Badanie akustyczne V1.0

Opera Śląska

Ul. Moniuszki 21 - 23
41902 Bytom (PL)

het geluidBuro

het geluidBuro

Badanie akustyczne V1.0

Opera Śląska

Ul. Moniuszki 21 - 23
PL-41902 Bytom

data:	14 czerwca 2017
konsultant:	Jan Bril
zleceniodawca:	Dysten Sp. z o. o. Osoba kontaktowa: Tymoteusz Willner ul. Grunwaldzka 91 PL-41-800 Zabrze
numer referencyjny:	PL-41902 - 21-23 WO 001-14-06-2017 V1.0

Hendrik Figueweg 1-U | 2031 BJ Haarlem | tel 088 681 88 20 | kvk 33 28 42 41 | mail

© 2017 by het GeluidBuro

Niniejszy raport może być wykorzystywany i kopiowany przez zleceniodawcę oraz strony zainteresowane o ile jest to związane z przeprowadzonym badaniem. Dalsze rozpowszechnianie w jakiejkolwiek formie poprzez powielanie, kopiowanie, przetrzymywanie w systemach wyszukiwania lub publikowanie elektronicznie czy też mechanicznie bez uprzedniej zgody het GeluidBuro jest zabronione.

Wszystkie zlecenia, łącznie z aneksami i rewizjami są akceptowane i przeprowadzane zgodnie z obowiązującymi zasadami DNR 2011.

Informacje użyte przez het GeluidBuro w badaniu dostarczone zostały przez różne zainteresowane strony. W związku z brakiem możliwości sprawdzenia tych informacji pod kątem ich dokładności, w raporcie mogą pojawić się pewne odstępstwa w stosunku do rzeczywistych miejsc i/lub budynków. Het GeluidBuro nie bierze odpowiedzialności za dane, których dokładność nie mogła zostać potwierdzona.

dB

Akoestiek zalen en studio's

Treść

1 Wprowadzenie 5

2 Dane techniczne 6

3 Wytyczne akustyczne 8

3.1 Kontekst 8

3.2 Wartości docelowe parametrów 8

4 Pomiary 9

4.1 Metoda wykonywania pomiaru 9

4.2 Wyniki pomiarów, obliczenia i ocena 10

5 Uwagi 15

5.1 Optymalizacja akustyki wnętrza 15

5.2 Akustyka aktywna 16

6 Wnioski 18

Podsumowanie wyników pomiarów 26

Podsumowanie wyników pomiarów 28

Podsumowanie wyników pomiarów 30

Podsumowanie wyników pomiarów 31

Podsumowanie wyników pomiarów 32

Aneksy: A. Streszczenie parametrów
B. Podsumowanie wyników pomiarów – aktualny stan akustyczny

