, odnosno t. 167, gdje izvođač deaktivira i analogni procesor.

Slika 117: Isječak iz partiture – Treći stav, *Multiplicity* (t. 132 – 141) ⁵⁰¹

⁵⁰¹ Hanan Hadžajlić, *A Thousand Plateaus: Hommage a Deleuze & Guattari*, 13.

Slika 118: Isječak iz partiture – Treći stav, *Multiplicity* (t. 150 – 154) ⁵⁰²

Četvrti stav, *Asignifying Rupture* (neoznačavanje prekida) počinje u t. 168 snimanjem linije picikata na jednom tonu, na koji se postepeno naslojavaju četiri druge linije picikata (na četiri pojedinačna tona), i formiraju perkusivni tok ritamske pulsacije u okviru sazvučja klastera.

⁵⁰² Idem.

The image shows a musical score for five flute parts (Fl.) across two systems. The first system starts at measure 168, which is marked 'stop' and 'f'. The second system starts at measure 171. The notation consists of rhythmic patterns of eighth notes and sixteenth notes, with some rests. The dynamic marking 'f' is present in several measures.

Slika 119: Isječak iz partiture – Četvrti stav, *Asignifying Rupture* (t. 168 – 172) ⁵⁰³

U t. 173 snimanje je prekinuto i počinje solistička dionica flaute bazirana na modelima zapisanim u partituri – nizovima repetitivnih tonova koji zapravo predstavljaju kratke prekide unutar svake pojedinačne tonske visine, dok ista, kao cjelina, predstavlja samostalni entitet unutar određenih intervalskih konstrukcija. Izvođač treba da improvizira u odnosu na navedeni materijal, u okviru početne ritamske pulsacije, odnosno snimljenih naslojenih picikata. U t. 185 prvi put se pojavljuje model C – H – B – H, kroz četiri oktave i izvođač treba da aktivira MF - Cluster Flux svaki sljedeći put kada se isti model pojavi (na tonu C4). S obzirom na to da je modulacija analognog signala bazirana na randomiziranom talasu, analogni procesor ima svrhu „popunjavanja“ prekida između početnog i drugog tona navedenog modela, demonstrirajući inteligentnu reakciju procesora u vidu zvučnog efekta, koji izvođač prekida ali ponovno aktivira novim nastupom modela, što simulira simbolizira sistem regeneracije strukture i paradoks prekida u sistemu neprekidnog toka.

Princip neoznačavanja prekida: protiv pretjeranog označavanja prekida izdvajajući strukture ili rezanja jedne strukture. Rizom se može slomiti, razbiti na datom mjestu, ali će se pokrenuti ponovo na jednoj od svojih starih linija, ili na novim linijama. Nikad se ne možete osloboditi mrava zato što formiraju životinjski rizom koji može da oporavi vrijeme i ponovo nakon što je većina

⁵⁰³ Ibid, 14.

istog uništena. Svaki rizom sadrži linije segmentarnosti prema kojima je stratifikovan, teritorijalizovan, organizovan, označen, pripisan itd...⁵⁰⁴

Slika 120: Isječak iz partiture – Četvrti stav, *Asignifying Rupture* (t. 179 – 180)⁵⁰⁵

Peti stav, *Cartography* (kartografija) počinje u t. 216 gdje flauta koja koristi efekat prostornosti crkva, digitalnog procesora i iznosi i snima melodijsku liniju izvedenu iz mikropolifone fakture drugog stava uz mikrovibrato. Od t. 217 – t. 218 izvođač treba da improvizira na osnovu zapisanih tonskih visina i formira mikropolifonu fakturu oko prethodno snimljene melodije odnosno teme. U nastavku, u okviru svaka četiri takta iznesena je različita melodijska linija, koja se snima i naslojava te se na taj način ovaj stav postepeno formira u koralnu fakturu. Navedene melodijske linije predstavljaju osnovnu sekvencu početnog materijala i čine jedinstvo materijala, dok isti prelazi kroz prividne transformacije (subjektivne), čemu doprinosi efekat crkva koji u sebi integrira prostornost, odjek katedrale te efekat ženskog hora i orgulja.

⁵⁰⁴ <https://www.ntnu.no/wiki/download/.../21463142/deleuzeguattarrhizome.pdf>, 9. 18. 10. 2018. „Principle of asignifying rupture: against the oversignifying breaks separating structures or cutting across a single structure. A rhizome may be broken, shattered at a given spot, but it will start up again on one of its old lines, or on new lines. You can never get rid of ants because they form an animal rhizome that can rebound time and again after most of it has been destroyed. Every rhizome contains lines of segmentarity according to which it is stratified, territorialized, organized, signified, attributed, etc...”

⁵⁰⁵ Ibid, 14.

Slika 121: Isječak iz partiture – Četvrti stav, *Asignifying Rupture* (t. 216 – 232) ⁵⁰⁶

Princip kartografije i dekalcomanije: rizom nije podložan bilo kom strukturalnom ili generativnom modelu. To je stranac svake ideje o genetičkoj osi ili dubokoj strukturi. Genetička osa je kao objektivno ključno jedinstvo na kojem se organizuju sukcesivne faze; a duboka struktura je više kao osnovna sekvenca koja se može razdvojiti u neposredne konstitutivce, dok jedinstvo proizvoda prolazi drugu, transformacionu i subjektivnu dimenziju. ⁵⁰⁷

Šesti stav, i posljednji stav *Decalcomania* (dekalcomanija) počinje u t. 276, snimanjem tona A kojim završava prethodni stav (uz inkorporiranje melodijske linije glasa, što je apsolutno prepušteno izvođaču), a od t. 284 do t. 287 snima se prva melodijska linija (također po uzoru na prethodni stav), ali isprekidana, iznesena u vidu šestnaestinska stakata uz inkorporirane pauze. Iako je materijal ovog stava pod uticajem popularne muzike, pa konačni materijal podsjeća na estetiku hevi metala, cijela faktura je zapravo inspirisana koralnom fakturom

⁵⁰⁶ Ibid, 15.

