

4. Kryteria przestrzeni muzyczno - akustycznej.

4.1. Zjawisko narastania, pogłosu i dogłosu.

W zjawisku dźwiękowym, które dochodzi do naszego ucha zawarte są wszystkie kryteria przestrzeni akustycznej. Pomieszczenie, podobnie jak instrumenty muzyczne, posiada swój specyficzny proces narastania. Dźwięki z określonego źródła dochodzą bowiem do naszego ucha nie tylko bezpośrednio, ale również jako fale odbite, przy czym dzięki tym akustycznym właściwościom pomieszczenia uformowane zostaje ogólne wrażenie dźwięku. Proces narastania dźwięku słyszy się co najmniej tak długo, aż nie dojdzie do ucha ostatnia fala odbita, tj. fala biegnąca najdłuższą drogą.

Otrzymany stan nieustalony - dogłos - określa przedłużony proces narastania i podobnie jak pogłos może się w określonych warunkach fizycznych przekształcić w niepożądane w muzyce zjawisko echa. Efekt echa staje się zauważalny wówczas, gdy różnica czasu pomiędzy dojściem do ucha fali bezpośredniej a odbitej wynosi więcej niż 50 ms i w tym czasie nie dochodzą do ucha żadne fale będące wynikiem innych odbić. Czas 50 ms odpowiada drodze fali wynoszącej 17 m. Jeśli długość sali lub studia przekracza 17 m, eliminacja echa staje się poważnym problemem, który jednak daje się rozwiązać.

Definicja wyrazistości podana przez R. Thile'a, operuje stosunkiem energii w pierwszych 50 ms do łącznej energii procesu wybrzmiewania. W ten sposób powstało nowe pojęcie, które ma wielkie znaczenie również dla muzyki. Duża wyrazistość sali łączy się jednak z utratą pełni brzmienia i płynności przebiegu muzycznego. Taka wyrazistość jest korzystna dla muzyki współczesnej i form polifonicznych, nie jest jednak pożądana w przypadku muzyki romantycznej.

Dla muzyków "suche" akustycznie sale, o przesadnej nieraz wyrazistości, są nieprzyjemne również z innego powodu. W salach takich najdrobniejsze niedokładności gry są łatwo zauważalne. W pewnym stopniu rekompensuje je fakt, że nierównoczesnych wejść dźwięków w grze zespołowej przez okres 50 ms nie zauważa się, gdyż następujące po sobie wejścia stapiają się dzięki bezwładności ucha. W ten sposób powstaje korzystne działanie "efektu chórowego", polegającego na tym, że dźwięk złożony - na przykład skrzypiec - rozbudowuje się stopniowo przez dłuższy czas. To podkreślenie stanów nieustalonych wpływa korzystnie na charakter i barwę właściwego dźwięku. Z tego powodu instrumenty w zwielokrotnionej obsadzie orkiestrowej posiadają nieporównywalnie więcej blasku, niż pojedynczy instrument. Ponadto słuchacz skupia swoją uwagę na pierwszym dźwięku i nie przenosi jej na inne dźwięki, pojawiające się

bezpośrednio po nim. Na tej podstawie można określić przestrzenne czy kierunkowe działanie orkiestry ([36] str. 67-79).

Sztuka architektów i akustyków polega na takim zaprojektowaniu pomieszczenia, aby nie pojawiały się w nim wyraźne rezonanse, ponieważ w tych zakresach częstotliwości występuje podkreślenie wszelkich zjawisk dźwiękowych przy jednoczesnym stłumieniu dźwięków leżących poza tymi zakresami. Dlatego też wymaga się, aby charakterystyka częstotliwości była możliwie równomierna, aby możliwie wszystkie dźwięki w zakresie słyszalnych częstotliwości słyszane były z mniej więcej równym poziomem głośności.