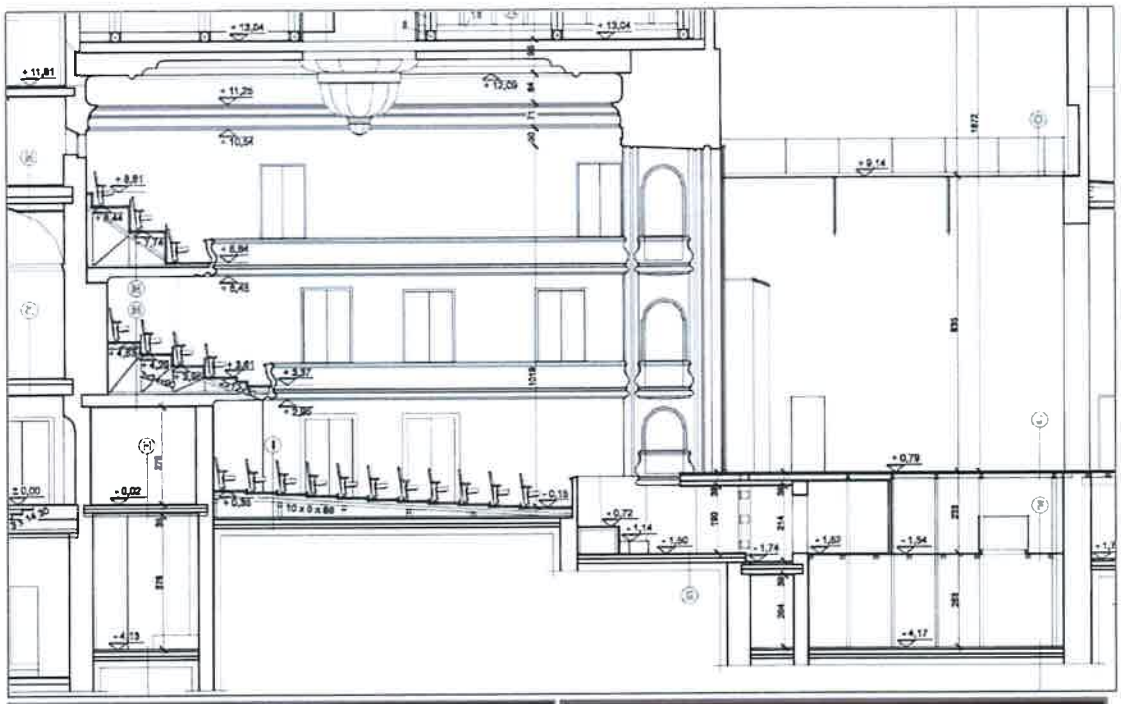
1 Wprowadzenie

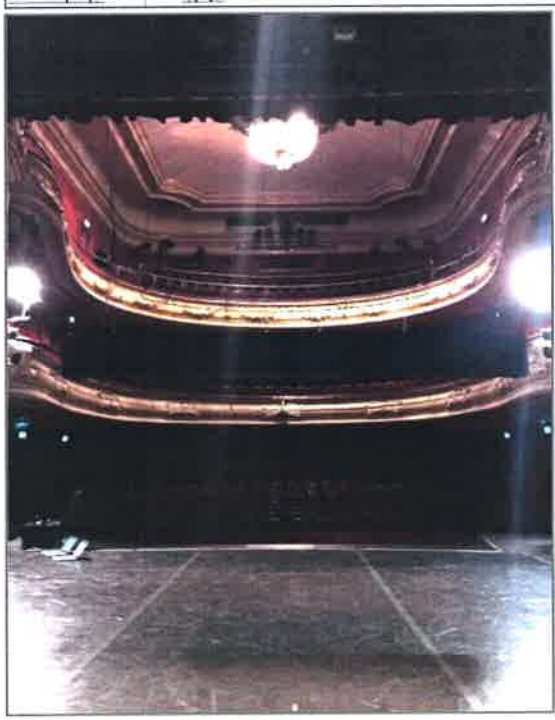
Wykonane na zlecenie Dysten Sp. z o. o. w Zabrzu pomiary akustyki zostały przeprowadzone w dużej sali Opery Śląskiej w Bytomiu.

Celem przeprowadzenia tych pomiarów są przyszłe plany renowacyjne sceny oraz orkiestronu. Widownia została w ostatnim czasie odrestaurowana. Zestawione w analizie pomiary przedstawiają obecny stan akustyczny obiektu. Na podstawie raportu można wyciągnąć wnioski, które posłużą do udoskonalenia akustyki oraz pozwolą osiągnąć prawidłowe wartości.

2 Dane techniczne

W dużej sali znajdują się 423 miejsca siedzące. Rysunek ukazuje przekrój poprzeczny wnętrza sali. Poniżej znajdują się również zdjęcia.





Rysunek Duża sala

Część parterowa posadzki delikatnie opada. Znajduje się na niej 11 rzędów miejsc siedzących. Sala ta posiada dwa balkony, odpowiednio po 4 i 2 rzędy. Strop znajduje się na wysokości około 12.1 metra.

Wysokość sceny to około 18.7 metra. Jest ona wyposażona w sztankiety linowe służące do podnoszenia i opuszczania elementów dekoracji podczas występów. W trakcie wykonywania pomiarów scena była udekorowana elementami scenografii do opery „Aida". Poniżej sceny, na wysokości około 1.9 metra, znajduje się orkiestron.

Dane przestrzenne określono na podstawie rysunków dostarczonych przez zleceniodawcę oraz pomiarów wykonanych na miejscu.

Niniejsze materiały stanowią źródło danych w przeprowadzonym badaniu. Zarówno dywan, jak i miejsca siedzące z obiciami, mogą częściowo pochłaniać dźwięk. Ponadto wykończenie sali, sceny i orkiestronu wykonane jest z materiałów, które również mogą mieć wpływ na akustykę pomieszczenia.

3 Wytyczne akustyczne

3.1 Kontekst

W porozumieniu ze zleceniodawcą stwierdzono, że jakość akustyczna dużej sali powinna być dostosowana do występów operowych. Renowacja sali zwiększy również funkcjonalność całego obiektu.

Przeprowadzone badanie ma przede wszystkim na celu ustalenie obecnej sytuacji akustycznej i analizę wyników raportu w odniesieniu do przyszłych planów dotyczących zwiększenia funkcjonalności obiektu.

W kolejnej części raportu wykonane pomiary zostały przedstawione w formie tabeli i zestawione z wartościami docelowymi.

3.2 Wartości docelowe parametrów

W pierwszej kolejności duża sala została zbadana pod kątem architektury pomieszczenia i jej wpływu na powstawanie niepożądanych zjawisk akustycznych. Są to potencjalne utrudnienia widoczności w krytycznych punktach sali, niepożądane lub pomocne odbicia dźwięku, koncentracja fal akustycznych, ich rozproszenie oraz powstawanie echa.

Ustalono wartości docelowe różnych parametrów, które posłużą do oceny akustyki pomieszczenia.

Aneks A pokrótce objaśnia parametry przedstawione w poniższej tabeli 3.1 wraz z ich wartościami granicznymi.