⁵⁰⁷ <https://www.ntnu.no/wiki/download/.../21463142/deleuzeguattarirhizome.pdf>, 9. 18. 10. 2018. „Principle of cartography and decalcomania: a rhizome is not amenable to any structural or generative model. It is a stranger to any idea of genetic axis or deep structure. A genetic axis is like an objective pivotal unity upon which successive stages are organized; a deep structure is more like a base sequence that can be broken down into immediate constituents, while the unity of the product passes into another, transformational and subjective, dimension.“

prethodnog stava, ali iznesena kroz prekide i veze kratkih tonova. U t. 288 snima se sljedeća linija, na istom principu kao prva i ovaj princip se nastavlja sa pojavom svake sljedeće linije.

Slika 122: Isječak iz partiture – Četvrti stav, *Decalcomania* (t. 276 – 289) ⁵⁰⁸

U t. 307 snimanje se prekida i izvođač svira model baziran na tonovima C i H (3/16 + 2/16) čime proizvodi poliritmiju, što traje sve do t. 321, gdje nastavlja sa novim modelom, H-C-B-C (pulsacija 4/1 gdje je svaka peta šesnaestina pauza), čime također proizvodi poliritmiju. Izvođač može da aktivira snimanje na željenom mjestu, ali treba da bude izuzetno precizan da bi uspostavio tačno preklapanje navedene solističke dionice odnosno unisonu relaciju, čime postiže multipliciranje fakture u trećem registru i značajno jači intenzitet iste. Kompozicija završava prekidom snimljene fakture nakon koje izvođač svira picikati na tonu B1 i smireno isključuje mikrofon.

⁵⁰⁸ Ibid, 16.

Slika 123: Isječak iz partiture – Četvrti stav, *Decalcomania* (t. 298 – 303) ⁵⁰⁹

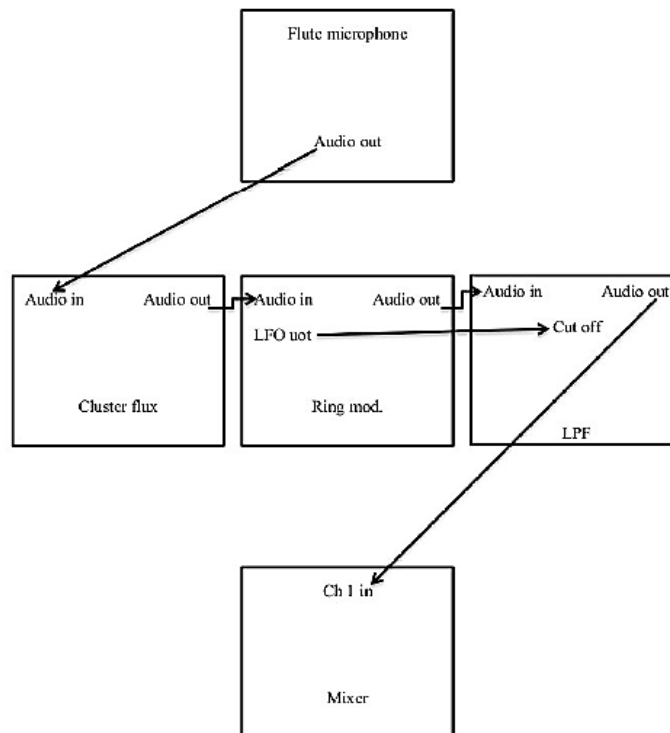
Slika 124: Isječak iz partiture – Četvrti stav, *Decalcomania* (t. 322 – 33) ⁵¹⁰

⁵⁰⁹ Ibid, 17.

4.6. Dino Rešidbegović: *Koncert za flautu sa procesorima i traku*

Koncert za flautu, procesore i traku označava kompozitorovu intenciju da u realnom vremenu mijenja odnosno modulira zvuk flaute ali i da prikaže inteligentnu reakciju modularnih sistema *TransFlute*. Naziv djela se ne odnosi na tradicionalni koncertantno-formalni oblik djela, već na odnos flaute sa procesorima te snimljenom elektronikom koja simbolizira „orkestar“. Signal flaute je izvor svih procesa modulacija zvuka u realnom vremenu, koje diktira izvođač, tako što istovremeno manualno kontroliše različite veze procesora zvuka.

Traka predstavlja instrumentalnu sekciju unutar koncepcije „orkestra“ koja ima prateću ulogu, a zasebno predstavlja isključivo elektronsku kompoziciju, realiziranu u formi snimljenih procesa modulacija analognog modularnog sintetizatora zvuka Make Noise.⁵¹¹ U partituri kompozitor determinira dispoziciju instrumenata, povezanost modula i početnu parametrik, što se odnosi na pretprogramiranje modulacija.



Slika 125: Dispozicija i povezanost modula⁵¹²

⁵¹⁰ Idem.

⁵¹¹ Hanan Hadžajlić, Lična korespondencija s kompozitorom Dinom Rešidbegovićem (Sarajevo, 05. 10. 2018.)

⁵¹² Dino Rešidbegović, *Koncert za flautu, procesore i traku* (Sarajevo, 2018), 1.