Najmniejszą wartość czasu pogłosu dla wykonawstwa muzycznego ustalił M. Philippot na 0.8 s. Gdy podczas gry orkiestry dźwięk, na którym skoncentrowana była nasza uwaga, zostaje raptownie zerwany, to dopiero po upływie 0.8 s - jak ustalono za pomocą testów - dostrzegamy dźwięk innego instrumentu. Philippot uważa to za efekt psychologiczny, ponieważ uwaga odwraca się od pierwotnego źródła dźwięku do dźwięków tworzących pogłos, dochodzących z innych kierunków. W pomieszczeniu o czasie pogłosu krótszym niż 0.8 s nie jest możliwa płynność i ciągłość następstw dźwiękowych, uzyskiwana właśnie dzięki pogłosowi, ponieważ krótszy pogłos nie jest w ogóle spostrzegany ([36] str.72).

Jaki jest najodpowiedniejszy dla muzyki czas pogłosu ?

W całkowicie wypełnionych publicznością dużych salach filharmonicznych czas pogłosu dla częstotliwości 500 Hz wynosi 1.4 s - 2.2 s. W kościołach sięga on do 7 s i więcej. Odpowiednia jego wartość zależy od rodzaju wykonywanej muzyki. Z drugiej strony można stwierdzić, że dany styl muzyczny, czy gatunek muzyki rozwinął się w oparciu o dostępne w owym czasie pomieszczenia. W ogromnych, budowanych z kamienia, katedrach gotyckich o kubaturze sięgającej 250 000 m³ można było wykonywać jedynie homofoniczny chorał gregoriański o powolnym tempie, podczas gdy kościół św. Tomasza w Lipsku (18 000 m³), w którym czas pogłosu przy wypełnionym kościele wynosi tylko 1.7 s stworzył warunki dla rozwoju polifonicznej twórczości J. S. Bacha. Skrajnym przykładem jest tu nowoczesne "suche" studio, w którym najlepiej można ocenić kompozycje atonalne i dodekafoniczne.

Słuchacz muzyki w sposób bardzo czuły reaguje na najdrobniejsze różnice czasu pogłosu. Wykazały to rozlicznie prowadzone badania. Na przykład ocena nagrań zrealizowanych w szeregu studiów radiowych o różnych czasach pogłosu pozwoliła stwierdzić, że wykonanie Mozarta brzmi najlepiej, gdy czas pogłosu wynosi 1.5 s. Podobnie kształtuje się ocena w przypadku kompozycji Strawińskiego, podczas gdy dla utworów romantycznych większość słuchaczy określiła jako optimum czas pogłosu 2.1 s.

Jeśli pogłos jest zbyt długi, powoduje bardziej równomierny rozkład energii dźwiękowej wszystkich grup instrumentów, przez co jednak ztraca się wyrazistość

muzyki. Charakterystyczne dla muzyki i mowy stany nieustalone giną w pogłosie poprzedzającego dźwięku. Optymalna wartość czasu pogłosu dla muzyki orkiestrowej wynosi 2 s ([36] str. 72-74).

Poza bezpośrednim wpływem pomieszczenia na dźwięk i jego przebieg czasowy istnieją jeszcze inne formy oddziaływania akustyki pomieszczenia przy wykonywaniu muzyki.

Badania w tym zakresie wykazały, że pianista w wytłumionym pomieszczeniu odruchowo gra z większą siłą uderzenia, co oznacza większy wysiłek fizyczny, ograniczający swobodę kształtowania wyrazu artystycznego. W salach koncertowych zbyt silnie wytłumionych dyrygenci zmuszeni są do przerysowywania wejść instrumentów i dynamiki, co męczy ich fizycznie. U śpiewaków można wykazać nawet bezpośredni wpływ akustyki pomieszczeń na fizjologiczny mechanizm wydobywania głosu ([36] str. 75-79).

4.2. Analiza czynników decydujących o jakości akustycznej studiów muzycznych.

Akustyka studiów muzycznych to jedna z dziedzin nacechowanych zbieżnością problemów technicznych i artystycznych. Wpływ czynników akustycznych studia na jakość obrazu dźwiękowego odbieranego przez mikrofon można porównać z działaniem rezonatora instrumentu muzycznego. Trzeba dodać, że produkcja takiego "instrumentu" jest niezwykle kosztowna i odpowiedzialna; tym bardziej że obecnie nie istnieją konkretne zalecenia, normy czy standardy dotyczące akustyki studiów muzycznych.

