

UNIWERSYTET MUZYCZNY FRYDERYKA CHOPINA

Dziedzina sztuki, dyscyplina artystyczna: sztuki muzyczne

Bartłomiej Woźniak

**Przestrzeń muzyki – muzyka przestrzeni:
zagadnienia kreowania muzyki immersyjnej do spektaklu
*Anioły w Ameryce.***

Opis dzieła artystycznego

Praca doktorska napisana pod kierunkiem
dr hab. Jarosława Regulskiego, prof. UMFC

Warszawa 2024

Oświadczenie promotora pracy doktorskiej

Oświadczam, że niniejsza praca została przygotowana pod moim kierunkiem i stwierdzam, że spełnia ona warunki do przedstawienia jej w przewodzie doktorskim.

Data..... Podpis promotora pracy.....

Oświadczenie autora pracy

Świadom odpowiedzialności prawnej oświadczam, że niniejsza praca doktorska pt. *Przestrzeń muzyki – muzyka przestrzeni: zagadnienia kreowania muzyki immersyjnej do spektaklu „Anioły w Ameryce”* została napisana przeze mnie samodzielnie pod kierunkiem promotora i nie zawiera treści uzyskanych w sposób niezgodny z obowiązującymi przepisami.

Oświadczam również, że przedstawiona praca nie była wcześniej przedmiotem procedur związanych z uzyskaniem stopnia doktora sztuki.

Oświadczam ponadto, że niniejsza wersja pracy jest identyczna z załączoną wersją elektroniczną.

Data..... Podpis autora pracy.....

Podziękowania

Szczególne podziękowania należą się promotorowi, prof. Jarkowi Regulskiemu. Chciałbym również podziękować osobom, bez których praca by nie powstała: Małgorzacie Bogajewskiej, Arturowi Mitroszowi, Piotrowi Zabrodzkiemu, Łukaszowi Korybalskiemu, Michałowi Jarosowi, Pawłowi Żejmo, Joannie Lalek, Mateuszowi Żurawskiemu, Henryce Kinaszewskiej oraz całej ekipie technicznej Teatru Ludowego w Krakowie.

Acknowledgments

Special thanks are due to the promoter, prof. Jarek Regulski. I would also like to thank people without whom this work would not have been created: Małgorzata Bogajewska, Artur Mitrosz, Piotr Zabrodzki, Łukasz Korybalski, Michał Jaros, Paweł Żejmo, Joanna Lalek, Mateusz Żurawski, Henryka Kinaszewska and the entire technical team of the Ludowy Theater in Krakow.

Abstrakt

W centrum niniejszej pracy stoi przestrzeń jako element formotwórczy muzyki, skomponowanej przeze mnie do spektaklu *Anioły w Ameryce* Tony'ego Kushnera. To przede wszystkim przestrzeń zewnętrzna, w której dźwięki oraz aktorzy i odbiorcy są zanurzeni, ale również przestrzeń wewnętrzną, którą tworzy i niesie muzyka. Warstwa elektroniczna muzyki do spektaklu odtwarzana jest przez system głośników rozmieszczonych dookoła i nad widownią. Przestrzeń wewnętrzną tej kompozycji, relacje między dźwiękami, barwa, dynamika, stoi na równi z przestrzenią zewnętrzną, lokalizacją, kierunkiem i ruchem obiektów dźwiękowych. Obydwie wraz z inscenizacją i grą aktorów tworzą nową immersyjną jakość. Właśnie immersja, czyli zanurzenie, zatopienie się, jest w moim odczuciu nierozłączną częścią sztuki, związaną z jej odkrywaniem i przeżywaniem.

W części 1. omawiane jest zagadnienie przestrzeni w muzyce oraz idea muzyki jako sztuki przestrzennej. Przestrzeń wewnętrzną muzyki – przestrzeń muzyki – to ta zawarta w jej skalach, barwach, dynamice, ruchu, to przestrzeń symboliczna i emocjonalna. Przestrzeń zewnętrzną to ta, w której muzyka jawi się odbiorcom, która również bezpośrednio wpływa na odbiór muzyki, w której postrzega się źródła dźwięku, ich kierunek, ruch, odległość. Obydwie przestrzenie są ze sobą ściśle związane.

W części 2. krótko omówione zostały powiązania przestrzeni z muzyką instrumentalną i wokalną w ujęciu historycznym, a także w elektroakustyce – wędrówka od punktu – dźwięku monofonicznego – do sfery. Znajdzie się tu krótka charakterystyka najważniejszych technik dźwięku przestrzennego, wykorzystującego głośniki – stereofonia natężeniowa, dźwięk obiektowy, synteza pola dźwiękowego, a także dźwięk binauralny, przeznaczony do odsłuchu słuchawkowego.

W części 3. znajduje się opis dzieła, oraz procesu jego powstawania. Kilka utworów, wykorzystanych w spektaklu, skomponowanych zostało w jedną, niezależną suitę na czterech muzyków jazzowych, taśmę przygotowaną w technice Dolby Atmos i żywą elektronikę. Załączona do pracy *Suita na czterech muzyków i wiele głośników* została zarejestrowana w trakcie koncertu w sali im. Karola Szymanowskiego na Uniwersytecie Muzycznym Fryderyka Chopina i przygotowana w formacie binauralnym.

Abstract

At the center of this work is space as a forming element of the music I composed for the play *Angels in America* by Tony Kushner. It is primarily an external space in which sounds, actors and recipients are immersed, but also an internal space created and carried by music. The electronic layer of music for the show is played by a system of speakers placed around and above the audience. The internal space of this composition, the relationships between sounds, timbre, dynamics, is equal to the external space, location, direction and movement of sound objects. Both of them, together with the staging and the actors' performances, create a new immersive quality. In my opinion, immersion, i.e. absorption, captivation, is an inseparable part of art, related to discovering and experiencing it.

Part 1 discusses the issue of space in music and the idea of music as spatial art. The internal space of music is the one contained in its scales, colors, dynamics, movement, symbolic and emotional spaces. The external space is the one in which the music appears to the audience, which also directly influences it, where the sound sources, their direction, movement and distance are perceived. Both spaces are closely related.

Part 2 briefly discusses the connections between space and instrumental and vocal music from a historical perspective, as well as in electroacoustics – the journey from a point – monophonic sound – to a sphere. There will be a brief description of the most important spatial sound techniques using loudspeakers – intensity stereophony, multichannel, object sound, sound field synthesis, as well as binaural sound using headphones.

Part 3 contains a description of the work and the process of its creation. Several pieces used in the performance were composed into one independent suite for four jazz musicians, a tape prepared in Dolby Atmos technology and live electronics. The *Suite for four musicians and many loudspeakers* included in the work was recorded during a concert at the Karol Szymanowski hall at the Fryderyk Chopin University of Music and prepared in binaural format.

Spis treści

Wstęp	7
1. Muzyka – sztuka przestrzenna.	10
1.1 Przestrzeń wewnętrzna – przestrzeń w muzyce (<i>space in music</i>)	15
1.2 Przestrzeń zewnętrzna – muzyka w przestrzeni (<i>music in space</i>)	20
1.3 Podsumowanie	28
2. Od punktu do sfery	31
2.1 Amplitudowa przestrzeń wielokanałowa	37
2.2 Obiekty dźwiękowe w przestrzeniach	45
2.3 Pola dźwiękowe i sferyczne przestrzenie wyższego rzędu	50
2.4 Przestrzeń binauralna	58
3. Muzyka do spektaklu <i>Anioły w Ameryce</i> – opis dzieła	61
3.1 Więcej o narzędziach	68
3.2 O opisie dzieła – spektromorfologia i morfologia przestrzeni	70
3.3 Opis utworów	83
3.4 Podsumowanie	114
Bibliografia	116

Do pracy dołączona jest płyta CD z plikiem w formacie WAV 24 bit, 48 kHz zawierającym stereofoniczne, binauralne nagranie utworu *Anioły w Ameryce – Suita na czterech muzyków i wiele głośników*, wykonane w sali im. Karola Szymanowskiego na Uniwersytecie Muzycznym im. Fryderyka Chopina w Warszawie w maju 2022 roku. W koncercie udział wzięli: Piotr Zabrodzki – fortepian, Paweł Żejmo – perkusja, Michał Jaros – kontrabas, Łukasz Korybalski – trąbka, Bartłomiej Woźniak – *live electronics*.

Na pamięci USB dołączonej do pracy znajduje się:

- wyżej wymieniony plik WAV
- wersja zgrana w formacie Dolby Atmos
- „taśma”, będąca częścią kompozycji, również w formacie Dolby Atmos

Wstęp

*Mitotwórcza działalność człowieka bez ustanku posługuje się przestrzenią,
ujmując każdą myśl w trójwymiarowe obrazy
i nadając im z konieczności znamię danego momentu danej cywilizacji.*

Czesław Miłosz

Przestrzeń zawsze była, jest i będzie niezwykle ważnym aspektem w muzyce, tak jak i w innych sztukach. Dzieje się tak, ponieważ – nie sposób uciec od oczywistego spostrzeżenia – przestrzeń jest nieodłączną częścią percypowanego wszechświata, tak jak jej częścią jest pobudzona do drgań materia – źródło wrażeń, które człowiek odbiera jako dźwięki. Percepcja przestrzeni to podstawowy rodzaj postrzegania, od którego zależą inne percepcje, to jest odkrywanie stabilnych, trwałych ram środowiska. James Gibson, amerykański psycholog i badacz percepcji, nazwał ten proces „percepcją przestrzeni” (*space perception*), termin ten jednak – jak twierdzi badacz – implikuje coś abstrakcyjnego i intelektualnego, podczas gdy w rzeczywistości oznacza konkretną, prymitywną, „mglistą, ukrytą i nieustanną świadomość tego, co trwałe w świecie”¹. Słuch odgrywa w procesie poznawania przestrzeni niezwykle ważną rolę. Rozpoznaje akustyczne oddziaływania otoczenia na dźwięk, zjawiska dyfrakcji, cieni akustycznych, odbić od przeszkód, echa i pogłosu, potrafi rozpoznać kierunki i lokalizację źródła dźwięku, a także zidentyfikować go, podać jego przyczynę dzięki doświadczeniom odbiorcy, transmodalnym skojarzeniom, a także zrozumieć jego znaczenie. Wreszcie muzyka, której medium jest przestrzeń – drgające cząsteczki powietrza – zawiera w sobie wyjątkowe, wielowymiarowe przestrzenie, wymykające się prostej klasyfikacji. Są to przestrzenie symboliczne, metaforyczne, emocjonalne. Zewnętrznym i wewnętrznym przestrzeniom muzycznym, muzyce w przestrzeni i przestrzeni w muzyce poświęcona jest pierwsza część tej pracy.

Relacje przestrzeni z muzyką i dźwiękiem wydają się być niezwykle pociągające, o czym świadczą liczne prace teoretyczne oraz wzrastające zainteresowanie tym zagadnieniem wśród twórców i kompozytorów. Szczególnie w kontekście muzyki elektroakustycznej, w której dochodzi do oderwania dźwięku od jego źródła. Przestrzeń jest częścią muzyki instrumentalnej i wokalne od początku jej historii na całym świecie, a różne aspekty przestrzeni stosowane były i są po dzień dzisiejszy, by wymienić tylko kilka z nich: wykorzystywanie akustyki, długich i krótkich czasów pogłosu, odbić dźwięku, zarówno w lokalizacjach naturalnych, jak i specjalnie konstruowanych

¹ Frederico Macedo, *Phenomenology, Spatial Music and the Composer: Prelude to a Phenomenology of Space in Electroacoustic Music*, Huddersfield 2011, s. 32

budowlach; zjawisko średniowiecznej muzyki antyfonalnej; polichóralne kompozycje szkoły weneckiej; rozmieszczanie muzyków w różnych miejscach przestrzeni w muzyce współczesnej – to tylko kilka przykładów uprzestrzenniania muzyki instrumentalnej i wokalne na przestrzeni dziejów. We względnie nowych dziedzinach sztuki, jakimi są muzyka elektroakustyczna oraz fonografia, przestrzeń „zdobywana” jest na nowo, i dzięki współczesnym technologiom, z coraz większym powodzeniem. Dźwięk przestrzenny jest obiektem badań od początku istnienia fonografii, jego rozwój obserwuje się w technikach stereofonii natężeniowej, dźwięku kinowego czy też w cyfrowych technikach immersyjnych, wirtualnej rzeczywistości. Krótki rys historyczny przestrzeni dźwiękowej towarzyszącej historii muzyki zachodniej, oraz opis rozwoju przestrzeni elektroakustycznej „od punktu do sfery” znajdzie się w drugiej części niniejszej pracy.

W muzyce mojego autorstwa do spektaklu *Anioły w Ameryce* w Teatrze Ludowym w Krakowie przestrzeń wykorzystana jest jako ważny element formotwórczy, szczególnie w warstwie elektronicznej utworu. Dzieło powstawało w zgodzie z filozofią muzyki konkretnej Pierra Schaeffera. Dlatego do jego opisu i analizy stosuję spektromorfologię. Odnosi się ona zarówno do wewnętrznej przestrzeni dźwięku, przestrzeni spektralnej, morfologii i typologii oraz znaczeń obiektów dźwiękowych, ale również do typologii przestrzeni immersyjnej, morfologii i dynamiki zachodzących w niej zmian. W czasie tworzenia muzyki do spektaklu miałem okazję eksperymentować z wieloma głośnikami rozmieszczonymi dookoła i nad widownią, z zastosowaniem dostępnych technik dźwięku immersyjnego. Zwieńczeniem pracy w teatrze było przygotowanie niezależnego utworu *Anioły w Ameryce – suita na czterech muzyków i wiele głośników*, z zastosowaniem technik dźwięku obiektowego, co umożliwiła prezentację dzieła w różnych, przystosowanych do tej technologii salach, kinowych lub multimedialnych. Opis dzieła oraz jego spektromorfologiczna analiza znajduje się w części trzeciej.

Muzyka do dramatu Tony’ego Kushnera *Anioły w Ameryce* stanowi integralną część inscenizacji, wraz z grą aktorską, scenografią i światłami. Opisane w części trzeciej utwory odnoszą się do fragmentów *Suity na czterech muzyków i wiele głośników*, która jest utworem niezależnym, choć programowo związanym z tekstem Kushnera, z postaciami i sytuacjami z *Aniołów w Ameryce*. Utwór ten składa się z połączonych ze sobą, tworzących dramaturgiczną całość fragmentów muzyki wykorzystanej w spektaklu, wykonywanej przez muzyków z towarzyszeniem przestrzennej „taśmy”, oraz immersyjnej elektroniki realizowanej na żywo. Załączone do pracy binauralne nagranie, będące podmiotem opisu dzieła, powstało w ramach koncertu i prawykonania *Suity* w maju 2022 roku w sali im. Karola Szymanowskiego na Uniwersytecie Muzycznym im. Fryderyka Chopina w Warszawie.

Celem pracy było stworzenie immersyjnej muzyki do spektaklu z wykorzystaniem wielu głośników, eksploracja i zbadanie współczesnych technik wielokanałowego dźwięku, i użycie ich jako instrumentu w kompozycji przestrzennej formy muzyczno – dźwiękowej, ze szczególnym naciskiem na praktykę, oraz estetykę dźwięku immersyjnego, a także wytyczenie nowych ścieżek w tworzeniu dźwiękowych i muzycznych form przestrzennych. Podejmując pracę nad muzyką do spektaklu, miałem możliwość eksperymentowania i badania różnych technik dźwięku przestrzennego, techniki wielokanałowej, ale również systemu obiektowego (Dolby Atmos). Tworząc *Anioły w Ameryce – Suitę na czterech muzyków i wiele głośników*, miałem okazję sprawdzić potencjał muzyki przestrzennej jako bytu niezależnego od przestrzeni teatralnej, mogącego zaistnieć w różnych lokalizacjach, takich jak sale multimedialne, kinowe i inne wyposażone w wielogłośnikowe systemy nagłośnienia.

1. Muzyka – sztuka przestrzenna

Ze sztuką przestrzenną kojarzy się zwykle twórczość angażującą zmysł wzroku i dotyku. Sztuki przestrzenne to sztuki plastyczne, które aranżują pewien obszar, urealniamy i unaocniają jego wymiary, komponują go lub przetwarzają: malarstwo, rzeźba, architektura, a także taniec, szeroko pojęte sztuki wizualne, teatr czy film. Wzrok i dotyk to zmysły bardziej „przylegające” do aktualnej rzeczywistej przestrzeni niż zmysł słuchu, który wydaje się być podporządkowany doznaniom wizualnym. W sztukach muzycznych, idea przestrzeni zajmuje dość szczególne miejsce i charakteryzuje się współlistnieniem rozbieżnych trendów i koncepcji. Maria Harley w swojej dysertacji na temat przestrzenności w muzyce współczesnej wymienia liczne ich przykłady – od teorii przestrzeni wyznaczonej wysokością dźwięków (*pitch-space*) do przestrzenności wykonania i percepcji muzyki. Omawiając je autorka zaznacza, że wielu teoretyków odkrywa muzyczną przestrzeń odbieraną w trakcie słuchania muzyki z pominięciem fizycznej przestrzeni, w której manifestuje się muzyka (Hans Mersmann, Ernst Kurth, Albert Wellek, Edward Lippman). Inni teoretycy i kompozytorzy rozpatrują przestrzeń jako uosobienie stagnacji i twierdzą, że „uprzestrzennianie czasu” jest istotną cechą nowej muzyki (Arnold Schoenberg, Theodor W. Adorno, György Ligeti, Vincent McDermott). Spora grupa kompozytorów wprowadza matematyczne pojęcia przestrzeni do swojej twórczości (Pierre Boulez, Iannis Xenakis). Dla niektórych wreszcie muzyczna przestrzeń staje się tym, czym zawsze była – przestrzenią wykonania i percepcji muzyki (Edgar Varèse, Henry Brant, Denis Smalley)².

Charakterystyczną cechą wszystkich fenomenologicznie zorientowanych teorii muzycznej przestrzeni jest jej zależność od wysokości dźwięku. Z pewnością wpływ na takie postrzeganie muzyki ma jej reprezentacja graficzna, której rozwój obserwujemy od IX wieku. Hermann von Helmholtz w 1863 roku pisał:

Istotną cechą przestrzeni jest to, że w każdej pozycji w jej obrębie mogą znajdować się podobne ciała i mogą zachodzić podobne ruchy. Wszystko, co może się wydarzyć w jednej części przestrzeni, jest równie możliwe w każdej innej części przestrzeni i jest przez nas postrzegane dokładnie w ten sam sposób. Tak jest również ze skalą muzyczną. Każda fraza melodyczna, każdy akord, który może być wykonany na dowolnej wysokości, może być również wykonany na dowolnej innej wysokości w taki sposób, że natychmiast dostrzegamy charakterystyczne cechy ich podobieństwa. (...) Taka ścisła analogia konsekwentnie istnieje we wszystkich istotnych relacjach między skalą muzyczną a

² Maria Harley *Space and Spatialisation in Contemporary Music*, Montreal 1994, s. 53-54

przestrzenią, że nawet zmiana wysokości dźwięku ma łatwo rozpoznawalne i niewątpliwe podobieństwo do ruchu w przestrzeni i często jest metaforycznie określana jako ruch wznoszący się lub opadający lub postęp (progresja). Stąd znów możliwe staje się, że ruch w muzyce naśladuje szczególne właściwości sił napędowych w przestrzeni, to znaczy tworzy obraz różnych impulsów i sił, które leżą u podstaw ruchu. [tłum. wł.]³

Taka muzyczna przestrzeń jest wyraźnie oddzielona od przestrzeni zewnętrznej, fizycznej. Czas jest jednym z jej wymiarów obok wysokości dźwięku. Ruch manifestuje współzależność między przestrzenią i czasem.⁴

Muzyczna przestrzeń postrzegana jako nieruchomość, „zastój” (*stasis*), opiera się na „koncepcji opozycji przestrzeni i czasu, statyczności i rozwoju, Bycia i Stawania się.”⁵ „Statyczna” przestrzeń muzyczna ma również miejsce w kontekście całkowitej „bezcieleśności” muzycznego materiału, podobnie jak w wyżej wymienionej fenomenologicznej przestrzeni wysokości dźwięków. Tu jednak idea dwu-wymiarowej przestrzeni muzycznej wymaga re-definiowania pojęć muzycznych wymiarów z czasowych (jednoczesność i następstwo dźwięków – akordy i melodia) do geometrycznych (czas – wymiar horyzontalny, wysokość – wertykalny). „Ta re-definicja pojęć zbiegła się w czasie z odrzuceniem melodii (horyzontalnej) i harmonii (wertykalnej) w nowej muzyce na rzecz serializmu”⁶.

Właściwie we wszystkich obszarach współczesnej muzyki serialnej lub atonalnej pojawiło się matematyczne pojęcie przestrzeni muzycznej jako zbioru punktów i wektorów w ściśle sprecyzowanych strukturach. Ta muzyczna przestrzeń jest wyabstrahowana od przestrzeni fizycznej i akustycznej, w podobny sposób, w jaki matematyka i geometria abstrahuje od fizyki. Na tym polu powstają teorie dwu i wielowymiarowych przestrzeni muzycznych reprezentowanych przez zbiory wektorów o różnych zmiennych, takich jak: brzmienie instrumentu (barwa), wysokość dźwięku, intensywność (głośność), czas trwania.⁷

Wyżej wymienione idee przestrzeni muzycznej są związane z faktem, że muzyka jest obiektem nie mającym fizycznej reprezentacji. „Kiedy muzyka jest królestwem niematerialnych, bezcieleśnych dźwięków, jej fizyczne aspekty wykonania stają się nieważne”⁸ Dodatkowo przestrzeń muzyki pojmowanej jako sztuki związanej wyłącznie z czasem (szczególnie w czasach przed-nowoczesnych), w oderwaniu od zewnętrznej przestrzeni, staje się trudna do określenia, tym bardziej, że przestrzeń jaką znamy z doświadczenia ma trzy wymiary. Pojęcie przestrzeni

³ H. Helmholtz za M. Harley, Dz. cyt. s. 55

⁴ M. Harley, Dz. cyt. s. 75

⁵ Tamże, s. 89

⁶ Tamże, s. 76

⁷ Tamże, s. 104

⁸ Tamże, s. 109

muzycznej zależy więc od tego jak rozumiemy pojęcie przestrzeni w ogóle. Jeśli przestrzeń jest „pojemnikiem” dla wszystkiego włącznie z ruchem, muzyczna przestrzeń jest fantomem muzycznego czasu. Argumenty są następujące: „1. Muzyka objawia się w ruchu (zmiany w czasie); 2. Ruch musi się odbywać w jakimś kierunku (ruch dokądś prowadzi); 3. muzyczna przestrzeń jest miejscem, w którym ten ruch się odbywa.”⁹ Jeżeli przestrzeń jest pojmowana jako fragment trójwymiarowej rzeczywistości, w której wykonywana jest muzyka, wówczas przestrzeń muzyczna staje się „synonimem przestrzeni wykonania i percepcji.” W tak zdefiniowanej przestrzeni muzycznej istotniejsze staje się pytanie „nie o to jak przestrzeń może być muzyczna, ale o to jak muzyka może być przestrzenna”¹⁰

Różnorodność koncepcji przestrzeni muzycznych omawianych przez Harley, ich różne typy, cechy, wymiary, ilość prac naukowych, artykułów i rozważań poświęconych pojęciu muzycznej przestrzeni świadczą o złożoności kwestii. Już sama ilość terminów opisujących to zagadnienie obrazuje jak złożona jest sprawa relacji przestrzeni z dźwiękiem. W literaturze przedmiotu znajdziemy przestrzeń akustyczną i fonosferę u Reymonda R. Schafera; przestrzeń słuchową (*aditory space*) w psychoakustyce Jensa Blauerta; w tekstach Denisa Smalley’a obok zagadnień rozproszenia przestrzennego¹¹: przestrzeń komponowaną, przestrzeń wewnętrzną (*internal*), zewnętrzną (*external*), wykonywaną (*performed*), spektralną, nałożoną (*superimposed*), przestrzeń głowy (*head space*)¹²; przestrzeń fonograficzna występuje jako element przedstawiony w obrazie fonograficznym w pracach Witolda Osińskiego. Studiując głębiej zagadnienie przestrzeni muzycznej znajdziemy pojęcia takie jak wielowymiarowa muzyczna przestrzeń wirtualna, immersyjna, informacyjna, logiczna, metodologiczna, kompozycyjna, konceptualna, metaforyczna i wiele innych. Termin „przestrzeń muzyczna” wymyka się jednoznacznej definicji, zawiera zbyt wiele różnych znaczeń spoza sfery muzycznej. Sugeruje to, że „przestrzeń muzyczna” nie istnieje, jest jedynie konceptem nie opisującym rzeczywistości, lecz doznania towarzyszące słuchaniu muzyki, subiektywne wrażenia¹³.

Można pojęcie muzycznej przestrzeni traktować jako metaforę. Jeszcze jedną z wielu metafor, które opisują niewerbalne wrażenia towarzyszące słuchaniu muzyki. Możemy subiektywnie opisywać dźwięk jako przestrzenny, jasny, ciemny, miękki, twardy, okrągły,

⁹ Tamże, s. 109

¹⁰ Tamże, s. 111

¹¹ Rozproszenie przestrzenne dźwięku (*sound diffusion*) „to rozproszenie kompozycji dźwiękowej w przestrzeni akustycznej. Innymi słowy to sonoryzacja przestrzeni akustycznej i wzmocnienie kształtów i struktur dźwiękowych w strukturze kompozycji w celu uzyskania satysfakcjonujących wrażeń słuchowych” [tłum. własne], D. Smalley, *Sound Diffusion in Composition and Performance: An Interview with Denis Smalley*, „Computer Music Journal” vol. 24, 2/2000, s. 10

¹² Por: Juha Ojala, *Space in musical semiosis: An abductive Theory of the Musical Composition Process*, Helsinki, 2009, s. 345

¹³ Maria Harley Dz. cyt., s. 325

chropowaty, itd. Dzieje się tak, ponieważ - jak zauważa Ewa Schreiber: „u źródeł naszego najbardziej podstawowego pojmowania muzyki leży złożony system metafor, które nie są opisem żadnego faktu materialnego”¹⁴. Metafory te służą poznaniu, opisaniu doznań i są skorelowane z tym w jaki sposób odczytujemy świat dookoła nas. To co konstytuuje doświadczenie muzyczne to przestrzeń i ruch oraz wyobrażone, przyczynowo – skutkowe związki, które zachodzą między elementami tej przestrzeni. Metafora to według Arystotelesa przeniesienie nazwy jednej rzeczy na inną: z rodzaju na gatunek, z gatunku na rodzaj, z jednego gatunku na inny lub przeniesienie nazwy z jakiejś rzeczy na inną na zasadzie analogii. We współczesnej kognitywnej teorii języka „metafora pojęciowa nie powstaje ani przez przeniesienie nazwy ani interakcję znaczeń, ale poprzez operację myślową, polegającą na rzutowaniu dwóch domen pojęciowych: domeny źródłowej na domenę docelową”¹⁵. Docelową domeną pojęciową jest dźwięk, to jak go postrzegamy. Źródłową domeną pojęciową może być materia (faktura dźwięku, dźwięk szorstki – gładki, metaliczny, drewniany), światło (jasny – ciemny), kierunek (dźwięki niskie - dół, wysokie – góra), geometria (okrągłe brzmienie). Na styku tych pojęciowych domen obserwujemy przeplatanie się różnych zmysłów: słuchu z dotykiem (faktura dźwięku), wzrokiem (barwa, kolor, świetlistość). Dźwięk jako obiektywne zjawisko, które można opisać dokładnymi, wymiernymi parametrami fizycznymi: wysokość (częstotliwość drgań powietrza), głośność (amplituda drgań), spektrum (rozłożenie energii w słyszalnym paśmie), czas trwania – w procesie subiektywnej percepcji określamy pojęciami kształtowanymi przez schematy utrwalone w doświadczeniu cielesnym, w tym jak pojmujemy i doświadczamy otaczający nas świat. Muzyka – szczególnie współczesna – nasuwa szereg skojarzeń wyrażanych metaforami, np. światła, ciemności, napięcia, odprężenia, ciężaru, lekkości, ciepła, zimna. Metafora to „figura, która pośredniczy między odległymi kontekstami i przywraca im utraconą jedność”¹⁶, a pojęcie przestrzeni obok pojęcia ruchu stanowi jedną z najbardziej podstawowych metafor dla opisu muzyki. Mówimy o ruchu w muzyce, o wrażeniu przestrzenności w dźwięku, o głębi brzmienia, muzycznych planach, ruchomych masach dźwięku, czy od niedawna za sprawą rozwoju wirtualnej rzeczywistości o immersyjności, odczuciu zatopienia w dźwięku dobiegającego z wielu kierunków jednocześnie.

Czy przestrzeń muzyczna, przestrzeń dźwięku jest tylko metaforą, kwestią subiektywnego odczucia? Intuicja mówi, że sprawa nie jest tak prosta. Katarzyna Stułka-Szymańska nie podziela tezy o jedynie metaforycznej naturze pojęcia, pisząc:

¹⁴ Ewa Schreiber *Muzyka i metafora*, Warszawa 2012, s. 76

¹⁵ Tamże, s.58

¹⁶ Tamże, *Muzyka wobec doświadczeń przestrzeni i ruchu: między metaforą pojęciową a percepcją* w: *Sztuka i filozofia* (40/2012), s. 116

Przestrzeń w muzyce to raczej kwestia odniesienia, często bardzo realnego, do przestrzeni otaczającego nas świata, a także odpowiedź na sposób rozumienia przestrzeni aktualny w danym momencie historycznym. Sądzę, że przestrzeń muzyczną można rozumieć jako problem artystycznej interpretacji zjawisk dokonującej się w obszarach czerpania wzorów z otaczającego świata i ich twórczej transformacji. Za każdym razem jest to tworzenie nowej przestrzeni artystycznej¹⁷.

Kluczowym staje się pytanie czy przestrzeń jest immanentnym elementem utworu muzycznego, wpisanym w jego strukturę, czy raczej czymś zewnętrznym, objawiającym się w trakcie jego akustycznej realizacji? Szczególny okres poszukiwań odpowiedzi i formowania nowych teorii o przestrzeni w dziele muzycznym przypada na wiek XX, zwłaszcza jego drugą połowę, w której dochodzi do rewolucji w myśleniu o muzyce jako o sztuce operującej czasem. Jak zauważa Krzysztof Lipka związki muzyki z czasem wydają się oczywiste, w przeciwieństwie do związków muzyki z przestrzenią, które są

bardziej skomplikowane, gdyż czas jest aktywny, z muzyką zrośnięty, a przestrzeń nie. [...] Muzyka ingeruje w przestrzeń jawnie, przestrzeń, jeżeli ingeruje w muzykę, to w sposób utajony; to znaczy w sposób niezauważalny, wręcz nieoczywisty dla odbiorcy. Dopiero analiza i refleksja dają dostęp do tego dość w sumie prostego zjawiska¹⁸.

Rozwój fonografii, muzyki elektroakustycznej, konkretnej (*musique concrète*) próby wyjścia poza utarte schematy, poszukiwania nowych środków wyrazu w muzyce, serializm, dodekafonia, a także ich krytyka, dawały mocny impuls do nowych teorii muzycznych, w których znaczenie przestrzeni staje się coraz większe.

Przestrzeń muzyczna to, jak widać, bardzo obszerny termin, określany przez szereg definicji i postrzegany na wiele różnych sposobów zarówno przez badaczy i teoretyków muzyki, jak i kompozytorów, wykonawców i słuchaczy. Mówi się o przestrzeni muzyki jako o abstrakcyjnym konstrukcie, w którym muzyka się „rozciąga”, gdzie o jej wymiarach decydują odległości między dźwiękami, barwa, harmonia, dynamika i rytm. Z drugiej strony przestrzeń muzyczna kojarzona jest z konkretną przestrzenią środowiska, w którym muzyka rozbrzmiewa. W niniejszej pracy przyjmę dwie koncepcje pojmowania muzycznej przestrzeni. Jedną definiującą przestrzenność muzyczną jako “przestrzeń w muzyce” - przestrzeń wewnętrzną, subiektywną, metaforyczną, wyimaginowaną, fenomenologiczną, drugą jako “muzykę w przestrzeni”, gdzie aspekt przestrzenny dotyczy projekcji dźwięku w zewnętrznej przestrzeni. Ta pierwsza dotyczy przestrzennych aspektów percepcji i doświadczenia muzycznych dźwięków, druga natomiast odnosi się do

¹⁷ Katarzyna Szymańska-Stułka, *Idea przestrzeni w muzyce*, Warszawa, 2015, s. 20-21

¹⁸ Krzysztof Lipka, *Abstrakcja i przestrzeń*, Warszawa, 2017, s. 400

fizycznych drgań materii w środowisku jako właściwego wehikułu dla muzycznej komunikacji¹⁹. Te dwa aspekty przestrzeni muzycznej są ze sobą głęboko powiązane. Juha Ojala w książce *Space in Musical Semiosis* stawia tezę, że muzyka, jej komponowanie, wytwarzanie i odbiór są ucieleśnione przestrzennie, co wynika z przesłanek, że: 1. fenomeny psychiczne są ucieleśniane przestrzennie, 2. muzyka, jej komponowanie i odbiór są fenomenami psychicznymi²⁰; w konsekwencji przestrzeń jawi się jako bardzo ważny element muzyki, wpływający na proces jej tworzenia, wykonywania i odbioru. Powiązania muzyki, dźwięku z przestrzenią są tak istotne, iż można śmiało postawić tezę, że muzyka jest sztuką przestrzenną.

1.1 Przestrzeń wewnętrzna – przestrzeń w muzyce (*space in music*²¹)

Przeszło sto lat temu, w latach dwudziestych i trzydziestych XX wieku niemieccy teoretycy sztuki poruszali zagadnienie przestrzeni muzycznej jako fenomenu percypowanego w czasie słuchania muzyki w oderwaniu od fizycznej, sonicznej przestrzeni. Od czasu kongresu Towarzystwa Estetyki zorganizowanego przez Ernsta Cassirera w Hamburgu w roku 1930 wielu badaczy zagadnienia przypisuje przestrzeń muzyczną do wewnętrznych struktur muzycznych, harmonii i melodii, niejako w oderwaniu od fizycznej przestrzeni; melodia porusza się w górę lub w dół w dźwiękowej czaso-przestrzeni, harmonia i dynamika nadaje głębię. Z tekstów badaczy (Hans Mersmann, Siegfried Nedel, Ernst Kurth i inni) wyłania się kilka kwestii dotyczących „przestrzeni muzycznej”: a) oddzielenie „muzycznej” od „słuchowej” przestrzeni, b) statyczny charakter przestrzeni muzycznej, c) przestrzenny charakter wysokości dźwięku, d) przestrzenna reprezentacja wysokości, e) przestrzenne cechy muzycznego czasu²². W 1954 roku Joseph Machlis pisze:

Jesteśmy przyzwyczajeni do słuchania melodii na tle harmonii. Do ruchu melodii harmonia dodaje trzeci wymiar – głębię. Nadaje ona bogactwo i kolor linii melodycznej, ciężar i ciało muzycznej tkance. Harmonia jest dla muzyki tym, czym perspektywa dla malarstwa. Wprowadza wrażenie muzycznej przestrzeni. [tłum. własne]²³

Choć nie jest to oryginalna koncepcja muzycznej przestrzeni²⁴ i odnieść ją można tylko do zachodniej muzyki, zwłaszcza do jej technik notacji, co więcej - nie wyjaśnia w jaki sposób tworzy się „wrażenie muzycznej przestrzeni”, niemniej może posłużyć jako przykład idei, w której muzyka zawiera pewną formę przestrzenności z racji swoich cech. Przestrzeń wewnętrzna, immanentna, to

¹⁹ J.Ojala, dz. cyt., s. 345

²⁰ Tamże

²¹ Por: J.Ojala, dz. cyt., s. xiv

²² Por: M. Harley, Dz. cyt., s. 57

²³ Joseph Machlis, cyt. za: J. Ojala, dz. cyt., s. xiv

²⁴ Hermann von Helmholtz już w drugiej połowie XIX wieku łączy pojęcie przestrzeni muzycznej ze zjawiskiem skali

dźwiękowe „mikroprzestrzenie”, które poddawane „szczegółowym analizom, urastają do rangi autonomicznych przestrzeni, konceptualizowanych w oparciu o poszczególne parametry dzieła muzycznego”²⁵ takie jak brzmienie (przestrzeń brzmieniowa), rytm (przestrzeń rytmiczna), melodia i harmonia (przestrzeń harmoniczna, przestrzeń wysokości – od dźwięków niskich (dół) do wysokich (góra)). Przestrzeń w dziele muzycznym coraz częściej rozpatrywana z perspektywy fenomenologicznej, czy też psychologii kognitywnej objawia się jako „subiektywny konstrukt umysłu podmiotu percypującego lub jako wrażenie/wyobrażenie w umyśle człowieka – powstające w procesie percepcji – zmysłowego doświadczania dźwięku”²⁶. O muzycznej przestrzeni wewnętrznej pisze Szymańska-Stułka:

Gdy badamy strukturę kompozycji, dostrzegamy istnienie przestrzeni wewnętrznej, budowanej przez płaszczyzny dźwięków i relacje między nimi zachodzące. To przestrzeń niemal biologiczna, komórkowa, wewnątrz organizmu, w którym działają siły regulujące byt kompozycji, jej dynamikę, tempo, barwę oraz całe spektrum brzmienia, uwzględniające różnorodne układy dźwięków budujące muzyczną tkankę i narrację w skali mikro i makro.²⁷

Podobnie przestrzeń muzyczną pojmuje Leszek Polony. Jej ramy określają systemy muzyczne, skale dźwiękowe, tonalność, reguły harmonii, formy muzyczne, faktura dźwięku, obsada instrumentalna. Polony wyodrębnia jeszcze jedną kategorię przestrzeni muzycznej, którą kwalifikuję jako rodzaj przestrzeni wewnętrznej: przestrzeń symboliczną, czy zgoła mityczną,

czyli sferę przestrzennych wyobrażeń, przedstawień i asocjacji, a także pewnych przestrzennych idei, motywów i tematów literackich, ujawniających się w utworze muzycznym – takich jak np. źródło, rzeka, morze, góry, wędrówka, wschód i zachód słońca i wiele innych.²⁸

Obcowanie z muzyką, uważne słuchanie lub jej kontemplacja powoduje ciąg wrażeń, uczuć, skojarzeń obrazów, które pojawiają się w umyśle słuchacza. Taka wewnętrzna projekcja może być niezależna od fizycznej przestrzeni zewnętrznej, może być wyobrażeniem w głowie, ideą muzyki i dźwięku, która tworzy wewnętrzne, nieeuklidesowe przestrzenie.²⁹ Ta wyimaginowana przestrzeń, którą niesie muzyka, objawia się w dodatkowych kontekstach w przypadku muzyki programowej, lub zderzenia czy też współistnienia z innymi przestrzeniami w sztukach audiowizualnych, jak w filmie, czy teatrze. Przestrzeń muzyczna i teatralna współ-oddziałują na siebie wzajemnie.

Konotacje literackie, pozamuzyczne wpływają na percepcję symbolicznej wewnętrznej przestrzeni muzycznej i *vice versa*. Przestrzeń teatralna, w której widz odbiera muzykę

²⁵ Weronika Nowak, *Przestrzeń w dziele muzycznym jako przedmiot badań muzykologii*, „Perspektywy Kultury” 1/2015, s. 17

²⁶ W. Nowak, dz. cyt., s. 18

²⁷ Katarzyna Szymańska-Stułka, *Idea przestrzeni w muzyce*, Warszawa, 2015, s. 28

²⁸ Leszek Polony, *Przestrzeń i muzyka*, Kraków, 2007, s. 10

²⁹ K. Szymańska-Stułka, dz. cyt. s. 55

nie jest bowiem przestrzenią semantycznie neutralną, jak w przypadku wykonania muzyki autonomicznej. Przestrzeń teatralna, nawet wówczas, gdy pozbawiona jest scenografii, staje się miejscem przebiegu zdarzeń pozamuzycznych, które widz percypuje równoległe z otaczającą go sferą dźwięków. Niejako automatycznie łączy on zatem wszystkie zjawiska muzyczne z pozostałymi komponentami sceny: dekoracją, światłem, rekwizytami, czy wreszcie ciałem aktora, jego słowami, działaniami, ruchem³⁰.

Słyszenie przestrzenne jest zależne od przestrzeni pojmowanej wzrokiem i dotykiem.

Postrzeganie przestrzenności działa na zasadzie analizy widmowej, do której zdolny jest aparat słuchowy, oraz różnic czasowych wynikających z opóźnienia z jakim dochodzi fala dźwiękowa do każdego ucha. Przestrzenie poznawane wzrokiem i dotykiem są „zbieżne” z realną przestrzenią, czego nie można powiedzieć o przestrzeni poznawanej jedynie słuchowo, czyli zmysłem, który raczej uzupełnia pozostałe zmysły. Słyszenie przestrzenne nie jest idealnie zbieżne z realną przestrzenią, nie sposób za pomocą samego słuchu precyzyjnie określić geometrii otoczenia, jego rozmiarów, wielkości, materii. Wewnętrzna przestrzeń muzyki to coś więcej niż tylko kwestia lokalizacji dźwięku względem słuchacza, to raczej subiektywne odczucie dotyczące przestrzenności, odseparowane od niedoskonałego słyszenia przestrzennego. W konsekwencji muzyczna przestrzeń jest oderwana od przestrzeni realnej, aktualnej, co implikuje jej transcendentność.³¹ Przestrzeń wewnętrzna muzyki wynika ze sposobu postrzegania wydarzeń dźwiękowych, interpretacji, doświadczenia i nawyków odbiorcy.