Program table for analog processors

Cluster flux								
Delay time	Range	Feedback	Drive	Output Level	Mix	LFO	Rate	Amount
2.2	Chorus	3h	11h	12h	10h	Random	Ca. 8	10

Ring mod						
LFO Amount	LFO Wave	Rate	Drive	Mix	Lo-Hi	Frequency
10	Squer	25	17h	10	Hi	10h

LPF						
Envelope Amount	Smooth-Fast	Mix	Drive	Cutoff	2-pole 4-pole	Resonance
2	Fast	10	12h	1k	2-pole	7,75

Slika 126: Parametrika ⁵¹³

Partitura je zapisana u formi dvoglasja gdje flauta, skupa sa procesorima, predstavlja prvi, a dionica trake, drugi glas. Dionica trake predstavljena je u vidu prikaza snimljenog signala sintetizatora Make Noise. Formalno, kompoziciju čine 24 vremenska prozora proizašla iz diferencijacije mikro-procesa unutar globalnog procesa elektronske kompozicije odnosno trake. Ovaj proces je kontinuitet moduliranog elektroničkog izvora koji jedino mijenja svoju prostranost dodjeljivanjem dubine, različitih vremena refleksija, zaključavanjem istih (uvođenjem loop-a), njihovom preobrazbom koristeći dodatne releksije i naposljetku, upotrebom transformacije između tri vrste filtera: niskopropusni, brana filtracije i visokopropusni. Važan aspekt je kontinuirani rad sa svim parametrima sljedećih modula: Echophon, Erbe-Verb i Phonogene.

⁵¹³ Idem.

Slika 127: Isječak iz partiture (strana 1) ⁵¹⁴

Unutar pojedinačnog vremenskog prozora, izvođač treba da se orijentira prema grafičkom prikazu kretanja signala. Upute za izvođača zapisane su specifičnom Rešidbegovićevom notacijom pod nazivom *A.R.G.N.* odnosno *aproksimativna redukcionistička grafička notacija* (eng. *Approximate Reductionist Graphical Notation*) koja implicira deterministički način notiranja elektronske i elektroakustičke muzike, sveden na prethodno determinirane parametre koji se u muzičkom tekstu prikazuju opisanim gestama u predviđenim vremenskim intervalima.⁵¹⁵ Ova notacija je svedena na minimalne oznake, stoga je redukcionistička, zbog

⁵¹⁴ Idem.

⁵¹⁵ Dino Rešidbegović, *Subtractive Study for Sound Synthesizers and Ensemble* (Beau Bassin: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017), 1.

bolje preglednosti partiture. Grafička notacija ima svrhu aktiviranja asocijacija izvođača u realnom vremenu i naposljetku, aproksimacije vezane za dužine, veličine i učestalost svih akcija vezanih za elektroničke i muzičke parametre. Na ovaj način postiže se izvjesna sloboda kojom kompozitor želi osloboditi sve mogućnosti i kvalitete koje interpretator posjeduje, na osnovu svojih prethodnih iskustava u praksi i teoriji izvođenja, analize i eventualno, kompozicije savremene umjetničke muzike. Kompozitor je svjestan da je svako izvođenje iste kompozicije uvijek različito, stoga, smatra da primjena navedene notacije implicira čvrstu i neraskidivu vezu između kompozitora i izvođača. Razlog tome je velika odgovornost izvođača prilikom izvedbe kompozicije jer on djelimično postaje i kompozitor. Zato, smatra i da njegove kompozicije ne mogu izvoditi muzičari koji sebe smatraju reproduktivnim umjetnicima, već isključivo, kako sam kaže, interpretatori.⁵¹⁶

The image displays four examples of graphic notation for flute (Fl.) and tape (Tape). Each example consists of a musical staff and a corresponding audio waveform.

- Example 1:** The musical staff shows a series of vertical lines of varying heights and widths, representing rhythmic figures. The text above reads: "Play a part of those rhythmical figures in manner, not literary! Cluster flux on!". The audio waveform shows a dense, continuous cluster of sounds.
- Example 2:** The musical staff shows a few notes with stems, followed by a slash. The text above reads: "Play this rhythmical figur using different pitches and rests." and "Cluster flux off". The audio waveform shows a sparse, rhythmic pattern. A vertical dashed line marks the "Beginning of pulse".
- Example 3:** The musical staff shows a series of wavy lines. The text above reads: "Add slow morphings between s and sh and back with pitch (acoustic frequency). More times! Ring mod on!". The audio waveform shows a series of pulses with varying frequencies.
- Example 4:** The musical staff shows a series of notes with stems, labeled "multiph." and "air", followed by a slash. The text above reads: "Play differen multiphonics and air. Try to morph between those two techniques and use dynamic (cres. and decres.) by playing multiphonic whit rests." and "The end of pulse". The audio waveform shows a series of pulses with varying dynamics.

Slika 128: Isječak iz partiture (strana 4)⁵¹⁷

⁵¹⁶ Hanan Hadžajlić, Lična korespondencija s kompozitorom Dinom Rešidbegovićem (Sarajevo, 05. 10. 2018.)

⁵¹⁷ Dino Rešidbegović, *Koncert za flautu, procesore i traku*, 4.