Zastanawiając się nad przyczynami trudności projektowania akustycznego należy stwierdzić, że kłopot sprawia tu nie tylko strona techniczno - projektowa, lecz również - albo przede wszystkim - ustalenie nie budzących wątpliwości kryteriów dźwiękowych, na podstawie których można by ustalić żądane parametry techniczne. Projektanci akustyki przyjmują szereg zaczerpniętych z literatury założeń, które nie zawsze oparte są na wystarczającej analizie psychologiczno-muzycznej i statystycznej. Dotyczy to zarówno studiów muzycznych, jak i sal koncertowych. Obecnie w Polsce buduje się wiele studiów nagraniowych o dużym tłumieniu, małych czasach pogłosu. Projektanci tłumaczą, że pomaga to w kształtowaniu barw instrumentów. Jednak opinie wielu muzyków są zupełnie inne. Brak komfortu w czasie gry oraz nienaturalne brzmienie instrumentów - to główne zarzuty, dotyczące wykonywania zarówno muzyki klasycznej, jak i rozrywkowej [18].

"Dopóki autorytatywne stwierdzenia w tej dziedzinie " - mówi Andrzej Rakowski z Akademii Muzycznej w Warszawie [30] - " nie będą się opierały na statystycznie

sprawdzalnych wynikach doświadczeń, w których udział wezmą muzycy, dopóty sztuka projektowania akustycznego nie wyrobi sobie wśród społeczeństwa wyższego autorytetu niż meteorologia."

Jedną z poważnych przeszkód w ustalaniu kryteriów oceny studiów i postulatów do ich projektowania jest trudność określania zależności, jakie wiążą subiektywne odczucia doznane w czasie percepcji obrazu dźwiękowego z ich fizycznymi przyczynami. Rzeczą pierwszej wagi jest tu ustalenie i zdefiniowanie podstawowych pojęć dotyczących jakości odbioru i produkowania dźwięku w pomieszczeniu. W literaturze fachowej opublikowanych zostało szereg propozycji w tym zakresie. Do opracowania zagadnienia dotyczącego czynników decydujących o jakości studiów muzycznych wykorzystane zostały pojęcia sformułowane w książce L.L. Beranka -"Music, Acoustics and Architecture" [2], T. Łętowskiego -"Słuchowa ocena sygnałów i urządzeń" [20] oraz w artykułach F. W. Winckela [37].

4.2.1. Intymność dźwięku (intimacy, presence)

Sala o niewielkich wymiarach posiada "intymność" akustyczną, gdy wykonywana w niej muzyka brzmi jak gdyby wykonywana była w niewielkim pomieszczeniu. Wrażenie to określane jest przez opóźnienie pierwszego odbicia, odstęp czasowy między dźwiękiem dochodzącym do ucha bezpośrednio a jego pierwszym odbiciem powracającym od ścian czy sufitu, stłumionym nie więcej niż 10 dB. W salach o dużej "intymności" akustycznej ściany i sufit są rozmieszczone geometrycznie, a opóźnienie pierwszego odbicia nie przekracza 20 ms.

Duża intymność akustyczna dla sali koncertowej jest cechą niezmiernie ważną. Wg. Beranka jest to zaleta niemal trzykrotnie ważniejsza od innych pozytywnych cech subiektywnego odczucia akustyki sali. Zależność oceny subiektywnej od czasu opóźnienia pierwszego odbicia jest niezwykle wyraźna [30], [2].

4.2.2. Pogłosowość, aktywność (liveness)

Pomieszczenie jest akustycznie aktywne wówczas, gdy jego objętość jest dostatecznie duża w stosunku do liczby osób znajdujących się wewnątrz oraz gdy jego ściany odbijają dźwięk w dostatecznym stopniu. Aktywność akustyczna sali nadaje właściwe brzmienie wykonywanej w niej muzyce.