Zagadnienia te stoją w centrum zainteresowania autorów muzyki elektroakustycznej, i konkretnej (*musique concrète*). W przypadku tej pierwszej, przestrzenne relacje między dźwiękami są tworzone w całości „od podstaw”. W muzyce konkretnej nie używa się tradycyjnych metod notacji, proces twórczy przebiega odwrotnie niż w muzyce instrumentalnej: najpierw uzyskuje się materiał dźwiękowy, potem tworzy się z niego struktury kompozycji, nieraz metodą eksperymentów. Materiałem muzycznym mogą być nagrane dźwięki niekoniecznie instrumentów muzycznych, ale również dźwięków, które poza kontekstem kompozycji traktowane są jako niemuzyczne: dźwięki natury, dowolnej aktywności człowieka, tony i szумы generowane elektronicznie, czy też przetworzenia wyżej wymienionych. Wraz z rozwojem możliwości technologicznych, wewnętrzna przestrzeń dźwięku zaczęła stanowić główne zagadnienie estetyczne w muzyce elektroakustycznej i w fonografii. Istotny wkład w sposób jej postrzegania wniosły prace Pierra Schaeffera i jego idea słuchania zredukowanego, która zaadoptowała fenomenologiczną

³⁰ Magdalena Figzał, *Przestrzenie muzyczne w polskim teatrze współczesnym*, Katowice 2017, s: 8-9

³¹ J.Ojala, Dz. cyt., s. 370, 375

metodologię analizy. Pojawienie się mikrofonów i głośników doprowadziło do sytuacji akuzmatycznej, która

zmienia sposób w jaki słuchamy. Poprzez odizolowanie dźwięku od jego ‘audiowizualnego kompleksu’, do którego początkowo należało, [akuzmatyczne słuchanie] tworzy warunki do słuchania zredukowanego, skoncentrowanego na samym dźwięku jako obiekcie niezależnym od jego przyczyn, źródła lub znaczeń (choć słuchanie zredukowane może również mieć miejsce w sytuacji słuchania bezpośredniego [t.j. takiego, w którym źródło dźwięku jest obecne i widzialne]³². [tłum. własne]

W metodzie fenomenologicznej, aby zwrócić się do *rzeczy samej* i obiektywnie na nią spojrzeć należy przeprowadzić trojaką redukcję. Po pierwsze: wyłączyć wszystko co subiektywne i uzyskać postawę obiektywną, zwróconą ku fenomenowi jakim jest dźwięk, brzmienie, utwór muzyczny jako obiekt dźwiękowy, zbiór wielu obiektów zajmujących pewną przestrzeń. Po drugie: wyłączyć wszystko co płynie z różnych teorii i wiedzy na temat muzyki i przestrzeni w filozofii i sztuce. Po trzecie: wyłączyć tradycję, zawiesić to, co do tej pory na ten temat już zostało powiedziane, to co zostało w praktyce dokonane. Następnie przedmiot rozważań poddać należy dalszej, dwójakiej redukcji. Po pierwsze: pozostawić poza rozważaniem istnienie przedmiotu, skierować uwagę na jego uposażenie treściowe, na to, czym jest przestrzeń muzyczna. Po drugie: z uposażenia treściowego wyłączyć wszystko co nieistotne.³³ W muzyce akuzmatycznej dźwięk oderwany zostaje od swojego źródła, odcięty od bodźców wzrokowych pomagających w jego percepcji, rozpoznaniu źródła i przyczyny. Staje się tym samym obiektem – fenomenem objawiającym się przed podmiotem – słuchaczem. Obiekt taki może być sumą innych obiektów, tworzyć struktury, ma swój kształt zmienny w lub stały w czasie, wrażenie masy, faktury i co najważniejsze – przestrzenności.

Koncepcje Schaeffera kontynuuje w swoich pracach kompozytor muzyki elektroakustycznej Denis Smalley, który tworzy pojęcie spektromorfologii, wewnętrznej przestrzeni dźwięku. Każdy dźwięk – jak mówi Smalley – ma swój charakterystyczny kształt w dziedzinie słyszalnego spektrum częstotliwości: szerokość, masę, fakturę, zmiany w czasie (narastanie, trwanie, wygasanie), innymi słowy wewnętrzną przestrzeń. W muzyce instrumentalnej postrzega się ją jako relacje wysokości dźwięków, dynamiki, barwy, harmonii, w muzyce elektroakustycznej odnosi się do ruchów energii w słyszalnym paśmie częstotliwości. Dla Smalleya wewnętrzna przestrzeń dźwięku powstaje na styku spektromorfologii i wyobraźni odbiorcy, wynika z faktu wytwarzania dźwięku (np. wykonywania muzyki instrumentalnej). Nie tylko drgająca przestrzeń jest medium i przekaźnikiem

³² Michel Chion *Guide To Sound Objects*, London 2009, s. 11

³³ Józef M. Bocheński *Współczesne metody myślenia*, Poznań, 1988, s. 7

dźwięków (przestrzeń zewnętrzna), ale dźwięki niosą ze sobą przestrzeń, zwłaszcza takie dźwięki, które łatwo wywołują wyobrażenie ich źródła i przyczyny (*source-bonded sounds*, słuchacz jest w stanie świadomie lub podświadomie rozpoznać aktywność, która je spowodowała). W muzyce akuzmatycznej każdy dźwięk, każda spektromorfologia jest przestrzenią, niesie o niej informacje, wrażenia przestrzenne powstają w wyniku skojarzeń i powiązań sensorycznych. Te doznania są głęboko zakorzenione w fizycznej i przestrzennej istocie ludzkiego ciała, które znajduje się w centrum percepcji.

Między-zmysłowe (transmodalne) połączenia pojawiają się automatycznie gdy materiał brzmieniowy zdaje się przywoływać to, co słuchacz wyobraża sobie, że zna z doświadczenia spoza świata muzyki, i w słuchaniu akuzmatycznym (nie tylko muzyki akuzmatycznej [np nagrania koncertu, lub muzyki na żywo z zamkniętymi oczami]) między-zmysłowość pojawia się, mimo, że jest aktywny tylko słuch³⁴. [tłum. własne]

Przestrzeń wewnętrzna muzyki powstaje w świadomości słuchającego i związana jest z rozpoznawaniem dźwięków otoczenia. Bardzo pomocny w procesie poznawania i identyfikacji źródła dźwięku jest zmysł wzroku. Widzenie przedmiotu który brzmi, pomaga zapamiętać i później kojarzyć dźwięk z jego źródłem. Wg Franka Henriksena atrybuty muzycznej przestrzeni wewnętrznej to: wielkość (*magnitude*), kształt (*shape*) i gęstość (*density*). Atrybuty te mają bezpośredni związek z poznawaniem zewnętrznego świata innymi zmysłami i pamięcią oraz wiedzą jaką posiada słuchacz, oraz skojarzeniami jakie niosą ze sobą dźwięki. I tak atrybut wielkości przestrzeni wewnętrznej wiąże się z ilością energii w niskich częstotliwościach, oraz z czasem trwania. Im więcej energii w niskich częstotliwościach, tym większa odbierana wielkość dźwięku. Z doświadczenia wiemy, że duże obiekty rezonują w niskich częstotliwościach, powodują duże fale akustyczne, niskie dźwięki kojarzy się zatem z obiektami, które fizycznie zajmują dużo miejsca, albo z dużą ilością energii. Dźwięki o dużym atrybucie wielkości rozpoznawalne w naturze to np grzmot, odgłos trzęsienia ziemi, instrumenty muzyczne to kontrabasy, kontrafagoty, tuby, kotły, grancasy.³⁵ Dźwięki niskie są wszech-kierunkowe, co powoduje wrażenie, że są przestrzenne, docierające do słuchacza z wszystkich kierunków jednocześnie, wypełniające przestrzeń w większym stopniu niż dźwięki wysokie. Jeżeli dźwięk jest rozpoznawalny przez odbiorcę, ocena wielkości źródła dźwięku wynika z wiedzy i doświadczenia słuchacza. Istnieje pewna ciągłość wielkości dźwięku w percepcji słuchowej. Oddalające się źródło dźwięku traci głośność oraz

³⁴ Denis Smalley, *Space-form and The Acousmatic Image*, „*Organised Sound*” 12/1/2007, s. 39

³⁵ Frank Ekeberg Henriksen, *Space in Electroacoustic Music: Composition, Performance and Perception of Musical Space*, London 2002, s. 30

wyższe częstotliwości, w przypadku pomieszczenia zamkniętego wzrasta również stosunek pogłosu do sygnału bezpośredniego. W takim przypadku wrażenie wielkości źródła dźwięku pozostanie takie samo, ponieważ dźwięk dostarczył słuchowi pierwszą bliską perspektywę, która staje się punktem odniesienia. Jednak ocena wielkości dalekich źródeł dźwięków zbliżających się do słuchacza jest już znacznie trudniejsza i zależy od wiedzy odbiorcy o źródle dźwięku. Kształt przestrzeni wewnętrznej odnosi się do zmian przestrzennych właściwości dźwięku w czasie. To kształtowanie się jest odbierane na podstawie zmian amplitud komponentów widmowych, czyli spektromorfologii dźwięku, innymi słowy artykulacji, tempa zmian, barwy, struktury brzmieniowej itp.³⁶ Ogólna obwiednia amplitudy dźwięku prawdopodobnie ma największy wpływ na jego przestrzenny kształt, ponieważ wpływa na jego sposób trwania w czasie (przez narastanie, trwanie, wyciszenie). Atrybut gęstości przestrzeni wewnętrznej dźwięku również wiąże się bezpośrednio ze spektromorfologią dźwięku, z percepcją jego faktury. Dźwięk o wysokiej gęstości wydaje się być twardy i trudny do przeniknięcia, jego struktura jest zwarta, zbita. Dźwięki o niskiej gęstości wydają się zawierać więcej powietrza, mogą być odbierane jako puste, rezonujące.³⁷

Wewnętrzna przestrzeń muzyczna to przestrzeń nieeuklidesowa, w której krystalizują się wrażenia, emocje czy obrazy, powstałe podczas słuchania, czy raczej kontemplacji muzyki lub dźwięku. Aktywne słuchanie dzieła muzycznego sprzęga przestrzenność zewnętrzną z wewnętrzną przestrzenią słuchacza. Tworzenie dzieła muzycznego – czy to przez pisanie utworu, jego realizację, czy odtwarzanie lub interpretowanie na żywo – sprzęga przestrzeń wewnętrzną twórcy z czasoprzestrzenią fizyczną, uniwersum dźwięku, a dalej poprzez nią z przestrzenią wewnętrzną słuchacza, wywołując w nim szereg odczuć, emocji, obrazów. Muzyka

w swym wymiarze przestrzennym zatacza swoje koło: jako sztuka introwertyczna musi wyjść poza przestrzeń wewnętrzną po to, by z powrotem trafić do naszego wnętrza, gdzie odnajdzie swoje introwertyczne oblicze.³⁸

1.2. Przestrzeń zewnętrzna – muzyka w przestrzeni (*music in space*)³⁹

Niektórzy postrzegają przestrzeń muzyczną bardziej konkretnie i „przyziemnie” - jako projekcję dźwięku w przestrzeni, dotyczącą miejsca wykonywania muzyki, akustycznych cech dźwięku doświadczanych przez układ słuchowy, gdzie muzyczne dzieło odnosi się w jakiś sposób

³⁶ Tamże, s. 31

³⁷ Tamże, s. 32

³⁸ K. Lipka, *Abstrakcja i przestrzeń*, Warszawa, 2017, s. 397

³⁹ Por: J.Ojala, dz. cyt., s. xiv

do trójwymiarowej przestrzeni zewnętrznej, lub jej psychofizycznego doświadczenia. Projektcja dźwięku towarzyszy człowiekowi niemal nieustannie, ponieważ słuch odbiera odgłosy dobiegające z otoczenia w ciągłym czasie ze wszystkich kierunków. Szczególną projekcją dźwięku jest muzyka, z którą mamy do czynienia gdy słuchamy wykonania na żywo, lub odtworzenia przez głośniki. Dla Edgara Varèse przestrzenna projekcja dźwięku to czwarty wymiar przestrzeni dźwiękowej (obok pozostałych: horyzontalnego, wertykalnego i dynamicznego wzbierania i opadania). Innymi słowy dla Varèse projekcja dźwięku to „uczucie, że dźwięk nie pozostawia nadziei na swój powrót, wrażenie podróży w przestrzeni”. Choć taka definicja wydaje się być metaforą (dźwięk jako podróż w przestrzeni), projekcja dźwięku dotyczy konkretnych zjawisk fizycznych zachodzących w realnej, zewnętrznej przestrzeni. Termin projekcja odnosi się raczej do sztuk wizualnych, przywołuje na myśl projekcję obrazu, seans filmowy. Jest tu jednak pewna analogia między muzyką a sztukami wizualnymi, wyraźniejsza w dziedzinie fonografii, gdy mówimy o odtwarzaniu, przenoszeniu przestrzeni przez głośniki. Koncert symfoniczny słuchany w sali koncertowej, śpiew ptaków w lesie – to też swego rodzaju przestrzenne projekcje dźwięku, występujące na żywo i w naturze, podobnie jak panorama za oknem jest w pewnym sensie projekcją obrazu zewnętrznego świata. Ten sam koncert, ten sam śpiew ptaków nagrany mikrofonem i odtwarzany przez głośniki, ta sama panorama sfilmowana i rzucona na ekran tworzą kolejne projekcje. Projektcja czyli rzutowanie (w języku łacińskim *proicere* oznacza rzucać przed siebie), w uogólnieniu to przenoszenie jednej przestrzeni na drugą, odwzorowanie, w tym wypadku zewnętrznego świata dźwięku w wewnętrzny świat odbiorcy. Projektcja objawia się za każdym razem, kiedy do świadomości dociera dźwięk, na przykład muzyka, lub odgłosy otoczenia, lecz sama percepcja akustycznych bodźców to nie wszystko. Rzecz w tym jak przestrzenność projektowana jest w głowie, w świadomości, jakie wywołuje wrażenia, obrazy, emocje, jak wpływa na subiektywne odczucie upływu czasu i zmian w przestrzeni (czyli jaką tworzy przestrzeń wewnętrzną). Don Ihde, amerykański filozof nauki i technologii opisuje to tak:

W przejmującej obecności muzyki, która wypełnia przestrzeń i penetruje moją świadomość, jestem nie tylko chwilowo porwany poza samego siebie, co się często opisuje jako utratę samoświadomości podobną do stanów ekstazy, ale pojawia się dystans do rzeczy. Czystość muzyki w jej ekstazy dookólnej obecności przytłacza moją zwykłą łączność z rzeczami, tak że przede wszystkim nie słyszę symfonii jako dźwięków poszczególnych instrumentów.⁴⁰ [tłum. własne]

⁴⁰ Don Ihde *Listening and voice: A phenomenology of sound*, Athens, Ohio, 1976, s. 77-78 za M. Harley Dz. cyt., s. 53

Założmy więc, że przestrzenna projekcja dźwięku istnieje w dwóch domenach: zewnętrznej, fizycznej rzeczywistości, oraz zanurzonej w niej, ale istniejącej niezależnie i samoistnie przestrzeni w świadomości słuchacza (fenomenologiczna przestrzeń wewnętrzna w muzyce – patrz 1.1). Dźwięk, a zatem również muzyka jawi się jako rzecz nierozłączna z przestrzenią i czasem. W domenie fizycznej to drgająca materia jest medium dźwięku, a dźwięk jest medium muzyki. Drgającą materię określają konkretne, fizyczne cechy, jak amplituda drgań (głośność), częstotliwość (wysokość dźwięku) i widmo (rozkład energii w zakresie częstotliwości). Fizyczne właściwości fal akustycznych oraz psychoakustyczne właściwości słuchu wraz z subiektywnymi skojarzeniami wynikającymi z doświadczenia i wiedzy słuchacza, wpływają na to jak dźwięk jest postrzegany, na wrażenie dystansu, kierunku, z którego dochodzi, rozmiarów jego źródła oraz charakteru i rozmiaru przestrzeni w której się znajduje. W tej fizycznej przestrzenności zanurzone jest źródło dźwięku oraz jego odbiorca, w niej odbywa się każde wykonanie muzyki i ma ona duży udział w jej odbiorze, wręcz ją definiuje – jest to fakt często zupełnie pomijany. To przestrzeń stanowiąca pole realizacji muzyki,

wyznaczana architekturą miejsca, w którym powstaje utwór (jest dla tego miejsca lub w nim skomponowany czy wykonywany). Przestrzeń ciszy i architektury otaczająca dzieło muzyczne, podobnie jak pusta przestrzeń powietrza otaczająca rzeźbę, kształtuje rytm czasoprzestrzenny dzieła, tzn. rodzaje brzmienia, tempo narracji, kolory i barwy współbrzmień, głębię planów i proporcje głosów, linie melodyczne i układy harmoniczne, oraz jest siłą sprawczą symbiozy, współdziałania wszystkich tych wielkości.⁴¹

Jednakże, jak słusznie zauważa Ojala: „jeśli muzyczna przestrzenność jest rozumiana jedynie jako muzyka w przestrzeni (*music in space*), czyli tylko jako dystrybucja, albo uprzestrzennianie dźwięku, muzyka może być utożsamiana wyłącznie z dźwiękiem, co z kolei rodzi pewne zastrzeżenia i kolejne pytania”.⁴² Czy muzyka jest tylko dźwiękiem zorganizowanym przez człowieka, jak postrzegał ją Varèse? Dźwięki, czyli drgające w przestrzeni cząsteczki powietrza, nie stanowią muzyki, nawet dźwięki z muzyką związane. Chociaż przypadkowe wydarzenia w świecie zewnętrznym mogą dawać estetyczne wrażenia (śpiew ptaków, odległy gwizd pociągu, szum morza), to bardziej wydajny w wytworzeniu estetycznych doznań wydaje się być intencjonalny, celowy i zaprojektowany akt ekspresji. Muzyka wszak otwiera przed słuchaczem całą gamę przestrzeni wyimaginowanych, wyobraźniowych, emocjonalnych, uczuciowych, intelektualnych (przestrzeń symboliczna Polonego). Jeżeli przyjmiemy definicję muzyki jako “formę międzyludzkiej komunikacji, w której pozawerbalne dźwięki zorganizowane przez człowieka są

⁴¹ K. Szymańska-Stułka, Dz. cyt., s. 50

⁴² J. Ojala, dz. cyt., s. xv

odbierane jako nośniki głównie afektywnych (emocjonalnych) i/lub gestykulacyjnych (cielesnych) wzorców poznania⁴³, to właśnie przestrzeń zewnętrzna jest nośnikiem, medium przestrzeni wrażeńiowych. Skłania to do refleksji, że muzyka to najbardziej przestrzenna ze wszystkich sztuk. Muzyka by zabrzmieć potrzebuje przestrzeni. Nie chodzi tu tylko o jej związki z architekturą i akustyką, lecz o fakt, że „na poziomie teoretycznym muzyka, jako najwyższa abstrakcja sensualna symbolicznie staje naprzeciw przestrzeni jako najwyższej abstrakcji inteligibilnej”⁴⁴.

Dopiero muzyka czyni jednorodną przestrzeń niejako aktywną, współpracującą, ożywioną, brzmiającą, niosącą dźwięk, związaną z wibracją, jej rozchodzeniem się i zamieraniem, przestrzeń jako stronę – czy wręcz strunę – w ten proces zaangażowaną.⁴⁵

Muzyka manifestuje się w przestrzeni. Przestrzeń jest jej medium.

Kiedy projekcja dźwięku jest przestrzenna, a kiedy nie jest? Dźwięk przestrzenny, szczególnie w domenie fonografii lub elektroakustyki to taki dźwięk, który ma w sobie wielowymiarową przestrzeń, niesie ze sobą różne przestrzenne wrażenia, jak na przykład wrażenie rozmiaru (wielkości), odległości, kierunku, z którego dochodzi, właściwości otoczenia. Dźwięk nieprzestrzenny trudno sobie wyobrazić, byłby pozbawiony pewnych cech wymiarowości, wyabstrahowany z przestrzeni. W pojęciu przestrzeni zawarta jest odległość, dystans, kierunkowość i właściwości akustyczne otoczenia, a więc dźwięk przestrzenny wydaje się być znacznie bogatszy niż dźwięk nieprzestrzenny, płaski, pozbawiony niektórych, lub wszystkich wymiarów. Muzyka jest domeną dźwięku, rozgrywa się w czasie i przestrzeni. Przestrzeń to powietrze, wolność, oddech, brak przestrzeni to ograniczenie, bezdych, brak powietrza. W fonografii przestrzeń łączy się również z wyobrażeniem dystansu, wyrażonym stosunkiem dźwięku bezpośredniego do pogłosu, odbić dźwięku od przeszkód w otoczeniu. Ten balans między dźwiękiem bezpośrednim a odbitym pomaga odbiorcy wyobrazić sobie odległość od źródła dźwięku, rozmiar i charakter otoczenia. W tym znaczeniu dźwięk przestrzenny może znaczyć odległy, albo taki, któremu towarzyszy wiele odbić od przeszkód, nieprzestrzenny to inaczej bliski, pozbawiony pogłosu lub znajdujący się w ciasnej, małej przestrzeni. Pogłos (ang. *reverb*) nieraz decyduje o tym, jak odbieramy przestrzeń, w sztuce akuzmatycznej, jaką niewątpliwie jest fonografia, pomaga stworzyć wyobrażenie przestrzeni, z której dociera dźwięk do odbiorcy. Jest więc elementem formotwórczym w fonografii i w sztukach audiowizualnych.

Tak jak dźwięk posiada swoje fizyczne, wymierne wielkości (częstotliwość, amplituda, barwa, czas trwania), tak percypowana przestrzeń zewnętrzna dźwięku ma swoje atrybuty:

⁴³ Philip Tagg za J. Ojala, Dz. cyt., s. 141

⁴⁴ K.Lipka, dz. cyt., s. 402

⁴⁵ Tamże, s.405

kierunek, dystans, wielkość i ruch. Słuch do oceny przestrzennych atrybutów wykorzystuje czas, głośność i barwę dźwięku.

Słyszenie przestrzenne opiera się na różnicach w percepcji dźwięku zachodzących pomiędzy jednym a drugim uchem. Te różnice to: a) czas, w którym dociera dźwięk do uszu, szczególnie przy dźwiękach krótkich lub o tranzjentowym charakterze (ITD – *Interaural Time Difference*); b) różnice fazy przy dźwiękach długotrwałych o niskich i średnich częstotliwościach (IPD – *Interaural Phase Difference*); c) różnice natężenia dla dźwięków o wyższych częstotliwościach (ILD – *Interaural Level Difference*); c) różnice barwy, związane z budową ucha, cieniem akustycznym głowy i ciała, odpowiadające przede wszystkim za wertykalną lokalizację dźwięku (*HRTF – Head Related Transfer Functions*).⁴⁶ Ocena odległości od źródła dźwięku opiera się na głośności, barwie i ilości pogłosu. W polu otwartym, w warunkach idealnych natężenie dźwięku maleje odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu odległości od źródła. Podwojenie dystansu skutkuje zmniejszeniem natężenia dźwięku o 6 dB, choć według niektórych badań, w przypadku dźwięków nieznanymi odbiorcy wrażenie odległości jest w przybliżeniu odwrotnie proporcjonalne do sześciastu odległości. Podwojenie odległości daje wrażenie spadku natężenia o 9 dB.⁴⁷ Rozpoznawalność dźwięku jest najistotniejszym czynnikiem wpływającym na subiektywną ocenę odległości od źródła dźwięku. Dodatkowo barwa dźwięku zmienia się wraz z odległością w związku z efektem wytłumiania wyższych częstotliwości przez powietrze (w zależności od temperatury, wilgotności powietrza). W polach zamkniętych kolejnym znaczącym elementem mającym wpływ na subiektywną ocenę odległości jest stosunek dźwięku bezpośredniego do pogłosu, czyli dźwięków odbitych od przeszkód, które z opóźnieniem docierają do odbiorcy. Charakter pogłosu, jego barwa, rozkład odbić w czasie, niosą informacje o rodzaju pomieszczenia, w którym się znajduje źródło dźwięku – cecha dźwięku zwana ambientowością. Dynamiczne zmiany we wszystkich danych pochodzących z różnic między jednym a drugim uchem, pozwalają rozpoznać ruch źródła dźwięku. Dodatkowym bardzo ważnym czynnikiem pozwalającym na percepcję ruchu jest efekt Dopplera – dynamiczna zmiana częstotliwości wynikająca z ruchu źródła dźwięku względem odbiorcy.

Smalley postrzega zewnętrzną przestrzeń nie tylko jako medium dźwięku, ale zauważa, że sam dźwięk niesie w sobie przestrzeń, zawiera energię która tą przestrzeń definiuje. Kompozytor ten określa pojęcie przestrzeni wykonywanej (*performed space*), która powstaje w trakcie tworzenia dźwięku w muzyce instrumentalnej lub odtwarzanej przez głośniki, a którą klasyfikuję na potrzeby tej pracy jako rodzaj przestrzeni zewnętrznej. Smalley zapożyczył tę ideę z myśli francuskiego filozofa Henri Lefebvre'a. Oryginalnie dotyczyła nauk społecznych i mówiła o przestrzeni, która

⁴⁶ F.E.Henriksen, Dz. cyt., s. 35-38

⁴⁷ Tamże, s. 38

nie jest ani "ramą" na wzór blejtramu, neutralną formą albo pojemnikiem stworzonym tylko do przyjmowania tego co się weń wleje. Przestrzeń jest społeczną morfologią; jest dla doświadczania życia tym, czym sama forma jest dla żywego organizmu i równie ściśle związana z funkcją i strukturą⁴⁸. [tłum. własne]

Smalley odnosi tę myśl do sztuki dźwięku. Przestrzeń konstryuuje w szczególności energia, która musi być w niej umieszczona. Energia modyfikuje przestrzeń albo tworzy nową. Dźwięki zatem niosą przestrzeń, zwłaszcza takie dźwięki, które zawierają wyobrażenia ich źródła ukrytego przed wzrokiem odbiorcy⁴⁹ (słuchacz jest w stanie świadomie lub podświadomie rozpoznać aktywność, która je spowodowała). Każdy dźwięk, każda spektromorfologia jest przestrzenią, niesie o niej informacje. Smalley dzieli przestrzeń wykonywaną na trzy kategorie: przestrzeń gestu, zespołu i areny. Przestrzenie te są analogiczne do proksemiki Edwarda Halla, gdzie mowa jest o czterech przestrzeniach interpersonalnych: intymnej, osobistej, społecznej i publicznej. Przestrzeń gestu (*gestural space*) – intymna przestrzeń wykonawcy i instrumentu. To w tej przestrzeni gest przenosi wewnętrzną energię wykonawcy na brzmienie instrumentu, te tworzą spektromorfologiczne jakości odbierane przez słuchacza. Przestrzeń zespołu (*ensemble space*) to osobista i społeczna przestrzeń grupy tworzących wspólnie muzyków. Przestrzeń areny (*arena space*) czyli miejsce publiczne, w którym znajdują się muzycy i odbiorcy. Za sprawą między-zmysłowych (transmodalnych) doświadczeń słuchacza pobudzonych spektromorfologią dźwięku, przestrzeń wykonywana może być percypowana w nagraniu, w którym balans wszystkich trzech przestrzeni jest zachowany w czysto słuchowej formie: gestu - artykulacji, bezpośredniego kontaktu wykonawcy z instrumentem (tzw. bliskie ujęcie mikrofonowe), zespołu - grupy wykonawców balansu między grupami i rodzajami instrumentów (mikrofony zbierające grupę instrumentów, tzw. średnie ujęcie mikrofonowe), areny - charakterystyki brzmieniowej pomieszczenia, rodzaju i czasu pogłosu i odbić dźwięku (ujęcie dalekie, mikrofony ambientowe). Do niełatwych zadań reżysera dźwięku i producenta muzycznego należy znalezienie odpowiednich proporcji między przestrzenią gestu a przestrzenią areny, uzyskanie efektu „bliskości w oddaleniu” czyli takiego ujęcia rzeczywistości, które

łamie prawa naturalnej perspektywy, ukazując ten sam obiekt dźwiękowy zarazem z bliska i z daleka. Obraz dźwiękowy nabiera szczególnego wyglądu. Nosi on w sobie jednocześnie cechy charakterystyczne dla bliskiego i dalekiego planu: prezensowość i głębię, wyrazistość i topliwość, analityczność i integralność. (...) źródło umiejscowione w dalekim planie nie traci «obecności» i typowych dla bliskiego ujęcia właściwości: wyraźnego ataku dźwięku, wyraźnie zarysowanego

⁴⁸ Henri Lefebvre za D. Smalley, *Space Form...*, s. 38

⁴⁹ *source bonding* - naturalna tendencja do odnoszenia dźwięków do przypuszczalnych źródeł i do kojarzenia dźwięków ze sobą gdy wydają się mieć wspólne źródło

konturu, ostrej lokalizacji oraz jasności i pełni brzmienia, (. . .) niezależnie od planu, w jakim zostało umieszczone, sprawia wrażenie, że jest namacalne, jakby w zasięgu ręki⁵⁰

W przypadku, gdy przestrzeń wykonywana (*performed space*) jest przekazywana różnymi technologiami audio i video (nagłośnienie, transmisja), Smalley mówi o przekazywanej przestrzeni wykonywanej (*mediatised performed space*), w której dzięki wzmocnieniu dźwięku, przestrzeń intymnego gestu, połączenia wykonawcy z instrumentem lub też głosu, przenoszona jest przy udziale głośników do większej ilości odbiorców.

Poniżej, w tabeli nr 1. znajduje się zestawienie pojęć przestrzeni w muzyce elektroakustycznej określonych przez Smalleya. Wśród nich szczególnie godna uwagi w kontekście niniejszej pracy jest przestrzeń perspektywiczna, którą autor definiuje jako relacje pomiędzy umiejscowieniem i ruchem spektromorfologii w akuzmatycznym obrazie i którą opisuje trzema wielkościami: głębią (*prospective*), szerokością (*panorama*) i dookółnością (*circumspace*). Te trzy relacje wzajemnie się przenikają tworząc przestrzeń perspektywiczną.⁵¹ To właśnie ta perspektywiczna przestrzeń jest głównym elementem formotwórczym w muzyce do spektaklu *Anioły w Ameryce*, jak również w innych moich pracach.

Tabela 1: Wybrane pojęcia związane z przestrzenią w muzyce elektroakustycznej wg D.Smalleya⁵²

Przeźren pośrednia (<i>Agentural space</i>)	Przeźren artykułowana przez interakcję człowieka z obiektami, powierzchniami, substancjami, konstrukcjami itd., w połączeniu z „przeźrenią wypowiedzi” (<i>utterance space</i>) tworzy „przeźren inscenizowaną” (<i>enacted space</i>).
Przeźren wypowiedzi (<i>Utterance space</i>)	Przeźren wytworzona ludzkim głosem. Może to być przeźren intymna lub społeczna i w kontekście komunikacji może być również traktowana jako przeźren behawioralna. W połączeniu z „przeźrenią pośrednią” tworzy „przeźren inscenizowaną”
Przeźren inscenizowana (<i>Enacted space</i>)	Przeźren powstała w wyniku ludzkiej aktywności.
Przeźren wykonywana (<i>Performed space</i>)	Szczególny rodzaj „przeźreni inscenizowanej”. Przeźren powstała w wyniku intencjonalnego tworzenia dźwięku w czasie muzycznego występu. Dzieli się na przeźren gestu (<i>gestural space</i>), przeźren zespołu (<i>ensemble space</i>), oraz przeźren areny (<i>arena space</i>).
Przeźren gestu (<i>Gestural space</i>)	Intymna lub osobista przeźren związana ze źródłem dźwięku, wytworzonego energią gestu będącego jego przyczyną, tak jak w przypadku wykonawcy i instrumentu.
Przeźren zespołu (<i>Ensamble space</i>)	Wspólna przeźren, w której mieszczą się przeźrenie gestu. Może być traktowana jako rodzaj przeźreni behawioralnej.
Przeźren areny (<i>Arena space</i>)	Przeźren zawierająca zarówno wykonawców jak i słuchaczy, w której mieszczą się przeźrenie gestów (indywidualnych muzyków) jak i

⁵⁰ Krystyna Diakon *O tak zwanej wierności w fonografii* za: Witold Osiński, *Przeźren w obrazie fonograficznym*, Grzegorzewice 2002, s. 15

⁵¹ D.Smalley, Dz. cyt., s. 48

⁵² D.Smalley, Dz. cyt., s. 55-56

	przestrzenie zespołów (grup i sekcji muzycznych).
Przestrzeń behawioralna (<i>Behavioural space</i>)	Strefa przestrzeni perspektywicznej (<i>perspectival space</i>) powstała w wyniku interakcji dźwięków, które swoją spektromorfologią i teksturą (artykulacją, brzmieniem) wskazują na wspólną grupową tożsamość.
Przestrzeń perspektywiczna (<i>Perspectival space</i>)	Relacje położenia przestrzennego, ruchu i skali między spektromorfologiami, widziane z punktu widzenia słuchacza, zawierające się w głębi, szerokości i dookółności.
Przestrzeń odległa (<i>Distal space</i>) / Przestrzeń bliska (<i>Proximate space</i>)	Obszary przestrzeni perspektywicznej z punktu widzenia (słyszenia) słuchacza.
Przestrzeń egocentryczna (<i>Egocentric space</i>)	Przestrzeń prywatna otaczająca słuchacza (w zasięgu ręki)
Przestrzeń immersyjna (<i>Immersive space</i>)	Wypełnienie spektralnej i perspektywicznej przestrzeni, powodujące u słuchacza wrażenie zanurzenia w obrazie dźwiękowym.
Przestrzeń zmechanizowana (<i>Mechanised space</i>)	Rodzaj przestrzeni związanej ze źródłem (<i>source-bonded</i>), powstałej przy udziale maszyn, mechanizmów, urządzeń tworzących dźwięk bez bezpośredniego udziału człowieka. Może współtworzyć przestrzeń inscenizowaną.
Przestrzeń mediatywna (<i>Mediatic space</i>)	Mieszanka przestrzeni związanych z komunikacją i mass-mediami wywołująca obrazy miejsc, czasu, dystansu, wydarzeń itp.
Przekazywana przestrzeń wykonywana (<i>Mediatized performed space</i>)	Typ przestrzeni areny (<i>arena space</i>), w której występuje przekaz (wzmocnienie) przestrzeni gestu i/lub przestrzeni zespołu przy pomocy technologii (mikrofony, wzmacniacze, głośniki) w celu utrzymania intymności gestu wykonawcy i przekazania go większej publiczności.
Przestrzeń mikrofonowa (<i>Microphone space</i>)	Przestrzeń wykonywana, przestrzeń gestu lub wypowiedzi, w której intymność obrazu jest powiększona przy użyciu mikrofonu w bliskim ujęciu. Służy stworzeniu bliskiej i intymnej przestrzeni w fonograficznym obrazie lub w muzyce akuzmatycznej.
Przestrzeń związana ze źródłem (<i>Source-bonded space</i>)	Obszar przestrzeni i mentalne wyobrażenie wytworzone lub wynioskowane ze źródła dźwięku i jego przyczyny (jeśli jakaś jest). Przestrzeń niosąca ze sobą obraz aktywności, która ją wytworzyła.
Formo-przestrzeń (<i>Space-form</i>)	Podejście do formy muzycznej i jej analizy, które stawia przestrzeń jako jej główny środek wymowy.
Przestrzeń spektralna (<i>Spectral space</i>)	Wrażenie przestrzeni i przestrzenności wynikające z położenia i ruchu spektromorfologii w zakresie słyszalnych częstotliwości.
Przestrzeń wysokości (<i>Tonal pitch space</i>)	Podział przestrzeni spektralnej na dyskretne wartości tworzące wysokości dźwięków i interwały.

Nowe techniki dźwięku przestrzennego dają ogromne możliwości tworzenia przestrzeni perspektywicznej i mogą być doskonałym narzędziem w kompozycji muzyki, w której przestrzeń staje się ważnym elementem. Stereofonia natężeniowa, ambisonia, synteza pola dźwiękowego, dźwięk obiektowy, stają się środkami służącymi do kreacji przestrzeni w muzyce, narzędziami kompozytorskimi. Zastępuje się lub uzupełnia realne przestrzenie wykonania „wirtualnymi” źródłami dźwięku, nagranyymi wcześniej, bądź przetwarzanymi w czasie rzeczywistym i odtwarzanymi przez system głośników rozmieszczonych w punktowych (pojedynczych), stereofonicznych, dookólnych lub sferycznych układach.⁵³ Te narzędzia pozwalają alterować

⁵³ M.Harley, Dz. cyt., s. 359

akustykę, pomagają stworzyć wrażenie przestrzeni nierealnych otaczających słuchacza. Rozwój cyfrowego dźwięku przestrzennego daje coraz większe możliwości łamania praw fizyki i tworzenia „paradoksalnych wrażeń, wybiegających poza naturalne doświadczenie, jako że właściwości dźwięku mogą być modyfikowane w sposób daleki od zwykłego ludzkiego poznania”⁵⁴ Dotyczy to wszystkich cech dźwięku przestrzennego: jego ambientowości (wrażenia pomieszczenia, w którym źródło dźwięku się znajduje), kierunkowości, umiejscowienia i ruchu w przestrzeni, barwy oraz dynamiki zmian zachodzących pomiędzy tymi cechami. Przykładów takich iluzji dostarcza nam fonografia, szczególnie w muzyce popularnej wraz z rozwojem elektroakustyki oraz dźwięku cyfrowego, do tego stopnia, że praktycznie nie zwraca się na nie uwagi. Nie dziwią już nagrania zawierające jednocześnie bardzo różne przestrzenie, nieraz o cechach łamiących prawa fizyki (niekończące się pogłosy, odwrócone w czasie, narastające echa itp.), lub też nagłe, szybkie zmiany przestrzeni dźwięku, albo wrażenie ruchu, które bez pomocy elektroakustycznych przetworzeń i narzędzi (np. sztucznych pogłosów, pannerów, zaawansowanego oprogramowania) byłyby w rzeczywistości niemożliwe do zrealizowania. Narzędzia, dzięki którym możliwe są tak dalekie modyfikacje dźwięku i przestrzeni poszerzają możliwości uprzestrzenniania muzyki, które Harley definiuje jako wprowadzanie do kompozycji kwasi-przestrzennych struktur, zdefiniowanych przez kompozytora w partyturze lub innym medium dźwięku (w nagraniu, w oprogramowaniu). Te kwasi-przestrzenne struktury mogą przybierać różne formy, mogą wymagać rozmieszczenia głośników w szczególny sposób, stosowania ruchu źródeł dźwięku, wykonawców albo odbiorców, mogą też wymagać interakcji między realnymi źródłami dźwięku i tymi i odtwarzanymi przez głośniki. W uprzestrzennianiu muzyki umiejscowienie źródeł dźwięku, kierunek i odległość a także cechy akustyczne miejsca wykonania muzycznego mają istotne znaczenie dla kompozycji. Przestrzeń zewnętrzna staje się jeszcze jedną cechą muzyki, ważnym aspektem muzycznej kompozycji.⁵⁵

1.3 Podsumowanie

Wszechświat, w którym żyjemy i który postrzegamy, rozpostarty jest na trójwymiarowej przestrzeni. W jej ramach toczy się życie, płynie czas, zachodzą wszystkie zjawiska, które badamy, analizujemy, do których się odnosimy. Ten euklidesowy przestwór w życiu codziennym wydaje się być czymś naturalnym, można rzec, zrośniętym z człowiekiem, z fizykalnym światem, który jest mu dany. Dźwięk i muzyka są nierozdzieloną częścią tego czasoprzestrzennego świata, a drgająca przestrzeń jest ich nośnikiem i medium.

⁵⁴ J.Ojala, Dz cyt., s. 361

⁵⁵ M.Harley, Dz. cyt., s. 179-180

Przestrzeń zewnętrzna i wewnętrzna to dwa sposoby postrzegania muzycznej przestrzenności. Zewnętrzna dotyczy obiektywnych cech dźwięku i tworzonych przez nie wrażeń. Związana jest z rolą i ustawieniem wykonawców, głośników i odbiorców, właściwościami akustycznymi otoczenia. Wewnętrzna jest bardziej subiektywna, ukierunkowana fenomenologicznie, koncepcyjnie, dotyczy wrażeń jakie niesie odbiór muzyki w oderwaniu od aktualnej przestrzeni zewnętrznej. Przestrzeń zewnętrzna dotyczy dźwięku, muzyka występuje tu jedynie w kategoriach *poiesis*.⁵⁶ Dźwięk funkcjonuje w przestrzeni zewnętrznej jako „wehikuł muzycznej komunikacji łączącej akcję z percepcją”.⁵⁷ W przestrzeni wewnętrznej natomiast „muzyka jako dźwięk zorganizowany przez człowieka, wymaga udziału podmiotów tworzących i interpretujących dźwięk jako znak”. Dlatego „subiektywny punkt widzenia dotyczy muzyki w kategoriach estetyki, praktyki i semiotyki: percepcja niesie doświadczenie (...), i działanie zmierzające do konstruowania doświadczenia poprzez *poiesis*.”⁵⁸ Innymi słowy przestrzeń zewnętrzna dotyczy dźwięku, jego obiektywnych fizycznych cech, przestrzeń wewnętrzna dotyczy interpretacji.