Improvizacija se u ovoj kompoziciji odnosi na predeterminiran način muzičkog mišljenja koji podrazumijeva izbjegavanje dijatonskih, to jeste, konsonantnih konstrukcija, zatim ponavljanje identičnih melo-ritamskih obrazaca bez inkorporiranja kontrastirajućih elemenata u kvazirepetitivni tok te citata bilo kakvih kulturnih modela svojstvenih historijskoj muzičkoj kompoziciji. Kompozitor izvođaču omogućava da u toku izvođenja interveniše u samoj parametrici procesora, odnosno preprogramiranju modulacija, što za njega predstavlja visoki nivo uspostave komunikacije izvođača sa modularnim sistemom kao i jedini način eksperimentisanja sa modularnošću zvuka, to jest, vještačkom muzičkom inteligencijom, isključivo u realnom vremenu.⁵¹⁸

The image displays three sections of a musical score for Flute (Fl.) and Tape. Each section includes a staff for the Flute with musical notation and a corresponding waveform on a 'Tape' track below it.

- Top Section:** Labeled 'LPF off'. The Flute staff shows 'Key clicks' with vertical lines. The Tape track shows a series of pulses.
- Middle Section:** Labeled 'Cluster flux on' and 'Cluster flux off'. It includes instructions: 'Combine those two rhythmic figures using overblowing technique and rests.' The Flute staff shows rhythmic patterns with 'inhale' and 'exhale' markings, and a dynamic marking of *ff*. The Tape track shows a dense, textured waveform.
- Bottom Section:** Labeled 'Ring mod on'. It includes instructions: 'Combine those four rhythmic figures using overblowing and pizz. technique with rests.' The Flute staff shows rhythmic patterns with 'pizz.' and 'overblowing' markings. The Tape track shows a complex, multi-layered waveform.

Slika 129: Isječak iz partiture (strana 5)⁵¹⁹

⁵¹⁸ Hanan Hadžajlić, Lična korespondencija s kompozitorom Dinom Rešidbegovićem (Sarajevo, 05. 10. 2018.)

⁵¹⁹ Dino Rešidbegović, *Koncert za flautu, procesore i traku*, 5.

Flautističke tehnike označene u partituri su picikato, leteći žvižduk, vokalni elementi, šapat i govor, multifonici, udisanje i izdisanje, preduvavanje, mikrotonalni glisando kao i njihove kombinacije. Bitan faktor u izvođenju je egzaktna artikulacija kratkih efekata i inkorporacija pauza između njih, u svrhu postizanja prostora u kojem je primjetna reakcija modularnog sistema koja izvođaču sugerije mogućnosti daljeg uspostavljanja procesa unutar pojedinačnog vremenskog okvira. Pri izvođenju multifonika, potrebno je održavati njihovu stabilnost odnosno intenzitet sazvučja, da bi svaki ton koji istovremeno učestvuje u ovom efektu mogao zasebno inicirati elemente kompleksnih modulacija zvuka.

5. ZAKLJUČAK

Istraživanje u sklopu doktorskog studija iz oblasti izvođačkih umjetnosti – flauta, pod nazivom *Flauta kao metainterfejs modularnih sistema u savremenoj elektroakustičkoj muzici*, koje uključuje umjetnički projekt sačinjen od šest kompozicija, objedinjuje i predstavlja novu paradigmu elektroakustičke muzike za flautu. Kompozicioni modeli i postupci u kompozicijama za ozvučenu flautu (sa ili bez efektom prostornosti ili odjeka) bazirani su na specifičnim savremenim flautističkim tehnikama, a notacija služi kao uputstvo za dizajn zvuka u realnom vremenu. Tako, izvođač postaje proizvođač (interpretator zapisa i kompozitor zvuka), a svaka izvedba/proizvodnja jedinstvena, čemu doprinosi bezbroj mogućnosti u aspektu tretmana svake pojedinačne tehnike te istraživanja načina upotrebe ozvučenja i dodatnih efekata. Savremene flautističke tehnike su korisnički interfejs, kako za kompozitora tako i za proizvođača, a ujedno se mogu posmatrati i kao metainterfejs ozvučenja i dodatnih efekata. Kompozicije za flautu i traku, koje djelimično pripadaju paradigmi elektroakustičke muzike za flautu 20. stoljeća, sadrže upute za realizaciju sinhronizacije flaute i elektronske trake. Akustička svojstva, to jest, akustičke mogućnosti ali i tehnička ograničenja flaute, predmet su istraživanja kompozitora, koji elektronikom simulira ono što je na flauti neizvodljivo i ujedno, komponuje kamernu fakturu koja zahtijeva prilagođavanje flautiste dionici elektronike. Stoga, pored izvođačkih/proizvođačkih zahtijeva u kontekstu proizvodnje specifičnih zvukova, flautista treba interpretaciji pristupiti mehanički. Postignutu *slobodu* u proizvodnji širokog spektra različitih zvukova kojoj elektronika doprinosi kao izvjesna nadogradnja, treba ograničiti upravo svojstvima elektronske trake, koja prvenstveno diktira prostor odnosno izvođačko vrijeme.

Posljednji i najznačajniji aspekt nove paradigme elektroakustičke muzike za flautu je korištenje specifične žive elektronike, bez i u kombinaciji sa trakom. U ovom istraživanju, živa elektronika se odnosi na modularni sistem *TransFlute*, koji čine analogni moduli (procesori zvuka) iz grupe *Moogerfooger's*, koji u kompozicijama za flautu i procesore mogu i ne moraju biti povezani sa jednim ili više digitalnih procesora. Modularni sistem *TransFlute* je u ovom radu predstavljen kao interfejs vještačke muzičke inteligencije. Ova teorija polazi od perspektive fizikalizma i hronološki uspostavlja vezu između: inteligencije materije, elektrofiziološkog potencijala neurona kao osnove elektronske aktivnosti mozga u korelaciji sa kognitivnom funkcijom, zatim; objašnjava elementarne principe razvoja generalne