Aktywność jest uzależniona w pierwszym rzędzie od czasu pogłosu dla średnich i wysokich częstotliwości (powyżej 500 Hz). Studio, sala koncertowa może być żywa i aktywna nawet wówczas, gdy jest uboga w brzmienie basów [30]

4.2.3. Pełnia brzmienia, ciepło brzmienia (warmth)

"Ciepłe" brzmienie muzyki w sali jest uzależnione od pogłosu na niskich częstotliwościach, zależy ono od pełni brzmienia basów. Aby muzyka w sali brzmiała "ciepło" konieczne jest występowanie dłuższego czasu pogłosu na niskich niż na średnich częstotliwościach [30]. W małych pomieszczeniach zdarza się niekiedy, że wskutek specyficznego rozmieszczenia rezonansów w niskim zakresie częstotliwości poszczególne niskie dźwięki muzyczne są wzmacniane przez pomieszczenie w różny sposób, czasami dość znacznie. Mówi się wówczas o "beczkowatym" brzmieniu. W takich przypadkach, w pomieszczeniach tych stosuje się tłumienie selektywne basów.

4.2.4. Głośność dźwięku pogłosowego (loudness of reverberant sound)

Natężenie dźwięku pogłosowego uzależnione jest od trzech czynników: od mocy dźwięku instrumentów, czasu pogłosu pomieszczenia oraz objętości sali.

Natężenie dźwięku pogłosowego wzrasta proporcjonalnie do czasu pogłosu pomieszczenia, a maleje proporcjonalnie do jego objętości. Dla określenia roli dźwięku pogłosowego stosuje się pojęcie tzw. stosunku akustycznego, czyli stosunku natężenia dźwięku bezpośredniego do odbitego.

4.2.5. Klarowność dźwięku (definition, clarity)

Klarowność następstw i współbrzmień dźwiękowych jest cechą uwarunkowaną w ogromnym stopniu przez rodzaj faktury muzycznej i przez czynniki wykonawcze. Niezależnie od tego, na klarowność brzmienia dźwięku w sali wpływają poważne czynniki akustyczne.

Pierwszym warunkiem akustycznym dużej klarowności jest krótki czas opóźnienia pierwszego odbicia. Gdy ten czas jest odpowiednio krótki, pierwsze odbicie dźwięku zwykle zlewa się z dźwiękiem bezpośrednim.

Drugim czynnikiem akustycznym jest dostatecznie wysoki poziom głośności dźwięku bezpośredniego we wszystkich miejscach studia (w studiach koncertowych dotyczy to głównie widowni).

Trzecim warunkiem klarowności jest utrzymywanie natężenia dźwięku odbitego na takim poziomie, by nie maskował on dźwięku bezpośredniego. Ogólnie biorąc - klarowność jest tym większa im mniejszy jest pogłos [30].

4.2.6. Jaskrawość dźwięku (brilliance)

Jaskrawość, to jasna, czysta barwa dźwięku. Występowanie tej cechy jest uzależnione od udziału wysokich tonów składowych w widmie dźwięku, ich słabszego pochłaniania i wolnego wybrzmiewania. Na jasność dźwięku wpływają głównie czas pogłosu dla wysokich częstotliwości i jego stosunek do czasu pogłosu na częstotliwościach średnich, odległość mikrofonu lub słuchacza od źródła dźwięku oraz stopień pochłaniania dźwięku w pomieszczeniu. Z zasady silniej tłumione są tony wysokie, dlatego wraz ze zwiększaniem się odległości od źródła dźwięku barwa dźwięku ulega przyciemnieniu [30].

4.2.7. Dyfuzyjność dźwięku, dyfuzyjność pomieszczenia (diffusion)

Dyfuzyjność dotyczy rozmieszczenia przestrzennego energii dźwięków odbitych. Dobra (duża) dyfuzyjność oznacza równomierne rozmieszczenie tej energii. Dźwięk pogłosowy dociera wówczas do mikrofonu (słuchacza) równomiernie ze wszystkich stron i jest on mniej więcej jednakowo silny w całym pomieszczeniu.

Dobrą dyfuzyjność pomieszczenia osiąga się przez nieregularne ukształtowanie powierzchni ścian i sufitu. Pożądane są wszelkie załamania, kolumny, nisze w ścianach itp.. Niekorzystnie zaś wpływają duże, gładkie powierzchnie odbijające, a także nisze wklęsłe, promieniujące równoległe wiązki odbitego dźwięku.

Dyfuzyjność dźwięku jest cechą akustyczną, która w wyraźny sposób poprawia estetykę słuchania orkiestry na sali koncertowej. Słuchacz odnosi wtedy wrażenie, że dźwięki orkiestry otaczają go ze wszystkich stron.