Separacja przestrzeni zewnętrznej, fizycznej, od wewnętrznej, fenomenologicznej, niosłaby potrzebę wyraźnego rozróżnienia między dźwiękiem a muzyką.⁵⁹ Jednakże takie rozróżnienie wydaje się być bezpodstawne. Jak zauważa Ojala, obie przestrzenie są z konieczności związane z percepcją i przeplatają się, jako że mamy do czynienia z muzyką. Obie również dotyczą fizycznego otoczenia i aktualnej przestrzenności. Niektóre interpretacje postrzeganego dźwięku będą odnosić się bardziej bezpośrednio do doświadczanych obiektów, ich kierunku, odległości i ambientowości w realnej przestrzeni. Inne interpretacje w tym samym czasie mogą być oparte na bardziej złożonych, abstrakcyjnych wnioskach płynących z odbioru dźwięku, lecz źródłem tych abstrakcji, czy raczej to od czego wnioski odbiorcy abstrahują jest realna percepcja, doświadczanie rzeczywistych obiektów dźwiękowych.⁶⁰ Jeśli jeden aspekt percepcji dźwięku nie ma istotnego udziału w odbiorze, uwaga skupia się na innym. Na przykład wysokość, tonacja, rytm może być bardziej istotny niż kierunek, lub odwrotnie – ruch, kierunek w przestrzeni, ilość i jakość pogłosu i odbić dźwięku może wyraźniej skupiać uwagę niż percepcja wysokości i barwy. W konsekwencji „percepcja zewnętrznej przestrzenności muzyki jest kwestią przestrzenności fenomenologicznej”.⁶¹ Według Ojali nie ma w zasadzie powodu do oddzielania tych dwóch przestrzeni, albo lekceważenia jednej na korzyść drugiej pomimo faktu, że „skłonność do przeciwstawiania tego, co rzeczywiste, temu, co

⁵⁶ Poiesis – działanie, w którym osoba powołuje do istnienia coś, co wcześniej nie istniało.

⁵⁷ J.Ojala, Dz. cyt., s. 363

⁵⁸ Tamże

⁵⁹ Tamże

⁶⁰ Tamże, s. 363-364

⁶¹ Tamże, s. 364

fenomenalne, utrzymuje się w naszych czasach”.⁶² Podobnie nie należy stawiać muzycznej przestrzeni zewnętrznej w opozycji do przestrzeni wewnętrznej, fenomenologicznej, lecz należy je postrzegać jako byty powiązane ze sobą w skomplikowany sposób.

Myślenie o muzyce jako o sztuce przestrzennej może być bardzo inspirujące, pozwala odkrywać nowe aspekty muzyki w relacji do przestrzeni – zarówno tej fizycznej, jak i symbolicznej. Uważam odkrywanie powiązań przestrzeni z muzyką za szczególnie interesujące w pracy w teatrze i filmie, gdzie muzyka i dźwięk budują nowe płaszczyzny zawsze w kontekstach inscenizacji, emocji, obrazu, akcji, treści, które niesie ze sobą dramaturgia. W filmie mamy pręźnie rozwijające się techniki dźwięku przestrzennego, będące mocno podporządkowane obrazowi, tworzące wspólnie z nim nowe przestrzenie. W teatrze, sztuce łączącej wiele sztuk, muzyka stanowi szczególny element formujący przestrzeń, może być „wtopiona” w scenografię, wykorzystująca głębię sceny aż za jej „horyzont”, a dzięki wykorzystaniu wielu głośników tworzyć nowe przestrzenne formy muzyczno – dźwiękowe. Widzę tu możliwości, które trudno osiągnąć w filmie, czy w dziełach fonograficznych w tradycyjnym stereofonicznym ujęciu. Instalacje głośnikowe budowane na potrzeby spektaklu, techniki przestrzennego dźwięku pozwalające na jego ruch w przestrzeni, do tego rozmieszczanie i ruch muzyków na scenie i poza nią, pozwalają na osiągnięcie niepowtarzalnych efektów, które przeżywa tylko widz będący uczestnikiem i odbiorcą przedstawienia. Takiego immersyjnego, przestrzennego spotkania z muzyką niosącą emocje i będącą żywą tkanką przedstawienia nie odda żadna forma nagrania, czy realizacji audiowizualnej. Dlatego przestrzeń muzyki i muzyka przestrzeni stały się dla mnie bardzo ważnymi środkami wyrazu, jako że ruch dźwięku w przestrzeni dostarcza fizyczności i dynamizmu, które bardzo wzbogacają odbiór muzyki. W moich pracach coraz częściej eksperymentuję z przestrzenią jako muzycznym parametrem o takich cechach jak odległość, kierunek i ruch. Nie chodzi jedynie o efekt specjalny, ale element kompozycji, stojący na równi z dynamiką, barwą, charakterem, spektromorfologią i funkcją muzyki w spektaklu. Wybór technik dźwięku przestrzennego zależy od wielu czynników: charakteru inscenizacji w teatrze, gatunku i rodzaju muzyki, jej funkcji i materii, możliwości technicznych teatru. Mogą to być różnorodne głośniki rozmieszczone niesymetrycznie w różnych punktach wokół widowni, albo zestaw takich samych głośników umieszczonych sferycznie względem słuchaczy. Głośniki te mogą pracować indywidualnie i niezależnie względem siebie, mogą też wspólnie tworzyć pole akustyczne dzięki wielokanałowej amplitudowej stereofonii, ambisonii lub technikom dźwięku obiektowego. W relacji do muzyki elektroakustycznej żywi muzycy lub aktorzy współtworzą tę przestrzeń, statycznie lub wprowadzając ruch. W ten sposób powstają utwory, które można za Smalleyem nazwać

⁶² Tamże

dźwiękowymi formami przestrzennymi (*Space-forms*). Tworząc utwory takie jak muzyka do *Aniołów w Ameryce* nie polegamy wyłącznie na tworzeniu różnych struktur spektromorfologicznych powiązanych ze sobą i ewoluujących w czasie. Takie metody opierają się na tradycyjnych założeniach odziedziczonych po muzyce tonalnej, gdzie materiał muzyczny (tematy, motywy) rozwijają i przekształcają się w czasie tworząc dynamiczne napięcia i rozwiązania. Nie porzucając tej metody staję się jednak zwolennikiem form przestrzennych, w których dynamiczne procesy w czasie i przestrzeni zarówno widmowej jak i fizycznej pociągają za sobą odbiorcę, śledzącego wzorce, postępy, skutki, napięcia i rozwiązania w przestrzennej kompozycji.

2. Od punktu do sfery

W historii elektroakustyki rozwój przestrzeni dźwiękowej postrzegać można jako postępowanie od punktu do sfery, od dźwięku monofonicznego, pochodzącego z jednego źródła, do pola dźwiękowego tworzonego przez system wielu głośników rozmieszczonych nad i dookoła publiczności. W historii muzyki przestrzeń towarzyszy muzyce od samego początku, ponieważ dźwięki, podobnie jak inne bodźce są odbierane przez zmysły człowieka w trójwymiarowej przestrzeni i czasie. Zdolność słyszenia przestrzennego pomaga człowiekowi w orientacji przestrzennej, a jeżeli świat dźwięków

pomaga orientować się przestrzennie, to muzyka jako sztuka dźwięków nosi w sobie aspekty przestrzeni. Biorąc pod uwagę powyższe argumenty, stwierdzić można, iż przestrzeń jest dla muzyki jednym z podstawowych wymiarów i obszarów przejawiania się.⁶³

Ten „wymiar i obszar przejawiania się dźwięku” kształtował muzykę od początku jej istnienia, na długo przed wynalezieniem cyfrowych technik dźwięku przestrzennego, długo przed tym, zanim człowiek zaczął rozpoznawać przestrzeń i opisywać ją prawami fizyki i matematyki. Jak słusznie zauważył Jens Blauert nie ma słyszenia nie-przestrzennego⁶⁴, zawsze odbieramy dźwięk jednocześnie z wszystkimi jego cechami przestrzennymi. W istocie dźwięk dociera od swojego źródła do odbiorcy zawsze z towarzyszeniem wielu odbić, mniej lub bardziej rozproszonych, czy to od obiektów w otwartej przestrzeni, czy też od ścian w pomieszczeniu zamkniętym. Wpływ akustyki na muzykę, silne relacje architektury z muzyką są widoczne na przestrzeni historii od czasów antycznych po nowożytność.

⁶³ K.Szymańska-Stułka, dz. cyt., s. 32

⁶⁴ Braxton Boren, *History of 3D Sound*, New York, 2018

Braxton Boren rozważa hipotezę, w której twierdzi, że dla człowieka prehistorycznego, spędzającego większość czasu na polowaniu i zbieraniu na wolnym powietrzu, wejście do jaskini, w której znajdowało się w zupełnie inne pole akustyczne niż na zewnątrz, mogło być przeżyciem mistycznym. Otaczające go kamienne ściany powodowały słyszalne odbicia, a zwielokrotnione, rozproszone echa powielały po tysiącokrotnie jego własny głos. To zjawisko musiało na nim robić wielkie wrażenie, skoro nawet współcześnie trudno obojętnie przejść obok zachwycającego echa w dolinie między lasami, albo niezwykłej akustyki wielkiej kamiennej katedry. Z badań archeologicznych⁶⁵ wiemy, że niektóre jaskinie o unikalnych akustycznych warunkach, niespotykanych w otwartej przestrzeni, mogły być wykorzystywane jako swego rodzaju sale koncertowe, gdzie w czasie ceremonii i rytuałów wykonywano muzykę.⁶⁶

Wraz z rozwojem cywilizacji i kultury, z nadejściem osiadłego trybu życia, pojawiały się coraz bardziej zaawansowane struktury architektoniczne budowane z myślą o warunkach akustycznych adekwatnych do ich funkcji. Katarzyna Szymańska-Stułka pisze:

Architektura wpływa na rozumienie przestrzeni, jest bowiem sposobem wprowadzania ładu i organizacji w miejsca otaczające człowieka. Odzwierciedla też sposób pojmowania przestrzeni wyrażany w innych przejawach sztuki. Ludzie tworzą architekturę tak, jak rozumieją przestrzeń i swoje własne potrzeby. Ewolucja form architektonicznych ukazuje zmianę traktowania przestrzeni. Obserwacja tego zjawiska w ciągu dziejów może odsłonić wiele zależności także w muzyce.⁶⁷

Amfiteatry, świątynie, odeony, konstruowano w taki sposób, aby zrozumiałość mowy była większa, pogłos sprzyjał i wzmacniał odbiór muzyki, szczególnie cichych instrumentów. Starożytni Grecy i Rzymianie stworzyli podwaliny pod współczesną akustykę. Muzyka przestrzenna ściśle wiązała się z formami teatralnymi. Zespoły instrumentalne w starożytnej Grecji występowały z towarzyszeniem wielochóralnych zespołów aktorskich. O tym jak wielki wpływ na muzykę miała architektura pisze Boren, oraz wielu innych autorów przed nim (Denis Arnold, Hope Bagenal, Jaime Navarro, Michael Forsyth). Od czasu edyktu mediolańskiego (313 r.) widać jak w liturgii chrześcijańskiej coraz większy nacisk kładzie się na słowo śpiewane, które z racji na długi czas pogłosu musiało zwolnić tempo. Szczególną rolę odgrywał rozwój świątyń, w których odczytywane były słowa w formie recytacji lub monotonicznego śpiewu w czasach antycznych, później zaś z nadejściem epoki chrześcijańskiej – wielkich bazylik i katedr o długim czasie pogłosu.

Spowodowało to przesunięcie ciężenia z semantycznej treści słowa mówionego w kierunku estetycznego doznania bycia zanurzonym w śpiewie i jego wielu odbiciach dochodzących ze wszystkich kierunków. Istnieje hipoteza, według której fakt, że pojedynczemu głosowi towarzyszył

⁶⁵ W jaskiniach Chavín de Huántar w Peru w 2001 roku odkryto 20 muszli, które najprawdopodobniej używane były jako instrumenty muzyczne w trakcie ceremonii.

⁶⁶ B.Boren, Dz. cyt., s. 41

⁶⁷ K.Szymańska-Stułka, dz. cyt., s. 273

pogłos przyczynił się do rozwoju polifonii, ponieważ umożliwiło to stopniowe „zapoznanie się z polifonicznym brzmieniem. W rzeczywistości trwanie brzmienia różnych nut doprowadziła do rozwoju melodii, uporządkowanego w taki sposób, że równoczesność nut była rozwiązywana w pewnych harmoniach”.⁶⁸ Nakładanie się na siebie poszczególnych nut w żywej, pełnej pogłosu akustyce świątyni mogło być katalizatorem dla rozwoju polifonicznej muzyki w kulturze zachodniej. Hipotezy tej trudno dowieść bez dowodów w postaci dokumentów, jest ona jednak bardzo przekonująca. Gdyby była prawdziwa oznaczałoby to, że immersyjne środowisko akustyczne świątyni było polem pierwszych eksperymentów, prowadzących do powstania polifonii. Wraz z jej nadejściem i rozkwitem, na przełomie XV i XVI wieku pojawiły się praktyki polichóralne, kompozycje na kilka zespołów wokalnych rozdzielonych w przestrzeni. Poza tonalnością i strukturą harmonii, ważne staje się znaczenie lokalizacji, kierunkowości. Umieszczenie różnych chórów i towarzyszącym im instrumentów w przestrzeni było integralną częścią kompozycji typowej dla szkoły weneckiej, skupionej wokół Bazyliki Św. Marka. Niezwykle warunki akustyczne tej świątyni uzyskano przez sposób jej rozplanowania na bazie krzyża greckiego, wykorzystanie pięciu kopuł jako rezonatorów, dwóch galerii maksymalnie od siebie oddalonych, jedna po prawej, druga po lewej stronie.⁶⁹

Na południu Europy muzyka wykorzystująca przestrzeń katedr i bazylik rozwijała się w ciągu kolejnych wieków, tymczasem, wraz z nadejściem reformacji, katolickie kościoły przejęte przez luteran przebudowywano tak, aby zmniejszyć czas pogłosu, przenosząc wagę liturgii na zrozumiałość słowa. Warunki akustyczne przypominały tu bardziej warunki współczesnej sali koncertowej lub opery. Akustyka królewskich komnat, sal pałacowych, pierwszych teatrów operowych, sprzyjała rozwojowi wewnętrznej przestrzeni tonalnej i czasowej w muzyce. Dzięki takim a nie innym właściwościom akustycznym doszło do rozwoju barokowej linii melodycznej, kontrapunktu i fugi. Muzyka pełna

niuansów, ostrych dysonansów i niespodziewanych harmonicznym „zboczeń”, była najlepiej uchwytna w kameralnych wnętrzach florenckich pałaców i weneckich teatrów z ich krótkim czasem odbicia dźwięku, ciszą i intymnością, bliską przestrzenią, która dawała możliwość bezpośredniego zaangażowania w rozwój zdarzeń.⁷⁰

Według Krzysztofa Lipki największy przełom w pojmowaniu muzycznej przestrzeni nie tylko zewnętrznej, ale przede wszystkim wewnętrznej, przypada na przełom baroku i klasycyzmu.

⁶⁸ Jaime Navarro *The Western Latin Church as a place for music and preaching: An acoustic assessment* za Boren, dz. cyt., s. 43

⁶⁹ K. Szymańska-Stułka, Dz. cyt., s. 272

⁷⁰ K. Szymańska-Stułka, Dz. cyt., s. 269

To klasycyzm odkrył wewnętrzną przestrzeń muzyki. W baroku jest wciąż nacisk na czasowość, rozwijającą się i splatającą linie melodyczne, klasycyzm operuje masywną strukturą przestrzenną. W *Koncertach brandenburskich* Bacha partię każdego instrumentu można uchem wyłowić osobno, taki był zasadniczy idiom tamtego brzmienia. W symfoniach klasycznych odwrotnie, tu wyławia się tylko te instrumenty, które kompozytor chce wyciągnąć na wierzch orkiestry, reszta jest całościowym zwartym blokiem dźwięku. Podobnie z operowaniem poszczególnymi instrumentami – odkryto, że jedne wydają się brzmieć blisko, drugie daleko, tak jak kolory na obrazie wydają się bliższe i dalsze. To odkrycie klasycyzmu, który świadomie wykorzystał wewnętrzną przestrzeń muzyki, a romantyzm tylko pogłębił ją, rozwinął i skomplikował.⁷¹

Z biegiem czasu kompozytorzy coraz śmielej używają przestrzennej separacji grup instrumentalnych, wykorzystując do tego architekturę katedr, a później także sal operowych i koncertowych. Przykładem może być jednoczesne wykorzystanie przez Wolfganga Amadeusza Mozarta (1756-1791) trzech osobnych zespołów w operze *Don Giovanni*, jednego w fosie, jednego na scenie i jednego z tyłu sceny. W epoce klasycznej często używano tych zabiegów w celu imitacji zjawisk występujących w naturze, szczególnie zjawiska echa, jak na przykład w *Divertimento Es-dur* Josepha Haydna (1732-1809), gdzie dwa tria smyczkowe wykonują utwór w dwóch osobnych pomieszczeniach, jedno imituje echo o różnym czasie opóźnienia.

Wraz z nadejściem Romantyzmu uprzestrzennianie muzyki stało się istotnym środkiem wyrazu, zwłaszcza w muzyce programowej oraz w teatrze muzycznym, gdzie ma miejsce zespolenie kilku sztuk: muzycznej, literackiej, plastycznej, tanecznej. W 1835 roku Hector Berlioz pisał:

Wielu nie zauważa, że każde pomieszczenie, w którym wykonywana jest muzyka, staje się samo w sobie instrumentem muzycznym, że jest dla wykonawców tym samym, czym płyta rezonansowa jest dla naciągniętej nad nią struny skrzypiec, altówki, wiolonczeli, kontrabas, harfy czy fortepianu.⁷²

Kompozytorzy tacy jak Berlioz, Giuseppe Verdi, czy Gustav Mahler, aby wzmocnić efekt dramaturgiczny, często sięgali w swoich utworach po efekt przestrzenny, jakim były partie instrumentalne wykonywane poza sceną, na galeriach, w różnych punktach otaczających widownię. Szczególną rolę w muzyce Chopina odgrywała kameralna akustyka XIX wiecznego salonu, miejsca „stworzonego do odczuwania zmysłowej przyjemności, jaką niesie muzyka pełna niuansów harmonicznym, melodycznym, napięciowym i umożliwiające percepcję wszelkich subtelności brzmieniowych”.⁷³

Na początku XX wieku, wraz z asymilacją nowej polifonii i ewolucją gatunku symfonicznego, ponownie odrodziło się zainteresowanie muzyką przestrzenną. Eksperymenty na tym polu prowadził między innymi Erik Satie (1866 – 1925) (*musique d'ameublement*), Arnold Schoenberg (oratorium *Drabina Jakubowa*), Edgar Varèse (utwór *Intégrales*). Według Bulata

⁷¹ Marta Leśniakowska, *Słowo – obraz - dźwięk. Wywiad z Krzysztofem Lipką*, „Nowe Książki” 12/2018

⁷² Hector Berlioz, za Boren, Dz. cyt., s.47

⁷³ K.Szymańska-Stułka, Dz. cyt., s. 270

Galeyeva nowa muzyka domagała się uprzestrzenniania oraz nowych metod jej teatralizacji, ponieważ „osiągnęła najwyższy poziom ekspresji i weszła w konsekwencji w obszar jakiegoś *gestu zewnętrznego* (w tym notabene przejścia w efekty wizualne)”⁷⁴. Eksperymenty z dźwiękami muzycznymi poruszającymi się w przestrzeni były organiczną cechą punktualizmu, muzyki dźwięcznej, sonorystycznej, wykorzystującej „zamrożone” struktury, w której poszczególne dźwięki pełnią rolę samodzielnych obiektów. Użycie przestrzeni jako elementu formotwórczego w akustycznej muzyce instrumentalnej stosowali w tym czasie Charles Ives (1874 -1954), czy później Henry Brant (1914-2008). Ten ostatni przywiązywał szczególną wagę do przestrzeni jako czynnika pozwalającego uczytelnić skomplikowaną fakturę muzyczną. Uważał, że słuchacz może bardziej skupić się na zróżnicowanym materiale muzycznym, kiedy źródła dźwięku są rozdzielone w przestrzeni.

Rozwój elektroakustyki poszerzył pole eksperymentów przestrzennych w muzyce. Głośniki i taśmy magnetyczne jako źródła dźwięku w połączeniu z żywymi muzykami stały się nowym narzędziem w muzyce przestrzennej. Kompozytorzy tacy jak Schoenberg, Stockhausen, Boulez, Varèse, Xenakis uznawali sposób rozmieszczenia głośników i muzyków względem słuchaczy jako integralną część utworu, wpisaną w partyturę. Pojawienie się muzyki elektroakustycznej, oraz jej narzędzi: syntezy dźwięku, montażu, mikrofonów, nagrań, wzmacniaczy i głośników dało nowe możliwości uprzestrzenniania muzyki, chętnie wykorzystywane przez współczesnych kompozytorów. Pionierami w tej dziedzinie byli między innymi Pierre Schaeffer i Pierre Henry, twórcy czterokierunkowego systemu odtwarzania muzyki konkretnej, w której przy użyciu potencjometru zmieniano kanały audio zasilające cztery głośniki. W tym samym czasie, w połowie lat pięćdziesiątych XX wieku, Karlhainz Stockhausen stosował głośniki otaczające publiczność z pięciu stron w utworze *Gesang der Jünglinge*. Już w roku 1958 Edgar Varèse spełnia swoje marzenia o ruchomych masach dźwięku wędrującego przez przestrzeń, realizując we współpracy z Iannisem Xenakisem kompozycję *Poemme Electronique* na cztery taśmy, odtwarzane równocześnie przez 425 głośników na Targach Światowych w Pawilonach Philipsa. Równoległe od lat czterdziestych XX wieku dynamicznie rozwija się dźwięk przestrzenny w kinie.

Wraz z pojawieniem się mikrofonów i głośników zagadnienia jakości transmisji dźwięku wraz ze wszystkimi jego cechami: barwą, dynamiką, a także wrażeniem przestrzenności zaczęły być istotne. W historii przestrzeni fonograficznej, czyli od drugiej połowy XIX wieku stale rozwijają się techniki reprodukcji dźwięku – od mono (jeden wymiar – głębia), przez stereo (dwa wymiary – głębia i szerokość) do wielu głośników otaczających słuchacza i tworzących wrażenie zatopienia w dźwięku (*envelopment*).

⁷⁴ Bulat Galeyev, *Spatial Music*, http://prometheus.kai.ru/pr-mys_e.htm

Wykorzystanie efektu przestrzennego osiąga swą pełnię w muzyce elektronicznej, w jej prawdziwej formie istnienia - poprzez reprodukcję za pomocą urządzeń elektroakustycznych. W praktyce, tradycyjna muzyka koncertowa zawsze zawiera elementy teatralne, które przyciągają wzrok. Słuchacz zazwyczaj jest w stanie zobaczyć, jakie fizyczne zjawisko odpowiada za dany dźwięk. Nawet podczas słuchania muzyki z nagrania można sobie wyobrazić i uzmysłowić proces powstawania dźwięku (dzięki doświadczeniom słuchacza, jego wiedzy, a także percepcji transmodalnej). Dlatego w przypadku muzyki elektronicznej głośnik nie jest głównym źródłem dźwięku, ale jedynie narzędziem reprodukcyjnym.

Percepcja muzyki elektronicznej jest zupełnie inna niż muzyki instrumentalnej. Jej brzmienia często odbiegają od standardowych, znanych odbiorcy, powstają niezależnie od ruchu wykonawcy, wyłaniając się niejako z innego świata. Tutaj głośniki stają się głównym źródłem dźwięków. Słuchacze często zwracają uwagę na nietypowy charakter obserwowania pustej sceny w trakcie koncertu. Według Galeyeva to właśnie dlatego muzyka elektroniczna naturalnie łączy się z elementami wizualnymi, które przejmują rolę źródła dźwięku (projekcje filmowe, teatr, taniec). Szczególnie w muzyce elektronicznej istnieje wyraźna potrzeba takiego aspektu wykonawczego jak ruch dźwięku, który tworzy iluzję pewnego przestrzennego działania (choć niewidocznego), z którego wynika dźwięk elektroniczny. W tym przypadku, dodając nowy dynamiczny parametr - pozycję dźwięku - do standardowych parametrów (głośność, wysokość, barwa, czas trwania), możliwe staje się najbardziej optymalne przedstawienie muzyki przestrzennej. Twórca i wykonawca elektronicznej muzyki przestrzennej powinien mieć możliwość swobodnego przemieszczania źródeł dźwięku poszczególnych obiektów dźwiękowych po dowolnych ścieżkach, zarówno na płaszczyźnie, jak i w przestrzeni sali koncertowej, tworząc muzyczne struktury. Koncerty muzyki elektronicznej coraz częściej wykorzystują zaawansowane systemy nagłośnienia, które pozwalają na pełne wykorzystanie przestrzeni koncertowej. Słuchacze mają możliwość zanurzenia się w dźwiękowym krajobrazie, odczuwając go nie tylko słuchowo, ale również fizycznie poprzez efekty wibracji i przestrzenne oddziaływanie dźwięków.

Dźwięk przestrzenny w pełni wyraża się w muzyce elektronicznej, w fonografii, ale również w sztukach audiowizualnych, szczególnie w kinie, gdzie dynamicznie rozwija się od lat czterdziestych XX wieku. To narzędzie, które otwiera nowe perspektywy artystyczne i zapewnia wyjątkowe doświadczenia słuchaczy. Pozwala na tworzenie muzycznych podróży przez przestrzeń dźwiękową, gdzie dźwięki stają się materialnymi, ruchomymi obiektami. Jest to obszar, w którym twórcy i słuchacze mogą eksplorować granice dźwięku i doświadczać muzyki w niezwykle zmysłowy i immersyjny sposób. Dźwięk przestrzenny w muzyce elektronicznej jest więc nie tylko narzędziem

artystycznym, ale także fascynującym polem badań nad percepcją dźwięku i jego oddziaływaniem na nasze zmysły.

2.1 Amplitudowa przestrzeń wielokanałowa

Monofoniczne systemy dźwiękowe wykorzystują pojedynczy głośnik do odtwarzania dźwięku. Pierwsze urządzenie zapisujące i odtwarzające dźwięk – fonograf, używało pojedynczego rysika do nagrywania i odtwarzania dźwięku. W monofonii możemy mówić o jednym wymiarze przestrzeni dźwiękowej – głębi. Gdy za pomocą jednego mikrofonu nagrywanych jest wiele kierunkowych źródeł dźwięku, są one łączone w jeden sygnał, a informacje o kierunku zostają utracone podczas odtwarzania przez jeden głośnik. Jednak informacje przestrzenne, takie jak odbicia i pogłos, mogą nadal tworzyć iluzję głębi i przestrzeni. Wczesne nagrania woskowych cylindrów i dysków są przykładem tego zjawiska, ponieważ zawartość wysokich częstotliwości i równowaga między dźwiękiem bezpośrednim i rozproszonym mogą wskazywać odległość każdego źródła dźwięku od mikrofonu.

Dwukanałowy dźwięk stereo stanowi fundament systemów nagrywania i odtwarzania dźwięku od momentu pojawienia się pierwszych nośników stereo w latach pięćdziesiątych XX wieku. Idea systemów stereo opiera się na stworzeniu iluzji przestrzennej sceny dźwiękowej, rozpostartej pomiędzy dwoma lub większą liczbą głośników przed słuchaczem. W efekcie powstaje wrażenie przeniesienia źródeł dźwięku do przestrzeni, w której znajduje się słuchacz, (w odróżnieniu od systemów binauralnych, które przenoszą słuchacza na miejsce nagrania). Stereofonia pozwala na bardzo subtelne oddanie przestrzeni dźwiękowej, co stało się kluczowym elementem rozwoju dźwięku przestrzennego w fonografii.⁷⁵

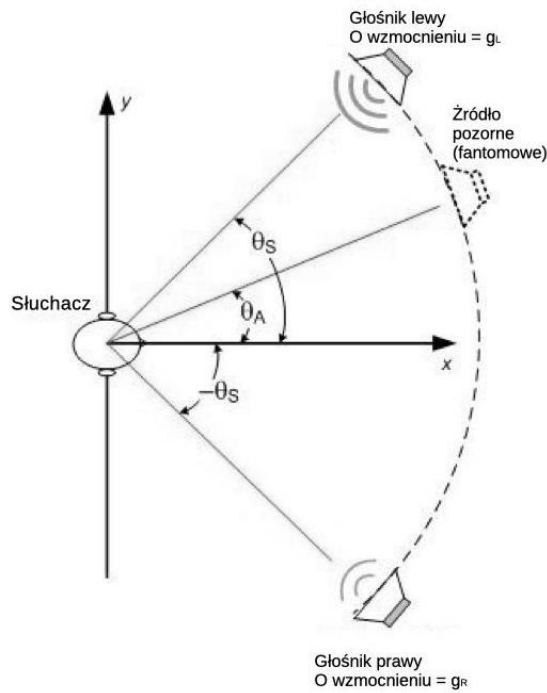
Stereofonia amplitudowa (zwana również natężeniową) to dziś najpowszechniejsza technika dźwięku przestrzennego, pozwalająca kreować wrażenie przestrzeni między parą głośników. Wykorzystuje się w tym celu różnice między kanałami zarówno w poziomie głośności (*Inter Channel Level Difference – ICLD*) jak i różnic czasowych (*Inter Channel Time Difference – ICTD*), co jest bezpośrednią analogią do psychoakustycznych zasad słyszenia przestrzennego, gdzie o kierunkach percypowanego dźwięku decydują różnice w czasie, w którym dźwięk dociera do uszu i różnice fazy, głośności i barwy tego samego dźwięku między jednym a drugim uchem. Różnice w poziomie głośności, barwy i różnice czasowe uzyskuje się w torze fonicznym, stosując odpowiednie techniki mikrofonowe oraz obróbkę dźwięku – opóźnienia, różnice amplitudy (panorama), korekcje

⁷⁵ Paul Geluso, *Stereo*, New York 2018, s. 63

barwy itp. Badania nad dźwiękiem stereofonicznym prowadzone były niezależnie już w latach 30 XX w przez Bell Laboratories w Stanach Zjednoczonych Ameryki, oraz Alana Blumleina w Wielkiej Brytanii. Początkowo posługiwano się techniką "akustycznej kurtyny" (Bell Lab), gdzie źródło dźwięku zarejestrowane przez linię (kurtynę) mikrofonów stojących w równych odstępach, odtwarzane jest przez adekwatną linię (kurtynę) głośników. Technologiczne możliwości ograniczały kurtynę akustyczną do trzech mikrofonów i trzech głośników. Blumlein pracował w tym czasie nad stereofonią natężeniową, wykorzystując do rejestracji dwa mikrofony koincydentalne o charakterystyce ósemkowej.⁷⁶ W swoim brytyjskim patencie z 1933 roku opisał on fundamenty nowoczesnych dwukanałowych systemów stereo, których podstawową koncepcją było wykorzystanie dwóch kanałów dźwiękowych do stworzenia przestrzennego wrażenia dźwiękowego. Kluczową innowacją było użycie dwóch mikrofonów kierunkowych i dwóch głośników do przeniesienia kierunkowego obrazu dźwiękowego. Blumlein nazwał swój wynalazek systemem "binauralnej transmisji stereo", podkreślając, że przy użyciu dwóch ścieżek akustycznych można osiągnąć realistyczne, wielokierunkowe wrażenie dźwiękowe. Wskazał, że informacje o fazie i amplitudzie, zarejestrowane przez mikrofony, mogą być precyzyjnie zrekonstruowane przy użyciu dwóch głośników, co umożliwi odtworzenie oryginalnego obrazu dźwiękowego. Należy zauważyć, że Blumlein nie tylko ustanowił standard dla dwukanałowego dźwięku stereo, ale jego idee również wybiegały w przyszłość. Zasugerował metody jednoczesnego przechwytywania dźwięku w pionie i poziomie, co stanowiło fundament dla przyszłych systemów dźwiękowych o bardziej immersyjnym charakterze. Ta koncepcja przyczyniła się do rozwoju zaawansowanych systemów dźwiękowych, które wykorzystują większą liczbę głośników w celu uzyskania czytelniejszych efektów przestrzennych.⁷⁷

⁷⁶ Enda Bates *The Composition and Performance of Spatial Music*, Dublin, 2009, s. 30-32

⁷⁷ Geluso, Dz. cyt., s. 63



Rys 1: Prawo tangensów w stereofonii natężeniowej

U podstaw stereofonii amplitudowej leży zasada tangensów opisująca relacje między kątami głośników względem słuchacza, kąta fantomowego źródła dźwięku pojawiającego się między głośnikami oraz wzmocnieniem sygnału zasilającego głośniki. Kiedy dwa głośniki emitują sygnały o tym samym wzmocnieniu ($g_L = g_R$), słuchacz odbiera pozorne źródło dźwięku, dochodzące pomiędzy głośników, na kierunku osi x (rys. 1). Gdy głośnik lewy emituje ten sam sygnał z większym wzmocnieniem ($g_L > g_R$), słuchacz odbiera pozorne źródło dźwięku dochodzące z kierunku odchylonego od osi x pod kątem θ_A . Podstawowe relacje między g_L , g_R , i kątami θ_A i θ_S opisuje wzór, zwany zasadą tangensów:

$$\frac{\tan(\theta_A)}{\tan(\theta_S)} = \frac{g_L - g_R}{g_L + g_R}$$

Z tego równania możemy łatwo wyliczyć wzmocnienia sygnałów g_L i g_R potrzebne do uzyskania odpowiedniego kąta dla źródła fantomowego θ_A względem danego kąta θ_S :

$$g_R = \frac{1}{2} \left(\frac{\cos(\theta_A)}{\cos(\theta_S)} - \frac{\sin(\theta_A)}{\sin(\theta_S)} \right)$$

$$g_L = \frac{1}{2} \left(\frac{\cos(\theta_A)}{\cos(\theta_S)} + \frac{\sin(\theta_A)}{\sin(\theta_S)} \right)$$

Efekt krzyżowego przesłuchu między głośnikami powoduje dodatkowe przesunięcie w fazie sumujących się sygnałów wpadających do ucha jednocześnie z lewego i prawego głośnika, co jak zauważył Blumlein wzmacnia efekt kierunkowości. Na lokalizację w stereofonii mają wpływ różne sumujące się czynniki: zmiany poziomu natężenia tego samego dźwięku między dwoma głośnikami powodują różnice fazowe w niskich częstotliwościach spowodowane efektem krzyżowego przesłuchu (*speaker crosstalk*), a różnice w poziomie natężenia w średnich i wyższych częstotliwościach, przy czym szerokość percypowanej panoramy jest nieco większa w wyższym paśmie. Stereofonia amplitudowa jest wrażliwa na błędy powstałe w wyniku niewłaściwych relacji położenia słuchacza względem głośników. Idealny punkt odsłuchu (*sweet spot*) znajduje się w równej odległości od głośników rozsuniętych względem słuchacza o $\pm 30^\circ$, tworząc razem z punktem odsłuchu trójkąt równoboczny.

Pod koniec lat pięćdziesiątych XX w., gdy stereo zaczęło zdobywać popularność, rozpoczęto już prace nad bardziej zaawansowanymi formatami dźwięku przestrzennego. Wczesne lata sześćdziesiąte przyniosły pierwsze systemy zdolne do wyodrębniania z sygnału stereofonicznego składowych o różnych fazach i odtwarzania ich przez oddzielną parę tylnych głośników. Proces ten nazwany został dekodowaniem macierzowym (*matrix decoding*). Technologia ta pozwala na przekształcenie niewielkiej liczby odrębnych kanałów audio, na przykład dwóch, w bardziej rozbudowany zestaw kanałów, na przykład pięciu, podczas odtwarzania dźwięku. Proces ten polega na dekodowaniu sygnału audio, na podstawie różnic w fazie i amplitudzie sygnałów. Odwrotne działanie – czyli kodowanie macierzowe (*matrix encoding*) – umożliwia „wpisanie” kilku kanałów, na przykład czterech w formacie kwadrofonicznym, do dwóch kanałów stereo, tworząc sygnał zwany LtRt (*Left total, Right total*). To oznacza, że ten sam sygnał audio może być odtwarzany zarówno jako dźwięk stereofoniczny na tradycyjnym sprzęcie domowym, jak i jako dźwięk przestrzenny na przystosowanym do tego zestawie. Proces kodowania nie jest bezstratny, informacje przestrzenne są częściowo tracone, ponieważ kodowane sygnały nie są niezależne, dyskretne. Jednak podstawową zaletą tak zakodowanego sygnału LtRt jest jego pełna kompatybilność ze zwykłą, popularną stereofonią dwukanałową. Systemy kodowania i dekodowania matrycowego stały się podstawą technologii kwadrofonicznej oraz Dolby Surround.

a) Obwód Haflera

Matryca	L	R	Lb	Rb
Lt	1.0	0.0	1.0	-1.0
Rt	0.0	1.0	-1.0	1.0

b) 4:2:4 matryca kwadrofoniczna QS

Matryca	L	R	Lb	Rb
Lt	0.92	0.38	$j0.92$	$j0.38$
Rt	0.38	0.92	$k0.38$	$k0.92$

$j = +90^\circ$ przesunięcie fazy, $k = -90^\circ$ przesunięcie fazy

c) Dolby Pro Logic II

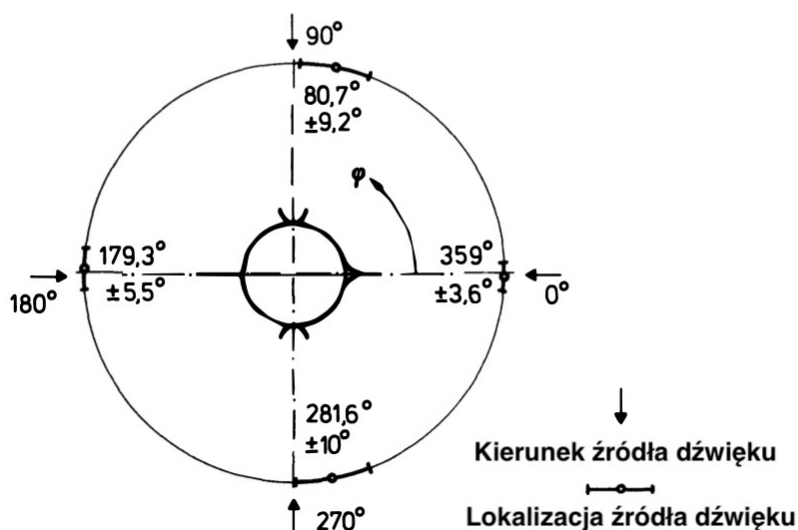
Matryca	L	R	C	Ls	Rs
Lt	1.0	0.0	$\sqrt{\frac{1}{2}}$	$j\frac{\sqrt{3}}{2}$	$j\frac{1}{2}$
Rt	0.0	1.0	$\sqrt{\frac{1}{2}}$	$k\frac{1}{2}$	$k\frac{\sqrt{3}}{2}$

$j = +90^\circ$ przesunięcie fazy, $k = -90^\circ$ przesunięcie fazy

Tabela 2: Przykłady matryc fazowych.