vještačke inteligencije zasnovane na studijama inteligencije u oblasti psihologije, diferencira muzičku inteligenciju od generalne, objašnjava muzičku kompoziciju i sličnost uspostavljanja kompozicionih procesa sa programiranjem konteksta u oblasti razvoja vještačke inteligencije; objašnjava fenomen modularnosti te u konačnici, modularne sisteme zvuka, bazirane na električnom naponu. Modularni sistem je preprogramiran od strane proizvođača (u kontekstu savremene elektroakustičke muzike) da samostalno uspostavlja modulacije vlastitog analognog signala, koje su suštinski nedeterminističke, a procesi modulacija, zapravo su kompozicioni procesi u realnom vremenu, koji sistem mašina čini proizvođačem. Modulacije analognog signala (električnog napona), usmjerene u odnosu na postavku parametara sistema, reaguju na eksternu informaciju i predstavljaju simulakrum vještačke muzike inteligencije. Stoga, eksterna informacija odnosno inicijator novih procesa (reakcije modularnog sistema), je zasebni entitet koji može funkcionisati samostalno, ali u kombinaciji sa modularnim sistemom postaje transformisan a ujedno utiče i na same modulacije, pa se uspostavlja bidirekcionalni odnos. U kontekstu ovog istraživanja, metainterfejs modularnih sistema je flauta. Ona je korisnički interfejs kompozitora, jer njena akustička svojstva i tehničke mogućnosti teorijski definiraju spektar mogućnosti zvučnih informacija koje modularni sistem treba da apsorbira. Stoga, flauta (korisnički interfejs kompozitora) i kompozicija (kao metainterfejs flaute), zajedno čine flautu kao metainterfejs modularnih sistema odnosno vještačke muzičke inteligencije.

Flautista kao proizvođač treba biti u kapacitetu da razumije tehnička svojstva modularnog sistema, zatim, da zadovoljava tehničke/izvođačke zahtjeve koje diktira kompozicija te samim tim, razumije osnove savremene umjetničke kompozicije. Poznavanje muzičke tehnologije, visoke izvođačke/proizvođačke sposobnosti flautiste (prema zahtjevima svjetskog tržišta umjetničke muzike) i razvijena kompoziciona logika, osnova su novog profila savremenog muzičara, koji nazivam transdisciplinarnim istraživačem. Savremeni muzičar treba biti u kapacitetu da se bavi istraživanjem koje ima praktičnu i teorijsku podlogu te da na takav način, otkriva mogućnosti interpretacije fenomena koji ga okružuju kroz proizvodnju novih i jedinstvenih značenja. Tako, konceptualno mišljenje postaje sistematizirano, uvezano, a transdisciplinarni pristup omogućava modularnost mišljenja. Razvoj istraživača je jedinstven i predstavlja konstantnu tranziciju subjekta, što njegov istraživački put čini uvijek postajućim umjetničkim djelom.

Bibliografija

Boehm, Theobald. *The Flute and Flute Playing*. New York: Dover Publications, Inc., 1964.

Brian, Kane. *Sound Unseen: Acousmatic Sound in Theory and Practice*. Oxford: Oxford University Press, 2014.

British Neuroscience Association. *Neuroscience: Science of the Brain: an Introduction for Young Students*. Bristol: British Neuroscience Association, 2003.

Burch, Neil , Altshuler, H. L., eds., *Behavior and Brain Electrical Activity*. New York: Plenum Press, 1975.

Burger, John Robert. *Human Memory Modeled with Standard Analog and Digital Circuits*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009.

Case, Alexander U. *Sound FX: Unlocking the Creative Potential of Recording Studio Effects*. Burlington: Elsevier, 2007.

Childs, G. W. *Your Free Open Source Music Studio*. Boston: Course Technology, 2012.

Chong, Uipil. *EEG Analysis by Pupil Movements, Computer Science and its Applications: Ubiquitous Information Technologies*. Berlin: Springer Verlag, 2015.

Clerc, Maureen, Bougrain, Laurent, Lotte, Fabien , eds. *Brain Computer Interfaces 2: Technology and Applications*. London: ISTE Ltd., 2016.

Close, Frank. *Antimatter* (Prevod: Lovro Čulin). New York – Oxford: Oxford University Press, 2009.

Delgado-Frias, José G., Moore, William R. , eds. *VLSI for Artificial Intelligence and Neural Networks*. New York: Springer Science + Business Media, 1991.

Djurek, Ivan. *Vrednovanje izobličenja u elektroakustičkim sustavima s pomoću pseudoslučajnog signala*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 2003.

Dockendorff Boland, Janice. *Method for the One-Keyed Flute*. London: University of California Press, 1998.

Dodge, Charles i Jerse, Thomas A. *Computer Music: Synthesis, Composition and Performance*. New York: Schirmer Books, 1997.

Edelman, Gerald M., Tononi, Giulio. *A Universe of Consciousness: How Matter Becomes Imagination*. New York: Basic Books, 2000.

Empson, Jacob. *Human Brainwaves: The Psychological Significance of the Electroencephalogram*. New York: Stockton Press, 1986.

Eterović, Davor. *Biofizički temelji fiziologije*. Split: Sveučilište u Splitu – Medicinski fakultet, 2010.

Eysenck, H. J., ed., *A Model for Intelligence*. Berlin: Springer – Verlag, 1982.

Feucht, Dennis L. *Handbook of Analog Circuit Design*. Amsterdam: Elsevier Science, 2014.

Gallagher, Mitch. *The Music Tech Dictionary: A Glossary of Audio-Related Terms and Technologies*. Boston: Course Technology, 2009.