Tabela 3.1 Wartości docelowe - Opera

Numer	Parametry	Wartość docelowa	Jednostka
1	Czas pogłosu ($T_{500,1k}$) w operze	≈ 1.4 – 1,6[1)]	sekundy
2	Czas pogłosu ($T_{500,1k}$) – różnice w zależności od obłożenia	≤ +/- 10%	sekundy
3	Wczesny czas zaniku ($EDT_{500,1k}$)	0.8 – 1.0 * T	sekundy
4	Stosunek basów – ang. Bass Ratio (BR)	1.0 – 1,1	[współczynnik]
5	Stosunek wysokich tonów – ang. Treble Ratio (TR)	0.8 – 1,0	[współczynnik]
6	Siła źródła (G_{mid})	0 - 3	dB
7	Intymność (ITDG)	≤ 25	milisekundy
8	Współczynnik klarowności (C_{80})	≥ -2 – +2[1)]	dB
9	Wskaźnik transmisji mowy (STI)	≥ 0.65	[współczynnik]
10	Poziom hałasu otoczenia ($L_{p,b}$)	≤ 35	dB(A)

4 Pomiary

4.1 Metoda wykonywania pomiarów

Pomiary wykonane w dużej sali miały na celu ustalenie aktualnej akustyki pomieszczenia. Pomiary zostały przeprowadzone zgodnie z normą PN-EN-ISO 3382-1:2009. Zostały wykonane w przestrzeni przeznaczonej dla publiki, na scenie oraz w orkiestronie. Do przeprowadzenia pomiarów użyto urządzeń, których lista znajduje się w tabeli 1.1.

Tabela 4.1 Urządzenia pomiarowe

Miejsce wykonania pomiaru	**Opera Śląska - Bytom**
Data wykonania pomiarów	8 czerwca 2017
Stan	Umeblowane, puste/niezajęte, normalny stan [scena – elementy dekoracyjne do opery „Aida"]
Opis pomiarów	PN-EN-ISO 3382-1:2009 i IEC 60268-16
Urządzenia pomiarowe	Apple MacBook Pro
	AFMG EASERA SYSTUNE Pro v.1.3.5.486
	AFMG EASERA Pro v.1.2.13
	MOTU UltraLite-mk3 Hybrid EASERA certyfikowana karta dźwiękowa klasy 1
	Jednokanałowy analizator poziomu dźwięku Brüel & Kjær 2250
	Kalibrator akustyczny Brüel & Kjær 4031
	Źródło dźwięku Brüel & Kjær Omnipower typ 4292-L
	Mikrofon pomiarowy NTi Audio M2210 Class 1

W pierwszej kolejności projekt przestrzenny został przeanalizowany pod kątem ogólnych aspektów, które mogą mieć wpływ na akustykę pomieszczenia, jak zostało wyszczególnione w sekcji 3.2. Następnie parametry akustyczne pomieszczenia zostały obliczone i określone według podanych parametrów. Poniższa sekcja przedstawia i podsumowuje wyniki.

4.2 Wyniki pomiarów, obliczenia i ocena

Duży wpływ na odczuwanie akustyczne ma widoczność. Dobra widoczność jest zapewniona z każdego punktu sali.

Niepożądane odbicia dźwięku powinny zostać wyeliminowane. W dużej sali niepożądane odbicia zależą od źródła dźwięku i są wzmacniane przez wykończenie ścian. Dotyczy to przede wszystkim tylnych ścian w rejonie *widowni* i stropu *sceny* wykonanych z twardych materiałów. W miejscu przeznaczonym *dla orkiestry* odbicia te są generowane przez niski, twardy sufit i część ścian.

Odnotowano niewystarczającą ilość pożądanych odbić w pomieszczeniu. Boczne odbicia w obszarze *widowni* przyczyniają się do powstawania wczesnego odbicia, które z kolei pozwala na przestrzenne doświadczanie dźwięku. Ponadto przekaz śpiewu ze *sceny* lub orkiestry grającej z *orkiestronu* jest zaburzony. Podobne zjawisko występuje w przypadku transmisji dźwięku

z orkiestronu na scenę. Powstające obecnie niepożądane odbicia mogą zostać częściowo przekształcone w pożądane odbicia i dzięki temu usprawnią komunikację między tymi dwoma miejscami. Również odbicia od sufitu i ścian bocznych orkiestronu mogą zostać częściowo przekształcone poprzez dyfuzję. W tym celu należy w odpowiedni sposób dostosować powierzchnie i przestrzeń sali. Efekt taki można częściowo osiągnąć za pomocą specjalnych konstrukcji. Większe możliwości zapewnia jednak zastosowanie akustyki wirtualnej.