W 1968 roku Peter Scheiber przedstawił jedną z najwcześniejszych koncepcji systemu kwadrofonicznego (*quadrophonic* – tabela 2b). Jego projekt obejmował fazowe kodowanie czterech kanałów analogowych do dwóch. Następnie pojawiały się różne formaty i matryce kwadrofoniczne, które mimo agresywnej promocji w latach siedemdziesiątych nie przyjęły się na komercyjnym rynku, stereofonia dwugłośnikowa pozostała dominującym systemem dźwięku przestrzennego. Jedną z przyczyn tego niepowodzenia mógł być prosty fakt, że stereofonia amplitudowa nie znosi zbyt wielkich odległości między głośnikami. Stereofonia amplitudowa oddaje przestrzeń najprecyzyjniej, jeśli głośniki ustawione frontalnie przed słuchaczem tworzą kąt nie większy niż 60° . Eksperymenty wykazały, że cztery głośniki otaczające słuchacza nie wystarczą aby w pełni odtworzyć płynną panoramę. Kwadrofonia nie oddaje tak precyzyjnie lokalizacji i kierunków, ponieważ kąt 90° między głośnikami ustawionymi w kwadracie dookoła słuchacza powodowała, że małe zmiany w głośności dają w rezultacie za duże zmiany w lokalizacji pozornego źródła dźwięku. Percepcja kierunku fantomowego źródła dźwięku pomiędzy przednim a tylnym głośnikiem jest również nieprecyzyjna z powodów psychoakustycznych (słabej percepcji kierunku w orientacji bocznej). Subiektywne testy, przeprowadzone na grupach słuchaczy w warunkach laboratoryjnych, wykazały, że dokładność ludzkiego słuchu dla określenia kierunku dźwięku w płaszczyźnie horyzontalnej jest największa przed słuchaczem, rozmycie lokalizacji $\Delta\phi$ wynosi tu około 7° dla

różnych źródeł dźwięku. Dokładność maleje wraz z przesunięciem źródła dźwięku na bok, przy $\pm 90^\circ$ wartość $\Delta\varphi$ osiąga około 20° . Dla dźwięku przychodzącego z tyłu $\Delta\varphi$ osiąga wartości około 10° (rys. 2).⁷⁸



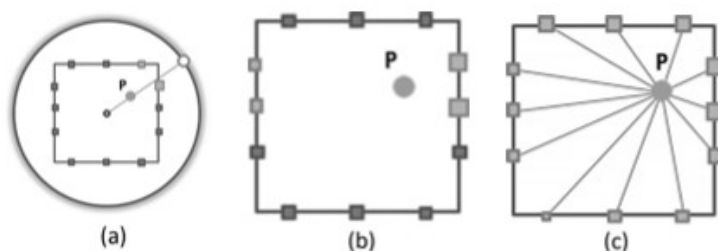
Rys 2: Rozmazanie lokalizacji $\Delta\varphi$

Przyczyniło się to do powszechnej utraty wiary w kwadrofonię i przyszłość dźwięku trójwymiarowego w ogóle.⁷⁹ Mimo to prace nad matrycami fazowymi dały impuls do rozwoju dźwięku przestrzennego w kinie. Już w 1976 roku w Dolby Laboratories zastosowano matrycę 4-2-4 do zakodowania przestrzennej ścieżki dźwiękowej na taśmie filmowej (fazowe kodowanie czterech kanałów do dwóch i dekodowanie z powrotem do czterech). Zamiast ustawienia głośników tak jak w standardowej kwadrofonii, zastosowano trzy głośniki za ekranem (LCR – lewy, centralny, prawy) i jeden kanał dookólny (S – surround, emitowany przez szereg głośników rozmieszczonych dookoła widowni). Użycie trzech głośników w miejsce dwóch znacznie poprawiło stabilność stereofonicznego obrazu. W większych przestrzeniach powszechnie wykorzystuje się systemy lewy-centralny-prawy (LCR), co zdecydowanie powiększa obszar, w którym prawidłowo odbiera się lokalizację dźwiękowej przestrzeni (*sweet spot*). Fantomowe źródło dźwięku jest mniej ostre i wyraźne niż dźwięk dochodzący bezpośrednio z głośnika. W kinach kanał centralny koncentruje dialogi i inne dźwięki na ekranie, zapewniając jednolite doświadczenie kierunku dla wszystkich widzów. W związku z tym konfiguracje głośnikowe LCR znajdują zastosowanie we frontowych kanałach wielu systemów dźwięku przestrzennego. Dialogi i muzykę integruje się z obrazem, używając kanału centralnego do przekazywania monofonicznych sygnałów dialogowych, a

⁷⁸ Enda Bates, dz. cyt., s. 69

⁷⁹ Boren, Dz. cyt., s 52

dwukanałowych sygnałów stereo, takich jak muzyka i niektóre efekty dźwiękowe, kierując je do lewego i prawego głośnika. W praktyce część muzyki i efektów dźwiękowych również miksuje się w kanał centralny, aby zapewnić stabilność dźwiękowej przestrzeni. W obu przypadkach, wykorzystując kanał centralny, osiąga się doskonałą ostrość przestrzenną, stabilność i klarowność w przypadku treści takich jak dialogi, jednocześnie tworząc szerszy obraz stereo dla muzyki i efektów.⁸⁰ Rozwój dźwięku cyfrowego umożliwił kodowanie dyskretnych ścieżek dźwiękowych na taśmie filmowej, co ugruntowało format 5.1 (*surround*) w kinie - a w konsekwencji pojawienia się powszechnego formatu DVD - w kinie domowym.

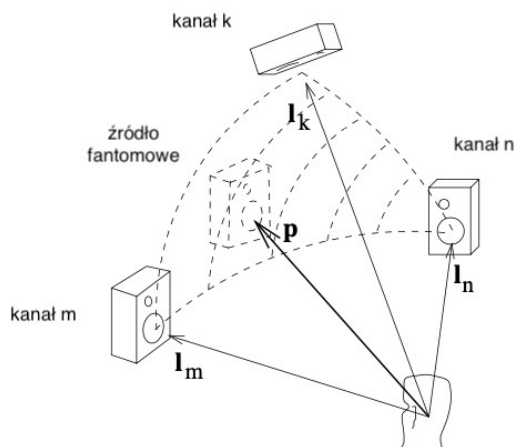


Rys 3. Różne formy panoramy amplitudowej: a) wektorowa (*Vector Based Amplitude Panning*), b) pozycyjna (*Position Based Amplitude Panning*), c) odległościowa (*Distance Based Amplitude Panning*). Szare kwadraty symbolizują głośniki użyte do projekcji fantomowego źródła dźwięku P. Wielkość kwadratów symbolizuje relatywnie wzmocnienie sygnału zasilającego głośnik. [Tsingos, Dz. cyt., s.248]

Zarówno w domenie filmowej, jak i w innych niszach, przestrzenna stereofonia amplitudowa ewoluowała i ciągle ewoluje w coraz bardziej wszechstronne i zaawansowane formaty wielokanałowe, które odniosły sukces w konkretnych specjalizacjach. Wśród nich szczególne uznanie zdobyły techniki panoramowania amplitudowego oparte na wektorach, (*Vector Based Amplitude Panning - VBAP*) opracowane przez Ville'a Pulkkiego w 1997 roku, oraz techniki panoramowania amplitudowego oparte na odległościach (*Distance Based Amplitude Panning - DBAP*), niezależnie przedstawiona przez Tronda Lossiusa i Pascala Baltazara (2009), a także przez Dimitara Kostadinova, Joshuę Reissa i Valeri'ego Mladenova (2010). VBAP to rozwinięcie standardowej stereofonii amplitudowej do systemów o dowolnej ilości głośników (większej niż dwa). W przestrzeni dwuwymiarowej, zorientowanej dookólnie, stosuje się panoramowanie dwugłośnikowe (*pair-wise*, patrz rys. 3a) podobnie jak w standardowej stereofonii amplitudowej. Fantomowe źródła dźwięku są rozmieszczane w panoramie przez ustalenie azymutu źródła. Jeśli dowolny głośnik znajduje się tam, gdzie panoramowany jest dźwięk, jest on odtwarzany tylko przez ten głośnik. Jeżeli wypada pomiędzy dwoma sąsiednimi głośnikami jest panoramowany zgodnie z

⁸⁰ Geluso, Dz. cyt., s. 66-67

zasadą panoramy amplitudowej (według zasady tangensów, rys. 1). Obok azymutu jest również parametr rozpiętości (*spread*), który określa stałą liczbę sąsiednich głośników które emitują dźwięk.



Rys 4. Trójwymiarowa wektorowa panorama amplitudowa VBAP [Pulkki, dz. cyt.]

W przypadku przestrzeni trójwymiarowej, sferycznej, stosuje się metodę trójgłośnikową (*triple-wise*), w której sygnał jest dostarczany do maksymalnie trzech głośników jednocześnie. Głośniki te formują trójkąt, a w przypadku większej ilości – sieć trójkątów rozłożoną sferycznie, co umożliwia panoramowanie dźwięku w trzech wymiarach. (patrz rys. 4). W trójwymiarowym panoramowaniu trzy głośniki wyrażone są wektorami. Wektory te o długości jednostkowej l_m , l_n i l_k , skierowane są od słuchacza do głośników. Kierunek wirtualnego źródła wyraża wektor o długości jednostkowej p . Wektor p jest wyrażony jako ważona suma wektorów głośników:

$$p = g_m l_m + g_n l_n + g_k l_k,$$

gdzie g_m , g_n i g_k to współczynniki wzmocnienia sygnału przez odpowiednie głośniki. Współczynnik wzmocnienia można przedstawić jako

$$g = p^T L_{mnk}^{-1},$$

gdzie $g = [g_m, g_n, g_k]^T$, a $L_{mnk} = [l_m, l_n, l_k]$. Tak wyliczonych współczynników używa się w panoramowaniu amplitudowym jako współczynniki wzmocnienia sygnału przez odpowiednie głośniki przy założeniu wygodnej normalizacji, na przykład $\|g\|=1$.⁸¹ Panoramowanie oparte na wektorach, czyli określaniu kierunku źródła dźwięku względem pozycji odniesienia, ma pewne ograniczenia. Jednym z nich jest brak zdolności do rozróżnienia źródeł dźwięku znajdujących się w różnych miejscach wzdłuż tego samego wektora kierunkowego. Dodatkowo, panoramowanie kierunkowe ogranicza renderowane obiekty do powierzchni sfery, nie umożliwiając fantomowym

⁸¹ Ville Pulkki, *Uniform Spreading of Amplitude Panned Virtual Sources*, New York 1999, s.3

źródłom na przemieszczenie się do wnętrza przestrzeni. Aby temu zaradzić stosuje się technikę panoramowania opartą bardziej o pozycję fantomowego źródła w przestrzeni, niż jego kierunek (rys. 3b). Technika „podwójnego balansowania” stosowana jest najczęściej w kinie, w formatach 5.1 lub 7.1. Wymaga użycia przeciwległych głośników (dwóch lub czterech), między którymi wytwarza się fantomowy obraz źródła dźwięku. Ma ona jednak zastosowanie głównie w miejscach, w których rozmieszczenie głośników na to pozwala, a więc w specjalnych salach multimedialnych, kinach z systemem Dolby itp.

W odróżnieniu od stereofonii wektorowej, w systemach DBAP działają wszystkie dostępne głośniki (rys 3c). Fantomowe źródło dźwięku p jest umieszczone w panoramie przez ustalenie jego odległości od każdego głośnika L . Wzmocnienia głośników określa się wzorem:

$$G_i(p) = \frac{1}{\varepsilon + (\|L_i - p\|)^a},$$

gdzie a jest potęgowym wykładnikiem odległości (zwykle $a = 2$), ε jest współczynnikiem „rozmazania przestrzennego” (*spatial blur*), który decyduje o tym czy fantomowe źródło może być odtwarzane przez pojedynczy głośnik.⁸² Panoramowanie amplitudy oparte na odległości to metoda przestrzennego rozmieszczenia dźwięku, która bierze pod uwagę rzeczywiste położenie głośników w przestrzeni, bez zakładania, gdzie dokładnie znajdują się słuchacze. To sprawia, że jest użyteczna w różnych realnych sytuacjach, takich jak koncerty, produkcje sceniczne, instalacje i projekty dźwiękowe w muzeach, gdzie geometrie rozmieszczenia głośników mogą być inne niż się oczekuje. W tej technice stosuje się wszystkie dostępne głośniki, a nie ograniczony podzbiór, co prowadzi do wrażenia płynniejszego ruchu fantomowych źródeł w przestrzeni, ale niesie ze sobą ryzyko wystąpienia artefaktów barwowych. Dodatkowo, zwiększenie liczby źródeł fantomowych może wpłynąć na ogólną jakość przestrzeni dźwiękowej, sprawiając, że brzmi ona mniej precyzyjnie.⁸³ Jednak główną zaletą tej techniki jest fakt, że nie wymaga ona specjalnej instalacji przestrzennej, siatki głośników równomiernie rozmieszczonych w sferycznych triangulacyjnych układach tak jak to jest w technice wektorowej VBAP, czy choćby standardowego rozmieszczenia 5.1.

2.2 Obiekty dźwiękowe w przestrzeniach

Rozwój dźwięku cyfrowego spowodował rozkwit technik przestrzennych, wcześniej rozważanych jedynie teoretycznie, jak na przykład ambisonia wyższego rzędu (*High Order Ambisonics HOA*), czy dźwięk obiektowy. Pracę nad wielokanałową dźwiękową formą przestrzenną

⁸² Tsingos, Dz. cyt., s. 251

⁸³ Tamże, s. 252

– kompozycją muzyczną, czy dźwiękiem do spektaklu lub filmu – można uogólniając opisać według następującego scenariusza: pozyskanie materiału przez nagrania, przetworzenia, syntezę, i zgranie wszystkich elementów w dyskretne kanały zasilające dostępne głośniki. W okresie przed rewolucją cyfrową, w czasie gdy dostępne były tylko tory analogowe, stosowano matryce fazowe, aby ograniczyć ilość kanałów w transmisji do dostępnych dwóch (LR). Nowe technologie obiektowego dźwięku przestrzennego zmieniają zasady: miks wcześniej przygotowanego materiału następuje bezpośrednio w trakcie odtwarzania. Na przestrzenną formę składają się dźwiękowe łożyska (*beds*), obiekty (*objects*) oraz metadane dotyczące ich relacji w przestrzeni i czasie, swego rodzaju partytura utworu. Te składowe są dostarczane do systemu odtwarzającego utwór na sali wyposażonej w wielogłośnikową instalację. W takich dźwiękowych instalacjach przestrzennych obiekt dźwiękowy doczekał się swojej definicji: jest to element dźwięku (*audio element*) oraz związane z nim metadane, w których zawarte są artystyczne intencje, odkodowywane i przekształcane na sygnały głośnikowe⁸⁴. Definicja ta dobrze koresponduje z definicją przedmiotu dźwiękowego (*object sonore*) Pierra Schaeffera, który opisuje go jako fenomen w obliczu odbiorcy, przejawiający się w pełni jedynie w doświadczeniu akuzmatycznym⁸⁵; „obekt dźwiękowy jest punktem styczonym akustycznej akcji i słuchania intencjonalnego”. Dotyczy to szczególnie autonomicznych muzycznych form przestrzennych, które wyemancypowane są od wszelkich innych bodźców wizualnych (w przeciwieństwie do filmu, teatru, muzyki wykonywanej na żywo, gdzie bodziec wizualny jest dominujący). Słuchanie zredukowane to postawa słuchowa polegająca na słuchaniu dźwięku samego w sobie, jako obiektu dźwiękowego, poprzez usunięcie jego prawdziwego lub domniemanego źródła oraz znaczenia, jakie może nieść.⁸⁶

Obiekt dźwiękowy definiuje się jako korelat słuchania zredukowanego: nie istnieje „sam w sobie”, ale poprzez konkretną, fundamentalną intencję. Jest to jednostka dźwiękowa postrzegana w swoim materiale, w swojej szczególnej fakturze, własnych jakościach i wymiarach percepcyjnych. Z drugiej strony jest to percepcja całości, która pozostaje identyczna w różnych przesłuchaniach.⁸⁷

Obiekt dźwiękowy posiada swoją typologię, można poddać go analizie spektromorfologicznej, może być złożony z innych obiektów lub istnieć w relacjach do nich. Pojęcie obiektu dźwiękowego ma w kulturze muzycznej zachodu długą tradycję, jest dla kompozytora elementem do wykorzystania, przedmiotem, którym można się posłużyć według własnego uznania⁸⁸. W technologii obiektowej jest to zwykle monofoniczny dźwięk nagrany, bądź wykreowany, a następnie umieszczony w przestrzeni wyznaczonej współrzędnymi *x,y,z* przy użyciu

⁸⁴ Tamże., s. 244

⁸⁵ Pierre Schaeffer, *Sound Objects*, 1966, w: Crisoph Cox, Daniel Warner *Kultura dźwięku*, Gdańsk 2010, s:109

⁸⁶ Michel Chion, *Guide to Sound Objects*, London 2009, s. 30

⁸⁷ Tamże, s. 37

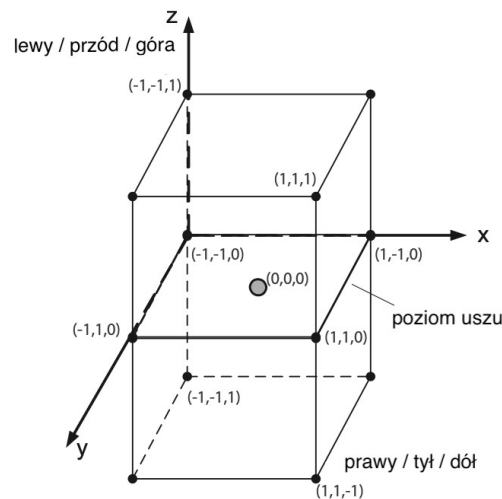
⁸⁸ Ewa Schreiber, *Muzyka i metafora*, Warszawa 2012, s:191

metadanych. Wiele takich obiektów tworzy złożoną, dynamiczną audialną przestrzeń⁸⁹. Innym ważnym elementem obiektowego pejzażu dźwiękowego jest łożysko (*bed*). To zwykle statyczna część obrazu zawarta w stereofonicznej, najczęściej wielokanałowej przestrzeni. Łožyska przypisane są zwykle do konkretnych głośników, na przykład lewego i prawego, lub do 5.1 (L,C,R,Ls,Rs,Lfe), i w tych ramach odtwarzają stereofoniczną przestrzeń. Może to być przestrzenne nagranie orkiestry, powroty pogłosów, stereofoniczna ścieżka dźwiękowa, lub dowolna warstwa odtwarzana w technice wielokanałowej.

Fundamentem kreowania obiektowego dźwięku przestrzennego (*Object-Based Audio*) jest proces nazywany renderingiem audio (*audio rendering*), czyli „mapowanie monofonicznych sygnałów audio do zestawu głośników w celu stworzenia wrażenia wydarzenia dźwiękowego w zamierzonej lokalizacji w przestrzeni”.⁹⁰ Algorytmy mapujące audio są kluczowe i konieczne aby odtworzyć dźwięk obiektowy. W przeciwieństwie do innych technik przestrzennych, w których w punkcie centralnym jest odbiorca, przestrzeń obiektowa jest allocentryczna, posiada ustalone ramy, takie jak scena, ekran, ściany, sufit, względem których tworzy się dźwiękową przestrzeń, zakładając, że dźwięki będą renderowane zgodnie z tymi ramami (na scenie, poza sceną, w 1/3 odległości itp.). Ruchy obiektów dźwiękowych są również definiowane w kontekście środowiska odtwarzania, na przykład przelot od środka sceny lub ekranu w górę po suficie, ruch spiralny zakończony na środku tylnej ściany. Korzystanie z egocentrycznego układu odniesienia może wprowadzać pewne zniekształcenia przy odtwarzaniu na skrajnie różnych przestrzeniach, o odmiennej kubaturze i geometrii. Na przykład obiekt na bocznej ścianie długiej sali teatralnej może wydawać się umieszczony na tylnej ścianie bardziej kwadratowej przestrzeni.

⁸⁹ Tsingos N. *Object-Based Audio* w: A.Roginska, P.Geluso *Immersive Sound...* s. 244

⁹⁰ Tamże, s. 247



Rys 5. Allocentryczny układ odniesienia w technice obiektowej

Natomiast przy użyciu odniesienia allocentrycznego, opisuje się dźwięki dla każdej pozycji odsłuchu i każdego rozmiaru sceny lub ekranu w tej samej względnej pozycji, co pozwala na elastyczne uchwycenie i odtworzenie relacji dźwiękowych w różnorodnych rozmiarach i kształtach pomieszczeń.

Nieprzypadkowo sale wyposażone w systemy przestrzeni obiektowej, takie jak Dolby Atmos, posiadają ustalone standardy. Gwarantuje to podobny odbiór dzieła odtwarzanego w różnych salach.

Przestrzeń allocentryczna (rys. 5) opisana jest koordynatami na trzech osiach x, y, z , zawartych w przedziałach $[-1, 1]$, a punktem odniesienia jest jej środek $[0, 0, 0]$. Większość algorytmów stosowanych dzisiaj do projekcji dźwięku obiektowego używa panoramy amplitudowej, by wytworzyć fantomowe obrazy dźwięku w przestrzeni, którą obiekt ma zająć. Znormalizowany wektor wzmocnienia $[G_i]$ ($1 < i < n$), gdzie $\sum_i G_i^2 = 1$, jest przeliczony i przypisany jako sygnał do każdego z n głośników będących w użyciu. Sygnał obiektu dźwiękowego $s(t)$ jest odtwarzany przez każdy głośnik jako $(x, y, z) \cdot s(t)$ tworząc fantomowe źródło dźwięku wskazane przez koordynaty (x, y, z) obiektu⁹¹. W przypadku obiektów ruchomych, zmiany koordynat zapisywane są w wystarczająco krótkich oknach czasowych (na przykład 1/30 sekundy) i w zależności od algorytmu sygnały wysyłane są do kolejnych głośników. Do odtworzenia pozycji i ruchu obiektu dźwiękowego w przestrzeni stosuje się różne techniki stereofonii amplitudowej opisane wyżej: wektorową, pozycyjną i odległościową. W niektórych algorytmach stosuje się też syntezę pola falowego lub ambisonię wyższego rzędu. Projektowanie algorytmów panoramowania lub renderowania dźwięku jest procesem wymagającym zrównoważenia różnych aspektów. Istnieje konieczność uwzględnienia kompromisów pomiędzy kilkoma kluczowymi czynnikami, takimi jak:

⁹¹ Tamże, s:248

a) wierność brzmieniowa. Oznacza to utrzymanie jak najwierniejszej reprodukcji dźwięku, zgodnej z oryginalnym źródłem; b) dokładność przestrzenna. Chodzi o precyzyjne umiejscowienie dźwięków w przestrzeni, aby odzwierciedlić ich rzeczywiste źródło i kierunek; c) płynność. Uzyskanie płynnego i naturalnego przepływania dźwięków w przestrzeni, aby uniknąć przeskoków lub niepożądanych efektów brzmieniowych w trakcie zmiany pozycji źródła dźwięku; d) wrażliwość na umiejscowienie słuchacza. Algorytmy powinny uwzględniać, jak dźwięki są percypowane przez słuchaczy w zależności od ich pozycji w przestrzeni odsłuchu. Te aspekty są ze sobą powiązane i wpływają na to, jak dany obiekt w przestrzeni jest odbierany przez słuchaczy. Projektowanie i wybór efektywnego algorytmu wymaga więc uwzględnienia tych różnych czynników i znalezienia optymalnego balansu między nimi, aby osiągnąć pożądane efekty dźwiękowe w danym środowisku. Współczesne systemy dźwięku obiektowego oferują takie parametry jak rozpiętość obiektu (*spread*), które decydują o ilości głośników działających przy renderowaniu obiektu w przestrzeni. Może to być rozpiętość wertykalna i horyzontalna, także z zastosowaniem odpowiedniej dekorelacji sygnałów tak, aby uniknąć powstania obrazu fantomowego między głośnikami. Kolejnym przydatnym parametrem jest tryb przyciągania do głośnika (*snap to speaker*), stosowany wówczas, gdy odwzorowanie barwy jest ważniejsze niż odwzorowanie pozycji w przestrzeni. Gdy ten tryb jest włączony, moduł renderowania obiektów nie wykonuje panoramowania fantomowego w celu zlokalizowania żadanego obrazu dźwiękowego. Zamiast tego renderuje obiekt w całości z pojedynczego głośnika znajdującego się najbliżej zamierzonej lokalizacji obiektu. Pojedynczy głośnik tworzy precyzyjne, neutralne barwowo źródło. Tryb przyciągania do głośnika można także połączyć z innym parametrem: maskowaniem stref, wyłączającym odpowiednie strefy głośników z użycia, tak, aby na przykład obiekt wędrował tylko nad głową, z wykluczeniem głośników bocznych i frontowych, albo w sytuacji gdy sala nie jest wyposażona w głośniki sufitowe, obiekty dźwiękowe poruszające się wertykalnie były odtwarzane tylko przez głośniki boczne. Aby uzyskać lepszą spójność przy włączaniu i wyłączaniu trybu przyciągania, zazwyczaj wybiera się „najbliższy” głośnik jako ten, który otrzymałby największą energię, gdyby źródło było panoramowane fantomowo. Aby uniknąć przyciągania do głośnika zbyt daleko od pierwotnej lokalizacji obiektu (co mogłoby się zdarzyć w przypadku dość rzadko rozmieszczonych głośników), stosuje się próg zadziałania przyciągania do głośnika (*snap-release threshold*). Powyżej tego progu, moduł renderujący powraca do panoramowania fantomowego. Wszystkie te parametry, ich dynamiczne zmiany i cały „genetyczny kod” przestrzennej kompozycji zapisywane są w metadanych, które zapewniają jednolite odtworzenie utworu w każdej sali, wyposażonej w odpowiedni system.

Choć istnieje potrzeba używania spójnych technik dźwięku przestrzennego, nie można zakładać, że ta sama technika zawsze przyniesie zadowalające estetyczne rezultaty w różnych środowiskach odtwarzania. Przykładowo, w domenie filmowej często dostosowuje się tę samą ścieżkę dźwiękową do różnych formatów wielokanałowych, takich jak 7.1, 5.1 lub stereo, aby osiągnąć zamierzone cele artystyczne w każdej konfiguracji. Innym przykładem może być muzyka do spektaklu przygotowana w formacie czterokanałowym, oraz jej wersja stereofoniczna do celów promocyjnych. W przypadku wielu ścieżek dźwiękowych konkurujących o słyszalność, utrzymanie klarownego miksu i znalezienie w nim odpowiedniego miejsca dla wszystkich kluczowych elementów staje się wyzwaniem. Celem jest osiągnięcie spójności i jakości dźwięku, niezależnie od używanego systemu głośnikowego. Dzięki odpowiednim informacjom zapisanym w metadanych możliwa jest wsteczna kompatybilność ze wszystkimi systemami, od pełnej przestrzeni obiektowej do 7.1, 5.1, stereo i mono.

Praca nad dźwiękiem obiektowym wymaga specjalnych narzędzi, przede wszystkim panerów, służących do ustawiania parametrów obiektu i tworzeniu metadanych: koordynat przestrzennych, wielkości, ruchu itd. Dostępne są programy kodujące obiekty i metadane (na przykład do formatu MPEG-H), oraz aplikacje dekodujące. Jednak najważniejszy warunek do spełnienia - dostępny system odsłuchowy - był czynnikiem decydującym w przypadku muzyki do *Aniołów w Ameryce*. Rozwój dźwięku obiektowego obserwuje się wraz z rozkwitem kina cyfrowego. Doskonale sprawdza się w instalacjach kinowych, gdzie w sali znajdują się 64 głośniki rozmieszczone dookoła i nad widownią. Dolby Atmos to system dźwiękowy zaprojektowany z myślą o projekcji filmowej przede wszystkim, choć jego możliwości do tworzenia i kontroli przestrzeni w autonomicznych dźwiękowo – muzycznych formach, bez udziału wizji, wydają się nowatorskie i bardzo atrakcyjne. Wciąż nieliczne są sale multimedialne posiadające takie instalacje, nie wspominając o teatrach, czy salach koncertowych. W ramach ewaluacji projektu, po premierze, miałem okazję przygotować dziesięciominutową suitę złożoną z fragmentów muzyki do spektaklu *Anioły w Ameryce* w formacie Dolby Atmos, o czym napiszę w dalszej części pracy.

2.3 Pola dźwiękowe i sferyczne przestrzenie wyższego rzędu

Przedłużeniem stereofonii amplitudowej opracowanej przez Blumleina jest technika dźwięku przestrzennego nazwana ambisonią oraz ambisonia wyższego rzędu (*High Order Ambisonics*). Teoretyczne podstawy ambisonii zostały opracowane po raz pierwszy przez Michaela Gerzona, Petera Fellgetta i innych w latach 70 XX w. U jej podstaw leży pojęcie pola dźwiękowego

(*sound field*), oraz sposób jego utrwalenia i projekcji. Standardowa wielokanałowa przestrzeń dźwiękowa to metoda oparta na głośnikach i kanałach, w której reprodukcja dźwięku opiera się na określonym zestawie kanałów audio związanych z daną konfiguracją (stereo, 5.1, 7.1 itd).

Wszystkie kanały zasilające głośniki przyczyniają się do stworzenia pejzażu dźwiękowego dla słuchacza znajdującego się w optymalnym punkcie. Obiekty dźwiękowe, wirtualne źródła, dźwięku składające się na ten dźwiękowy pejzaż, tworzy się stosując różnice w fazie i amplitudzie dźwięku, a informacja o kierunkach i ruchu, generowana przez te systemy, jest interpretowana przez ludzki układ słuchowy jako przestrzenne wydarzenia dźwiękowe, o określonej wielkości, głębi, szerokości, o określonych wektorach kierunków. Inaczej jest w ambisonii, tu pole dźwiękowe kreuje się w oparciu o fizyczną reprezentację i opis fal dźwiękowych, nie skupiając się na konkretnym układzie głośników. W ambisonicznym polu dźwiękowym właściwości kontrolowane w celu generowania lub odtwarzania przestrzeni dźwiękowej są bezpośrednio związane z fizycznymi właściwościami fal dźwiękowych, z wszelkimi zjawiskami akustycznymi występującymi w fali dźwiękowej od jej powstania, propagacji w środowisku, do momentu percepcji. W środowisku zamkniętym lub w obecności przeszkód odbijających dźwięk, dyfuzja, rozpraszanie i dyfrakcja wpływają na falę dźwiękową. To skutkuje dodaniem zmodyfikowanych i opóźnionych kopii fali bezpośrednio. Pole dźwiękowe jest sumą wszystkich tych składników, takich jak fala bezpośrednia, fala odbita, fala rozproszona, fala ugięta, itp. Każdy składnik charakteryzuje się kilkoma parametrami, takimi jak czas przybycia, zawartość częstotliwości i kąt padania. Te parametry opisują właściwości akustyczne i geometryczne źródła dźwięku oraz jego otoczenia.⁹²

Punktem wyjścia dla rozwoju ambisonii były pierwsze stereofoniczne techniki mikrofonowe służące do rejestracji przestrzennego dźwięku opracowane przez Blumleina: X/Y i M/S. Ta ostatnia ma szczególne znaczenie ze względu na stosowanie matryc, które mają również zastosowanie w systemach ambisonicznych. Technika X/Y polega na użyciu dwóch mikrofonów kierunkowych o charakterystyce kardioidalnej ustawionych prostopadle, podczas gdy technika M/S opiera się o mikrofony: M, o kierunkowej charakterystyce kardioidalnej skierowany do przodu, i S, o charakterystyce ósemkowej, ustawiony na osi lewo/prawo. Techniki M/S i X/Y to techniki koincydentalne, tj. takie, w których mikrofony znajdują się teoretycznie w tym samym miejscu, w praktyce znajdują się możliwie najbliżej nad sobą. Mikrofon środkowy (M) rejestruje przednie składowe pola dźwiękowego, a mikrofon boczny (S) rejestruje składowe boczne. Informacje przestrzenne związane z kierunkiem dźwięku zakodowane są w sygnałach MS. Aby odtworzyć

⁹² Nicole Rozenn *Sound Field*, New York 2018, s.276

stereofoniczny obraz zarejestrowany tą techniką, sygnały zasilające odpowiednie głośniki oblicza się przy pomocy matrycy:

$$L = M + S$$

$$R = M - S$$

Właśnie matryca MS jest podstawą systemu ambisonicznego ograniczonego do płaszczyzny horyzontalnej.

Stosowanie ambisonii, techniki rejestracji pola dźwiękowego umożliwiającej kompleksową i precyzyjną reprezentację fal dźwiękowych w torze fonicznym, niesie za sobą dwie ważne konsekwencje. Pierwszą jest to, że sygnały wyjściowe mikrofonów nie zawsze bezpośrednio zasilają konkretne kanały i głośniki w sposób dyskretny. W celu wyodrębnienia sygnałów zasilających głośniki, konieczny jest etap przetwarzania, wykorzystujący właściwe matryce ambisoniczne (na przykład matrycę M/S). Kolejną konsekwencją jest możliwość rozciągnięcia reprodukcji dźwięku na obszar o dużym zakresie, z granicą określoną dokładnością zarejestrowanych informacji o polu dźwiękowym (rzędem ambisonii). Istotną różnicą między polem dźwiękowym a konwencjonalnym wielokanałowym dźwiękiem przestrzennym jest fakt, że w przypadku systemów pola dźwiękowego wszystkie kierunki są równie istotne, bez wyraźnego skupienia na jednym punkcie, co w praktyce może być zarówno wyraźną zaletą jak i wadą.

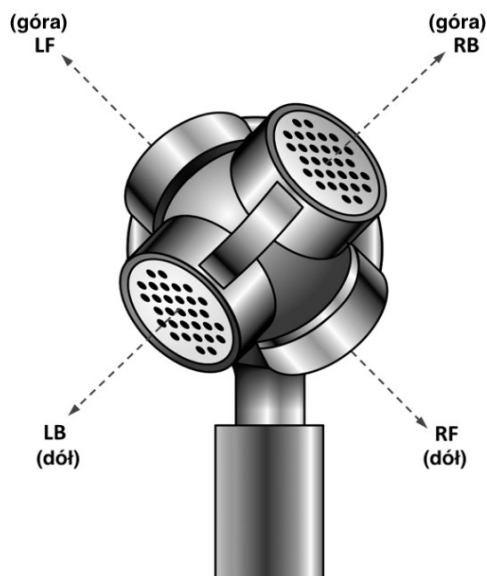
W początkowej fazie ambisonii była to technika skoncentrowana na rejestracji fizycznego pola dźwiękowego w dostępnej ilości kanałów fonicznych (początkowo w dwóch lub trzech) i jego odtworzeniu przez układ głośników. Założenia Michael Gerzon przedstawił następująco:

Każdemu możliwemu położeniu dźwięku w przestrzeni, każdemu możliwemu kierunkowi i każdej możliwej odległości od słuchacza należy przypisać konkretny sposób przechowywania dźwięku w dostępnych kanałach. Różne pozycje dźwięku odpowiadają różnicom w fazach i amplitudach pomiędzy kanałami. Aby odtworzyć dźwięk, należy najpierw zdecydować o rozmieszczeniu głośników wokół słuchacza, a następnie wybrać, jakie kombinacje zarejestrowanych sygnałów, z jakimi fazami i amplitudami mają być podawane do każdego głośnika. Urządzenie przetwarzające różnice fazowe i amplitudowe na sygnały zasilające głośniki nazywane jest „dekoderem” i musi być zaprojektowane w sposób zapewniający najlepsze subiektywne przybliżenie efektu oryginalnego pola dźwiękowego⁹³

Punktem wyjścia dla idei ambisonii jest fakt, że z układu dwóch mikrofonów o ósemkowej (bipolarnej) charakterystyce kierunkowej, umieszczonych w tym samym miejscu przestrzeni prostopadle do siebie (system Blumleina), można matematycznie wyliczyć nową charakterystykę ósemkową położoną w dowolnym kierunku w tej samej płaszczyźnie. Dodanie trzeciego mikrofonu

⁹³ Michael Gerzon, *Surround Sound Psychoacoustics*, London, 1974

o charakterystyce ósemkowej w płaszczyźnie horyzontalnej dodaje możliwość wyliczenia charakterystyki ósemkowej w położonej dowolnie w przestrzeni trójwymiarowej. Jeżeli do tego układu dodamy charakterystykę kołową (wszechkierunkową), możemy wyliczyć praktycznie każdy schemat kierunkowości w dowolnej płaszczyźnie: od ósemki przez kardioidę po hiperkardioidę.



Rys 6: Mikrofon czworościenny (tetrahedral microphone)

Aby lepiej zrozumieć syntezę ambisonicznej przestrzeni dźwiękowej, trzeba wglębić się najpierw w technikę rejestracji dźwięku przestrzennego, oraz matryce służące jej kodowaniu i reprezentacji. W 1977 roku Gerzon skonstruował mikrofon czworościenny, składający się z czterech mikrofonów kardioidalnych rozmieszczonych w czworościanie (rys 6). Z takiego układu mikrofonów uzyskuje się cztery sygnały, w terminologii ambisonicznej nazwane formatem A. Są to sygnały z kapsuły przedniej lewej (FL), przedniej prawej (FR), tylnej lewej (BL) i tylnej prawej (BR). Z tych sygnałów za pomocą prostej matrycy uzyskuje się cztery komponenty przestrzenne (W,X,Y,Z), nazywane w technologii ambisonicznej formatem B:

$$W = LF + RF + LB + RB$$

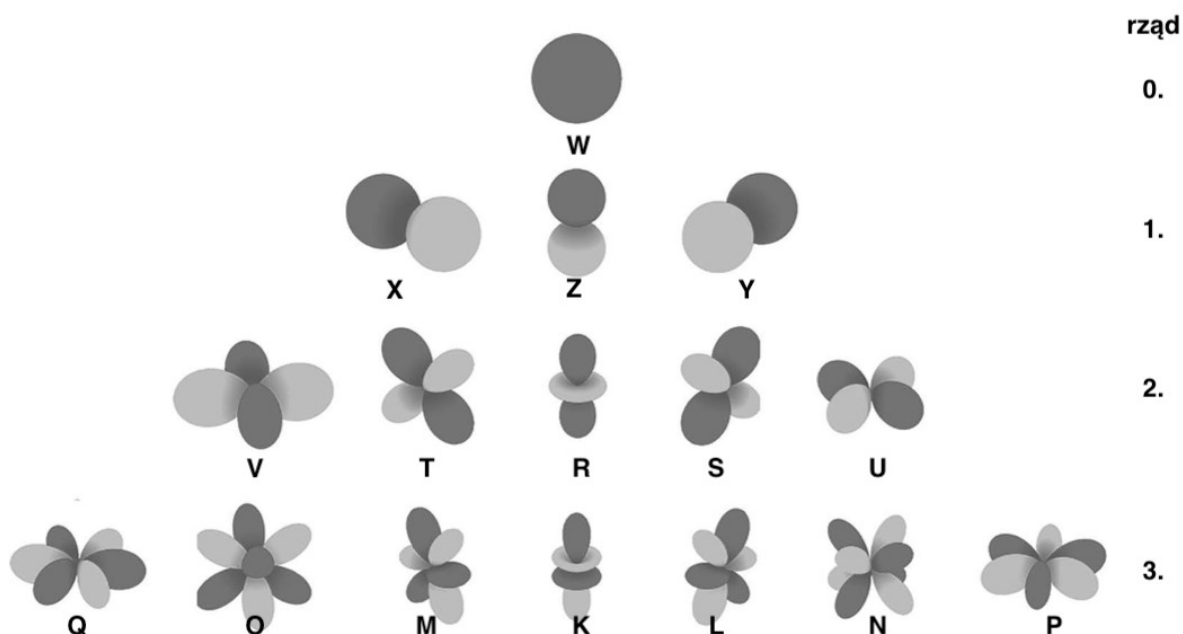
$$X = LF - RF + LB - RB$$

$$Y = LF + RF - LB - RB$$

$$Z = LF - RF - LB + RB$$

Powyższe komponenty (W, X, Y, Z) umożliwiają przekształcenie analizy przestrzennej dokonywanej przez mikrofon czworościenny. Składowa W odpowiada ogólnemu zapisowi pola dźwiękowego i reprezentuje harmoniczną przestrzenną zerowego rzędu, niczym mikrofon o dookólnej charakterystyce kierunkowej (sygnał monofoniczny, bez treści przestrzennych,

kierunkowych). Komponenty X, Y i Z pozwalają na rozdzielenie odpowiednio frontu/tyłu, lewej/prawej i góry/dołu, obrazują trzy mikrofony o ósemkowej charakterystyce kierunkowej, reprezentują harmoniczne przestrzenne pierwszego rzędu (patrz rys 2). Jest to zatem rozwinięcie stereofonii MS do trzech wymiarów. Proces pozyskiwania formatu B nazywany jest kodowaniem.



Rys 7: Harmoniki sferyczne od zerowego do trzeciego rzędu

Odtworzenie przestrzeni dźwięku zapisanego w czterech komponentach formatu B polega na pozyskaniu odpowiedniej liczby sygnałów głośnikowych, to skomplikowany proces i zależy od konkretnego układu głośników. Choć ilość i rozmieszczenie głośników mogą być dowolne, istnieją pewne zasady, którymi należy się kierować, aby prawidłowo odwzorować zarejestrowaną przestrzeń. Skoro przestrzeń reprezentowana jest przez cztery sygnały (W, X, Y, Z), potrzeba co najmniej czterech głośników w układzie możliwie regularnym. Liczba głośników potrzebna do rekonstrukcji pola dźwiękowego może być obliczona z następujących wzorów:

$N > 2M + 1$ dla płaszczyzny horyzontalnej,

$N > (M + 1)^2$ dla układu sferycznego, gdzie M jest rzędem ambisonii, N jest ilością głośników.