Gardner, Howard. *The Mind's New Science: A History of the Cognitive Revolution*. New York: Basic Books, 1985.

Gardner, Howard. *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. New York: Basic Books, 2011.

Goertzel, Ben, Pennachin, Cassio, eds. *Artificial General Intelligence*. Berlin: Springer – Verlag, 2007.

Hadžajlić, Hanan. *Kompoziciono-tehnička i interpretacijska analiza kompozicije „Dah“ Ališera Sijarića*. Sarajevo: Muzička akademija Univerziteta u Sarajevu, 2015.

Harrison, Howard. *How to Play the Flute*. London: EMI Music Publishing Ltd, 1982.

Hewitt, Michael. *Composition for Computer Musicians*. Boston: Course Technology, 2009.

Huguenard, John, McCormick, David A. *Electrophysiology of the Neuron*. New York: Oxford University Press, 1994.

Howard, David, Angus, Jamie. *Acoustics and Psychoacoustics: Fourth Edition*. Oxford: Elsevier, 2009.

Hwang-Shim, Joon-Hee Beth. *The Physiology of Flute Playing: The Role of the Larynx*. Sydney: The University of Sydney, 2005.

Johnston, Ian. *Measured Tones: The Interplay of Physics and Music, Third Edition*. Boca Raton: CRC Press, 2009.

Jung, Carl Gustav. *Analytical Psychology, Its Theory and Practice: The Tavistock Lectures*. New York: Pantheon Books, 1968.

Jung, Carl Gustav. *Synchronicity: An Acausal Connecting Principle*. Princeton: Princeton University Press, 2011.

Kurzweil, Ray. *How to Create a Mind: The Secret of Human Thought Revealed*. New York: Viking Penguin, 2012.

Lin, Horng-Jiun. *An Illustrated Basic Flute Repair Manual for Professionals*. Columbus: The Ohio State University, 2008.

Lüth, Hans. *Surfaces and Interfaces of Solid Materials*. Berlin: Springer Science & Business Media, 2013.

Maclagan, Susan. *A Dictionary for the Modern Flutist*. Lanham: The Scarecrow Press, 2009.

Meijer, P. A. *Stoic Theology: Proofs for the Existence of the Cosmic God and of the Traditional Gods*. Delft: Eburon Uitgeverij B.V., 2007.

Members of the APS Multi-Divisional Neutrino Study. *The Neutrino Matrix*. Maryland: American Physical Society, 2004.

Miranda, Eduardo Reck. *Composing Music with Computers*. Boca Raton: CRC Press, 2001.

Mooney, James R. *Sound Diffusion Systems for the Live Performance of Electroacoustic Music*. Sheffield: The University of Sheffield, 2005.

Owsinsky, Bobby. *The Recording Engineers's Handbook*. Boston: Course Technology, 2004.

Palmieri, Robert, ed. *The Piano Encyclopedia: Second Edition*. New York: Routledge, 2003.

Pike, Charles A. *Transistor Fundamentals Vol. 2: Basic Transistor Circuits*. Indianapolis: Howard W. Sams & Co., Inc., 1968.

Ransom, Jacob. *Functionality and of Electronics in Regards to the Performance Practice of the Following Works: 'Temazcal' (1984), Javier Alvarez, and 'Memory Palace' (2012), Christopher Cerrone*. Fairbanks: University of Alaska Fairbanks, 2016.

Rešidbegović, Dino. *Subtraktivna sinteza u kompoziciji*. Sarajevo: Muzička akademija Univerziteta u Sarajevu, 2016.

Shephard, Brian K. *Refining Sound: A Practical Guide to Synthesis and Synthesizers*. Oxford: Oxford University Press, 2013.

Siegel, Allan, Sapru, Hriday N. *Essential Neuroscience: Second Edition*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2010.

Šumarac Pavlović, Dragana, Mijić, Miomir. *Elektroakustika*. Beograd: Elektrotehnički fakultet u Beogradu, 2017.

Toff, Nancy. *The Development of the Modern Flute*. New York: Taplinger Publishing Company, 1979.

Vendrix, Philippe, ed. *Music and Mathematics: In Late Medieval and Early Modern Europe*. Turnhout: Brepols Publishers, 2008.

Vogel, Friedrich. *Genetics and Electroencephalogram*. Berlin: Springer – Verlag, 2000.

Weicbroth, Pavel, Sikorski. *User Interface Prototyping Techniques and Tools*. Katowicach: Uniwersytetu Ekonomicznego, 2015.

Willis, Moyra E. *Notation and performance of avant-garde literature for solo flute*. Gainesville: University of Florida, 2008.

Woon Ko, Young. *Jung on Synchronicity and Yijing*. Newcastle: Cambridge Scholars Publishing, 2011.

Yorita, Ron. *Using Spectral Analysis to Evaluate Flute Tone Quality*. San Luis Obispo: Faculty of California Polytechnic State University, 2014.

Zoelzer, Udo. *DAFX: Digital Audio Effects*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2002.

Članci i konferencije

Ayers, Lydia. „Synthesizing Timbre Tremolos and Flutter Tonguing on Wind Instruments“, U: *Proceedings of the International Computer Music Conference ICMC2004*. Coral Gables: University of Miami, 2004.

Brazier, Frances, Treur, Jan. „Compositional Modelling Reflective Agents“, U: *International Journal of Human-Computer Studies: Volume 50, Issue 5*. Amsterdam: Elsevier, 1999.