O dyfuzyjności można mówić jedynie w pomieszczeniach, które charakteryzują się pewną minimalną wartością pogłosu; dyfuzyjność jest cechą pogłosu, jest od jego wielkości bezpośrednio uzależniona [30].

4.2.8. Zniekształcenia barwy wskutek rezonansów pomieszczenia.

Zjawisko rezonansu akustycznego elementów wnętrza pomieszczenia może oddziaływać na barwę dźwięku. Pierwsza możliwość wytłumaczenia tego zjawiska to rezonansowe tłumienie energii dźwiękowej w określonym zakresie częstotliwości.

Powoduje to skrócenie czasu pogłosu i ogólne zmniejszenie poziomu natężenia dźwięku na częstotliwościach rezonansowych, a w rezultacie zniekształcenie brzmienia muzyki. Zjawisko to występuje najczęściej przy częstotliwościach niskich.

Druga możliwość to zniekształcenia obrazu dźwiękowego poprzez wzmocnienie określonych tonów bądź wręcz wywoływanie dodatkowych przydźwięków. Z typowym przykładem czynnego, selektywnego oddziaływania rezonansów mamy do czynienia w niewielkich, słabo wytłumionych pomieszczeniach o kształcie prostopadłościennym. Pomieszczenia te charakteryzują się układami wyraźnie oddzielonych rezonansów własnych w zakresie niskich częstotliwości. Im większe pomieszczenie, tym niżej w skali częstotliwości znajduje się zakres, w którym rezonanse własne wyodrębniają się indywidualnie.

Ze względu na swe występowanie w dolnym rejestrze skali muzycznej, rezonanse własne sali objawiają się w postaci nieoczekiwanego wzmocnienia tonów podstawowych niektórych niskich dźwięków, co powoduje zniekształcenia dynamiki i barwy utworu [30]. W niewielkich pomieszczeniach zaadaptowanych na studia muzyczne efekt ten zauważalny jest szczególnie jako charakterystyczne zniekształcenie głosu męskiego w mowie i śpiewie.

4.2.9. Ocena wpływu poszczególnych czynników akustycznych na ogólną jakość sali.

Każdy z omówionych powyżej czynników akustycznych, będąc przyczyną określonych zmian w ogólnym obrazie wykonywanej w studiu (sali) muzyki, przyczynia się w pewnym stopniu do poprawy lub pogorszenia tego obrazu. L. Beranek [2] dokonał analizy wymienionych cech oraz zbadał korelację wyników analizy z ocenami subiektywnymi jakości akustycznej sal koncertowych dokonywanymi przez muzyków. Na tej podstawie, na drodze statystycznej określił on wagi poszczególnych czynników.

We wstępie do pracy oraz w niniejszym rozdziale stwierdzono, że sala koncertowa i duże studio muzyczne przeznaczone do wykonania utworów orkiestrowych powinny posiadać podobne własności akustyczne, tj. charakteryzować się tymi samymi parametrami. Można przyjąć, że tabela określająca ważności (wagi) poszczególnych czynników, decydujących o jakości akustycznej sal koncertowych, odpowiada również studiom muzycznym.

Tabela nr 1

*Procentowe określenie wagi czynników akustycznych
wg. L. L. Beranka [2], [30].*

L.p.	KRYTERIUM OCENY	WSPÓLCZYNNIK WAGI	
		<i>sale koncertowe</i>	<i>sale operowe</i>
1.	INTYMNOŚĆ	0.40	0.40
2.	POGŁOSOWOŚĆ	0.15	0.15
3.	CIEPŁO BRZMIENIA	0.15	0.15
4.	GŁOŚNOŚĆ DŹWIĘKU BEZPOŚREDNIEGO	0.10	0.10
5.	GŁOŚNOŚĆ DŹWIĘKU POŚREDNIEGO	0.06	0.06
6.	STOPLIWOŚĆ BRZMIENIA	0.06	0.10
7.	DYFUZYJNOŚĆ	0.04	-----
8.	ŁATWOŚĆ GRY ZESPOŁOWEJ	0.04	0.04