Koncentracja fal akustycznych powstaje częściowo poprzez twardą, łukowatą powierzchnię tylnej ściany za *widownią* oraz ściankę dzielącą *orkiestron*. Przestrzeń pomiędzy równoległymi ścianami *sceny* może również generować echo i echo trzepoczące. W trakcie wykonywania pomiarów przy zastosowaniu obecnych sztankietów linowych nie odnotowano powstawania pogłosu.

Z punktu widzenia geometrii pomieszczenia, nie ma możliwości wprowadzenia żadnych zmian strukturalnych w obszarze *widowni*. W przypadku renowacji możliwe jest jednak, aby miejsca *orkiestry* i *sceny* zostały odpowiednio dostosowane. Zaleca się przeprowadzanie obliczeń akustycznych na wczesnym etapie projektowania, aby zapewnić zoptymalizowane właściwości.

Wyniki pomiarów parametrów akustycznych przedstawiono w tabeli 4.2. Przedstawiono w niej również wartość docelową oraz ocenę. Pod tabelą znajduje się szczegółowe wyjaśnienie jej zawartości.

Tabela 4.2 Wyniki pomiarów parametrów akustycznych

Nr	Parametr	Jednostka	Wartość docelowa	Wynik pomiaru	Ocena
1	Czas pogłosu ($T_{500,1k}$) - średnia Źródło: Orkiestron Odbiór: Widownia	Sekundy	≈ 1.4 – 1.6	0.97	Niewystarczający
	Czas pogłosu ($T_{500,1k}$) - średnia Źródło: Orkiestron Odbiór: Orkiestron	Sekundy	≈ 1.4 – 1.6	0.68	Niewystarczający
	Czas pogłosu ($T_{500,1k}$) - średnia Źródło: Orkiestron Odbiór: Scena	Sekundy	≈ 1.4 – 1.6	1.08	Niewystarczający
	Czas pogłosu ($T_{500,1k}$) - średnia Źródło: Scena Odbiór: Orkiestron	Sekundy	≈ 1.4 – 1.6	1.04	Niewystarczający
	Czas pogłosu ($T_{500,1k}$) - średnia Źródło: Scena Odbiór: Widownia	Sekundy	≈ 1.4 – 1.6	1.02	Niewystarczający
2	Czas pogłosu ($T_{500,1k}$) – różnice w zależności od obłożenia	Sekundy	≤ +/- 10%	-	Nie zmierzono
3	Wczesny czas zaniku ($EDT_{500,1k}$) Źródło: Orkiestron Odbiór: Orkiestron	Sekundy	0.8 – 1.0 * T	0.5 * T	Niewystarczający
	Wczesny czas zaniku ($EDT_{500,1k}$) Źródło: pozostałe Odbiór: pozostałe	Sekundy	0.8 – 1.0 * T	0.9 – 1.0 * T	Wystarczający
4	Stosunek basów - średnia Źródło: Orkiestron Odbiór: Widownia	[współczynnik]	1.0 – 1.1	1.13	Wystarczający
	Stosunek basów – średnia Źródło: Orkiestron Odbiór: Orkiestron	[współczynnik]	1.0 – 1.1	0.48	Niewystarczający
	Stosunek basów - średnia Źródło: Orkiestron Odbiór: Scena	[współczynnik]	1.0 – 1.1	0.98	Wystarczający
	Stosunek basów - średnia Źródło: Scena Odbiór: Orkiestron	[współczynnik]	1.0 – 1.1	0.92	Wystarczający z zastrzeżeniami