Cadoz, Claude i Wanderley, Marcelo M. „Gesture – Music“, U: Wanderley, Marcelo M. i Battier, Marc (Eds.), *Trends in Gestural Control of Music*. Paris: Ircam – Centre Pompidou, 2000.

Chang, Heejung, Lim, Kangsun „Applying Web Services and Design Patterns to Modeling and Simulating Real-World Systems“, Tag Gon Kim, ed., *Artificial Intelligence and Simulation: 13th International Conference on AI, Simulation, and Planning in High Autonomy Systems, AIS 2004, Jeju Island, Korea, October 4-6, 2004, Revised Selected Papers*. Berlin: Springer Science + Business Media, 2005.

Coeckelbergh, Mark. Can Machines Create Art“, U: *Philosophy & Technology: Volume 30*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2016.

Cossette, Isabelle, Sliwinski Pawel, Macklem, Peter T. „Respiratory parameters during professional flute playing“. *Respiration Physiology*, vol. 121. Amsterdam: Elsevier, 2000.

Del Vescovo, Chiara, Parsia, Bijan, Sattler, Uli, Schneider, Thomas. „Atomic Ontology“, U: *Proceedings of the Twenty-Second International Joint Conference on Artificial Intelligence*. Barcelona: International Joint Conference on Artificial Intelligence, 2011.

Delisle, Julie. „Mapping the sound world of the flute: towards a new classification of standard and extended techniques“, U: Burger, Birgitta, Bamford, Joshua, Carlson, Emily. (Eds.), *Proceeding of the 9th International Conference of Students of Systematic Musicology (SysMus16)*, Jyväskylä yliopisto. Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2016.

Giedd, Jay N., Molloy, Elizabeth A., Blumenthal, Jonathan. „Adolescent Brain Maturation“, U: V. S. Ramachandran, ed., *Encyclopedia of Human Brain*. Cambridge: Academic Press, 2002.

Hesselhund, Anders, Wasowski, Andrzej. „Interfaces and Metainterfaces for Models and Metamodels“, U: *Model Driven Engineering Languages and Systems: 11th International Conference, MoDELS 2008, Toulouse, France, September 28 - October 3, 2008. Proceedings*. Berlin: Springer, 2008.

Kannengiesser, Udo, Gero, John S. „Using Agents in the Exchange of Product Data“, U: Bramer, Max, Devedzic, Vladan, eds. *Artificial Intelligence Applications and Innovations: IFIP 18th World Computer Congress TC12 First International Conference on Artificial Intelligence Applications and Innovations (AIAI-2004) 22–27 August 2004 Toulouse, France*. Berlin: Springer Science + Business Media, 2004.

Pećnjak, Davor. „Sloboda volje, uzročnost i Hume“, U: *Prolegomena* 10 (2). Zagreb: Udruga za promicanje filozofije, 2011.

Sprinkle, Jonathan, Rumpe, Bernhard, Vangheluwe, Hans, Karsai, Gabor. „Metamodelling: State of The Art and Research Challegnes“, U: *MBEERTS'07 Proceedings of the 2007 International Dagstuhl conference on Model-based engineering of embedded real-time systems*. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 2010.

Studzinski Perotto, Filippo, Vicari, Rosa, Otávio Alvares, Luís. „An Antonomous Intelligent Agent Architecture Based on Constructivist AI“, U: Bramer, Max, Devedzic, Vladan, eds. *Artificial Intelligence Applications and Innovations: IFIP 18th World Computer Congress TC12 First International Conference on Artificial Intelligence Applications and Innovations (AIAI-2004) 22–27 August 2004 Toulouse, France*. Berlin: Springer Science + Business Media, 2004.

Terrugi, Daniel. „Technology and musique concrète: the technical developments of the Groupe de Recherches Musicales and their implication in musical composition“, U: *Organised Sound: An International Journal of Music and Technology, Volume 12, Issue 3*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

Yang, Jingan, Zhuang, Yanbin, Wang, Hongyan. „Evolutionary Robot Behaviour Based on Natural Selection and Neural Networks“, U: Bramer, Max, Devedzic, Vladan, eds. *Artificial Intelligence Applications and Innovations: IFIP 18th World Computer Congress TC12 First International Conference on Artificial Intelligence Applications and Innovations (AIAI-2004) 22–27 August 2004 Toulouse, France*. Berlin: Springer Science + Business Media, 2004.

Web izvori

1. http://www.flutopedia.com/pitch_to_frequency.htm (20.03.2018.)
2. <http://amath.colorado.edu/pub/matlab/music/MathMusic.pdf> (20. 03. 2018.)
3. <https://sites.google.com/a/ncea.org.uk/biology/lifestyle-1/the-lungs-3-1-4/gaseous-exchange-in-the-lungs/mechanism-of-breathing> (24. 06. 2018.)
4. <https://forteflutes.wordpress.com/2017/04/12/articulation-2/> (24. 06. 2018.)
5. <https://www.forthecontemporaryflutist.com/etude/etude-02.html> (25. 06. 2018.)
6. <http://www.altoflute.co.uk/06-multiphonics/multiphonic-trills.html> (25.06.2018.)
7. <http://www.altoflute.co.uk/06-multiphonics/multiphonic-trills.html> (25.06.2018.)
8. <https://www.flutecolors.com/techniques/flatterzunge/> (25. 06. 2018.)
9. <https://www.flutecolors.com/techniques/whistle-tones/> (25.06.2018.)
10. <https://www.flutecolors.com/techniques/multiphonics/> (25.06.2018.)
11. <https://www.flutetunes.com/fingerings/trills.php> (25.06.2018.)
12. <https://www.flutexpansions.com/jet-whistle> (26.06.2018.)
13. <https://www.flutexpansions.com/trumpet> (26.06.2018.)
14. <https://en.oxforddictionaries.com/definition/interface> (02. 07. 2018.)
15. <http://www.businessdictionary.com/definition/interface.html> (02. 07. 2018.)
16. <https://www.igi-global.com/dictionary/towards-programming-model-ubiquitous-computing/34866> (02. 07. 2018.)
17. <https://medium.com/intuitionmachine/the-meta-model-and-meta-meta-model-of-deep-learning-10062f0bf74c> (02. 07. 2018.)
18. <https://home.cern/about/accelerators/large-electron-positron-collider> (02. 07. 2018.)