W praktyce im większa ilość głośników umieszczonych regularnie po obwodzie koła (w płaszczyźnie horyzontalnej) lub sferycznie, tym dokładniejsza rozdzielczość przestrzeni pola dźwiękowego. Jego reprodukcja sprowadza się do rozdysponowania informacji przestrzennych w systemie głośnikowym, tak aby suma sygnałów wszystkich głośników właściwie odzwierciedlała zarejestrowaną przestrzeń. Sygnał wejściowy każdego z głośników jest ważoną sumą wszystkich składników: W, X, Y, Z. Ich waga jest definiowana jako funkcja umiejscowienia

głośnika w przestrzeni. W podstawowej macyzy dekodującej bierze się pod uwagę koordynaty przestrzenne głośników. Głośnik umieszczony na kierunku φ_l (azymut) i θ_l (elewacja) jest zasilany sygnałem:

$$S_l = \frac{1}{N_L} \left(\frac{W}{\sqrt{2}} + X \cos(\varphi_l) \cos(\theta_l) + Y \sin(\varphi_l) \cos(\theta_l) + Z \sin(\theta_l) \right)$$

Precyzyjne odtwarzanie pola dźwiękowego stanowi wyzwanie, które wymaga zastosowania zaawansowanych technik i metod. W kontekście tego zadania kluczową rolę odgrywają wektory, które reprezentują różne aspekty sygnałów dźwiękowych. Wektor kierunku wskazuje średnią drogę napływu energii i jest interpretowany jako przestrzenny środek ciężkości odtwarzanego pola dźwiękowego.⁹⁴ Norma tego wektora odpowiada za „rozproszenie przestrzenne” dźwięku, jeśli jej wartość wynosi 1, energia jest skupiona tylko na jednym głośniku. Gerzon podał dwa kryteria lokalizacji konieczne do nadania kierunku wirtualnego źródła dźwięku odtwarzanego przez głośnik: wektor prędkości (*velocity vector*) i wektor energii (*energy vector*). Jeżeli wartość wektora równa jest 1, oznacza to, że kierunkowość fali w polu jest najwyższa (jak w przypadku źródła dźwięku emitowanego przez pojedynczy głośnik). Im niższa wartość wektora kierunku, tym większe rozmycie źródła dźwięku (jak w przypadku źródła dźwięku emitowanego przez wiele głośników jednocześnie). Wektory prędkości i energii można przedstawić następująco:

$$\vec{V} = \frac{\sum_{l=1}^{N_l} s(l, \omega) \vec{x}_l}{\sum_{l=1}^{N_l} s(l, \omega)}, \quad \vec{E} = \frac{\sum_{l=1}^{N_l} |s(l, \omega)|^2 \vec{x}_l}{\sum_{l=1}^{N_l} |s(l, \omega)|^2} = r_E \vec{x}_E,$$

gdzie \vec{x}_l jest kierunkiem głośnika l , $s(l, \omega)$ jest sygnałem zasilającym głośnik, N to liczba głośników. W kontekście niskich częstotliwości istotny staje się wektor prędkości, który uwzględnia fazę sygnałów głośnika. Natomiast wektor energii pełni podobną rolę dla wysokich częstotliwości, gdzie zamiast fazy brana jest pod uwagę energia sygnałów. Jest to istotne, ponieważ układ słuchowy nie jest wrażliwy na fazę w przypadku wysokich częstotliwości. „Prędkościowe” kryterium lokalizacji dotyczy międzyuszej różnicy faz IPD (*Interaural Phase Difference*) i objawia się w niższych częstotliwościach. Wielokanałowy system głośników jest w stanie odtworzyć taki sam wektor „prędkości” jak rzeczywiste źródło dźwięku (niezależnie od położenia głowy odbiorcy, źródło odbierane jest zawsze z tego samego kierunku). Dotyczy to jednak tylko niższych częstotliwości, w przypadku, gdy długość fali zbliża się do średnicy głowy człowieka, pojawia się efekt cienia akustycznego. Częstotliwością graniczną jest około 700Hz. Powyżej tej częstotliwości dominuje

⁹⁴ Rozen, dz. cyt., s.285

model oparty na energii pola dźwiękowego, większe znaczenie mają międzyuszne różnice poziomów dźwięku ILD (*Interaural Level Difference*).

Głośniki odtwarzają na dużym obszarze pole dźwiękowe, generując falę akustyczną o zróżnicowanych częstotliwościach, właściwościach czasowych i przestrzennych. Każdy głośnik pełni rolę źródła wtórnego, tworząc syntetyczną kopię pola dźwiękowego. W tym kontekście głośniki są drugorzędne w stosunku do rzeczywistego lub wirtualnego źródła dźwięku, które jest nazywane źródłem pierwotnym.

Do opisu ambisonicznego pola dźwiękowego wprowadzono koncepcję harmonik sferycznych. Są to złożone wzory matematyczne opisujące funkcje własne orbitalnego momentu pędu i mają zastosowanie między innymi w fizyce kwantowej. Dokładniej, rozwiązanie opiera się na matematycznej definicji komponentów ambisonii wyższego rzędu. Definiuje się je jako współczynniki ekspansji harmonik sferycznych. Każde pole dźwiękowe może być przedstawione jako liniowa i ważona suma harmonik sferycznych, ponieważ są one funkcjami własnymi równania fali akustycznej, tak samo jak dowolne drgania w funkcji czasu można wyrazić jako liniową i ważoną sumę funkcji sinus i cosinus, co jest rozwinięciem szeregu Fouriera. Innymi słowy, harmoniki sferyczne są odpowiednikiem sinusów i cosinusów dla zmian przestrzennych. Oryginalna ambisonia opracowana przez Gerzona oparta jest o komponenty sferycznych harmonik zerowego i pierwszego rzędu (WXYZ, patrz rys.2). Ambisonia wyższego rzędu (*HOA – Higher Order Ambisonics*) opiera się na komponentach harmonik sferycznych rzędu większego niż 1. W tym przypadku pole dźwiękowe przedstawiane jest serią $(m+1)^2$ sygnałów $B_{mn}^{\delta}(\omega)$, będących współczynnikami rozszerzenia harmonik sferycznych, gdzie m jest rzędem ambisonii, n to liczba komponentów (dla $\delta = \pm 1$ liczba komponentów $m = n$, harmoniki oznaczone $\delta = -1$ są lustrzanymi odbiciami elementów oznaczonych $\delta = 1$, przesuniętymi o 90° na osi z , patrz rys. 2). Ambisonia pierwszego rzędu reprezentowana jest czterema sygnałami (WXYZ), ambisonia trzeciego rzędu to już 16 sygnałów (rys. 2). Zawierają one przestrzenne zmiany amplitudy w funkcji kątów azymutu i elewacji. Ambisonia koncentruje się na mikrofonowym ujęciu przestrzeni i odtworzeniu jej przez odpowiedni układ głośników. Aby uzyskać składowe sygnały ambisoniczne należy zatem zmierzyć ciśnienie akustyczne na powierzchni sfery – innymi słowy rejestrować pole dźwiękowe przy pomocy ambisonicznych mikrofonów złożonych z 32 membran, pozwalających na zapis do czwartego rzędu ambisonii (25 sygnałów $B_{mn}^{\delta}(\omega)$).

Reprezentacja pola dźwiękowego w formacie ambisonii wyższego rzędu jest atrakcyjnym sposobem opisu przestrzeni dźwiękowej ze względu na trzy kluczowe cechy: ogólność,

uniwersalność i skalowalność. Pierwsza cecha odnosi się do procesu macierzowania, który przekształca komponenty w sygnały głośnikowe, niezależnie od formatu nagrywania (mikrofonowego) i odtwarzania (głośnikowego). Dzięki temu wszelkie manipulacje przestrzenią w postprodukcji, takie jak przekształcenia przestrzenne, panoramowanie monofonicznych sygnałów, czy rotacje, mogą być wykonywane w domenie składników ambisonii wyższego rzędu, co eliminuje potrzebę obliczania nowych sygnałów głośnikowych.

Druga cecha, uniwersalność, wynika z faktu, że format ambisonii wyższego rzędu dokładnie odwzorowuje falę akustyczną, uwzględniając wszystkie jej cechy. To oznacza, że jest on zastosowalny dla dowolnej fali akustycznej, niezależnie od jej cech przestrzennych i propagacyjnych. Trzecią cechą jest skalowalność, co oznacza, że komponenty ambisonii pierwszego rzędu mogą dostarczyć pełny opis przestrzeni dźwiękowej. Nawet zerowy komponent (W), odpowiadający monofonicznemu nagraniu, może stanowić kompletną reprezentację pola dźwiękowego, chociaż bez informacji przestrzennych. Dodanie komponentów wyższego rzędu poprawia jedynie definicję przestrzenną pola dźwiękowego, pozwalając jednocześnie na elastyczne dostosowanie liczby sygnałów ambisonii wyższego rzędu do dostępnej przepustowości transmisji lub konfiguracji zestawu głośnikowego.⁹⁵ Stosując odpowiednie narzędzia można w prosty sposób kreatywnie ingerować w ambisoniczną przestrzeń. Dla przykładu: najprostszy ambisoniczny panner przekształca monofoniczny sygnał S, mając dane dwa parametry: kąt horyzontalny φ i wertykalny θ . Umieszcza on źródło dźwięku w odpowiednim miejscu dystrybuując sygnał S pomiędzy składnikami ambisonii według następującego wzoru:

$$W = S \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$X = S \cos(\varphi) \cos(\theta)$$

$$Y = S \sin(\varphi) \cos(\theta)$$

$$Z = S \sin(\theta)$$

Powyższa matryca zawarta jest w ambisonii pierwszego rzędu, lecz te same zasady dotyczą wyższych rzędów. Rozwój technologii cyfrowego dźwięku oraz coraz szybsze procesory umożliwiają bardzo precyzyjne manipulacje ambisonicznej przestrzeni dźwiękowej i kodowanie w czasie rzeczywistym. Cyfrowe pannery ambisoniczne oraz aplikacje służące edycji tej przestrzeni są dziś ogólnie dostępne.

Aby odtworzyć pole dźwiękowe potrzebny jest etap odpowiedniego dekodowania komponentów $B_{mn}^{\delta}(\omega)$ tak, aby poprawnie odwzorować informacje przestrzenne zawarte w nich na układ głośników, co ma na celu odtworzenie lub wykreowanie pola dźwiękowego przez głośniki.

⁹⁵ Rozenn, dz. cyt. s. 293

Aby to osiągnąć, komponenty $B_{mn}^{\delta}(\omega)$ muszą być odpowiednio zmiksowane, tworząc właściwe sygnały wejściowe dla każdego głośnika. Poprzez odpowiednie zestawienie sygnałów dla każdego głośnika, syntetyczne pole dźwiękowe jest konstruowane w taki sposób, aby jak najdokładniej oddać pierwotną lokalizację dźwięków. Aby wyliczyć sygnały wejściowe głośników z komponentów $B_{mn}^{\delta}(\omega)$ stosuje się matematyczne macierze o wymiarach N_l na $(M+1)^2$, gdzie N_l to liczba głośników. W macierzach tych zawarte są między innymi informacje o koordynatach przestrzennych głośników, co pozwala zmapować przestrzenne informacje pola dźwiękowego na ich dowolny zestaw. Teoretycznie, możliwe jest wybranie dowolnej geometrii układu głośnikowego, co stanowi zaletę reprodukcji ambisonicznej przestrzeni wyższego rzędu w porównaniu z formatami opartymi na kanałach, takimi jak 5.1 lub 22.2. Macierz dekodująca odpowiada za adaptację składowych $B_{mn}^{\delta}(\omega)$ do sygnałów głośnikowych w "domenie głośników", w przeciwieństwie do "domeny harmonik sferycznych", i jest zdolna do kompensacji dla dowolnego układu głośnikowego, uwzględniając zarówno sferyczne koordynaty głośników, jak i ich charakterystyki kierunkowe, odległości itp. Reprodukacja dźwięku w systemie ambisonicznym wysokiego rzędu dąży do odtworzenia przestrzeni dźwiękowej dokładnie takiej jak w oryginalnym środowisku dźwiękowym. Dzięki temu słuchacz może doświadczyć bardziej realistycznego i immersyjnego dźwięku, który przybliży się do autentycznej percepcji dźwięku w przestrzeni fizycznej. Jest to jednak nie tylko narzędzie pomagające zarejestrować i odtworzyć dźwięk ze wszystkimi cechami przestrzennymi. To również doskonałe narzędzie pomagające w kreowaniu przestrzeni nierealistycznych. Przy użyciu tych samych matematycznych macierzy można zakodować dowolny sygnał monofoniczny i umiejscowić go w dowolnym punkcie przestrzeni. Zaletą ambisonii jest jej kompatybilność z dowolnym systemem głośników, od mono, przez stereo do 5.1. Szereg testów porównawczych wykazało przewagę ambisonii nad stereofonią amplitudową w odtwarzaniu płynnego ruchu dźwięku pomiędzy głośnikami⁹⁶. Trudniej jednak lokalizować słuchaczom statyczne źródła dźwięku, ze względu na to, że do ich reprodukcji zaangażowane są wszystkie głośniki w systemie ambisonicznym.

2.4. Przestrzeń binauralna

Tematem niniejszej pracy jest dźwiękowa przestrzeń kreowana głośnikami dla większej ilości odbiorców, biorących udział w wydarzeniu – spektaklu teatralnym, koncercie, projekcji filmowej. Nie da się jednak pominąć faktu, że zdecydowana większość użytkowników sięga dziś po

⁹⁶ Bates, dz. cyt., s. 76-80

słuchawki, poszukując bliższej i intymniejszej relacji z słuchanym dźwiękiem. Odsłuch słuchawkowy, przenosząc dźwięk bezpośrednio do naszych uszu, zapewnia intymne i osobiste połączenie z dźwiękiem, które teoretycznie powinno naśladować nasze naturalne doznania słuchowe. Jednakże, pomimo idealnego rozmieszczenia kanałów dźwiękowych - lewy do lewego ucha, prawy do prawego - nasze odczucia mogą być dalekie od doskonałości. Złożoność odsłuchu słuchawkowego wynika z wielu czynników akustycznych i psychoakustycznych. Nie tylko same słuchawki, ale również nasze uszy, nasza percepcja dźwięku i otoczenie, w którym słuchamy, wpływają na odbiór dźwięku. Istnieją teorie i metody przetwarzania dźwięku, które mają na celu poprawę doświadczenia odsłuchu. Chociaż nie leżą one w zakresie tej pracy, warto jednak wspomnieć o technologii binauralnej, która posłużyła do przełożenia przestrzennej kompozycji suitu *Anioły w Ameryce* ze środowiska sali multimedialnej, o wielu głośnikach otaczających słuchaczy, do pary słuchawek. Technika ta pozwala na próbę odtworzenia przestrzeni dźwiękowej łącznie z wrażeniem kierunków, ruchu w przestrzeni zarówno horyzontalnej jak i wertykalnej. Dźwięk binauralny to więcej niż tylko stereofonia LR. Elementy binauralnego obrazu przestrzennego są poddawane różnym procesom, odpowiednio opóźniane i filtrowane, co sprawia, że doznania słuchowe stają się bardziej immersyjne i realistyczne.⁹⁷ U podstaw tej techniki leżą funkcje przenoszenia dźwięku związane z kształtem i wielkością głowy słuchacza (*Head Related Transfer Functions* HRTF). To skomplikowany mechanizm, który odgrywa kluczową rolę w percepcji dźwięku przez ludzki system słuchowy. Dźwięk emitowany przez źródło jest modyfikowany przez interakcję z anatomią głowy, tułowia i małżowin usznych słuchacza, zanim dotrze do błony bębenkowej. Ten proces filtrowania powoduje, że dźwięk odbierany przez każde ucho jest nieco inny, co prowadzi do różnic w czasie przybycia i intensywności dźwięku. W rezultacie powstaje efekt zależnego od kierunku widmowego zabarwienia dźwięku. To właśnie ta „znieskształcona” charakterystyka widmowa działa jak unikalny odcisk palca, który umożliwia systemowi słuchowemu precyzyjne określenie lokalizacji źródła dźwięku. Poprzez mapowanie zabarwienia widmowego na lokalizację fizyczną, nasz mózg jest w stanie dokładnie zlokalizować źródło dźwięku w przestrzeni. Dzięki temu, nawet w sytuacjach gdy dźwięk dochodzi do nas z różnych kierunków, nasz system słuchowy potrafi ujednoznaczyć jego położenie, umożliwiając nam swobodne poruszanie się w naszym otoczeniu i reagowanie na dźwięki z pełną precyzją.⁹⁸

Synteza binauralna jest techniką wykorzystywaną do tworzenia realistycznej iluzji dźwięku odtwarzanego przez słuchawki, techniką, która niejako przenosi słuchacza do miejsca, w którym jest źródło dźwięku. Funkcje HRTF zawierają informacje o tym z jakim opóźnieniem oraz z jaką

⁹⁷ Agnieszka Roginska, *Binaural Audio Through Headphones*, New York 2018, s. 88

⁹⁸ Tamże

barwą dźwięk dociera do uszu w zależności od kąta padania względem głowy słuchacza. Poprzez nałożenie tych informacji na sygnał dźwiękowy, tworzymy reprezentację, która pozwala słuchaczowi dostrzec źródło dźwięku w konkretnym punkcie przestrzeni.⁹⁹ Funkcje przenoszenia dźwięku związane z głową są związane z indywidualnymi cechami słuchacza, aby idealnie oszukać słuch i odwzorować przestrzeń w odsłuchu słuchawkowym, należałoby użyć funkcji HRTF zmierzonych indywidualnie. Dzisiaj używa się uśrednionych danych HRTF, wyliczonych z wielu pomiarów dokonanych na dużych grupach słuchaczy. Aby uzyskać HRTF najczęściej stosowaną i najbardziej niezawodną metodą jest przeprowadzenie pomiarów akustycznych. Ten proces obejmuje wykorzystanie mikrofonów binauralnych, które są umieszczane w uszach osoby badanej. Sygnał testowy, reprezentujący dźwięk, jest odtwarzany z głośnika ustawionego w określonej pozycji azymutalnej i horyzontalnej względem obiektu, którego HRTF ma być mierzona. Następnie sygnał jest rejestrowany w lewym i prawym uchu, a na tej podstawie wyodrębniana jest funkcja transferu związana z głową HRTF. Te dane służą do umieszczania wirtualnych źródeł dźwięku w przestrzeni.

Binauralny dźwięk przeznaczony jest wyłącznie do pary słuchawek i nie jest kompatybilny z głośnikami, z racji na występowanie przesłuchów (*crosstalk*), czyli naturalnej sytuacji, gdy para uszu odbiera dźwięk zarówno z lewego jak i prawego głośnika. Przy użyciu słuchawek dochodzi do całkowitego usunięcia tego zjawiska, ucho lewe słucha tylko tego co nadaje lewa słuchawka, prawe tylko tego, co nadaje prawa słuchawka. I jest to warunek *sine qua non*, bez którego binauralny dźwięk nie zadziała.

Dźwięk binauralny cieszy się coraz większą popularnością szczególnie ze względu na jego możliwości w dziedzinie tworzenia wirtualnej rzeczywistości połączonej z obrazem. W połączeniu z technologią śledzenia ruchu głowy (*Head Tracking*) i obrazem video 360° staje się narzędziem współtworzącym dynamiczną, kompletną wirtualną rzeczywistość – zjawisko coraz powszechniejsze na rynku gier wideo.

⁹⁹ Tamże, s. 100

3. Muzyka do spektaklu *Anioły w Ameryce* - opis dzieła

*Teatr nigdy nie jest wyłącznie przestrzenią, w której się patrzy (theatronem),
jest również przestrzenią, w której się słucha (auditorium)*

Erika Fischer-Lichte

*Gdy nowe instrumenty pozwolą mi komponować taką muzykę,
jaką sobie wyobrażam, wyraźnie dostrzegany w niej będzie ruch
mas dźwiękowych i zmieniających się płaszczyzn, które zastąpią
linearny kontrapunkt. Przy zderzeniu owych mas dźwiękowych
będzie się wydawało, że zachodzą zjawiska przenikania i odpychania.
Pewne przekształcenia zachodzące na niektórych płaszczyznach
będą sprawiały wrażenie rzutowanych na inne płaszczyzny,
poruszające się z różną prędkością i w różnych kierunkach.*

Edgar Varèse, *Nowe instrumenty i nowa muzyka*

Współczesny teatr dramatyczny wciąż odkrywa na nowo możliwości muzyki. „W stosunku do świata przedstawionego przestaje ona pełnić funkcję jedynie ilustracyjnego tła lub sygnału. Wręcz przeciwnie – różnorodnie wykorzystywana warstwa dźwiękowa coraz częściej staje się równoprawnym składnikiem inscenizacji, który nie tylko dopełnia, czy potęguje siłę oddziaływania poszczególnych obrazów scenicznych, ale też aktywnie uczestniczy w procesie konstruowania znaczeń”¹⁰⁰. Świat przedstawiony w sztuce Tony'ego Kushnera „Anioły w Ameryce” to uniwersum halucynacji, marzeń i fantazji przeplatanych ze światem „realnym”, w którym toczą się losy bohaterów. Muzyka będąca składnikiem inscenizacji podzielona jest na dwie warstwy. Pierwszą tworzy zespół muzyczny w składzie: fortepian/organy elektryczne, kontrabas, zestaw perkusyjny, oraz śpiewający lub grający na instrumentach aktorzy (postać Anioła gra w początkowej części spektaklu na skrzypcach). Druga warstwa to muzyka elektroakustyczna (fixed media) skomponowana i odtwarzana przez głośniki rozmieszczone dookoła i nad widownią. Oba światy muzyczne wzajemnie się przenikają, tworząc wspólnie fonosferę spektaklu.

Zespół muzyków stale widoczny na umieszczonej z tyłu sceny platformie wiszącej nad sceną jest również równoprawnym twórcyem scenicznym, stanowiącym całość wraz ze

¹⁰⁰ Magdalena Figzał, *Przestrzenie muzyczne w polskim teatrze współczesnym*, Katowice 2017, s:87-88

scenografią, światłem, fabułą. Choć początkowo rozważane było użycie *live electronics* w celu przekształcania przestrzennych cech brzmienia instrumentów, ostatecznie trio pozostało w sferze „realnej”. Nagłośniony zespół muzyczny zorientowany frontalnie, brzącający akustycznie, nieprzetworzony, istniejący równolegle do świata teatralnej fikcji, jest łącznikiem między przestrzeniami, które przewijają się przez spektakl, dodaje wrażenie głębi horyzontu. Przestrzenna warstwa elektroniczna ma poszerzyć scenę wydarzeń, stworzyć nierealne, wielowymiarowe, wielopoziomowe przestworza, towarzyszące halucynacjom bohaterów. Dwie wymienione warstwy muzyki miałyby niepostrzeżenie wciągnąć widzów w świat przedstawiony, zbudować dyskretną i surrealistyczną przestrzeń, w której materializują się wizje bohaterów, stworzyć tło, *soundscape*, który w sposób nieoczywisty będzie „nastrajać uczucia lub już poruszonym nadawać mocniejszy wydźwięk”¹⁰¹. Wykorzystanie wielogłośnikowego systemu nagłośnienia rozmieszczonego sferycznie dookoła widowni wydawało się szczególnie uzasadnione w tym spektaklu.

Zespół muzyczny w *Aniolach w Ameryce* współgra z warstwą elektroniczną na dwa sposoby: improwizacji w określonych ramach, lub w zgodzie z partyturą, realizowaną równolegle do odtwarzanej warstwy elektronicznej. W spektaklu poza muzyką komponowaną duży udział mają opracowane cytaty muzyczne, kulturowo i historycznie związane ze światem przedstawionym. Są to piosenki popularne, odnoszące się do kultury środowisk gejowskich lat osiemdziesiątych XX w. w Ameryce, nawiązujące do historycznego czasu akcji w sztuce, tworzące muzyczną scenografię, odwołujące się do kodów kulturowych łatwo odczytywanych przez współczesnego widza. Muzycy wraz ze śpiewającymi aktorami grają między innymi opracowane piosenki grupy Queen *Love of My Life*, *Slightly Mad*, *Bohemian Rhapsody*, czy *Wild is the Wind* Davida Bowiego i inne utwory nawiązujące do tamtej epoki. Piosenki te nie są częścią tekstu Kushnera, ich wybór i sposób inscenizacji pełni funkcję kontrpunktu lub dopełnienia sytuacji dramatycznej. Specyficzna i bardzo silna wartość semantyczna songu w spektaklu wynika ze ścisłego połączenia muzyki, słowa oraz ciała aktora – jego ruchu (choreografii), kostiumu, wyrazu, gestu itd. Według Figzał „to właśnie ów nierozzerwalny związek głosu z konkretnym ciałem sprawia, iż w trakcie wykonywania utworu wokalnego mamy do czynienia ze szczególnym rodzajem uobecnienia, (...) osadzonego w takim samym stopniu w dźwięku, jak w przestrzeni oraz fizyczności aktora”¹⁰². Różnorodność świata przedstawionego w sztuce *Anioły w Ameryce* skłania do mieszania gatunków. Obok scen dramatycznych pojawia się wodewil. Musicalowe taneczne sekwencje, nieraz w stylu burleski przeplatają się ze scenami cierpienia i śmierci. Wszystko to łączy muzyka rozpięta między popularnymi piosenkami, improwizacjami na ich temat, oraz muzycznym ambientem,

¹⁰¹ Schlegel August *O dramatyczności i teatralności* za Figzał M. *Przestrzenie muzyczne...*, s: 32

¹⁰² Figzał M. *Przestrzenie muzyczne...*, s. 173

zdefiniowanym przez Briana Eno jako atmosfera, wszechogarniający wpływ: zabarwienie¹⁰³. Funkcją muzyki w spektaklu jest nie tylko ilustracja w znaczeniu „wzmacniania i pogłębiania wrażeń estetycznych”¹⁰⁴ lub „ilustracja zjawisk realnych”¹⁰⁵.

Słowo ilustracja pochodzi od łacińskiego *illustratio*, oznacza unaocznienie, rozjaśnienie. Muzyka ilustracyjna ma zatem nie tylko odnosić się do tego, co dzieje się na scenie, tworzyć tło, ale ma też dopowiadać to, co niewidoczne, rozjaśniać ukryte, bądź niewypowiedziane wprost treści. „Nie jest więc tylko prostym powtórzeniem znaczeń niesionych przez inne tworzywa teatralne, ale służy wyłanianiu się nowych sensów, stwarzanych tu i teraz – w trakcie pojedynczego, indywidualnego aktu percepcyjnego”¹⁰⁶.

Efekt i sposób działania muzycznej warstwy przedstawienia zależy w największej mierze od wrażliwości reżysera i współpracy kompozytora z reżyserem. Ich porozumienie, właściwe odczytanie intencji, pojmowanie języka teatralnego, zrozumienie potrzeb aktora - może zaowocować pogłębieniem i wzmocnieniem znaczenia muzyki w spektaklu. Nawet jeśli jest ona ograniczona do minimum. „W takich okolicznościach niemotywowana fabularnie muzyka, zarówno ta pochodząca ze sceny (w przypadku *Aniołów w Ameryce* zespół muzyków i aktorzy – przypis aut.), jak i z niewidocznego dla widzów źródła (sferyczny system głośników – aut.), stanowić może niezwykle bogatą sferę znaczeń – nie tylko bowiem dopełnia słowo, przestrzeń i działanie aktora, ale staje się również samodzielnym nośnikiem sensu, w wybranych momentach odciążającym pozostałe tworzywa sceniczne”¹⁰⁷.

W trakcie inscenizacji *Aniołów w Ameryce* opracowania, aranżacje piosenek i próby muzyczne z zespołem i aktorami śpiewającymi przebiegały równoległe do kreacji warstwy elektroakustycznej, nad którą skupię się poniżej.

Mając już uzgodnione z reżyserką kierunku, ogólne wyobrażenie i koncepcję dzieła, należało wybrać technologię, w jakiej stworzona zostanie warstwa elektroniczna, zdecydować w jakim formacie dostarczyć muzykę do spektaklu. Brane były pod uwagę: 1. dźwięk obiektowy (*Object – Based Audio*), 2. ambisonia, 3. wielokanałowa stereofonia amplitudowa. Praca w formacie dźwięku obiektowego nie była możliwa z przyczyn technicznych. Teatr nie posiadał takiego systemu zainstalowanego na sali widowiskowej. Udało się jednak przenieść muzykę wykorzystaną w spektaklu w formie autonomicznej *Suity na czterech muzyków i wiele głośników* w

¹⁰³ Brian Eno, *Ambient*, 1978 w: Crisoph Cox, Daniel Warner *Kultura dźwięku*, Gdańsk 2010, s:130

¹⁰⁴ *Nowy słownik języka polskiego*, red. E. Sobol, Warszawa 2002 s269

¹⁰⁵ *Uniwersalny słownik języka polskiego*, red. S. Dubisz, PWN, Warszawa 2003, t II s749

¹⁰⁶ Figzał M., *Przestrzenie muzyczne...*, s. 139

¹⁰⁷ Tamże, s:139-140

obiektywnym systemie Dolby Atmos. Prezentacja utworu odbyła się w sali im. K.Szymanowskiego na Uniwersytecie Muzycznym im. F.Chopina w Warszawie w maju 2022 roku. Do prac nad *Aniołami w Ameryce* w Teatrze Ludowym format ambisoniczny wydawał się również ciekawą opcją, lecz podobnie jak w przypadku Dolby Atmos, wymaga specjalnego oprogramowania kodującego i dekodującego. O ile oprogramowanie i jego obsługa nie byłaby problemem, jako że jest to system otwarty i łatwo dostępny, w przeciwieństwie do Atmos, to dużym wyzwaniem byłaby instalacja odpowiedniej ilości głośników potrzebnych do prawidłowego odwzorowania pola dźwiękowego na tak dużej sali. Ambisonia działa tym lepiej, tym większy ma zasięg, im więcej głośników działa w sferycznej konfiguracji dookoła widowni. Ponadto bardzo duży wpływ na jakość odwzorowania przestrzeni ma akustyka pomieszczenia. Z powodów technologicznych i budżetowych nie było możliwości zainstalowania systemu głośników specjalnie do tego spektaklu w teatrze. Należało wykorzystać układ już zamontowany, z ewentualnymi drobnymi modyfikacjami. Teatr Ludowy w Krakowie posiada dobrze wyposażony system wielogłośnikowy rozplanowany horyzontalnie dookoła widowni, co potraktowałem jako punkt wyjścia.

Biorąc pod uwagę powyższe okoliczności, a także moje doświadczenie w dziedzinie dźwięku przestrzennego, które zyskałem realizując dźwięk w formacie 5.1 do różnych form audiowizualnych, wybrałem wielokanałową stereofonię amplitudową. Jej dużym atutem jest prosty technologicznie proces dostarczenia i odtworzenia materiałów dźwiękowych. Odpowiednia ilość plików audio w formacie .wav (kanałów) tworzy odpowiednią ilość sygnałów głośnikowych. Dostępnymi są również narzędzia pracujące w tym formacie. Praktycznie każdy program do pracy nad dźwiękiem (*DAW Digital Audio Workstation*) posiada możliwość pracy w wielokanałowej stereofonii amplitudowej, a w każdym poważniejszym teatrze istnieje system do odtwarzania dowolnej ilości plików audio jednocześnie przez dowolną ilość kanałów.

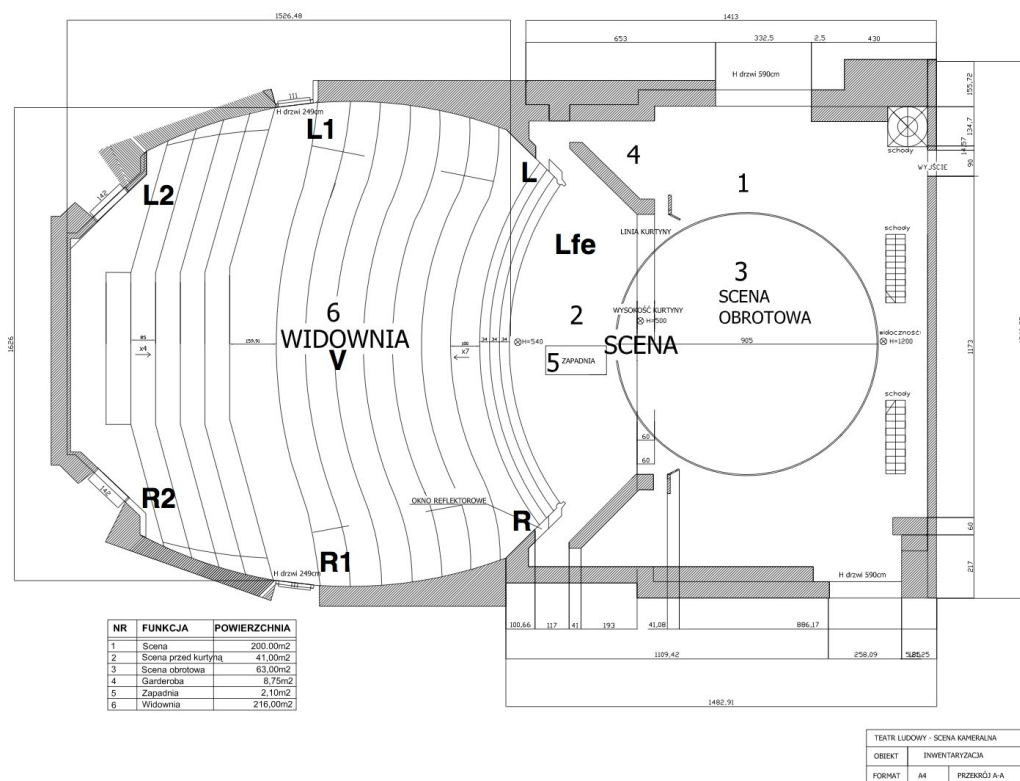
Ostateczne zgranie warstwy elektronicznej muzyki do spektaklu postanowiłem wykonać w teatrze, w okresie przed lub między próbami generalnymi. To bliska mi filozofia pracy, w której dzieło jest tworzone w trakcie realizacji spektaklu, na etapie prób, wciąż modyfikowane tak, by osiągnąć zamierzony efekt. Daje to niezastąpioną możliwość wypróbowania niektórych pomysłów, zderzenia wizji kompozytorskich z rzeczywistością, w razie potrzeby skorygowania pewnych parametrów, czy wręcz tworzenia na miejscu nowych fragmentów muzyki. Nie należy jednak zapominać, że ostatecznie „ważniejsze niż techniki wytwarzania dźwięku okazały się sposoby jego funkcjonowania w sieci wzajemnych powiązań i interferencji”, jaką tworzą poszczególne elementy inscenizacji. Ponieważ działanie muzyki w spektaklu teatralnym jest podporządkowane przede wszystkim kreacji świata przedstawionego, szczególnie istotną staje się tu relacja między muzyką a

prezentowaną na scenie fikcją teatralną”¹⁰⁸. Utwór ma zostać uwieczniony, zgrany, kiedy sprawdzi się jego funkcja w świecie przedstawionym, nieraz w ostatniej chwili przed próbą generalną. W ten sposób, zachowując wszystkie warunki techniczne jak rozmieszczenie i zestrojenie głośników nad i dookoła widowni, dzieło zachowa stałe parametry dźwiękowo przestrzenne z przedstawienia na przedstawienie. Do pracy nad warstwą elektroniczną podszedłem w zgodzie z filozofią muzyki konkretnej (*Musique Concrète*) i akuzmatycznej. Sam fakt oddzielenia dźwięku od jego źródła, a zatem od punktu w przestrzeni, od jego właściwej, fizycznej lokalizacji, wydawał mi się bardzo adekwatny w przypadku muzyki do tego spektaklu. Bohaterowie sztuki są równie rozdarci, ich dusze błądzą w różnych przestrzeniach, szukają się nawzajem w świecie „realnym” i iluzorycznym w pogoni za miłością i spełnieniem.

Proces twórczy w przypadku warstwy elektronicznej przebiegał inaczej niż w partiach pisanych dla zespołu muzycznego. Punktem wyjścia był zgromadzony wcześniej i nagrany w studiu muzycznym materiał dźwiękowy, nie partytura. Składały się na niego różne fragmenty partii instrumentalnych wyabstrahowanych z nagrań popularnych utworów z połowy lat osiemdziesiątych XX w., nagrane frazy oboju, sopranu, fortepianu i spreparowanych cymbałów białoruskich pobudzanych smykami oraz elektronicznie wytworzone dźwięki przy pomocy instrumentu Hand Sonic. Materiał ten, wstępnie skomponowany, zmontowany i przygotowany na wielu ścieżkach w studiu, został następnie dalej przetwarzany, modyfikowany w domenach czasu i barwy, poddawany obróbce, układany w przestrzenną kompozycję i ostatecznie zgrany w sali teatralnej na dookólnym, sferycznym systemie głośników.

Na potrzeby *Aniołów w Ameryce* istniejący w teatrze system głośników firmy *Fohnaudio* rozbudowany został o głośnik wertykalny, powieszony w kopule nad widownią. Do istniejących głośników oznaczonych jako L (lewy), L1 (lewy boczny), L2 (lewy tylny), R2 (prawy tylny), R1 (prawy boczny), R (prawy), Lfe (subwoofer pod sceną), dodany został głośnik V (wertykalny) (patrz rys 8). Powstał w ten sposób spreparowany format 7.1, z sześcioma głośnikami rozmieszczonymi dookoła widowni horyzontalnie, jednym wertykalnie nad widownią oraz subwooferem. Cały system wymagał odpowiedniego nastrojenia. Kalibracja głośników jest bardzo ważnym etapem przygotowania, tak ważnym jak strojenie orkiestry. Odpowiednio nastrojony system daje gwarancję, że zgrany materiał będzie za każdym razem brzmiał tak samo, zwłaszcza jeśli relacje amplitudowe pomiędzy głośnikami są tak ważne jak w przypadku muzyki przestrzennej.

¹⁰⁸ M.Figzał dz. cyt. s:95



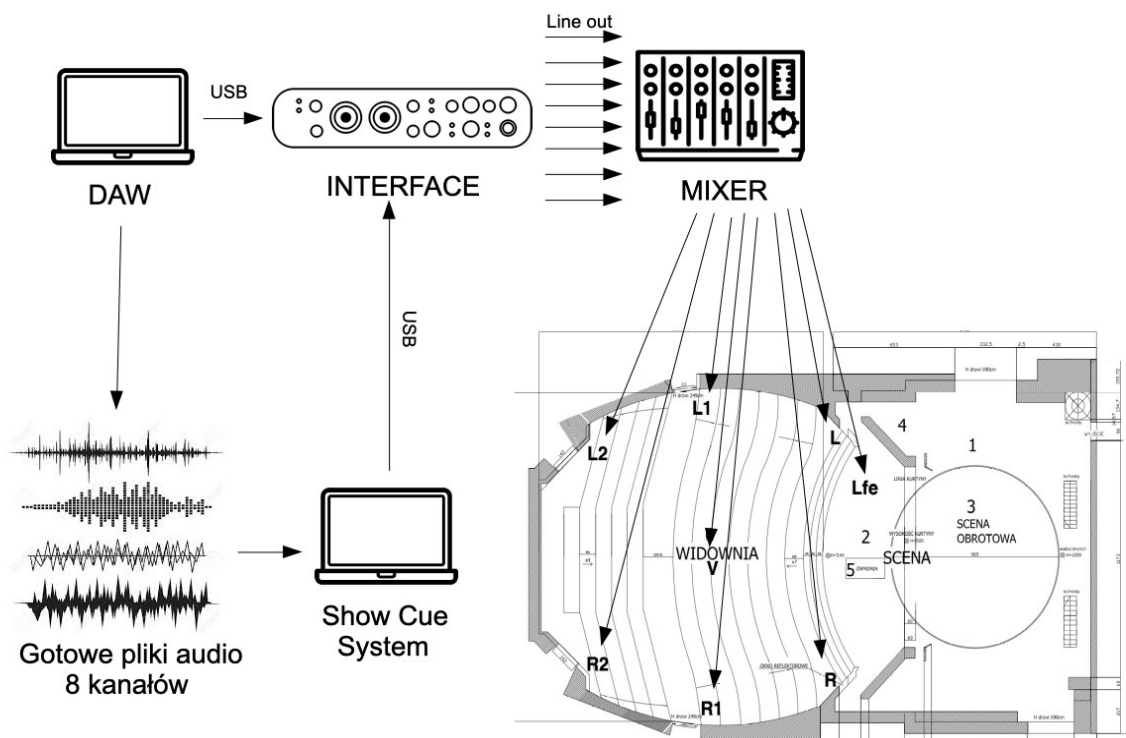
Rys 8: Schemat rozmieszczenia głośników w Teatrze Ludowym: L, L1, R, L2, Lfe oraz głośnik V umieszczony w kopule nad widownią

Ważne, żeby głośniki były względem siebie dopasowane barwą i jednakowo wzmacniały dźwięk. W tej pracy kompozycja w przestrzennej projekcji dźwięku tworzy wraz z akustyką sali nową jakość, przestrzeń percypowaną, lub inaczej przestrzeń słuchową, daną w doświadczeniu zmysłowym, ujawniającą się w akcie słuchania¹⁰⁹. Tak odbierana przestrzeń jest wypadkową wszystkich parametrów kompozycji (spektromorfologicznych parametrów dźwiękowych składników, częstotliwości, natężenia, barwy, kierunkowości, ruchu) i właściwości akustycznych sali teatralnej (czasu i barwy pogłosu, rezonansów akustycznych, rozkładu i struktury czasoprzestrzennej wczesnych i późnych odbić, miejsca widza na sali). O ile przestrzeń komponowana po zgraniu materiału nie ulegnie zmianom, o tyle przestrzeń akustyczna jest zmienna, zależy od ilości osób na widowni, od akustyki sali w przypadku, gdy spektakl zmieniałby miejsce (na przykład grając gościnie w innych teatrach lub zaadaptowanych przestrzeniach)¹¹⁰.