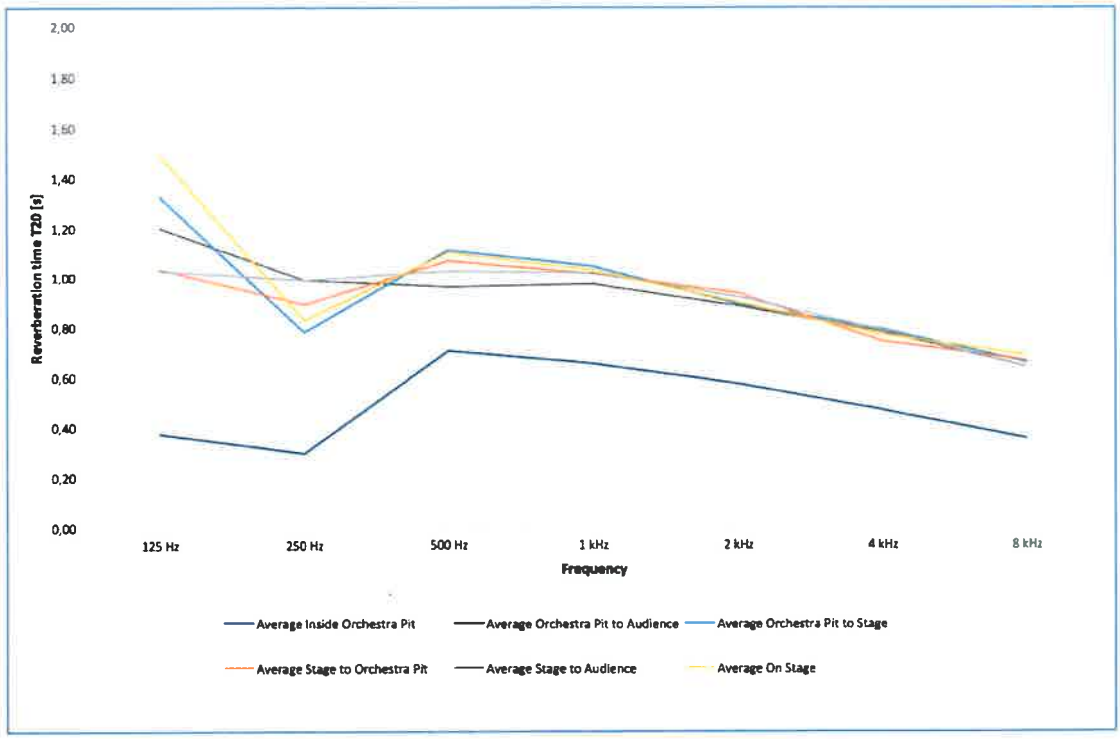
Nr	Parametr	Jednostka	Wartość docelowa	Wynik pomiaru	Ocena
	Czas pogłosu ($T_{500,1k}$) - średnia Źródło: Scena Odbiór: Widownia	[współczynnik]	1.0 – 1.1	0.99	Wystarczający
5	Stosunek wysokich tonów (TR) Wszystkie obszary	[współczynnik]	0.8 – 1.0	0.77 – 0.86	Wystarczający
6	Siła źródła (G_{mid}) Orkiestron	dB	0 – 3	8	Niewystarczający
	Siła źródła (G_{mid}) Pozostałe obszary	dB	0 – 3	0 – 3	Wystarczający
7	Intymność (ITDG) Wszystkie obszary	ms	≤ 25	≤ 25	Wystarczający
8	Współczynnik klarowności (C_{80}) - średnia Źródło: Orkiestron Odbiór: Widownia	dB	≥ -2 – +2	+3,3	Wystarczający z zastrzeżeniami
	Współczynnik klarowności (C_{80}) - średnia Źródło: Orkiestron Odbiór: Orkiestron	dB	≥ -2 – +2	+13.9	Niewystarczający
	Współczynnik klarowności (C_{80}) - średnia Źródło: Orkiestron Odbiór: Scena	dB	≥ -2 – +2	+2.6	Wystarczający
	Współczynnik klarowności (C_{80}) - średnia Źródło: Scena Odbiór: Orkiestron	dB	≥ -2 – +2	+6.2	Niewystarczający
	Współczynnik klarowności (C_{80}) - średnia Źródło: Scena Odbiór: Widownia	dB	≥ -2 – +2	+5,5	Niewystarczający
9	Wskaźnik transmisji mowy (STI) - średnia Źródło: Orkiestron Odbiór: Orkiestron	[współczynnik]	≥ 0.65	0.81	Wystarczający
	Wskaźnik transmisji mowy (STI) - średnia Źródło: Orkiestron Odbiór: Pozostałe obszary	[współczynnik]	≥ 0.65	0.61 – 0.62	Niewystarczający
	Wskaźnik transmisji mowy (STI) - średnia Źródło: Scena Odbiór: Pozostałe obszary	[współczynnik]	≥ 0.65	≥ 0.65	Wystarczający
10	Poziom hałasu otoczenia ($L_{p,b}$)	dB(A)	≤ 35	≤ 35	Wystarczający

Objaśnienie wyników pomiarów, obliczenia oraz ocena:

<u>Czas pogłosu i wczesny czas zaniku</u>

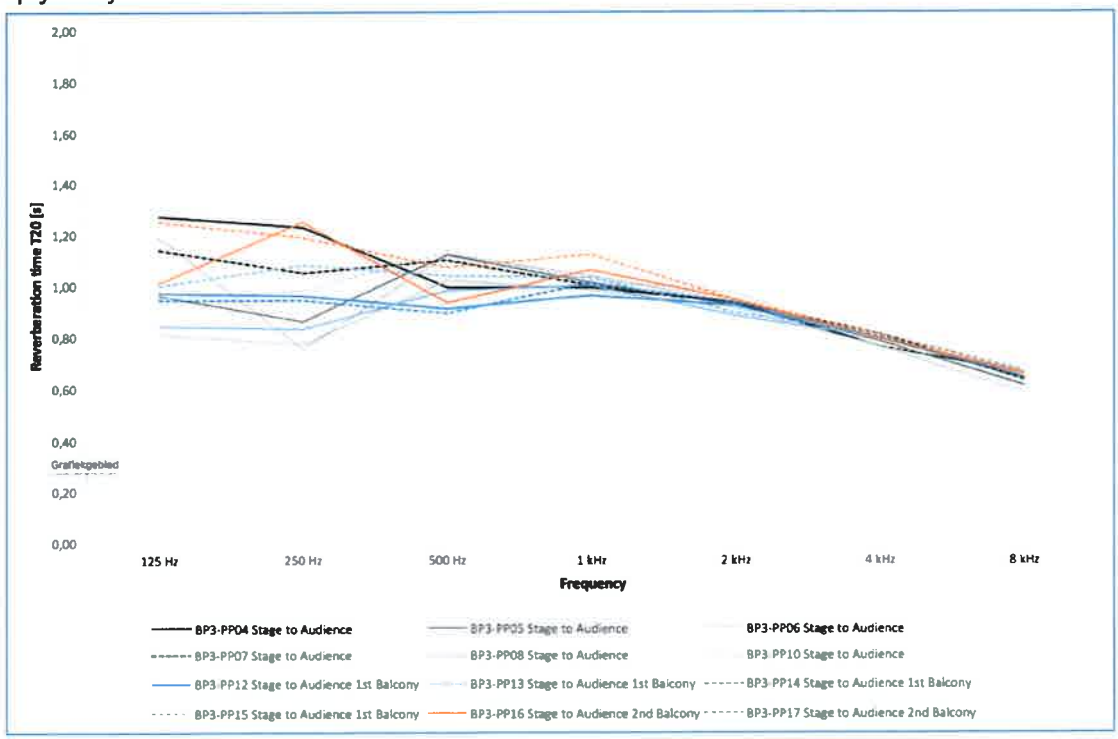
We wszystkich obszarach, podczas nieużytkowania sali, zmierzony czas pogłosu $T_{20,500\text{-}1k}$ jest zbyt krótki w stosunku do warunków operowych. W przypadku częściowego lub całkowitego obłożenia czas pogłosu skraca się jeszcze bardziej. Poniższy wykres wskazuje średni czas pogłosu mierzony w kilku obszarach.

Dane przedstawione na wykresie wskazują, że z wyjątkiem orkiestronu, wszystkie średnie wartości są względnie podobne. Tylko w przypadku orkiestronu źródło i odbiór wykazują duże rozbieżności w przypadku czasu pogłosu. Wynika to z faktu, że orkiestron jest obszarem o najgorszych warunkach akustycznych.



Wykres **Średni Czas Pogłosu T_{20}**

Analizując obszar *widowni* znajdujemy względnie duże różnice w zakresie niskich częstotliwości. W średnich i wysokich zakresach częstotliwości rozbieżność ta jest znacznie mniejsza. Mimo odpowiedniej średniej odnotowanej w kilku miejscach stosunek basów nie jest do końca optymalny.



Wykres **Czas pogłosu T_{20} na widowni**

W obszarze *widowni* wydłużenie czasu pogłosu do odpowiedniej wartości nie jest możliwe przy zachowaniu obecnej struktury sali. To samo dotyczy się *orkiestronu*, gdzie ograniczona przestrzeń i duża liczba muzyków jest czynnikiem utrudniającym osiągnięcie oczekiwanych rezultatów. Jest to typowe zjawisko dla ograniczonej przestrzeni, jaką jest orkiestron. Istnieje natomiast możliwość wydłużenia czasu pogłosu na *scenie* przy zastosowaniu pewnych zmian konstrukcyjnych. Ponieważ jednak akustyka sceny w dużym stopniu zależna jest od stopnia użycia sztankietów linowych i ustawienia sceny oraz dekoracji, rozwiązania konstrukcyjne mogą okazać się niewystarczające.

Przyszła rekonstrukcja wnętrza sali, która pozwoli jej pełnić funkcję opery, musi zapewnić przedłużenie pogłosu (zapobiegając tym samym tworzeniu się niepożądanych odbić) i generowanie pożądanych odbić. Zabieg ten nie jest możliwy w stopniu dostatecznym w przypadku *widowni* i *orkiestronu*. Może również prowadzić do powstawania ograniczeń na *scenie*.

Obecne wyniki pomiarów wskazują jednak na możliwość zastosowania akustyki aktywnej jako formy wsparcia. Czas pogłosu w obszarach widowni, na scenie i w orkiestronie spełnia warunki wdrożenia rozwiązania akustyki aktywnej.

Czas wczesnego zaniku (EDT) mieści się w granicach docelowych wartości we wszystkich obszarach, z wyjątkiem orkiestronu, gdzie występuje stosunkowo mało odbić. W *orkiestronie* EDT jest niewystarczający ze względu na ograniczoną przestrzeń oraz niewielkie odległości pomiędzy twardymi ściankami i sufitem, co znacząco ogranicza dyfuzję fal dźwiękowych.

Stosunek basów i wysokich tonów

We wszystkich obszarach stosunek basów (BR) mieści się w granicach wartości docelowych, z wyjątkiem *orkiestronu*, gdzie stosunek basów jest tak niski, że powoduje odbarwienia dźwięków.

We wszystkich obszarach stosunek wysokich tonów mieści się w granicach wartości docelowych.