19. <https://www.nuclear-power.net/nuclear-power/reactor-physics/atomic-nuclear-physics/fundamental-particles/antineutrino/> (02. 07. 2018.)
20. https://artint.info/html/ArtInt_13.html (03. 08. 2018)
21. <http://artsites.ucsc.edu/faculty/cope/experiments.html> (04. 08. 2018)
22. <https://www.ircam.fr/lircam/> (09. 08. 2018)
23. https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_promet_1/OEIE_POG_03.pdf (12. 08. 2018)
24. https://www.thomann.de/gb/sd_systems_lcm_70.htm (12. 08. 2018)
25. http://www.bill-lewington.com/sdsystems/parts/sd_sp_6.jpg (12. 08. 2018)
26. <https://www.practical-music-production.com/reverb.html> (13. 08. 2018)
27. <https://www.practical-music-production.com/audio-limiter.html> (15. 08. 2018)
28. <https://www.passlabs.com/press/audio-distortion-and-feedback> (17. 08. 2018)
29. <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/19292-7-band-parametric-equalizer> (17. 08. 2018)
30. <https://slideplayer.com/slide/4348501/> (18. 08. 2018)
31. <https://www.boss.info/us/products/ve-20/> (18. 08. 2018)
32. <https://www.moogmusic.com/products/moogerfoogers/> (20. 08. 2018)
33. <https://www.sweetwater.com/store/detail/Clusterflux--moog-moogerfooger-mf-108m-cluster-flux-pedal> (20. 08. 2018)
34. <https://www.sweetwater.com/store/detail/MF101--moog-moogerfooger-mf-101-lowpass-filter-pedal> (20. 08. 2018)
35. <http://www.boutiquepedalnyc.com/product/434> (20. 08. 2018)
36. <https://www.moogmusic.com/products/moogerfoogers/mf-108m-cluster-flux#specs-tab> (20. 08. 2018)
37. <https://www.keymusic.com/item/boss-ds-1-distortion-40th-anniversary-limited-edition/> (20. 08. 2018)

38. <https://www.humbuckermusic.com/products/moogep1mooge> (20. 08. 2018)
39. <http://help.nchsoftware.com/help/en/wavepad/win/frequencyanalysis.html> (15. 10. 2018)
40. <https://www.australianmusiccentre.com.au/product/open-cluster-m45-for-amplified-bass-flute-escore>, 15. 10. 2018.
41. <http://www.subliminal.org/flute/dissertation/ch04.html>, 16. 10. 2018.
42. http://www.arkivmusic.com/classical/Drilldown?name_id1=2756&name_role1=1&bcorde r=1&comp_id=421632, 16. 10. 2018.
43. <http://www.newworldrecords.org/uploads/filesn8ri.pdf>, 16. 10. 2018.
44. <https://www.editionpeters.com/resources/0001/stock/pdf/mnemosyne.pdf>, 17. 10. 2018.
45. <https://www.ntnu.no/wiki/download/.../21463142/deleuzeguattarirrhizome.pdf>, 18. 10. 2018.
46. <https://www.fer.unizg.hr/predmet/dubuce>, 19. 11. 2018.
47. <https://academiaanalitica.files.wordpress.com/2016/10/nijaz-ibrulj-tema-1-kognitivne-funkcije-kognitivni-zadaci-i-inteligencija.pdf>, 19. 11. 2018.
48. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5770642/>, 19. 11. 2018.
49. http://www.pmf.unsa.ba/hemija/files/Katedra%20za%20organsku%20hemiju%20i%20biohemiju/Predmeti%20KOHBI/I_ciklus/II_godina/Uvod_u_biohemiju/Struktura_i_funkcija_st_anice.pdf, 19. 11. 2018.
50. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5303862/>, 20. 11. 2018.
51. <http://www.irma-international.org/viewtitle/77798/>, 20. 11. 2018.
52. http://www2.fiit.stuba.sk/~solcany/files/devs_article.pdf, 21. 11. 2018.

Partiture

http://panayiotiskokoras.com/_cycling/P.KOKORAS_Cycling_%5Bnotes%5D.pdf, 15. 10. 2018.

<https://www.editionpeters.com/resources/0001/stock/pdf/mnemosyne.pdf>, 17. 10. 2018.

Dominik Karski. *Open Cluster 45*. Musica Neo, Kreuzlingen, 2003.

Mario Davidovsky. *Synchronisms I*. New York: McGinnis & Marx, 1966.

Hanan Hadžajlić. *A Thousand Plateaus: Hommage a Deleuze & Guattari*. Sarajevo, 2018.

Dino Rešidbegović. *Koncert za flautu, procesore i traku*. Sarajevo, 2018.

Dino Rešidbegović. *Subtractive Study for Sound Synthesizers and Ensemble*. Beau Bassin: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017.

Lična korespondencija

Hanan Hadžajlić, Lična korespondencija s kompozitorom Dinom Rešidbegovićem (Sarajevo, 05. 10. 2018.)