¹⁰⁹ Leszek Polony *Przestrzeń i muzyka*, Kraków 2007, s:183

¹¹⁰ Zakładam, że sale teatralne mają dość podobną, choć nie taką samą, charakterystykę akustyczną, statystycznie zbliżony czas pogłosu. Nie biorę pod uwagę sytuacji ekstremalnych, gdy spektakl grany w Teatrze Ludowym na sali o powierzchni widowni około 200 m² miałby być wystawiony na wielkiej hali, w plenerze albo w małym pomieszczeniu.

Odpowiednie rozstawienie i nastrojenie głośników daje gwarancję, że skomponowany utwór zabrzmiał tak, jak został przygotowany – choć w przypadku zmiany sali, a więc warunków akustycznych, wymagane byłyby próby i ewentualne skorygowanie projekcji tak, aby efekt był satysfakcjonujący, a przynajmniej nie odbiegający daleko od brzmienia uzyskanego na sali Teatru Luowego w Krakowie. Uproszczona kalibracja głośników przebiegała z wykorzystaniem szumu różowego o poziomie -20 dB FS. Sygnał wychodzący z interfejsu przechodził przez mikser i zasiliał odpowiednią końcówkę mocy. Każdy głośnik z osobna mierzony miernikiem ciśnienia akustycznego ze środka sali ustawiany był tak, by wykazać 85 dB(C) SPL (kanał Lfe z tolerancją ± 2 dB)¹¹¹. Tak przygotowany system dawał gwarancję, że utwór opracowany i zmiksowany na sali podczas prób będzie bezbłędnie odtwarzany przez realizatora dźwięku podczas spektaklu (patrz rys. 8). Dopuszczalne były jedynie drobne zmiany w głośności całej warstwy elektronicznej w przypadku, gdy wymagała tego sytuacja na scenie.



Rys 9: Schemat pracy nad muzyką do spektaklu.

¹¹¹ Sygnały wysyłane do kanały Lfe są filtrowane filtrem dolnoprzepustowym na wysokości 120 Hz krzywą 60 dB na oktawę.

Moim głównym narzędziem pracy był laptop z zainstalowanym programem do obróbki dźwięku ProTools. Stanowisko znajdowało się na środku sali, komputer połączony był z głośnikami poprzez interfejs USB (Focusrite), którego osiem wyjść liniowych, połączonych przez mikser zainstalowany na sali zasilano końcówki mocy kanałów. Po zgraniu materiału pliki audio przegrywane były na komputer realizatora. W czasie prób generalnych, na premierze i kolejnych spektaklach, warstwa elektroniczna muzyki odtwarzana była przez realizatora (przy użyciu aplikacji Show Cue System).

3.1 Więcej o narzędziach

Głównym środowiskiem pracy przy *Aniołach w Ameryce* były: studio muzyczne, sala teatralna oraz oprogramowanie do obróbki dźwięku – środowisko wirtualne. W studio dokonywałem nagrań materiałów dźwiękowych potrzebnych do realizacji dzieła, sala teatralna służyła jako ostateczne pomieszczenie kontrolne, „reżyserka”, w której krytycznie słuhałem, manipulowałem i zgrywałem materiał (nieraz podczas prób z aktorami, w scenografii), środowisko wirtualne to niezbędne narzędzie, aby przeprowadzić pracę do końca. Przed przybyciem na salę teatralną przygotowałem w studio sesję w programie ProTools. Znajdowały się w niej wybrane wtyczki (*plug-in*) do obróbki dźwięku: korektory, pogłosy, linie opóźniające (*delay*), wirtualne instrumenty, oraz materiały dźwiękowe zmontowane na wielu śladach i gotowe do zgrania. Cała sesja przygotowana została do pracy w systemie „in the box”, wszystkie ślady, powroty efektów, szyny sumujące zostały skierowane poprzez panny na osiem śladów odpowiadających głośnikom zainstalowanym w teatrze. Na te ślady (*tracks*) w ostatnim etapie pracy zgrane zostały pliki audio.

- Panner

To narzędzie niezwykle ważne przy pracy nad muzyką *do Aniołów w Ameryce*. Kieruje dźwięk w odpowiedni kanały z odpowiednim natężeniem, decyduje o kierunkowości dźwięku, pomaga zbudować wrażenie jego ruchu. System ProTools, na którym pracowałem, pozwalał na użycie panneru ośmiokanałowego, przystosowanego do pracy w formacie 7.1 (L, C, R, Ls, Rs, Lr, Rr – *Left, Center, Right, Left side, Right side, Left rear, Right rear*). Jest to standard filmowy, dla tego wymagał pewnej preparacji aby wykorzystać go do dźwięku dookólnego i sferycznego w teatrze. Modyfikując *routnig* sygnału z panneru na wyjścia audio w sposób następujący: L – kanał L, Ls – kanał L1, Lr – kanał L2, Rr – kanał R2, Rs – kanał R1, R – kanał R, C – kanał V, Lfe – subwoofer, uzyskałem doskonałe narzędzie do tworzenia i kontroli płynnych przejść dźwięków pomiędzy kanałami, zyskując wymiar wertykalny. Ikonki głośników umieszczone na pannerze

reprezentowały teraz odpowiednio (od pierwszego z lewej na górze zgodnie z ruchem wskazówek zegara): L, V, R, R1, R2, L2, L1, L, a wysyłanie sygnału na kanał Lfe odbywa się zgodnie z konstrukcją pannerów, przez dodatkowy tłumik w jego prawym górnym rogu. Kierunek horyzontalny reguluje się poprzez ruch kursora na pannerze w osi X (lewo – prawo) i Y (przód - tył), kierunek wertykalny dodaje się potencjometrem *Center %*. Dopóki jego wartość wynosi 0, sygnał nie jest wysyłany do kanału V, w sytuacji gdy kursor skierowany jest na głośnik centralny, a wartość *Center %* wynosi 100, wówczas sygnał wychodzi wyłącznie na kanał V. Teraz kursor można traktować jako obiekt dźwiękowy, który umieszczamy w przestrzeni wyobrażonej na pannerze. Parametry dywergencji (*Divergence*) pozwalają określić szerokość dźwięku. Im niższe ich wartości, tym więcej sąsiadnych głośników bierze udział w projekcji dźwięku z danego kierunku, poszerzając jego bazę. Pannery używane w teatrze podczas pracy nad *Aniołami w Ameryce* działają na zasadzie różnic natężeń między głośnikami i według prawa tangensów (opisanego w części 2.1 tej pracy). W pracy nad *Suitą* w technologii Dolby Atmos stosowane były pannery obiektowe, które lokalizację obiektów i ich zmiany w czasie opisują metadanymi. Lokalizacje obiektów dźwiękowych były następnie kodowane z użyciem HRTF w technologii binauralnej, tak aby odwzorować przestrzeń utworu skomponowaną i wykonaną na sali multimedialnej w czasie koncertu do odsłuchu słuchawkowego.

- Pogłosy i opóźnienia (*reverb and delay*)

Obok pannerów to bardzo ważne narzędzia do tworzenia nowych wymiarów przestrzeni. Co dodaje pogłos? Subiektywne wrażenie odosobnienia (samotne źródło dźwięku pośrodku nieokreślonej, rezonującej przestrzeni), wspomnienia, rozmycia w czasie, pustki, głębi. Relacja dźwięku bezpośredniego do pogłosu daje wyobrażenie o odległości, perspektywie dźwiękowej, pogłębia dźwiękową scenę. W produkcji muzycznej pogłos ujednocza brzmienie, spaja elementy w jednorodną całość. Przy pracy nad *Aniołami w Ameryce* postanowiłem potraktować pogłosy akuzmatycznie, wyabstrahować je od ich źródła, co w świecie rzeczywistym jest niemożliwe. Pogłos nie istnieje dopóki nie pojawi się dźwięk. Mając do dyspozycji narzędzia, które posiadałem, mogłem oddzielić pogłos od dźwięku który go pobudza zmieniając jego kierunkowość, budując wielowymiarowe studnie, ruchome w przestrzeni i czasie, mogłem powodować brzmienie pogłosu w innym miejscu niż jego źródło, w innym czasie niż moment jego narodzin. Pogłos pojawiający się przed dźwiękiem to nic nowego, efekt zapewne wykorzystywany, odkąd pojawiły się pierwsze cyfrowe urządzenia pogłosowe. Jednak pomysł budowania tym środkiem zupełnie nowych, nieeuklidesowych przestrzeni w dookólnym i sferycznym odsłuchu wydał mi się bardzo świeży i atrakcyjny, pasujący do niejednorodnego świata przedstawionego w sztuce.

Spośród wielu cyfrowych pogłosów wybrałem 2C-Aether, co było wyborem czysto subiektywnym. Aether posiada duże możliwości kontroli wczesnych i późnych odbić, kształtu obwiedni pogłosu i jego barwy. To pogłos stereofoniczny, jego powrót wysyłany był poprzez panner w różne kanały w zależności od potrzeby. W projekcie zaimplementowałem cztery pogłosy i cztery opóźniacze (*delay*). Tych drugich używałem do stworzenia niejednorodnej, rozedrganej przestrzeni, szczególnie przy krótkich dźwiękach o wyraźnych tranzjentach. Ich odbicia, dochodzące z różnych kierunków na sali teatralnej, powodowały niepokojącą, pulsującą powierzchnię. Pomagały stworzyć iluzję zagubienia w przestrzeni, zamknięcia i uwięzienia bohaterów spektaklu w świecie bez wyjścia.

- Instrumenty wirtualne i sampler

Obok materiałów nagranych w studio sporą część dźwiękowej materii tworzą wirtualne instrumenty, głównie syntezator z syntezą wave table (*CODEX*), oraz dwu-generatorowy syntezator (*Vacuum*). Tymi narzędziami budowałem chmury dźwięku, szумы, ruchome ściany, trwające tło, dźwiękowy, obracający się soniczny relief. W kilku przypadkach dodawałem próbki orkiestry smyczkowej dla zwiększenia ciężaru dźwiękowej masy. Sampler służył mi do transponowania nagranych w studio dźwięków do różnych prędkości i wysokości, co w połączeniu z ruchem w przestrzeni dawało efekt nieoczywistych przepływających i przelewających się z góry na dół i z dołu do góry mas dźwięku. Posiadanie instrumentów wirtualnych w czasie prób, sterowanie ich klawiaturą MIDI, pozwalało mi na komponowanie niektórych partii na bieżąco, w reakcji na grę aktorów, inscenizację, zmiany światła i scenografii.

3.2 O opisie dzieła – spektromorfologia i morfologia przestrzeni

W opisie przestrzennej formy dźwiękowej powstałej w *Aniołach* odnoszę się do zasad typologii dźwięku w muzyce konkretnej. Wnikliwe badania nad typologią dźwięku, sposobem klasyfikacji dźwiękowych obiektów prowadził Pierre Schaeffer, który usystematyzował teorię typomorfologii w dziele „Traktat o obiektach muzycznych” (*Traité des objets musicaux* – 1966). Typologia dźwięku jest kluczowym procesem identyfikacji i klasyfikacji obiektów dźwiękowych. Jest to kompleksowy proces, który obejmuje wyodrębnienie oraz porządkowanie dźwięków z różnych kontekstów, opierając się na regule artykulacji i akcentu. Identyfikacja polega na wyodrębnieniu obiektów dźwiękowych, podczas gdy klasyfikacja polega na ich porządkowaniu w rodziny i różne typy.¹¹² Typologia dokonuje selekcji dźwięków, dzieląc je na kategorie, które mają największe znaczenie dla muzyki. To nie jest proces przypadkowy, lecz opiera się na hierarchicznej

¹¹² Michel Chion, *Guide To Sound Objects*, London 2009, s.108

zasadzie, gdzie dźwięki są porządkowane według łatwości ich dostrzeżenia i zapamiętania oraz ich zdolności do przenoszenia wartości muzycznych. Kryteria klasyfikacji opierają się na trzech parach: morfologicznej, czasowej i strukturalnej. Te kategorie pozwalają na ocenę wartości dźwiękowych obiektów, a proces klasyfikacji jest normatywny, oparty na hierarchii tych wartości. W typologii Schaeffera można wyróżnić około trzydziestu typów obiektów, które dzieli na trzy rodziny: zrównoważone, zbędne i ekscentryczne. Te kategorie pomagają w zrozumieniu, które obiekty są najbardziej odpowiednie dla muzyki, a które mogą być mniej przydatne lub zbyt oryginalne. Dodatkowo, istnieje typologia wariacji, która uwzględnia obiekty dźwiękowe znacznie się różniące. Jednakże, należy pamiętać, że identyfikacja i klasyfikacja dźwięków może być trudna i kontekst zawsze odgrywa istotną rolę w tym procesie. Problem metodologiczny, związany z typologią, polega na konieczności posiadania kryteriów opisu obiektów dźwiękowych. Stąd konieczność stworzenia elementarnej morfologii, która umożliwiłaby dalsze dopracowanie kryteriów klasyfikacji. Typologia i morfologia pozwalają na bardziej precyzyjne opisanie i klasyfikację obiektów dźwiękowych.

Australijski kompozytor Denis Smalley przyjął typologię dźwięku Schaeffera jako punkt wyjścia do stworzenia spektromorfologicznej metodologii analizy muzycznej. Spektromorfologia służy analizie spektralnych właściwości dźwięku w kontekście muzycznym i jego ukształtowania w czasie – morfologii. Jak pisze Marta Tabakiernik „wyjaśnia ona przede wszystkim zjawiska z zakresu muzyki akuzmatycznej, jednakże pewne jej elementy znakomicie sprawdzają się w analizie dzieł, w których pewne założenia, typowe dla kompozycji elektronicznych, przenoszone są na grunt instrumentalny oraz takich, w których dźwięk i jego brzmienie stają się jakościami nadrzędnymi”¹¹³. Spektromorfologia wnika w istotę dźwięku, jest zorientowana fenomenologicznie i opisując jego cechy operuje wieloma metaforami, odnoszącymi się do świata zewnętrznego.

Smalley bardzo słusznie zakłada, że nie zawsze intencja kompozytora pokrywa się z tym, co odbiera słuchacz. „Analiza zapisu partyturowego i technologii powstawania dźwięku w przypadku muzyki elektroakustycznej nie odzwierciedla tych cech dzieła, które dostępne są w procesie percepcji”¹¹⁴. Dalej pada zasadnicze pytanie: czy analiza ma nam ujawnić, jak dzieło jest zrobione, czy jak jest postrzegane? Słuchanie powstającej muzyki w trakcie pracy w teatrze miało bezpośredni wpływ na moje decyzje podejmowane podczas jej kreowania w procesie od pomysłu, szkicu do ostatecznego zgrania. To właśnie percepcja dzieła (w pierwszej kolejności przeze mnie, reżysera, aktorów) miała w większym stopniu wpływ na kształt utworu, na wybór użytych narzędzi

¹¹³ Marta Tabakiernik, *Wstęp do spektromorfologii*, „*Res Facta Nowa*” 15(24) s: 292

¹¹⁴ Tamże

i proces powstawania, a nie koncepcja kompozytorska, przelana w formę graficznej partytury. Dlatego spektromorfologiczna metoda opisu dzieła wydaje mi się tak adekwatna. „Cała refleksja Smalleya opiera się na empirii. Autor pisze wręcz o konieczności ignorowania technologii w myśleniu spektromorfologicznym, gdyż słuchanie ukierunkowane na uwarunkowania sprzętowe zacierza prawdziwy odbiór muzyki i jej znaczenie”¹¹⁵. U podstaw tej analizy leży założenie, że odbiorca w procesie słuchania ma „naturalną tendencją do tego, by kojarzyć dźwięki z potencjalnymi źródłami i przyczynami oraz by wiązać dźwięki ze sobą na podstawie ich przypuszczalnie wspólnego lub podobnego pochodzenia”¹¹⁶.

Aby móc analizować kompozycję spektromorfologicznie, należy jej dźwiękowy materiał wyodrębnić z kontekstu konkretnych skojarzeń i traktować dźwięk autonomicznie. Odnosi się to bezpośrednio do Schaefferowskiej idei kompozycji (ang. *prose composing* – kompozycji w rozumieniu tradycyjnym, powszednim) oraz jej przełożeniu, tłumaczeniu, wyjaśnieniu (ang. *translation*).¹¹⁷ Michel Chion zauważa, że kompozycja i tłumaczenie współczesnej muzyki stanowią niezwykle złożony proces, którego zrozumienie wymaga równowagi między aktem tworzenia a aktem odbioru (*prose composing / translation*). W obliczu współczesnych tendencji, gdzie kompozycja w rozumieniu tradycyjnym dominuje, istotne jest, abyśmy nie zapomnieli o sztuce słuchania. Proces komponowania muzyki jest podobny do pisania prozy - polega na kreowaniu dźwięków zgodnie z ustalonym schematem lub intencją. To akt twórczy, w którym muzyk wytwarza, nagrywa i manipuluje dźwiękami, tworząc niepowtarzalne dzieło. Jednakże, samo tworzenie muzyki nie wystarcza. Istotne jest również tłumaczenie, czyli umiejętność odczytania i zrozumienia stworzonej kompozycji. W dzisiejszych czasach zaniedbanie sztuki słuchania staje się coraz bardziej powszechne. Kompozytorzy skupiają się głównie na procesie tworzenia, często zapominając o istotnym kroku, jakim jest aktywne odbieranie stworzonej muzyki. W efekcie tego braku równowagi, trudno jest nam zrozumieć to, co sami stwarzamy.

Jednakże, niektóre nurty muzyki współczesnej, szczególnie muzyka konkretna (*musique concrète*), przypominają nam o znaczeniu tłumaczenia. Poprzez skupienie się na samplowaniu i słuchaniu obiektów dźwiękowych, przywraca się równowagę między kompozycją a jej przekładem, tłumaczeniem. Taka praktyka umożliwi muzykom nie tylko tworzenie, ale także pełne zrozumienie i interpretację stworzonej przez siebie muzyki. Kompozycja i rozumienie współczesnej muzyki to procesy wzajemnie uzupełniające się. Aby osiągnąć pełne zrozumienie i docenić twórczość artystyczną, niezbędne jest równowaga między tworzeniem a aktywnym słuchaniem.

¹¹⁵ Tamże, s:293

¹¹⁶ Denis Smalley *Spectromorphology: explaining sound shapes*, Organised Sound 2(2), Oxford 1997, s:110

¹¹⁷ Chion, dz. cyt., s. 97-98

Spektromorfologia nie jest techniką kompozycji (choć może być dla kompozytora bardzo pomocna), muzyka w spektaklu *Anioły w Ameryce* nie jest muzyką spektralną, opartą na wewnętrznych strukturach spektralnych dźwięku. To muzyka ściśle powiązana z przestrzenią, stającą się miejscem przebiegu zdarzeń pozamuzycznych, które widz odbiera równoległe z otaczającą go dźwiękową sferą. W spektaklu muzyka łączy się w całość z pozostałymi komponentami sceny: dekoracją, światłem, a przede wszystkim z aktorem. Dokonując analizy i opisu dzieła, będę zatem ciągle wracał do kontekstów, które tworzy muzyka z tym, co dzieje się równoległe na scenie, w czym pomocna będzie spektromorfologia, którą Smalley definiuje jako „zestaw narzędzi do opisu kształtu dźwięku, struktur, relacji”, jako instrument do pewnego rodzaju analizy¹¹⁸. Te narzędzia mają „opisywać i analizować doświadczenie słuchania”¹¹⁹.

Spektromorfologia może być rozpatrywana jako słownik pojęć, których, w pewnych określonych ramach, używa się do opisu doświadczenia muzyki, szczególnie elektroakustycznej, lub takiej, która jest „częściowo, albo całkowicie akuzmatyczna”¹²⁰. Spektromorfologia analizuje dźwięk w dwóch nierozłącznych obszarach: spektrum, czyli domenie barwy w całym polu słyszalnych częstotliwości i morfologii, czyli kształtu dźwięku objawiającego się w czasie. Spektromorfologie poruszają się w przestrzeni spektralnej w trakcie zmian ich kształtów (morfologii) w czasie.

Ramy analizy spektralnej (barwowej) Smalley określa trzema pojęciami: 1. kontinuum ton/szum (*Note/Noise Continuum*), 2. objętość spektralnej przestrzeni (*Occupancy of Spectral Space*), 3. gęstość spektralna (*Spectral Density*). Poniżej w skrócie je opiszę:

1. Kontinuum ton/szum rozpięte jest między tonem prostym a szumem, określa spektralną zawartość dźwięku, zawarte w nim pojęcia treści harmonicznym i nieharmonicznym.
2. Przestrzeń spektralna (przestrzeń barwowa) Smalleya nawiązuje do pojęcia wewnętrznej przestrzeni dźwięku. Pojęcie to „reprezentuje dużą różnorodność jakości dźwiękowych, barw i wysokości odbieranych w spektrum wszystkich słyszalnych częstotliwości”¹²¹.
3. Gęstość spektralna (gęstość barwy) opisuje jak dźwięki emanują na siebie nawzajem w domenie barwy, czy składowe wydają się być bliskie, czy dalekie, czy jedne pozwalają słyszeć inne, jak się ze sobą stapiają. Smalley definiuje sześć typów spektralnej gęstości, które w zależności wrażenia głębi, dystansu, intensywności, będą albo się nawzajem zagłuszać, albo pozwalać brzmieć innym dźwiękom. Będą to typy, w kolejności od

¹¹⁸ D.Smalley *Spectromorphology in 2010*, w: P. Gyon et al. *Polychrome Portraits, Paris 2010*, s:95

¹¹⁹ D.Smalley, tamże, s:109

¹²⁰ Tamże

¹²¹ Tamże, s.118

największej gęstości spektralnej do najmniejszej: wypełniony, zapakowany / skompresowany, nieprzezroczysty, przezroczysty, pusty.

Ramy analizy morfologicznej dźwięku Smalley określa czterema pojęciami: 1. atakiem, trwaniem i wybrzmieniem (*Onset, Continuants, Terminations*)¹²², 2. procesem ruchu i narastania (*Motion and Growth*), 3. fakturą ruchu (*Texture Motion*), 4. zachowaniem (*Behaviour*). Poniżej ich krótkie charakterystyki:

1. Atak, trwanie i wybrzmienie pozwalają określić jak dźwięk się rozwija i zmienia w czasie. Funkcje te nie muszą odnosić się tylko do indywidualnych obwiedni amplitudowych poszczególnych dźwięków czy nut, mogą również opisywać ruch i narastanie, gesty obiektu i teksturę ruchu.
2. Smalley stosuje metaforę ruchu i narastania w opisie zmian struktur muzycznych w czasie, uważając, że tradycyjne podejście do rytmu muzycznego jest „nieadekwatne” do opisu konturów i przekształceń, które zachodzą w muzyce elektroakustycznej. Ponieważ ruch ma również kontury spektralne, odnosi się do zmian zarówno w czasie jak i barwie dźwięku. Smalley określa cztery rodzaje ruchu: a) kierunkowy – daje wrażenie trwania, oczekiwania, że coś z niego wyniknie, ale nie wynika nic, b) wzajemny – występuje wtedy, gdy ruch kierunkowy zrównoważy się ruchem odwrotnym, c) kołowy / cykliczny – odnosi się do powtórzeń i repetycji, które mogą dawać wrażenie zastoju, ale mogą również powodować impresję orientacji w danym kierunku, na przykład ruch wirowy lub spiralny, d) wielokierunkowy – powoduje narastanie, daje wrażenie ruchu w pewnym kierunku, posiada cechy gestu i tekstury. Na przykład nabudowanie i zanikanie, powiększanie i zmniejszanie, zbieżność i rozbieżność.
3. Faktura ruchu odnosi się do powyżej opisanego pojęcia ruchu i narastania. Opisuje jego zmiany i wariacje. Pojęcia, których używa Smalley do opisanego faktury ruchu to na przykład: ruch płynny, gładki (odnosi się do kilku niezależnych od siebie płaszczyzn będących w ruchu), ruch urozmaicony (opisuje zbiór mikro obiektów, których zmiany i aktywność traktuje się jako jedność, jakby poruszały się w stadzie), ruch splątany, wzburzony. Pojęcia te mogą być ciągle lub przerywane, powtarzalne, okresowe, nieokresowe, przyspieszające, zwalnające etc.

¹²² Terminy do opisu obwiedni dźwięku, które proponował Smalley nie przyjęły się. Dziś w muzyce elektronicznej obwiednie dźwięku i jej zmiany w czasie opisuje się krzywą ADSR (*Attack, Decay, Sustain, Release*), czyli atak, zanik, zawieszenie, zanikanie.

4. Zachowanie, to metafora, której Smalley używa, by opisać „relacje między spektromorfologiami występującymi w muzycznym kontekście”¹²³. Wierzy, że słuchacz potrafi intuicyjnie rozpoznać relacje pomiędzy dźwiękowymi wydarzeniami (lub ich brak) i ma to wpływ na interpretację i reakcję na muzykę. O przyczynowości mówi, gdy jedno wydarzenie dźwiękowe wydaje się wywoływać następne. Relacje zachowań są identyfikowane antonimicznymi koncepcjami: dominacji / subordynacji i konfliktu / zgody (współlistnienia).

W artykule „*The listening imagination: listening in electroacoustic era*” Smalley dalej rozwija wyżej opisane ramy spektromorfologii i nakreśla obszary charakterystyk i ich sieci, w celu zrozumienia połączeń między ludzkim doświadczeniem a zrozumieniem materiału dźwiękowego użytego w muzycznym kontekście, szczególnie w muzyce elektroakustycznej. Obszary charakterystyk mają pomóc orientować się w analizie i ułatwić zrozumienie utworu. Zostały stworzone przez Smalleya w wyniku wieloletnich eksperymentów i zebranych doświadczeń w dziedzinie kompozycji muzyki elektroakustycznej, a także recepcji tej muzyki przez słuchaczy¹²⁴. W opisie mojej pracy obszary te okazały się bardzo pomocne. Ich pojęcia zawierają mimetyczne relacje, metaforycznie odnoszą się do natury i kultury. Myślę, że ten sposób opisu mojej muzyki do spektaklu sprawdza się doskonale, tym bardziej, że jest to muzyka tworzona jako część większego dzieła. Smalley opisał dziewięć obszarów charakterystyki utworu. Trzy z nich są archetypiczne: 1. gest (*Gesture*), 2. wymowa (*Utterance*) i 3. zachowanie (*Behaviour*); pozostałe sześć to: 3. energia (*Energy*), 4. ruch (*Motion*), 5. obiekt – substancja (*object / substance*), 6. środowisko (*Environment*), 7. wizja (*Vision*), 8. przestrzeń (*Space*)¹²⁵. Żaden z wymienionych obszarów nie występuje samodzielnie. Tworzą one sieci, nakładają się na siebie. Poniżej w skrócie je opiszę:

1. Charakterystyka gestu. Według Smalleya słuchanie muzyki instrumentalnej wiąże się z wyobrażeniem odpowiednich gestów. Słuchając nagrania muzyki instrumentalnej nie tylko słuchamy muzyki, ale próbujemy podświadomie dekodować działania, do których jesteśmy przyzwyczajeni. Smalley używa terminu źródło-wiązania (*source-bonding*), by opisać naturalną tendencję odbiorcy do łączenia dźwięku z tym, co mogłoby być jego źródłem lub przyczyną, a także do relacji między dźwiękami w związku z ich hipotetycznym wspólnym źródłem. W muzyce instrumentalnej proces ten jest zdeterminowany przez fizyczną

¹²³ Tamże s:117

¹²⁴ D.Smalley *The listening imagination: listening in electroacoustic era*, „*Contemporary Music Review*” (77) 1996, s:82

¹²⁵ Tamże, s. 83

interakcję muzyka z instrumentem, a spektromorfologiczny profil dźwięku jest wynikiem tego, jak instrument jest pobudzony przez wykonawcę. W muzyce akuzmatycznej źródło i przyczyna odbieranych dźwięków są oderwane od bezpośrednio doświadczonego, lub znanego odbiorcy fizycznego gestu. Smalley definiuje to jako surogat gestu. „Gdy słyszymy spektromorfologie, doszukujemy się za nimi ludzkiego działania poprzez dedukowanie gestów, odnosząc się do nich poprzez kinetyczne i psychologiczne doświadczenia w ogólności”¹²⁶. W procesie odbioru muzyki elektroakustycznej może pojawić się wyobrażenie gestu, niezwiązanego bezpośrednio z fizycznym działaniem wykonawcy, wynikający z przyzwyczajień percepcyjnych. Smalley w swoich pracach opisuje gest jako dźwięk pobudzony do życia przez czynnik ludzki poprzez jego fizyczną aktywność, nadanie energii brzmiącej materii, pobudzenie do drgań i nadanie jej spektromorfologicznych wartości. Proces ten odnosi się do obszarów energii i ruchu. Jako że gest wiąże się z powstaniem obiektu dźwiękowego, odbiorca podświadomie szuka przyczyny źródła w oparciu o spektromorfologiczne jakości, cechujące dany dźwięk. Smalley wyróżnia cztery typy surogatu gestu:

- Surogat gestu pierwszego rzędu – to podstawowy poziom dźwiękowego materiału, który poddany zostaje instrumentalizacji i włączony jest do struktury muzycznej utworu. Mogą to być nagrania zawierające soniczne aktywności, które nie są w zamierzeniu muzyczne, nie są w stanie osiągnąć statusu instrumentu muzycznego¹²⁷. Punktem wyjścia są tu materiały, które zawierają w sobie fizyczny gest pobudzania materii do drgań, na przykład uderzanie drewnem o metal, zgrzytanie szkła itp. Intencją może być gest tworzący efekt dźwiękowy, instrumentalizacja dźwiękowych efektów, ich gra, ale nie będącym wykonaniem muzyki, dopóki nie umiesci się jej w kontekście kompozycji. Mogą to być dźwięki pochodzące z natury, lub kultury, które przed użyciem ich w muzycznej kompozycji nie miały muzycznego znaczenia, Aby źródło dźwięku mogło być traktowane jako surogat gestu pierwszego rzędu musi być jednak w pełni rozpoznawalne, zrozumiałe i identyfikowalne dla słuchacza. Przetworzenia tego materiału w procesie kompozycji może przesuwać je do surogatów gestu dalszych rzędów. W muzyce do *Aniołów* surogatem gestu pierwszego rzędu są dźwięki mowy wykorzystane w części pt. *Kadisiz* (fragment *Suity* zawarty między 0:00 a 2:30), lub dźwięk nocnych świerszczy, budujący ruchome ściany w utworze *Noc in vitro* (5:05 – 5:33).

¹²⁶ Tamże, s. 111

¹²⁷ D.Smalley *Spectromorphology...*, s:112

- Surowat gestu drugiego rzędu – dotyczy dźwięków, które są instrumentalne z natury (instrument, głos albo dźwięki mocno się z nimi kojarzące), gdzie rozpoznawalne są umiejętności wykonawcze i artykulacyjne, które tworzą razem szeroko pojęte wykonanie muzyki. Nagrania rozpoznawalnych instrumentów lub ludzkiego głosu są surowatem drugiego rzędu. Symulacje takich dźwięków też nimi będą, z uwagi na ich percepcję przez słuchacza. Takimi substytutami gestu drugiego rzędu są na przykład frazy nagrane przez obój, pojawiające się w *Antarktydzie II* (5:33 – 7:35), sopranowe wokalizy, nagrane i przetworzone partie fortepianu w *Pękniętym niebie* (9:24 do końca), partie gitary elektrycznej wyabstrahowane z przeboju *Wicked Games*, wędrujące w surrealistycznych przestrzeniach w utworze *Antarktyda I* (2:30 – 3:15).
- Surowat gestu trzeciego rzędu odnosi się do dźwięku, którego źródło jest „albo wywnioskowane, albo wymyślone”¹²⁸. Dzieje się tak, gdy materiał dźwiękowy jest dla odbiorcy nieznanym lub jego spektromorfologia zachowuje się w sposób dla niego nieoczekiwany. Takimi surowatami gestu trzeciego rzędu są dźwięki generowane elektronicznym instrumentem *Handsonic*, instrumentem pobudzonym gestem dłoni. Siła uderzenia i nacisku na podkładki umieszczone na interfejsie instrumentu decydują bezpośrednio o charakterze i spektromorfologii dźwięku. W ten sposób uzyskane zostały różne nieoczywiste obiekty dźwiękowe, na przykład nawiązujące do mowy ludzkiej sygnały w utworze *Kadisz* (0:00 – 2:30), czy spektromorfologie przywołujące skojarzenia z mydłanymi bańkami w *Antarktydzie I* (2:30 – 3:15), lub dźwiękową atmosferę zimnych wiatrów i pracujących lodówek w *Antarktydzie I* i *Antarktydzie II*.
- Odległy surowat gestu – w tym przypadku nie będzie wyobrazonego przez odbiorcę czynnika lub powodu źródła dźwięku. Najczęściej to stojące, nieruchome, zawieszane, długie tony, szумы lub burdony o różnym charakterze. Często są to mocno przetworzone substytuty gestów mniejszych rzędów, lub tony wydobywane z instrumentów w sposób nieoczywisty, sonorystyczny. W *Aniołach w Ameryce* są to na przykład wygenerowane syntezą falową szумы lub burdony, stanowiące podkład dla innych dźwiękowych struktur.

2. Charakterystyka wymowy (*utterance*) – podobnie jak obszar gestu, jest połączony z ludzkim ciałem, to „podstawowy nośnik interpersonalnej ekspresji i komunikacji”¹²⁹. Gest i wymowa

¹²⁸ Tamże

¹²⁹ Tamże, s:86

(wypowiedź) są ze sobą złączone. Charakterystyka wymowy najczęściej kojarzy się z pojawieniem się w utworze elektroakustycznym ludzkiego głosu (lub jego dalszego surogatu), który może wzmacniać kontekst w stosunku innych dźwięków nie postrzeganych jako pochodzących od ludzkiej aktywności, tak jak w utworze *Kadisz* (0:00 – 2:30).

Charakterystyka wymowy utworu muzycznego jest również zespolona z inscenizacją, kontekstem, w którym pojawia się utwór, wymową, którą tworzą aktorzy, scenografia i gra świateł.

3. Charakterystyka zachowania. Relacje między dźwiękami opisuje się w tym obszarze na podstawie antynomii: dominacji / subordynacji i konfliktu / zgody (koegzystencji). W tym obszarze znajdują się także ciągi przyczynowo – skutkowe zachodzące między dźwiękami. Charakterystyka zachowania okazała się szczególnie pomocna w partiach improwizowanych przez muzyków na żywo. Improwizacje zawsze występują w pewnych kontekstach do obiektów dźwiękowych pojawiających się na „taśmie”. Muzycy grający w spektaklu, a także wykonujący *Suite*, mają za zadanie w wyznaczonych miejscach improwizować, nieraz zgodnie z charakterem podkładu, nieraz tworząc emocjonalne kontrapunkty na przykład do emocji aktorów, lub spektromorfologii pojawiających się w elektronicznej warstwie.
4. Charakterystyka energii – związana z ruchem. Nie ma dźwięku bez energii w domenie spektralnej (barwowej), nie ma energii bez ruchu. To energia „rozprowadzona na przestrzeni spektrum, gdzie tworzą się tekstury – od zagęszczonych do dyspersyjnych”¹³⁰.
5. Charakterystyka ruchu – dotyczy zmian obiektów dźwiękowych w czasie, „istnieje w różnorodności skal czasowych i zmian struktur”¹³¹.
6. Charakterystyka substancji / obiektu – identyfikuje trzy sposoby, kiedy dźwięk może być traktowany jako obiekt:
 - przez użycie, symulację lub nawiązanie do brzących materiałów, takich jak kamień, szkło, drewno, woda etc, które są podmiotami gestu, pobudzane do brzmienia.
 - przez ruch, który jest analogiczny do ruchu innego, prawdziwego obiektu, znanego z doświadczenia odbiorcy, rozpoznawalnego.
 - przez zastosowanie morfologii bez odniesienia do realnych materiałów, dopóki jest wiarygodny pozór gestu.¹³²

¹³⁰ Tamże, s.88

¹³¹ Tamże

¹³² Tamże, s. 89

Kiedy gesty stają się wystarczająco powolne, obiekt dźwiękowy przestaje być traktowany pierwszoplanowo, staje się tłem, teksturą, substancją.

7. Charakterystyka środowiska – dotyczy wykorzystania w muzyce nagrań naturalnego środowiska. „Istotna jest zarówno przestrzenna ekspansja poprzez włączenie środowiska do muzyki jak i rozprzestrzenianie się muzyki do środowiska”¹³³. Ten obszar charakterystyki jest mocno powiązany z obszarem przestrzeni. W utworze *Noc in vitro* (5:05 – 5:33) dźwięk wieczornych świerszczy przenosi słuchaczy do innej przestrzeni, tworząc w spektaklu początkowo tło, scenografię sceny, konstytuując jej czas i miejsce. Następnie naturalna atmosfera świerszczy staje się elementem muzyki, obiektem dźwiękowym dopełniającym przestrzeń spektralną utworu.
8. Charakterystyka wizji – odnosi się do zjawisk ruchomych lub statycznych wyobrażanych przez słuchacza w odniesieniu do słuchanego utworu, albo jego elementu. Na przykład w odniesieniu do faktury dźwięku – ruchome kamienie, lub gładki materiał. (Jak słusznie zauważył Smalley wizja jest podstawą wszystkich wyżej opisanych charakterystyk, opisując dźwięk wciąż odnosimy się do pojęć i metafor związanych z widzeniem: gest, ruch i energia, tekstura itd.). Charakterystyka wizji jest zatem w sieci ze wszystkimi innymi charakterystykami. Ponadto muzyka występująca w sztukach wizualnych jest częściej im podporządkowana. Inscenizacja teatralna narzuca wizję, muzyka tworzy wraz z grą aktorską nowe przestrzenie symboliczne i emocjonalne, jest mocno spleciona z tym co odbiorca widzi.
9. Charakterystyka przestrzeni – w muzyce do *Aniołów w Ameryce* bardzo ważna charakterystyka – nie dotyczy wewnętrznej, spektralnej przestrzeni dźwięku, choć jest względem niej analogiczna. W tej pierwszej dźwięki opisujemy jako wysokie i niskie, ciężkie, lekkie itp. Charakterystyka przestrzeni odnosi się raczej do wrażenia przestrzeni, którą kompozytor kreuje w utworze, do pojęć takich jak perspektywa, kierunkowość, ich zmiany w czasie. Muzyka elektroakustyczna nie jest ograniczona do realistycznej przestrzeni (tak jak inne muzyki), może zawierać w sobie bardzo różne doznania przestrzenne, co jest dla mnie niezwykle istotne. Smalley używa terminu morfologia przestrzeni (*spatiomorphology*), aby podkreślić „szczególną koncentrację na własnościach przestrzennych i ich zmianach w czasie tak, aby stanowiły one inną, wręcz odrębną kategorię doznań dźwiękowych”¹³⁴. Przede wszystkim autor rozróżnia dwie przestrzenie:

¹³³ Tamże

¹³⁴ D.Smalley *Spectromorphology...*, s:122

skomponowaną (nagraną na trwałe media) i przestrzeń słuchania (miejsce, w którym odbywa się dźwiękowa projekcja utworu, sala teatralna). Obie przestrzenie nakładają się na siebie i w wyniku tego powstaje przestrzeń odbierana przez słuchacza, przestrzeń słuchowa. Obie przestrzenie: komponowana i słuchania mają decydujący wpływ na kształt przestrzeni percypowanej. Akustyka sali, rozmieszczenie głośników, umiejscowienie słuchacza względem nich - to pierwszorzędne czynniki wpływające na jej odbiór. Przestrzeń komponowana podzielona jest na dwie warstwy: wewnętrzną i zewnętrzną. Wewnętrzna przestrzeń kompozycji to ta zawarta w spektromorfologicznych właściwościach dźwięków, wtedy, gdy ich właściwości barwowe i czasowe zawierają przestrzeń (pudła rezonansowe, drgające, wybrzmiewające struny itp.). Przestrzeń zewnętrzna, według Smalleya bardziej istotna, ponieważ bez niej nie ma muzyki,¹³⁵ objawia się nam jako medium dla muzyki płynącej z głośników, ze wszystkimi odbiciami i rezonansami, kierunkami i głębią zawartą w stereofonii lub wielokanałowej projekcji. Morfologia przestrzeni opisuje jej zmiany w czasie, na przykład zmiana kierunku dźwięku, jego głębi, zmiana charakteru przestrzeni. Te kompozycje przestrzeni, będących względem siebie w różnych relacjach, ich dynamiczne zmiany, są jednym z podstawowych elementów tworzących muzyczne struktury w *Aniołach w Ameryce*. Zmiany te mają podobne typy morfologiczne jak w opisaney powyżej spektromorfologii. Wymienię i krótko opiszę kilka z nich:

- Definicja obrazu (*Image Definition*) – opisana przez ostrość (*focus*), oraz kontinuum skoncentrowany / rozproszony (*concentrated / diffuse*) – opisujące, czy słuchacz skupiony jest na niewielkim fragmencie przestrzeni, czy na całej jej szerokości (w sytuacji projekcji horyzontalnej)
- Przestrzenne wypełnienie (*Spatial Fill*) – opisuje jak rzadko lub gęsto wypełniona jest przestrzeń w swoich percypowanych granicach.
- Tekstura (struktura) przestrzeni (*Spatial texture*) – związana jest z tym jak przestrzenna perspektywa objawia się w czasie. Zawiera się na osi przyległa (*contiguous*) – nie przyległa (*non-contiguous*). O przyległej można mówić, gdy objawia się w ciągłym ruchu w przestrzeni na przykład z lewej na prawą, z tyłu do przodu. Nie przyległa zaś występuje wtedy, gdy dwie następujące po sobie morfologie nie przylegają do siebie w przestrzeni. Tekstura przestrzeni związana jest z gestem, który w niej występuje. Gest jako ruch w przestrzeni kierunku i głębi można opisać następująco: zbliżający, oddalający, przechodzący, obracający i wędrujący.