Głośność i intymność

Jeśli chodzi o obliczoną siłę głośności G, okazuje się, że nie różni się ona znacznie od wartości docelowych ustalonych dla opery. Wyjątkiem jest tu ponownie *orkiestron*, którego siła głośności jest zbyt wysoka.

Obliczony wskaźnik początkowego opóźnienia ITDG wskazuje na prawidłowe odczuwanie przestrzeni wnętrza.

Współczynnik klarowności

Odbiór klarowności dźwięku C_{80} na *widowni* i *scenie* ze źródła *orkiestronu* jest właściwy dla opery i spełnia określone wymagania. Jeśli zaś chodzi o odbiór w orkiestronie, stwierdzono zbyt duży współczynnik klarowności. Parametr klarowności C_{80} jest również zbyt wysoki w pozostałych źródłach badanych punktów.

Współczynnik klarowności C_{80} jest związany z czasem pogłosu i siłą źródła. Krótki czas pogłosu skutkuje wysokim wskaźnikiem klarowności C_{80}. Sprawia to wrażenie „suchości" przestrzeni i zmienia szczegóły transmisji dźwięku.

Należy jednak zauważyć, że współczynnik klarowności może się różnić w zależności od położenia miejsca siedzącego.

W przypadku akustyki aktywnej czy zasad projektowania, współczynnik klarowności C_{80} jest zredukowany ze względu na wydłużenie czasu pogłosu.

Wskaźnik transmisji mowy (STI)

Wyrazistość i zrozumiałość dźwięku [ang. "Speech Transmission Index" – przy. tłum.] głośnika o poziome hałasu otoczenia 35 dB(A) lub niższym jest odpowiedni w obszarach na wysokości linii wzroku. Wyjątek stanowi miejsce, w którym źródło dźwięku usytuowane jest w *orkiestronie*, a słuchacz na *widowni* lub na *scenie*. Jest to spowodowane barierą dźwięku bezpośredniego.

Jeśli chodzi o niewzmocniony śpiew na scenie, odbiór artykulacji na *widowni* jest odpowiedni. Zastrzeżenia pojawiają się tylko w przypadku zbyt małego współczynnika sygnału/szumu, na przykład w przypadku nadmiernego szumu na widowni. Aby osiągnąć STI zgodne z wartościami docelowymi, wymagany jest system PA [„Public Address" - przyp. tłum.] właściwie przystosowany do akustyki sali.

Poziom hałasu otoczenia

Na potrzeby badania zakłada się, że poziom hałasu otoczenia nie powinien przekraczać wartości $L_{p,\ b}$= 35 dB(A). Dotyczy to zarówno poziomu hałasu na zewnątrz (np. ruch drogowy), hałasujących systemów (np. system klimatyzacji), jak i poziomu hałasów w pomieszczeniu (np. chodzenie, upadające obiekty). W trakcie wykonywania pomiarów poziom hałasu otoczenia osiągnął wartość około 25 dB(A). Właściwie dostosowane systemy nie powinny przekraczać poziomu hałasu otoczenia wynoszącego powyżej 35 dB(A), który to poziom przyjmuje się dla tego typu obiektów.

5 Uwagi

5.1 Optymalizacja akustyki wnętrza

Wszelkie działania powinny przede wszystkim ograniczyć powstawanie niepożądanych odbić, wspierając tym samym powstawanie użytecznych odbić oraz optymalizację czasu pogłosu i współczynnika klarowności C_{80}.

Nie jest możliwe wprowadzenie żadnych zmian strukturalnych w obszarze *widowni* ze względu na jej niedawno przeprowadzoną renowację oraz objęcie patronatem Fundacji Ochrony Zabytków.

Podczas planowanych prac renowacyjnych można zoptymalizować konstrukcję *widowni* i *orkiestronu*, co z kolei wpłynie korzystnie na odbiór wykonawców na scenie i muzyków w podsceniu. Można również usprawnić komunikację pomiędzy orkiestronem i sceną, jak również w obszarze widowni. Choć można uzyskać w tych obszarach pewną poprawę, nie gwarantuje to uzyskanie optymalnych wartości zgodnie z wytyczonymi parametrami.

Parametry takie jak czas pogłosu, stosunek basów i wysokich tonów, współczynnik klarowności C_{80} mogą również zostać zoptymalizowane za pomocą akustyki wirtualnej. Dzięki temu przestrzeń może zostać akustycznie ukształtowana oraz może spełniać wiele dodatkowych funkcji. Przykładami mogą być orkiestra symfoniczna, muzyka kameralna, jazz, pop, a także wszelkie konferencje i seminaria. Jest to możliwe zarówno w orkiestronie, na scenie, jak i na widowni. Ponieważ warunki panujące w obszarze widowni sprzyjają stosowaniu systemu wirtualnej akustyki, jej zastosowanie jest wskazane również ze względu na budżet projektu.