¹³⁵ Tamże, s.124

- Styl przestrzeni (*Spatial Style*) – aby zdefiniować ogólny styl przestrzeni dzieła Smalley podaje następujące wytyczne:
 - Jednorodna przestrzeń – objawiająca się w całym utworze, nieraz w różnych aspektach i perspektywach, jednakże dająca wiedzę odbiorcy o jej ogólnej topografii.
 - Niejednorodna przestrzeń – w dziele występują po sobie różne przestrzenie, które nie mogą być kojarzone z jednym miejscem.
 - Przestrzenie równoległe – występujące jedne w drugich.
 - Ukryte przestrzenie równoległe – występują, gdy odbiorca zdaje sobie sprawę z istnienia przestrzeni w czasie gdy jej nie ma.
 - Przenikania przestrzeni - występują gdy przestrzenie „przelewają się” jedne w drugie, przy czym może to być ruch nagły, lub ciągły.
 - Przestrzenna równowaga – określa balans między różnymi przestrzeniami w dziele.

Opisując poszczególne utwory do spektaklu *Anioły w Ameryce* posłużę się tabelami przedstawiającymi wybrane obiekty dźwiękowe według spektromorfologicznych cech, obszarów charakterystyk i ich sieci:

Charakter gestu	Atak, trwanie, wybrzmiewanie
Charakter substancji / obiektu	Ton: harmoniczny/nieharmoniczny/szum
	Przestrzeń spektralna: jej ramy oraz kwalifikatory: pusta/wypełniona, rozproszona/skondensowana, ciągła/przerywana, nałożona/przenikająca
	Gęstość spektralna: opisana jako na osi wypełniona → zapakowana/skompresowana → nieprzeźroczysta → przeźroczysta → pusta.
Charakter ruchu i energii	Ruch: kierunkowy, wzajemny, kołowy/cykliczny, wielokierunkowy – narastający; charakter ruchu związany z gestem, energią i częstotliwością: przeciągany, przepływający, wznoszący, rzucony, dryfujący, płynący i latający
	Faktura ruchu: zmiany w ruchu na osi ciągły → przerywany; okresowe/nieokresowe, przyśpieszające/zwalniające, stałe faktury określone jako: ciągłe, urozmaicone, skręcone, wzburzone
Charakter zachowania	Stopień relacji rytmicznych i harmonicznymi między dźwiękami (ścisle – luźne) oraz przyczynowo skutkowe związki między obiektami dźwiękowymi i frazami (dominacja/subordynacja, konflikt/zgoda)

Charakter wymowy	
Charakter wizji	
Charakter środowiska	W przypadku użycia dźwięków natury, lub takich, które się z nią kojarzą.
Charakter przestrzeni	Definicja obrazu, morfologia przestrzeni, jej zmiany w czasie.

3.3 Opis utworów*

Kadisz [0:00 – 2:30]

RABBI IZYDOR CHMIELEWITZ

Wy nie pokonacie już tej drogi, bo dziś czas Wielkich Podróży się skończył.

A jednak każdego dnia pokonujecie drogę z tamtego do tego świata.

Każdego dnia. Rozumiecie? Ta podróż jest w was.

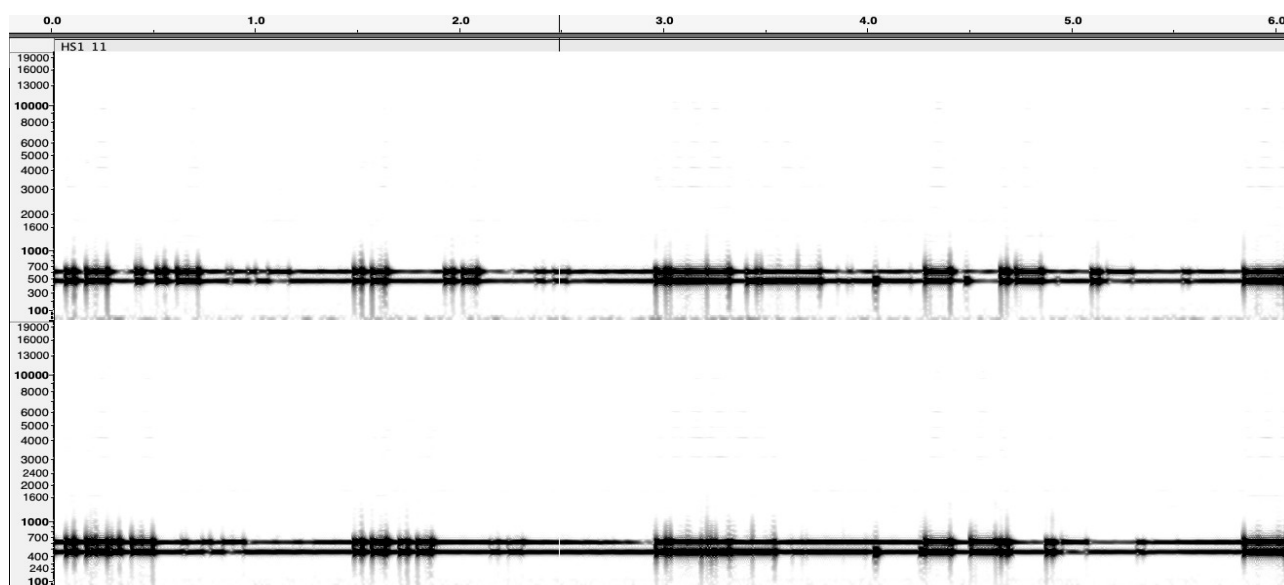
[Kushner, fragment tekstu *Anioły w Ameryce*, przekład: Jacek Poniedziałek]

Utwór otwierający spektakl, pojawiający się w pierwszej scenie pogrzebu Sary Ironson, babci Luisa, jednego z bohaterów sztuki. W *Suicie* zawiera się we fragmencie od 0:00 do 2:24, po czym łączy się płynnie z *Antarktydą*. Kompozycja składa się z kilku warstw. W I warstwie elektronicznej pojawiają się tony generowane instrumentem *Handsonic*, które powolnym ruchem opływają dookoła widownię, tworząc rezonującą przestrzeń – fakturę dla tematu muzycznego wykonywanego przez muzyków na żywo. II warstwa składa się z głosów ludzkich szepczących słowa tradycyjnej żydowskiej modlitwy. Głosy potraktowane są instrumentalnie, mają tworzyć osaczającą słuchaczy fonosferę, ścianę szeptów, która pulsuje i jest w ciągłym ruchu. W głosy wplecione są również przetworzenia, powtórzenia i zwielokrotnienia, pogłosy i odbicia z różnych kierunków. III warstwę tworzy zespół muzyczny grający improwizacje na zadany temat. Po powtórzeniu tematu improwizacje trąbki poddane zostają przetworzeniom przez *live electronics*, jej partia pobudza pogłos, na żywo panoramowany ponad głowy słuchaczy, otwierając w ten sposób wrażenie bezdennej studni ponad widownią. Improwizacje przerywa motyw z piosenki *Wicked Games* (warstwa V *Antarktydy*), tym samym płynnie przechodząc w kolejną część *Suity*. Poniżej znajduje się szczegółowy spektromorfologiczny opis warstw utworu.

* ***** Utwory wykorzystane w spektaklu zawierają się w *Suicie na czterech muzyków i wiele głośników* (czasy podane w kwadratowych nawiasach), której binauralny zapis nagrany w czasie koncertu jest dołączony do pracy, a także dostępny w internecie: <https://youtu.be/2AZEPrJITMM?feature=shared>

Warstwa I – tony stworzone instrumentem *Handsonic*

Charakter gestu	Ton trwający w czasie, w którym pojawia się surogat gestu dalekiego rzędu, nawiązujący do nadawania impulsów, pobudzania strun ręką, sygnałów przypominających mowę.
Charakter substancji / obiektu	Ton: dwukanałowy (stereofoniczny) wieloton złożony z generowanych częstotliwości 400Hz i 600 Hz, o nieregularnie modulowanym kształcie.
	Przebieg spektralny: pusta, niewypełniona.
	Gęstość spektralna: półprzezroczysta, momentami pełna, pulsująca nieregularnie.
Charakter ruchu i energii	Ruch: płynący, niespokojny.
	Faktura ruchu: ruch ciągły, urozmaicany nieregularnymi modulacjami.
Charakter zachowania	Stopień relacji rytmicznych i harmonicznym między dźwiękami luźny.
Charakter wymowy	W kontekście pozostałych warstw utworu tworzy rodzaj sygnału niosącego nieznaną treść, spektromorfologią nawiązującego do ludzkiego języka, uzupełnia i poszerza wymowę ludzkich głosów i szeptów.
Charakter wizji	Sygnał niosący niezrozumiałą, nierozkodowaną treść, kosmiczna modlitwa.
Charakter środowiska	Brak skojarzeń z naturą.
Charakter przestrzeni	Ton buduje wielowymiarową przestrzeń poruszającą się w zakresie 360° wokół widowni, dodane pogłosy i powtórzenia poszerzają głębię tej przestrzeni.



Rys 10: Spektrogram I warstwy *Kadisz*

Warstwa II – głosy

Charakter gestu	Surogat gestu pierwszego rzędu.
Charakter substancji / obiektu	Obiektem są ludzkie głosy nagrane w studio w bliskim ujęciu mikrofonowym. Głosy męskie i żeńskie czytające pierwsze kilkanaście strof Kadisz.
Charakter ruchu i energii	Ruch: tekst modlitwy czytany jest w sposób jednostajny, w dynamice od szeptu do półgłosu
Charakter zachowania	Głosy są powielane, przetwarzane (powtórzenia, pogłosy, inwersje), tworzą ruchomą pajęczynę, chór głosów dochodzących z różnych nieoczywistych kierunków, z boków i góry. Poszczególne głosy ciągle zmieniają miejsca.
Charakter wymowy	Z racji użycia języka hebrajskiego, a także przy celowym użyciu powtórzeń, przetworzeń i pogłosów, treść modlitwy nie jest czytelna dla słuchacza, ma jedynie stworzyć nastrój wymownego skupienia, podniosłej ceremonii.
Charakter wizji	Tradycyjny żydowski pogrzeb.
Charakter środowiska	--
Charakter przestrzeni	Przestrzeń niejednorodna, sferycznie wypełniona głosami, ich odbiciami, pogłosami dochodzącymi z różnych kierunków, głosy stale się zmieniają, wędrują w przestrzeni.

Transliteracja (angielska)	Hebrajski
<i>Yitgaddal veyitqaddash shmeh rabba</i>	יִתְגַּדַּל וַיִּתְקַדַּשׁ שְׁמֵהּ רַבָּא
<i>Be'alma di vra khir'uteh</i>	בְּעֵלְמָא דִּי בְרָא כְרַעוּתָהּ
<i>Veyamlikh malkhuteh</i>	וַיַּמְלִיךְ מַלְכוּתָהּ
<i>[Veyatzmah purqaneh viqarev (qetz) meshi'eh]</i>	וַיִּצְמַח פְּרֻקָנָהּ וַיִּקְרַב (קֵץ) מִשִּׁיחָהּ
<i>Behayeikhon uvyomeikhon</i>	בְּחַיֵּיכֻן וּבְיוֹמֵיכֻן
<i>Uvhaye dekhhol [bet] yisrael</i>	וּבְחַיֵּי דְכָל [בֵּית] יִשְׂרָאֵל
<i>Ba'agala uvizman qariv ve'imru amen</i>	בְּעֵגְלָא וּבְזִמְנָן קָרִיב. וְאָמְרוּ אָמֵן
<i>Yehei shmeih rabba mevorakh</i>	יְהֵא שְׁמֵהּ רַבָּא מְבֻרָךְ
<i>Le'alam ul'alme 'almaya</i>	לְעָלַם וּלְעַלְמֵי עֲלַמַּיָא
<i>Yitbarakh veyishtabbah veyitpa'ar veyitromam</i>	יִתְבָּרַךְ וַיִּשְׁתַּבַּח וַיִּתְפָּאֵר וַיִּתְרוֹמַם
<i>Veyitnasse veyithaddar veyit'alleh veyithallal</i>	וַיִּתְנַשֵּׂא וַיִּתְהַדָּר וַיִּתְעַלֶּה וַיִּתְהַלַּל
<i>Shmeh dequdsha berikh hu.</i>	שְׁמֵהּ דְקֻדְשָׁא בְרִיךְ הוּא.
<i>Le'ella (l'ella mikkol) min kol birkhata</i>	לְעֵלָא (לְעֵלָא מְכַל) מִן כָּל בִּרְכַתָּא
<i>Veshirata tushbehata venehemata</i>	וְשִׁירַתָּא תִּשְׁבַּחַתָּא וְנִהְמַתָּא
<i>Da'amiran be'alma ve'imru amen</i>	דְאָמִירוּן בְּעֵלְמָא. וְאָמְרוּ אָמֵן

Tabela 3: Tekst Kadisz wykorzystany w nagraniu warstwy II

Warstwa III – partia zespołu w składzie: kontrabas, fortepian, zestaw perkusyjny i trąbka.

Anioły w Ameryce

Suita na czterech muzyków i wiele głośników

Bartłomiej Woźniak

Wolno, improwizacje wokół tematu na nutę aszkenazyjską

0:00 Głosy: kaddish

START

Dm E

Tremola na talerzach i kotłach, filc

D Cm D

arco

3

Am E

Gm D

Cm D Cm D

6

Free improv, fade out c.a. 20s

Free improv, fade out c.a. 20s

Free improv, fade out c.a. 20s

Antarktyda I [2:30 – 3:15]


HARPER

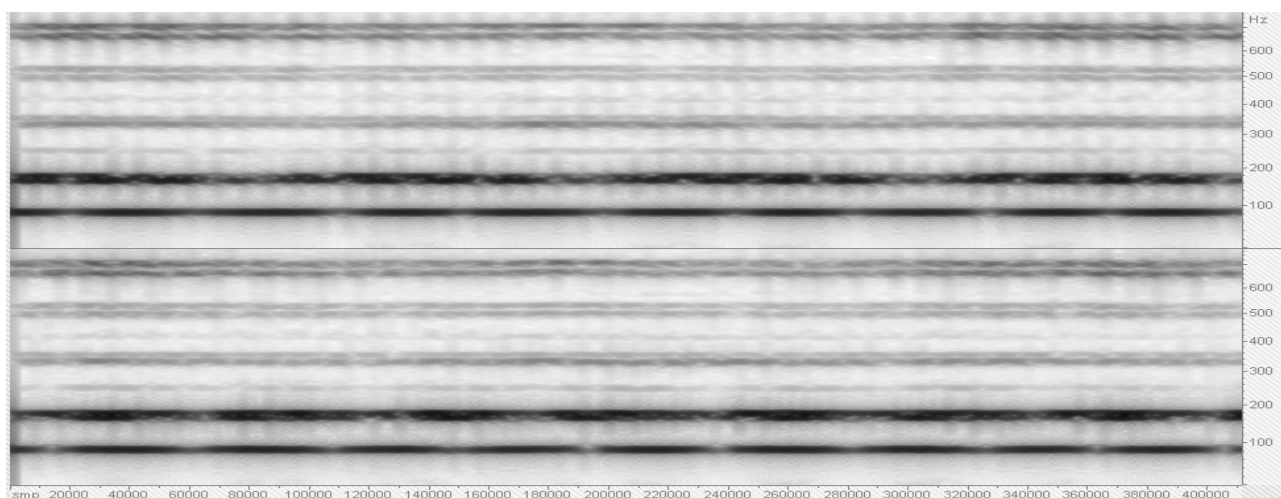
*Samotni ludzie siedzą w domu i wyobrażają sobie jak rozpadają się światy...
wszystko się rozpada, kłamstwa wychodzą na jaw, mechanizmy obronne zawodzą...*

[Kushner, fragment tekstu *Anioły w Ameryce*, przekład: Jacek Poniedziałek]

Utwór pojawia się w pierwszej części spektaklu, razem z wejściem na scenę HARPER. W Suicie zawiera się we fragmencie od 2:40 do 3:15. Składa się z pięciu warstw: I i II tworzą tło kojarzące się z zimnym powietrzem, wiatrem, przeciągiem. To warstwy tworzące korzeń, podstawę dźwięku, sięgają najniższych i średnich częstotliwości, ogarniające widzów ze wszystkich stron horyzontalnie. Warstwy III i IV odpowiedzialne są za ziarnistą fakturę kompozycji, krótkie trzaski i tony bez wybrzmienia, które „unoszą się” dookoła i nad sceną. Warstwa V to wędrujący w przestrzeni fragment nagrania: wyabstrahowana z popularnej piosenki Chrisa Isaaca *Wicked Games* partia gitary elektrycznej pojawiająca się w pierwszych taktach przeboju. Następujące po sobie, z charakterystycznym glissandem, dwa dźwięki: (e h), a potem (h e), występują solo, bez towarzyszenia sekcji rytmicznej i są poddawane przetworzeniom: transpozycji, zmianom prędkości odtwarzania, lokalizacji w przestrzeni. Poniżej opis wszystkich wymienionych warstw:

Warstwa I, dwukanałowy statyczny ton wygenerowany syntezą tablicową

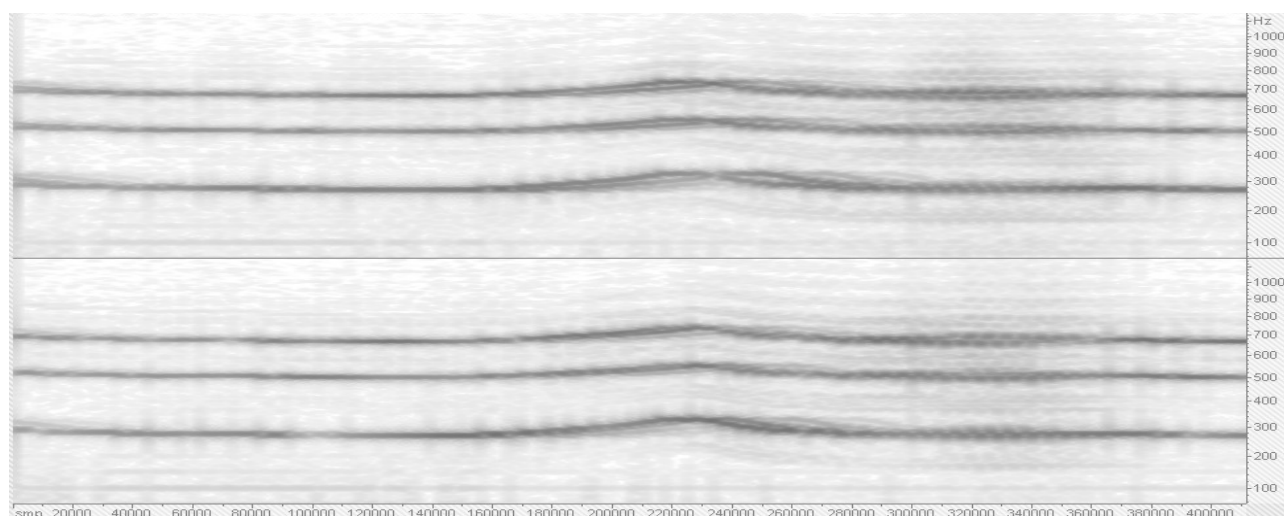
Charakter gestu	Brak wyraźnego gestu
Charakter substancji / obiektu	Wieloton: 41,2 82,4 164,8 174,6 696,8 Hz 
	Przebieg spektralny: wyznaczona wielotonem i przerywana jego składnikami
	Gęstość: przezroczysta, prawie pusta
Charakter ruchu i energii	Ruch: kierunkowy, przepływający w niskich i średnich rejestrach spektrum
	Faktura ruchu: ciągła, okresowo pulsująca (około 780ms), energia rozproszona
Charakter zachowania	Relacja do innych elementów: luźna, zgodna, współistniejąca
Charakter wymowy	Przez stojący charakter i niską energię staje się tłem dla innych dźwiękowych obiektów oraz wydarzeń na scenie.
Charakter wizji	Może kojarzyć się z fakturą drgającego metalu, z działającym agregatem.
Charakter środowiska	Tworzy dalekie skojarzenie z zimnym miejscem, chłodnią.
Charakter przestrzeni	Definicja obrazu: przestrzeń rozproszona, skoncentrowana nieco bardziej na kierunku sceny. Wypełnienie 360°. Faktura przestrzeni stała.



Rys 11: Spektrogram warstwy I Antarktydy I

Warstwa II, dwukanałowy dźwięk wygenerowany instrumentem Handsonic

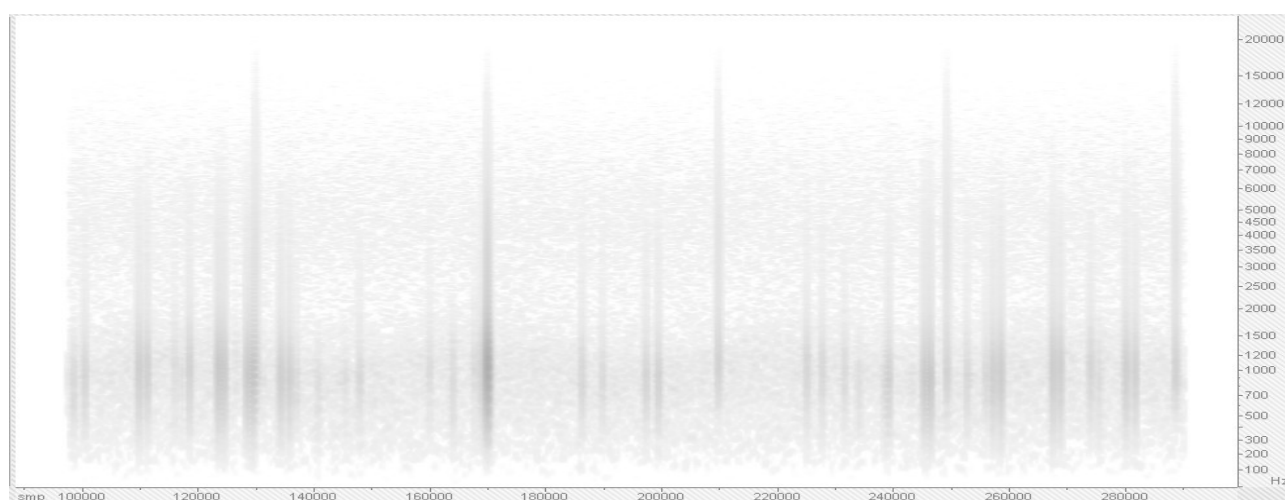
Charakter gestu	Surogat gestu dalekiego rzędu, powodujący ciągle delikatne zmiany w spektromorfologii, przesuwanie dźwięku w górę i w dół, nieznaczne modulacje.
Charakter substancji / obiektu	Sześć tonów zgrupowanych po dwa na wysokościach: ~ 280 , 500, 680 Hz ($\pm 7\%$)
	Przebieg spektralny: wyraźnie wyznaczona składnikami wielotonu. Gęstość: przezroczysta, skupiona
Charakter ruchu i energii	Ruch: kierunkowy, czasem delikatnie narastający w dwóch kierunkach i powracający do jednego, dryfujący w średnich rejestrach spektrum z modulacjami amplitudy i częstotliwości.
	Faktura ruchu: płynna, nieokresowa, energia skupiona
Charakter zachowania	Relacja do innych elementów: luźna, zgodna, współistniejąca
Charakter wymowy	Nieoczekiwane mikro zmiany w spektromorfologii sugerują zjawisko niekontrolowane przez czynnik ludzki, nawiązują do natury.
Charakter wizji	Może kojarzyć się z zimnym wiatrem, przeciągiem.
Charakter środowiska	Dźwięk wyraźnie nawiązuje do atmosfery Antarktydy
Charakter przestrzeni	Definicja obrazu: skoncentrowana na scenę (przednie głośniki), wypełnienie: 90° . Faktura przestrzeni: jednorodna, drgająca pomiędzy lewym i prawym głośnikiem (ping-pong delay: ok 160ms, feedback 15%)



Rys 12: Spektrogram warstwy II Antarktydy I

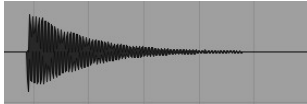
Warstwa III, generator szumów

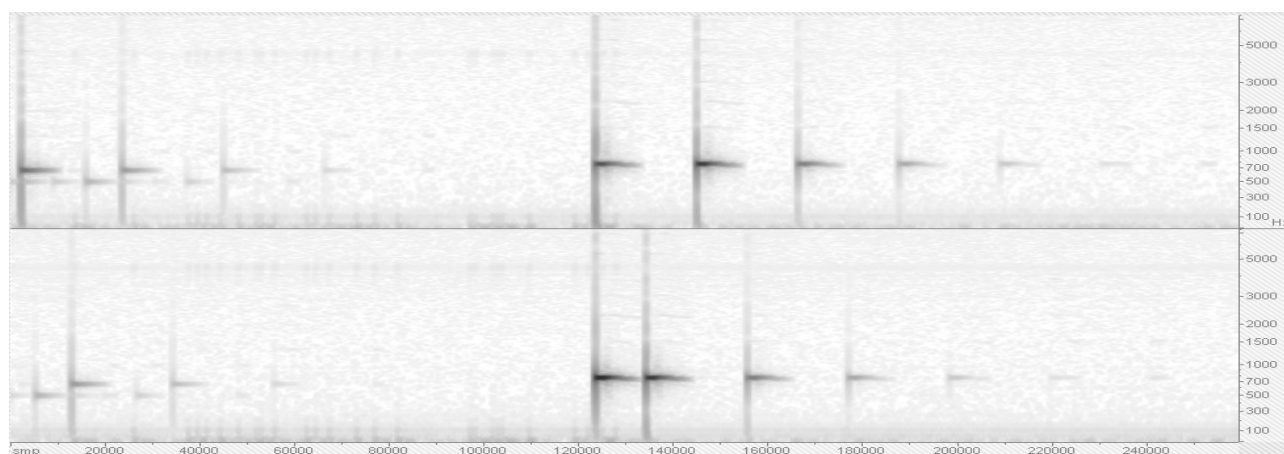
Charakter gestu	Brak wyraźnego gestu.
Charakter substancji / obiektu	Szum nasycony i ziarnisty (grube ziarna: trzaski)
	Przeźroczystość: przezroczysta, w wyższych pasmach prawie pusta
	Gęstość: przezroczysta, w wyższych pasmach prawie pusta
Charakter ruchu i energii	Ruch kierunkowy, prawie stojący o charakterze ruchu powietrza, swobodnie unoszący się.
	Faktura ruchu: trzaski tworzą wrażenie urozmaiconego ruchu mikro obiektów. Część trzasków jest powtarzalna (w okresie ok 800ms), jednak znaczna ich grupa występuje losowo, raz przyspieszając, raz zwalniając. Losowy charakter ma ich energia i częstotliwość występowania.
Charakter zachowania	Relacja między dźwiękami częściowo luźna, częściowo ścisła (powtarzalne, taktowane trzaski co 800ms). Brak relacji przyczynowo skutkowych z innymi elementami utworu.
Charakter wymowy	Tło dla innych warstw.
Charakter wizji	Przywołuje skojarzenie ze spadającymi kroplami wody na śnieg lub szumem starej, analogowej płyty.
Charakter środowiska	Tworzy złudzenie środowiska arktycznego.
Charakter przestrzeni	Przeźroczystość: przezroczysta, w wyższych pasmach prawie pusta



Rys 13: Spektrogram warstwy III Antarktydy I

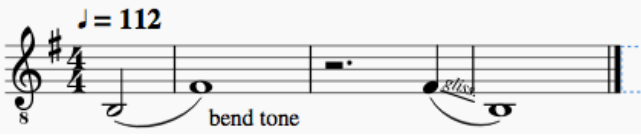
Warstwa IV, impulsy generowane instrumentem Handsonic

Charakter gestu	Surogat gestu trzeciego rzędu, wywołujący skojarzenia z krótkimi uderzeniami. (A=0; S=0; D=165ms)
Charakter substancji / obiektu	Impuls o krótkim transjencie szerokopasmowym (szum) i krótkim tonie prostym (sinus) o przypadkowych częstotliwościach (od 245 Hz do 700 Hz). Wyraźne echo między lewym a prawym kanałem (225ms, wygasanie \approx 2 sek.)
	
	Przebieg spektralny: wąska, ograniczona do tonów Gęstość: spakowana, skupiona.
Charakter ruchu i energii	Ruch: kierunkowy o charakterze rzucanym, uderzanym, perkusyjnym.
	Faktura ruchu: przerywana, nieokresowa. Energia skupiona
Charakter zachowania	Relacja między dźwiękami częściowo luźna. Dominujący element utworu.
Charakter wymowy	Nierzeczywisty, surrealistyczny, halucynacyjny
Charakter wizji	Faktura brzmiącego drewna. Charakter dźwięku psychodeliczny. Przywołuje skojarzenie mydlanych bańek.
Charakter środowiska	Nie nawiązuje do realnego środowiska.
Charakter przestrzeni	Impulsy pojawiają się w nieoczekiwanych miejscach sferycznej przestrzeni niczym mydlane bańki.



Rys 14: Spektrogram IV warstwy Antarktydy I

Warstwa V, błędząca gitara Chrisa Isaaca

Charakter gestu	Surogat gestu drugiego rzędu. Wykonanie riffu na gitarze elektrycznej, charakterystyczne i rozpoznawalne nie tylko ze względu na brzmienie instrumentu, ale również identyfikowane z konkretnym przebojem Chrisa Isaaca <i>Wicked Games</i> . Przetwarzany zostaje przez transpozycje i zmiany tempa.
Charakter substancji / obiektu	Stereofoniczne nagranie gitary elektrycznej wyabstrahowane z nagrania piosenki <i>Wicked Games</i> Chrisa Isaaca:
	
	Przeźrenie spektralna gitary elektrycznej, wycięta z reszty nagrania piosenki.
	Gęstość: spakowana, skupiona
Charakter ruchu i energii	Ruch: płynący w charakterze. Narastanie i opadanie. Dwie wyraźne części frazy: pytanie (dwa pierwsze takty) i odpowiedź (dwa kolejne). Zwolnienia i transpozycje rozpraszają oryginalną energię wykonania. Faktura ruchu: płynna, charakterystyczne wygięcia brzmienia (<i>bend notes</i>) i <i>glissanda</i> . Energia związana z pobudzaniem strun do drgania
Charakter zachowania	Stopień relacji rytmicznych i harmonicznym między dźwiękami (ściśle – luźne) oraz przyczynowo skutkowe związki między obiektami dźwiękowymi i frazami (dominacja/subordynacja, konflikt/zgoda)
Charakter wymowy	Pojawiający się motyw znanej piosenki tworzy dodatkowy kontekst kulturowy. Przetworzenia przestrzenne budują kolejne skojarzenia, motyw wędruje po pustych przestrzeniach, odbija się echem między różnymi wymiarami, zmienia kierunki, jako obiekt dźwiękowy staje się wyabstrahowany od swojego źródła pochodzenia.
Charakter wizji	Abstrakcyjny
Charakter środowiska	--
Charakter przestrzeni	Definicja obrazu: wielowektorowa przestrzeń, dźwięk dobiega z górnego głośnika (V), odbicia wypełniają frontowe głośniki (L=1420ms, R=680ms, LPF=2,5kHz), co powoduje wrażenie dźwięku spływającego z góry kaskadami. Wypełnienie: 360° i nad widownią. Faktura przestrzeni: niejednorodna, wielokierunkowa, dużo odbić i pogłosu.

Roy: destrukcja [3:15 – 5:05]

ROY

... nie boję się śmierci. Żyłem; życie jest najgorsze.

Nie bój się; ludzie tak bardzo się boją;

nie bój się iść naprzeciw ostrym wiatrom nagi, samotny...

Musisz wiedzieć jedno: Do czego jesteś zdolny.

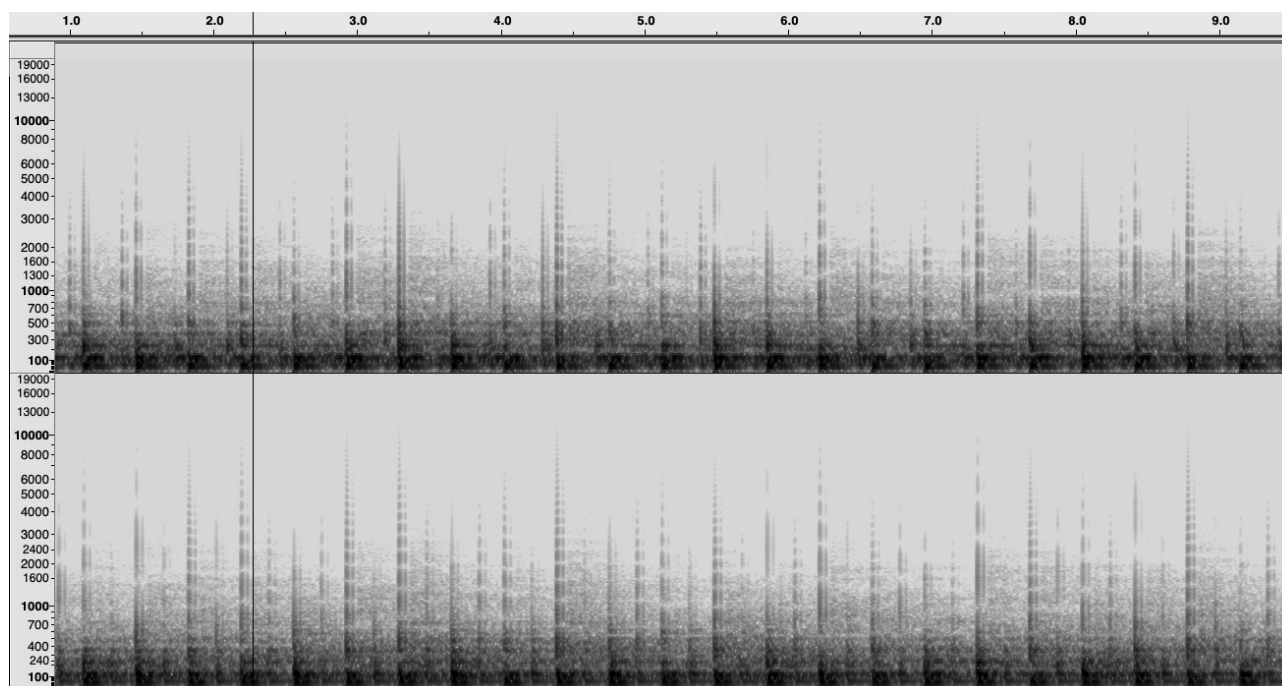
Nic nie stanie na twojej drodze.

[Kushner, fragment tekstu *Anioły w Ameryce*, przekład: Jacek Poniedziałek]

Utwór, w którym zespół muzyczny współgra z taśmą nieco ściślej, warstwa elektroniczna tworzy pulsujący podkład nadający rytm i tempo całości (warstwa I). Zawiera się między 3:15 a 5:05 *Suity*. Temat wykonywany przez zespół kontrapunktują nagrane dźwięki strun cymbałów pobudzanych smykami, które wypełniają przestrzeń spływając z góry i z bocznych kierunków, oplatając zespół muzyczny (warstwa II). Partia trąbki zostaje poddana coraz większym przetworzeniom, pogłos pojawiający się na końcach fraz wędruje nad głowami słuchaczy, pojawiają się oderwane krótkie dźwięki tej partii (ziarna, granule), które w coraz większym nieładzie rozrzucone są w przestrzeni dookoła i nad słuchaczami. Napięcie narasta stale aż do gwałtownego pojawienia się kolejnego motywu muzycznego. Poniżej szczegółowy opis warstw tworzących utwór.

Warstwa I, Pulsacja

Charakter gestu	Krótkie szarpnięcia, pchnięcia, nadające puls, surogat gestu trzeciego rzędu, uderzania lub szarpania napiętej struny.
Charakter substancji / obiektu	Ton: harmoniczny, słyszalna podstawa harmoniczna w tonacji g moll (98 Hz + 196Hz +232 Hz), krótkie tranzjentowe impulsy szumowe o bardzo krótkim ataku i wybrzmiewaniu w paśmie do 10 kHz, nadające charakter perkusyjny.
	Przebieg spektralny: w znacznym stopniu rozproszona, przerywana, nałożona.
	Gęstość spektralna: mocna
Charakter ruchu i energii	Ruch: cykliczny, narastający; rzucany.
	Faktura ruchu: stały, powtarzalny rytm tworzący strukturę.
Charakter zachowania	Stopień relacji rytmicznych i harmonicznych między dźwiękami: ścisłe, dominujące, nadające rytm i tonację całemu utworowi.
Charakter wymowy	Nadaje puls, stale budując napięcie, aż do nagłego zerwania.
Charakter wizji	Może kojarzyć się z pulsującym sercem, narastającym zagrożeniem
Charakter środowiska	--
Charakter przestrzeni	Przy zastosowaniu krótkich pogłosów i powtórzeń, pulsacja zajmuje całą przestrzeń w płaszczyźnie horyzontalnej, z niewielką przewagą frontalną.



Rys 15: Spektrogram warstwy I Roy: destrukcja

Warstwa II, Struny

Charakter gestu	Surogat gestu drugiego rzędu. Długotrwałe i wybrzmiewające tony, metalowe struny pobudzane smykem.
Charakter substancji / obiektu	Ton: harmoniczny, struny naciągnięte na konkretne wysokości występujące w następującej kolejności: : g^2 , dwudźwięk ais^1 i h^1 , g^1 , fis^2 .
	Przeźródź spektralna: wypełniona, skondensowana, przenikająca
	Gęstość spektralna: wypełniona
Charakter ruchu i energii	Ruch: kierunkowy; charakter ruchu związany z gestem, energią i częstotliwością: przeciągany.
	Faktura ruchu: przepływający.
Charakter zachowania	Stoień relacji rytmicznych i harmonicznycn między dźwiękami: ściśle. Seria dźwięków pojawia się w ustalonym odstępie czasu, powoli po sobie następując, w zgodzie z zespołem muzyczny, grającym temat.
Charakter wymowy	Tworzy niepokoć i napięcie.
Charakter wizji	--
Charakter środowiska	--
Charakter przestrzeni	Przeciągane i wybrzmiewające tony tworzą „rusztowanie” rozciągnięte nad widownią, przepływając z jednej strony górą na drugą stronę.

Warstwa III, temat grany przez muzyków

10 $\text{♩} = 82$

~3:15 / *sim.*

B♭ Tpt.

Drs. *ppp* Uzupełniać rytm + smykiem na talerzach c.a. 45s

Pno. *pp* Improv: długie dźwięki, płamy akordów, wybrzmienia c.a. 45s

Db. *p* arco

24

B♭ Tpt. *f* Am

Drs. Wypełnić rytm fill-----

Pno. *pp* *mf* *f* Gm Abm7 Gm

Db. *p* arco *f* *p* Gm Gm

B♭ Tpt. *B♭m7* *Am* *f*

Drs. *fill*

Pno. *Abm7* *Gm* *p*

Db. *Abm7* *Gm*

B♭ Tpt. *B♭m7* *Am* *fff*
Powtarzać, wypełniać improwizując cresc az do mocnego akordu c.a 30s [-5:05]

Drs. *fill* *fff*
Powtarzając zagęszczać cresc do fff, urwać na akord c.a.30s [-5:05]

Pno. *Abm7* *Gm* *fff*
Powtarzać, wypełniać improwizując cresc az do mocnego akordu c.a 30s [-5:05]

Db. *Abm7* *Gm* *fff*
Powtarzać, wypełniać improwizując cresc az do mocnego akordu c.a 30s [-5:05]

ff *c.a.25s*

B♭ Tpt. *ff*

Drs.

Pno.

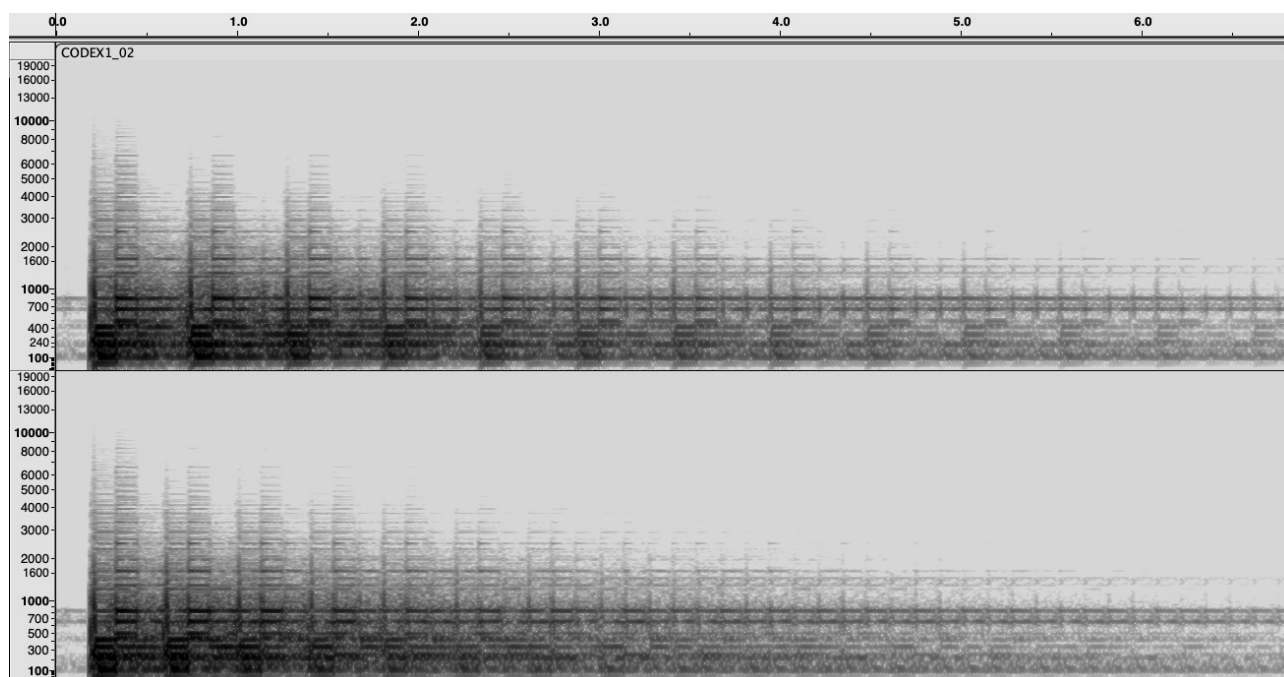
Db.

Noc in vitro [5:05 – 5:33]

Ten fragment muzyki stanowi dźwiękowy pejzaż (*soundscape*) tworzący przestrzenną kompozycję oddającą nastrój nocy, w której dzieją się dramatyczne wydarzenia. Bohaterowie sztuki cierpią, przeżywają bolesne rozterki. W tym utworze występuje tylko „taśma” elektroniczna składająca się z kilku warstw. Spływający kaskadą z góry na dół pulsujący akord (warstwa I) i trwająca niezmiennie w czasie faktura dźwiękowa, stworzona z mikstury nagrań terenowych dźwięku nocnych świerszczy i organów Hammonda (warstwa II). W *Suicie* po kilkudziesięciosiekundowej ekspozycji utwór płynnie przechodzi w następny. Poniżej szczegółowy opis warstw.

Warstwa I pulsujący akord.

Charakter gestu	Gwałtownie pojawiający się akord, wybrzmiewający w zanikających powtórzeniach. Surogat gestu trzeciego rzędu, rzucanie bądź uderzanie.
Charakter substancji / obiektu	Ton: harmoniczny o składowych tworzących akord a, cis ¹ , e ¹ , gis ¹ , h ¹ .
	Przestrzeń spektralna: wypełniona, przerywana, przenikająca Gęstość spektralna: wypełniona w rejestrach niskich i średnich, z każdym powtórzeniem bardziej przezroczysta aż do pustej.
Charakter ruchu i energii	Ruch: cykliczny, zanikający; charakter ruchu związany z gestem, energią i częstotliwością: rzućany.
	Faktura ruchu: przerywana; okresowa, stała, zanikająca.
Charakter zachowania	Stopień relacji rytmicznych i harmonicznym między dźwiękami: ściśle i powtarzalne
Charakter wymowy	Charakter i artykulacja, spektromorfologia tego obiektu ma wymowę niepokojącą, kojarzącą się z zagrożeniem
Charakter wizji	--
Charakter środowiska	--
Charakter przestrzeni	Akord gwałtownie spada z góry na dół i zanika na horyzoncie. Przestrzeń skierowana wertykalnie.



Rys 16: Spektrogram warstwy I Noc in vitro

Warstwa II świerszcze i Hammond

Charakter gestu	Brak gestu
Charakter substancji / obiektu	Ton: a) harmoniczny – dwudźwięk A, e wykonany organami Hammonda z użyciem wolnych obrotów Leslie, b) nieharmoniczny szum i szelest świerszczy.
	Przeźroczystość: wypełniona w zakresie od 60 do 350 Hz, skondensowana, ciągła, przezroczysta w wyższych rejestrach.
	Gęstość spektralna: nieprzezroczysta w niskich, przejrzysta w wyższych częstotliwościach.
Charakter ruchu i energii	Ruch: niewielkie zmiany i modulacje barwy organów przez zastosowanie wolnych obrotów Leslie. Charakter ruchu: płynący.
	Faktura ruchu: stała, ciągła.
Charakter zachowania	Stopień relacji rytmicznych i harmonicznych między dźwiękami: luźny
Charakter wymowy	Tło dla warstwy I
Charakter wizji	Może przywoływać wizję nocy, mroku, poczucia zagrożenia i niepokoju.
Charakter środowiska	Warstwa wyraźnie nawiązuje do naturalnego środowiska, w którym występują nocne świerszcze.
Charakter przestrzeni	Mikstura organów i świerszczy jest poddawana ciągłym, powolnym zmianom lokalizacji, płynnym ruchem dookoła słuchaczy, tworząc ruchome ściany.

Antarktyda II [5:33 – 7:35]

MR. ŚCIEMNIACZ

Obój: oficjalny instrument International Order of Travel Agents.

Gdyby Kaczka umiała śpiewać, jej śpiew brzmiałby właśnie tak.

Nosowo, smętnie, jak nawoływania koczowników.


[Kushner, fragment tekstu *Anioły w Ameryce*, przekład: Jacek Poniedziałek]

W inscenizacji teatralnej *Aniołów* utwory *Antarktyda I* i *Antarktyda II* tworzą psychodeliczne i deliryczne miejsca, do których ucieka bohaterka spektaklu, Harper. *Antarktyda II* powraca w *Suicie* jako temat grany przez muzyków z towarzyszeniem elektronicznej warstwy, brzmieniem odwołującej się do *Antarktydy I*. Pojawia się tu poznana już w pierwszej części *Suity* warstwa, wygenerowany instrumentem Handsonic stały dźwięk, modulowany delikatnie i tworzący skojarzenie z zimnym wiatrem, przeciągiem (patrz warstwa II w *Antarktydzie I*). W *Antarktydzie II* pojawia się również nagranie dźwięku oboju, który wyabstrahowany od swojego źródła wędruje przez sferyczną przestrzeń, pojawiając się w nieoczekiwanych miejscach nad widownią, raz bliżej, raz dalej. Trębacz ma za zadanie nawiązywać dialog z nagraniem obojem, w miarę możliwości zmieniać swoje położenie na scenie w trakcie improwizacji. *Live electronics* przenosi improwizowaną partię trąbki do wielowymiarowych, ruchomych przestrzeni, kontrapunktując przestrzenne wędrowki dźwięku oboju. Poniżej szczegółowy opis warstw.

Warstwa I, dwukanałowy dźwięk wygenerowany instrumentem Handsonic

Opis tej warstwy, oraz jej spektrogram, znajduje się w części *Antarktyda I*, występuje tam jako jako warstwa II.

Wartswa II, Obój wędrujący

Charakter gestu	Surogat gestu drugiego rzędu. Frazy muzyczne wykonane na oboju, o łagodnym narastaniu i wybrzmiewaniu
Charakter substancji / obiektu	<p>Obiektem są tonalne frazy muzyczne, wykonane na oboju.</p> 
	Przeźren spektralna zdefiniowana brzmieniem instrumentu.
	Gęstość spektralna pełna, ustanowiona frazowaniem.
Charakter ruchu i energii	Ruch: wznoszący i opadający; charakter ruchu związany z gestem, energią: przeciągany, przepływający.
Charakter zachowania	Powtarzane, nieznacznie modyfikowane frazy, o wyraźnej artykulacji, grane tęsknie.
	Stopień relacji rytmicznych i harmonicznycn między dźwiękami ściśle, muzycy nawiązują w improwizacjach do obiektu, tworząc muzyczne i przestrzenne kontrapunkty.
Charakter wymowy	Śpiewność instrumentu, barwa, charakter i wykonanie fraz ma dalekie powiązanie ze śpiewem, ludzkim bądź ptasim.
Charakter wizji	Abstrakcyjny
Charakter środowiska	--
Charakter przestrzeni	Wędrujące frazy muzyczne pojawiają się w różnych miejscach sferycznej przestrzeni dźwiękowej, pobudzając różnego rodzaju nieprzylegające do siebie przestrzenie do rezonowania z różnych nieoczywistych kierunków.

Warstwa III, temat muzyczny grany przez muzyków

35 $\text{♩} = 80$ slow twisted rumba

~5:33

B♭ Tpt.

Drs.

Pno.

Db.

p Am E7(♯9)Am E7(♯9)Am E7(♯9)Am E7(♯9)Am E7(♯9)Am E7(♯9)Am E7(♯9)Am

Mrocznie *mf*

pizz mp

Am E7(♯9)Am E7(♯9)Am E7(♯9)Am E7(♯9)Am E7(♯9)Am E7(♯9)Am E7(♯9)Am

42

(oboe)

Powtarzać frazy za obojem improwizując, zmieniając kierunek i miejsce na scenie

Am E7(♯9) Gm C Gm C Gm C Gm E7(♯9) Am E7(♯9)

Am E7(♯9) Gm C Gm C Gm C Gm E7(♯9) Am E7(♯9)

48

sim.

Grać w koło aż do przeniknięcia c.a. 55s do [-7:35]

Grać w koło aż do przeniknięcia c.a. 55s do [-7:35]

Grać w koło aż do przeniknięcia c.a. 55s do [-7:35]

Grać w koło aż do przeniknięcia c.a. 55s do [-7:35]

sim.

Grać w koło aż do przeniknięcia c.a. 55s do [-7:35]

Am E7(♯9) Gm C Gm C Am E7(♯9)Am E7(♯9)Gm C Gm C

Am E7(♯9) Gm C Gm C Am E7(♯9)Am E7(♯9)Gm C Gm C

Zwiastowanie [7:35 – 9:26]

ANIOŁ

... Wy nie rozumiecie, Wy tylko Niszczycie,

Wy nie Idziecie do przodu, tylko Tratujecie.

Porzućcie ślepe Dzieci, zagubione,

Wśród trupami usłanych pól Rzezi, w bagnach Krwi:

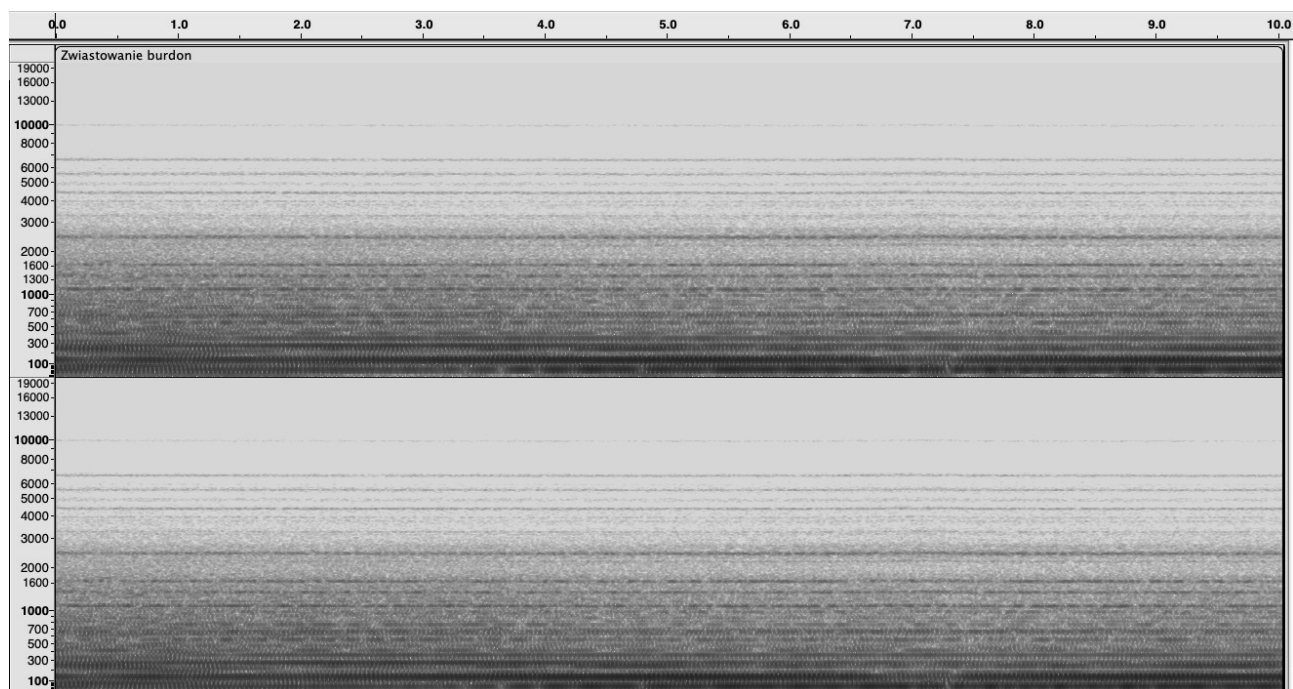
ZATRZYMAJCIE SIĘ!

[Kushner, fragment tekstu Anioły w Ameryce, przekład: Jacek Poniedziałek]

Zwiastowania anielskie to sceny w spektaklu pełne sprzecznych emocji, lęku, nadziei, a także humoru. Mieszają się tu różne światy, rzeczywisty z nierealnym, dramat z burleską, wzniosłe z przyziemnym, powaga z satyrą, mądre z głupim. *Zwiastowanie* w *Suicie* pojawia się jako motyw muzyczny grany przez muzyków na tle zstępującej z góry, wirującej coraz szybciej ściany dźwięku (warstwa I i II), która porywa również muzyków improwizujących coraz bardziej *free*. W kulminacyjnym momencie elektronika na żywo przetwarza improwizowaną partię trąbki i zamienia w symfonię krótkich powtórzeń, obłoków ziaren i transpozycji targanych w przestrzeni dookoła i nad widownią. Poniżej opis poszczególnych warstw utworu.

Warstwa I burdon

Charakter gestu	Brak wyraźnego gestu.
Charakter substancji / obiektu	Ton: mikstura tonu harmonicznego o wyraźnej podstawie 55Hz (A ₁), oraz metalicznego szumu.
	Przestrzeń spektralna: z początku przezroczysta, w momencie kulminacji wypełniona.
	Gęstość spektralna: wypełniona, w wyższych rejestrach przezroczysta.
Charakter ruchu i energii	Ruch: brak ruchu w spektromorfologii, energia i częstotliwości zmieniają się stale, od wysokich częstotliwości do pełnego pasma.
	Faktura ruchu: ciągła.
Charakter zachowania	Stopień relacji rytmicznych i harmonicznnych między dźwiękami ściśle.
Charakter wymowy	Dźwiękowy relief, stale obracający się dookoła widowni, przez stopniowe przetworzenie filtrem przybiera na masie i staje się coraz bardziej monumentalny.
Charakter wizji	Abstrakcyjna, otwierające się niebiosy, spływające na ziemię anielskie moce.
Charakter środowiska	--
Charakter przestrzeni	Burdon pojawia się z początku tylko w górnych głośnikach, i tylko jego wysokie pasmo. Następnie ruchem obrotowym spływa bokami i nabiera masy oraz przyspieszenia.



Rys 17: Spektrogram warstwy I Zwiastowania

Warstwa II obłoki strun

Charakter gestu	Surogat gestu drugiego rzędu. Tremolo wykonane smykkiem na strunach cymbałów białoruskich,
Charakter substancji / obiektu	Ton: harmoniczny,
	Przeźroczystość spektralna: zdefiniowana brzmieniem instrumentu. Gęstość spektralna: przezroczysta.
Charakter ruchu i energii	Charakter ruchu związany z gestem, energią i częstotliwością: wynikający z artykulacji <i>tremolando</i> smykkiem po strunach cymbałów.
	Faktura ruchu: ciągła; faktury: wzburzone.
Charakter zachowania	Stopień relacji rytmicznych i harmonicznych między dźwiękami: ściśle
Charakter wymowy	Uzupełnia burdon w warstwie I, jest jego bardziej ruchliwym i energicznym uzupełnieniem.
Charakter wizji	Abstrakcyjny. Obłoki zstępujące z nieba.
Charakter środowiska	--
Charakter przestrzeni	Podobnie jak warstwa I, obiekt pojawia się w górze i ruchem spiralnym opada zwiększając tempo obrotów.

Pęknięte niebo [9:26 – 12:14]

PRIOR

Przeżyłem straszne rzeczy, ale są ludzie, którzy przeżywają jeszcze, jeszcze gorsze, a mimo to... chcą żyć. Może to zwierzęcy instynkt. Może odważniej jest nie żyć. Ale ja jestem uzależniony od życia. Żyjemy pozbawieni nadziei. Gdybym mógł odnaleźć nadzieję w czymkolwiek, to by mi wystarczyło. To jest tak mało, tak niedoskonale, a jednak... Pobłogosławcie mnie. Chcę żyć.

[Kushner, fragment tekstu Anioły w Ameryce, przekład: Jacek Poniedziałek]

W spektaklu halucynacje bohaterów spowodowane lekami i cierpieniem stają się mieszanką dziwnych wizji, w których patos i majestat cierpienia, samotności i śmierci odbijają się w krzywym zwierciadle humoru i satyry. W *Suicie* część zawarta w czasie 9:26 do końca nagrania to utwór stanowiący „muzyczną scenografię” scen odbywających się w pękniętym niebie. Wykonywany jest przez muzyków improwizujących w wyznaczonych ramach do przestrzennej taśmy, warstwy elektronicznej, w której pobrzmiewają echa anielskich śpiewów, nieoczywistych, niepokojących dźwięków i spektromorfologii, nawiązujących do pękającej faktury, rozsypującego się świata. Obiektami dźwiękowymi stają się tu dźwięki wydobywane z instrumentu Handsonic (warstwa I, II), organów Hammonda (warstwa III), fortepianu (warstwa IV) wokalizy sopranu (warstwa V). Całość domykają muzycy, dialogujący z „taśmą”, oraz elektronika na żywo, przetwarzająca partię trąbki, przenosząca ją do przestrzeni o innych wymiarach, różnych wielkościach i barwach. Poniżej szczegółowy opis wszystkich warstw.

Warstwa I, szarpane dźwięki wydobywane z instrumentu Handsonic

Charakter gestu	Surogat gestu trzeciego rzędu, szarpane dźwięki o niespotykanych w naturze spektromorfologiach, mogących kojarzyć się z szarpaniem, pękaniem strun, z cyfrowymi zakłóceniami sygnału (<i>glitch</i>).
Charakter substancji / obiektu	Ton: nieharmoniczny, perkusyjny.
	Przebieg spektralny: wypełniona, przerywana.
	Gęstość spektralna: wypełniona, szczególnie w najniższych częstotliwościach
Charakter ruchu i energii	Ruch: kierunkowy; charakter ruchu związany z gestem, energią i częstotliwością: szarpnięty, uderzany.
	Faktura ruchu: przerywany, nieokresowy.
Charakter zachowania	Stopień relacji rytmicznych i harmonicznym między dźwiękami luźny.
Charakter wymowy	Dźwięki kojarzące się ze zrywaniem struny, szarpane, zacinające się, niepokojące.
Charakter wizji	Abstrakcyjny
Charakter środowiska	--
Charakter przestrzeni	Zajmuje frontalną przestrzeń, skoncentrowaną na muzyków.


Warstwa II, akordy wydobywane z instrumentu Handsonic

Charakter gestu	Surogat gestu drugiego rzędu, dźwięki mocno nawiązujące do brzmienia gamelanu.
Charakter substancji / obiektu	Ton: harmoniczny, metaliczny. Rozpoznawalne wysokości dźwięków, pojawiających się w różnych konfiguracjach: b, a, g, czasami nieoczywista morfologia obwiedni, bez ataku, samo wybrzmienie.
	Przestrzeń spektralna: wypełniona.
	Gęstość spektralna: pełna, nieprzeźroczysta.
Charakter ruchu i energii	Ruch: kierunkowy, narastający, dryfujący.
	Faktura ruchu: przerywany, okresowy, stały.
Charakter zachowania	Stopień relacji rytmicznych i harmonicznych między dźwiękami ścisłe.
Charakter wymowy	Stanowi harmoniczne tło dla improwizujących muzyków. Jest jakby stale nawracającą, urywaną frazą.
Charakter wizji	Abstrakcyjny.
Charakter środowiska	--
Charakter przestrzeni	Podobnie jak w warstwie I, przestrzeń szeroka i frontalna, tworząca horyzont dla muzyków.

Warstwa III, klaster z organów Hammonda

Charakter gestu	Brak wyraźnego gestu, ściana dźwięku stworzona przez organy Hammonda.
Charakter substancji / obiektu	Ton: harmoniczny, klaster złożony z dźwięków Fis, g, a, b.
	Przebieg spektralny: rozproszony.
	Gęstość spektralna: przezroczysta.
Charakter ruchu i energii	Ruch: brak wyraźnego ruchu, jedynie fluktuacje i modulacje spektromorfologiczne uzyskane obracającymi się głośnikami, niewielkimi fluktuacjami klastra w skali mikrotonalnej, zmianami registrów.
	Faktura ruchu: zmiany i modulacje nieokresowe, pojawiające się w różnych częstotliwościach i natężeniach.
Charakter zachowania	Stopień relacji rytmicznych i harmonicznych między dźwiękami luźny.
Charakter wymowy	Obiekt tworzy rodzaj pływającej w przestrzeni kurtyny.
Charakter wizji	Abstrakcyjny.
Charakter środowiska	Ze względu na stały charakter dźwięku, może tworzyć wrażenie surrealistycznej atmosfery panującej w tej przestrzeni.
Charakter przestrzeni	Obiekt zajmuje przestrzeń dookoła przy zastosowaniu pogłosów i powtórzeń, nieznacznie przemieszcza się dookoła widowni w płaszczyźnie horyzontalnej.

Warstwa IV, fortepian.

Charakter gestu	Surogat gestu drugiego rzędu, frazy wykonane na fortepianie.
Charakter substancji / obiektu	Różne wariacje motywu: 
	Przeźrenie spektralna: wyższe częstotliwości brzmienia są przygaszone.
	Gęstość spektralna: wypełniona na przestrzeni środkowej.
Charakter ruchu i energii	Ruch: przepływający, senny, przerywany, niedokończony, zawieszony.
	Faktura ruchu: powtarzalny, zatrzymywany postęp, mikrowariacje motywu; zwalniające przy każdym powtórzeniu.
Charakter zachowania	Stopień relacji rytmicznych i harmonicznycn między dźwiękami ściśle.
Charakter wymowy	Nagrane w studio partie fortepianu mają być lustrzanym odbiciem partii granych na żywo, tylko dochodzącym jakby zza szyby, z innego świata, będącym odbiciem i powidokiem żywego instrumentu.
Charakter wizji	Abstrakcyjny
Charakter środowiska	--
Charakter przestrzeni	Obiekt umiejscowiony w przestrzeni frontalnie, ale dalej i głębiej niż instrument żywy. Pogłos i powtórzenia rozmieszczone dookólnie.

Warstwa V, wokalizy.

Charakter gestu	Surogat gestu drugiego rzędu, wokalizy sopranowe.
Charakter substancji / obiektu	Improwizowane frazy sopranu.
	Przeźródłość spektralna: określona głosem sopranu.
	Gęstość spektralna: wypełniona.
Charakter ruchu i energii	Ruch: narastający, wygaszany, wznoszący, dryfujący.
	Faktura ruchu: przerywany; nieokresowy, urozmaicony.
Charakter zachowania	Stopień relacji rytmicznych i harmonicznym między dźwiękami: ścisły, tonalny, w skali g moll, rytmicznie relacje luźne.
Charakter wymowy	Głos pojawiający się w różnych przestrzeniach, różnych odległościach i kierunkach, sprawia wrażenie błędzącego w wymagowanych przestworzach.
Charakter wizji	Sprzyja wyobrażeniu (wizualizacji) anielskich postaci zagubionych i nawołujących się.
Charakter środowiska	--
Charakter przestrzeni	Głos w każdej chwili dochodzi z innego miejsca, pogłosy i powtórzenia fraz dochodzą z różnych, niezależnych stron, tworząc feerię różnych, przenikających się przestrzeni dookoła i nad widownią.

Warstwa VI, improwizacje

Zespół muzyczny improwizuje dowolnie, ale w ściśle określonych ramach. Pianista ma za zadanie improwizować do wcześniej nagranej partii fortepianu i dialogować z nią mając do dyspozycji wąską paletę dźwięków. Frazy nagrane i odtwarzane miksują się tworząc głębię przestrzeni. Kontrabasista ma dialogować z warstwą I, szczególnie ze spektromorfologiami występującymi w najniższych pasmach. Perkusista ma uzupełniać rytm następujących po sobie dźwięków, trębacz improwizować w dialogu z wokalizami. Partia trąbki przetwarzana jest przez elektronikę na żywo kontrapunktując przestrzennie głos sopranu. Improwizacje mają być utrzymane w zgodzie ze spektromorfologią obiektów dźwiękowych.

66 **STOP**

9:26 12:14

B♭ Tpt. Improv: dialog z partią sopranu c.a. 2:44s

Drs. Improv: dialog z rytmem c.a. 2:44s

Pno. Dialog z partią fortepianu c.a. 2:44s
impov wokół dźwięków:
pp

Db. pizz Improv: dialog z basem c.a. 2:44s

3.4 Podsumowanie

Praca nad przestrzenną muzyką do spektaklu *Anioły w Ameryce* była dla mnie polem ciekawych eksperymentów i źródłem wielu nowych odkryć. Myślenie o muzyce jako o przestrzennej formie sztuki bardzo mnie inspiruje, zarówno w procesie tworzenia utworu, jak i jego słuchaniu, tłumaczeniu i analizie. Dostępne narzędzia do pracy nad dźwiękiem przestrzennym dają coraz więcej możliwości. Format ambisoniczny i binauralny staje się standardem, dźwięk obiektowy funkcjonuje w kinie od dłuższego czasu, multimedialne sale koncertowe wyposażone w wielogłośnikowe instalacje akustyczne są coraz powszechniejsze, przestrzenny dźwięk cyfrowy coraz częściej gości w domach odbiorców, dzięki szybkim łączom internetowym.

Teatr jest miejscem, w którym powstaje szczególna, synkretyczna przestrzeń. Scenografia, światło, dźwięk, ale przede wszystkim dramaturgia, emocje niesione przez aktorów tworzą razem jeden przestrzenny organizm, immersyjną przestrzeń zdolną całkowicie pochłonąć odbiorcę. Nie sposób oddzielić od niej muzykę, skupić się na niej, wyabstrahować, mimo że czasem wychodzi na pierwszy plan, czasem jest substytutem i dopełnieniem emocji, czasem schodzi na plan dalszy, zawsze współtworzy jedność z innymi elementami dramatu. W *Aniołach w Ameryce* zadaniem muzyki było współtworzenie tej wciągającej widza, immersyjnej przestrzeni, przy wykorzystaniu nowoczesnych środków i technik.

W przypadku *Suity na czterech muzyków i wiele głośników* muzyka przestrzenna zyskuje większą niezależność. Sytuacja koncertowa ma z teatrem wiele wspólnego, muzycy tworzą rodzaj przestrzeni, stają się częścią widowiska, jednak łatwiej odbiorcy skupić się tylko na muzyce. Przestrzenność uzyskana w warstwie nagranej oraz w elektronice na żywo jest tu również znacznie doskonalsza. W Teatrze Ludowym w Krakowie było do dyspozycji osiem kanałów, zasilających siedem głośników rozmieszczonych dookoła i nad widownią oraz *subwoofer*, a „taśma” przygotowana została techniką wielokanałowej stereofonii amplitudowej. W świetnie zaadaptowanej akustycznie Sali im. K. Szymanowskiego na Uniwersytecie Muzycznym Fryderyka Chopina w Warszawie muzykom towarzyszyły głośniki zainstalowane dookoła i nad widownią, oraz „taśma” przygotowana w technice obiektowego dźwięku Dolby Atmos. Rozdzielczość przestrzenna *Suity* przewyższyła znacznie tę z sali Teatru Ludowego.

Binauralny miks koncertu to próba przeniesienia przestrzennych doznań z koncertu, wykonanego na żywo w multimedialnej sali pełnej głośników, do zaledwie pary słuchawek. Choć jest to pewnego rodzaju substytut, w niemałym stopniu sprawdza się jako utrwalenie przestrzennej

formy. Oddaje wrażenie ruchu i przestrzenności dźwięku, jednakże cała przestrzeń mieści się niejako w głowie. Dźwięk binauralny nie oddaje w pełni perspektywy głębi, źródeł dźwięku będących w pewnej odległości od słuchacza. Nie w pełni również udaje się oddać wrażenie wysokości wertykalnej – kierunków dźwięku znad głowy. Być może są to efekty funkcji przenoszenia związanych z budową głowy (*Head Related Transfer Functions HRTF*), które są dla każdego inne. Używanie słuchawek i dźwięku binauralnego ma jednak kilka ważnych zalet: daje bliski i intymny kontakt z dźwiękiem, odbierana przestrzeń dźwiękowa nie jest zależna od umiejscowienia słuchacza w sali, tak jak to ma miejsce w Teatrze lub w sali koncertowej. Pozwala na doświadczenie pełnej immersji i zatraceniu się w dźwiękowej przestrzeni. Jest to nieporównywalnie głębszy rodzaj zanurzenia w dźwięku niż w czasie słuchania muzyki będącej częścią spektaklu. Eksperymenty dowiodły również, w jak wielkim stopniu przestrzeń odbierana jest zależna od umiejscowienia odbiorcy na widowni w teatrze. Im dalej od środka sali, tym słabiej słyhać spektromorfologię przestrzeni. Miejsca skrajne w zasadzie zupełnie nie oddają tego, co zamierzone zostało w przestrzennej kompozycji. To najsłabsza strona stereofonii amplitudowej zastosowanej w teatrze – wąski obszar pola „*sweet spot*”, czyli obszaru, w którym przestrzeń skomponowana w utworze w pełni jawi się słuchaczowi. W przypadku zastosowania allocentrycznej technologii obiektowej, obszar idealnego odsłuchu znacznie się powiększa i obejmuje niemal całą salę.

W mojej przygodzie z muzyką przestrzenną natrafiłem na spektromorfologię Smalleya, która otworzyła ścieżkę głębszej analizy muzyki jako sztuki przestrzennej. Chociaż niektóre pojęcia wydają się być zbyt skomplikowane i niejasne (w mojej pracy wybrałem zaledwie część jego idei dotyczących spektromorfologii i morfologii przestrzeni), myśli tego kompozytora są bardzo inspirujące i mogą być świetnym punktem wyjścia do dalszych badań muzyki przestrzennej, w kontekście nowych technologii i estetyki dźwięku przestrzennego, kompozycji i produkcji muzycznej oraz fonografii.

Bibliografia

- Austin Larry, *Sound Diffusion in Composition and Performance Practice II: An Interview with Ambrose Field*, w: „Computer Music Journal”, Vol. 25, No. 4, 2001, s. 21-30
- Austin Larry, *Sound Diffusion in Composition and Performance: An Interview with Denis Smalley*, w: „Computer Music Journal” Vol. 24 no. 2 2000, s. 10-21.
- Ballou Glen, *Handbook for sound engineers, fifth edition*, Focal Press, 2015.
- Bates Enda, *The Composition and Performance of Spatial Music*, Dublin 2009.
- Blauert Jens, *Spatial Hearing The Psychophysics of Human Sound Localization*, MIT press, London 1997.
- Bocheński Józef Maria, *Współczesne metody myślenia*, wydawnictwo „W drodze”, Poznań 1988.
- Boren Braxton, *History of 3D Sound*, w: *Immersive Sound, the Art and Science of Binaural and Multichannel Audio*, red: Agnieszka Roginska, Paul Geluso, Focal Press, New York 2018, s. 40-62.
- Bosun Xie, *Spatial Sound—History, Principle, Progress and Challenge*, w: „Chinese Journal of Electronics” Vol.29, No.3 2020, s. 397-416.
- Camilleri Lelio, *Shaping sounds, shaping spaces*, w: „Popular Music” vol. 29, no.2 2010, s. 199-211.
- Chapman Michael, Ritsch Winfried, Musil Thomas, Zmölnig Iohannes, Pomberger Hannes, Zotter Franz, Sontacchi Alois, *A Standard for Interchange of Ambisonic Signal Sets Including a File Standard with Metadata*, Ambisonics Symposium, Graz 2009.
- Chion Michel, *Guide To Sound Objects*, tłum: John Dack, Christine North, monoskop.org, London 2012.
- Clarke Michael, *Analysing Electro-acoustic Music: an Interactive Aural Approach*, „Music Analysis”, Vol. 31, No. 3 2012, s. 347-380
- Daniel Jerome, *Spatial Sound Encoding Including Near Field Effect: Introducing Distance Coding Filters and a Viable, New Ambisonic Format*, AES 23rd International Conference, Kopenhaga 2003.

- Dufourt Hugues, *Muzyka spektralna*, tłum. Ewa Schreiber, red. Jan Topolski, w: „Musique, pouvoir, écriture”, Christian Bourgois, Paris 1991, s. 289–294.
- Eno Brian, *Ambient*, w: *Kultura dźwięku*, red: Christoph Cox, Daniel Warner, Słowo/obraz terytoria, Gdańsk 2010.
- Figzał Magdalena, *Przestrzenie muzyczne w polskim teatrze współczesnym*, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 2017
- Galejev Bulat, *Spatial Music*, dostęp: http://prometheus.kai.ru/pr-mys_e.htm
- Geluso Paul, *Stereo*, w: *Immersive Sound, the Art and Science of Binaural and Multichannel Audio*, red: tenże, Agnieszka Roginska, Focal Press, New York 2018, s. 63-87.
- Gerzon Michael, *Surround Sound Psychoacoustics*, w: „Wireless World” 1974
- Gerzon Michael, *The Principles of Quadraphonic Recording Part One: Are Four Channels Really Necessary?*, w: „Studio Sound” vol.12, 1970, s. 338-342.
- Gerzon Michael, *The Principles of Quadraphonic Recording Part Two: The Vertical Element*, w: „Studio Sound” vol.12, 1970, s. 380-384.
- Glover Richard, Harrison Bryn, *Overcoming Form: Reflections on Immersive Listening*, University of Huddersfield Press 2013.
- Harley Maria, *From Point to Sphere: Spatial Organization of Sound in Contemporary Music (after 1950)*, w: „Canadian University Music Review” no. 13, 1993
- Harley Maria, *Space and Spatialisation in Contemporary Music*, McGill University, Montreal 1994.
- He JianJun, *Spatial Audio Reproduction with Primary Ambient Extraction*, SpringerBriefs in Signal Processing, 2017
- Henriksen Ekeberg, *Space in Electroacoustic Music: Composition, Performance and Perception of Musical Space*, City University, London 2002.
- Holman Tomlinson, *Surround sound: Up and running*, Focal Press, New York 2008.
- Kearney Gavin, Bates Enda, Boland Frank, Furlong Dermot, *A Comparative Study of the Performance of Spatialization Techniques for a Distributed Audience in a Concert Hall Environment*, AES 31st International Conference, London 2007.

- Knittel Krzysztof, *Kompozycja muzyczna w formach audiowizualnych*, w: *Multimedia – Estetyka – Dźwięk, Tom I*, red: J.Napieralska, A.Gronau-Osińska, B.Okoń-Makowska, Chopin University Press, Warszawa 2017.
- Kostadinov Dimitar, Reiss Joshua D., Mladenov Valeri, *Evaluation of Distance Based Amplitude Panning for Spatial Audio*, Queen Mary University, London 2010.
- Letwoski Tomasz, Letowski Szymon, *Auditory Spatial Perception: Auditory Localization*, „Army Research Laboratory”, Aberdeen Proving Ground 2012.
- Lipka Krzysztof, *Abstrakcja i przestrzeń*, Chopin University Press, Warszawa 2017.
- Lossius Trond, Pascal Baltazar, de la Hogue Theo, *DBAP - Distance-Based Amplitude Panning*, University of Michigan, 2009.
- Macedo Frederico, *Phenomenology, Spatial Music and the Composer: Prelude to a Phenomenology of Space in Electroacoustic Music*, Proceedings of the International Computer Music Conference, Huddersfield 2011.
- Mróz Bartłomiej, Kostek Bożena, *Eksternalizacja w binauralnej ambisonicznej auralizacji źródeł kierunkowych*, w: „Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej” Nr 60 2018, s. 75-80.
- Nicol Rozenn, *Sound Spatialization by Higher Order Ambisonics: Encoding and Decoding a Sound Scene in Practice From a Theoretical Point of View...*, 2nd International Symposium on Ambisonics and Spherical Acoustics, Paris 2010.
- Nicol Rozenn, *Sound Field*, w: *Immersive Sound, the Art and Science of Binaural and Multichannel Audio*, red: Agnieszka Roginska, Paul Geluso, Focal Press, New York 2018, s. 276-310.
- Nowak Weronika, *Przestrzeń w dziele muzycznym jako przedmiot badań muzykologii*, w: „Perspektywy kultury” 1/2015, s. 13-26.
- Nożyński Szymon, *Akuzmatyka, koncepcja nażywości i słuchanie ambientowe. Dźwięk we władaniu medium*, Słuchanie Medium, red: M.Olejniczak, T.Misiak, 2020
- Ojala Juha, *Space in musical semiosis: An abductive Theory of the Musical Composition Process*, The International Semiotics Institute, Helsinki 2009.
- Oland Anders, Dannenberg Roger, *Loudness Concepts & Pan Laws, Introduction to Computer Music*, Carnegie Mellon University 2021.

- Osiński Witold, *Przestrzeń w obrazie fonograficznym*, dostęp: <https://smp.uph.edu.pl/>
- Peters Nils, Braasch Jonas, McAdams Stephen, *Sound spatialization across disciplines using virtual microphone control (ViMiC)*, *Journal of Interdisciplinary Music Studies*, 5/2/2011, s. 167-190.
- Polony Leszek, *Przestrzeń i muzyka*, Akademia Muzyczna Kraków 2007.
- Pulkki Ville, *Uniform Spreading of Amplitude Panned Virtual Sources*, Helsinki University of Technology 1999.
- Schaeffer Pierre, *Sound Objects*, w: *Kultura dźwięku*, red: Christoph Cox, Daniel Warner, Słowo/obraz terytoria, Gdańsk 2010.
- Schreiber Ewa, *Muzyka i metafora*, Narodowe Centrum Kultury, Warszawa 2012.
- Schreiber Ewa, *Muzyka wobec doświadczeń przestrzeni i ruchu: między metaforą pojęciową a percepcją*, w: „Sztuka i filozofia” 40/2012, s. 103-117.
- Smalley Denis, *Defining Timbre- Refining Timbre*, w: „Contemporary Music Review” Vol.10/2 1994, s: 35-48.
- Smalley Denis, *Space-form and The Acousmatic Image*, w: „Organised Sound” 12/1/2007, s. 35-38.
- Smalley Denis, *Spectromorphology in 2010*, w: Gayou, E. *Denis Smalley: Polychrome Portraits n.15*. s. 89-101, Paryż 2010.
- Smalley Denis, *Spectromorphology: explaining sound shape*, „Organised Sound” 2(2) 1997, s. 107-126.
- Smalley Denis, *The listening imagination: listening in electroacoustic era*, w: „Contemporary Music Review” nr 77, 1996
- Szymańska-Stułka Katarzyna, *Idea przestrzeni w muzyce*, Chopin University Press, Warszawa 2015.
- Tabakiernik Marta, *Wstęp do spektromorfologii*, „Res Facta Nova” 15(24).2014, s. 291-299.
- Tsingos Nicolas, *Object-Based Audio*, w: *Immersive Sound, the Art and Science of Binaural and Multichannel Audio*, red: Agnieszka Roginska, Paul Geluso, Focal Press, New York 2018, s. 244-275.

- Varese Edgar, Wen-chung Chou, *The Liberation of Sound*, w: „Perspectives of New Music” Vol. 5, No. 1 1966, s. 11-19.
- Wagner David, Bruemmer Ludger, Dipper Goetz, Otto Jochen Arne, *Introducing the Zirkonium MK2 System for Spatial Composition*, Institute for Music and Acoustics, Karlsruhe 2014.
- Zydlewska Agnieszka, Grabowska Anna, *Percepcja krosmodalna*, w: „Neuropsychiatria i Neuropsychologia” 6,2, 2011, s. 60-70.