Podczas projektowania orkiestronu i sceny, niezwykle ważna będzie kalkulacja i ocena optymalizacji akustycznej. Zasadniczy wybór między optymalizacją akustyki wnętrza a akustyką wirtualną jest kluczowy dla dalszego rozwoju tych obszarów.

Przy stosowaniu wirtualnego systemu należy spełnić pewne warunki, które są gwarancją uzyskania dobrych wyników. Poniżej przedstawiono najważniejsze kwestie, które nie mogą zostać pominięte.

5.2 Akustyka aktywna

Aktywna akustyka oznacza, że „wirtualna" przestrzeń akustyczna jest realizowana poprzez naśladowanie odbić w taki sposób, w jaki powstawałyby one w docelowej przestrzeni. Zjawisko to określane jest również jako synteza pola falowego. W tym przypadku akustyka pomieszczenia generowana jest za pomocą rozwiązań elektronicznych.

Pozwala to stworzyć przestrzeń, która akustycznie wydaje się znacznie większa, niż jest w rzeczywistości. Dzięki temu można również zaprogramować kilka „obszarów", które mogą zostać dostosowane do pełnienia różnych ról, na przykład kameralnego audytorium teatralnego, hali dla orkiestry kameralnej, muzyki symfonicznej lub katedry. Po instalacji akustyka tych obszarów może zostać zmieniona elektronicznie za pomocą jednego przycisku (akustyka zmienna).

Technika elektronicznego sterowania zmienną akustyką jest znana od dziesięcioleci. W placówkach takich jak Uniwersytet Techniczny w Delfcie, Uniwersytet Techniczny w Berlinie, Instytut Fraunofera w Ilmenau oraz Meyer Sound w Berkeley przeprowadzono wiele badań nad syntezą pola falowego w wysokiej rozdzielczości (w audytorium w Berlinie tysiące głośników zostało wykorzystanych w jednym systemie, który wygenerował wirtualną akustykę w całości opartą na algorytmach między procesorami).

Pochodne techniki optymalizacji akustyki z wykorzystaniem dodatkowych elementów, takich jak mikrofony i głośniki były stosowane w pomieszczeniach badawczych, jak również w praktyce od dziesięcioleci. Były to mniej lub bardziej przystępne rozwiązania dla hal, zwłaszcza dla sal kościelnych, które sprawiały wrażenie zbyt suchych, a także wielofunkcyjnych pomieszczeń, które musiały zostać wyposażone w akustykę zmienną (np. by uniknąć potrzeby dobudowania kilku sal). Sukces tych systemów nie był jednogłośny. Posiadały one liczne ograniczenia techniczne i w związku z tym nie były uznawane za pełnoprawną alternatywę dla akustyki wnętrza.

W ostatnim czasie technologie te zostały poddane cyfryzacji i dalszemu rozwojowi, a wirtualna akustyka pod względem doświadczenia w dziedzinie badań dorównała akustyce wnętrza. Dzięki temu może zostać poddana ocenie przez profesjonalnych muzyków pod względem jakości dźwięku, oczywiście w przypadku, gdy system jest odpowiednio skonstruowany.

Właściwie skonstruowany system to model bazujący na syntezie pola falowego, wyposażony w wydajny procesor sygnałowy (DSP), dzięki któremu zarządzanie wczesnymi i późnymi odbiciami jest możliwe. System ten oparty jest na szeregu małych mikrofonów i głośników, które mogą zostać ukryte w sali. Liczba elementów tego szeregu zależy od wielu czynników, takich jak wielkość oraz kształt hali, a także usytuowanie sceny oraz widowni. Co więcej, liczba elementów i kanałów musi odpowiadać wymaganiom akustycznym. Akustyka wirtualna to rozwiązanie całościowe, które charakteryzuje się znacznie większą funkcjonalnością niż szereg poszczególnych elementów. Jego możliwości obejmują nie tylko generowanie „pogłosu". Dzięki pomocy wykwalifikowanych techników można zoptymalizować system i określić jego niezbędne elementy.

Na rynku istnieją nieliczne systemy przeznaczone do celów komercyjnych, które spełniają wyżej wymienione wymagania, tym samym oferując pełnoprawne, wirtualne i regulowane rozwiązania akustyczne. Dostępnych jest kilka systemów, za pomocą których możliwe jest tworzenie elektronicznego pogłosu, jednak nie są one oparte na wspomnianej technologii. Systemy te są technicznie ograniczone lub nie są w stanie zaoferować dobrej alternatywy dla akustyki wnętrz.

Równie ważne są aspekty dźwiękowe, jakie umożliwia zastosowanie akustyki aktywnej. Dlatego też zaleca się odwiedzenie sali, w której system jest wbudowany, wraz z jego projektantem. Chociaż każda sala i jej dedykowane rozwiązanie techniczne są inne, taka wizyta na pewno daje dobry ogląd sytuacji.

6 Wnioski

Duża sala Opery Śląskiej została poddana badaniu akustycznemu.

Widownia, orkiestron oraz scena nie spełniają kryteriów wartości docelowych dla opery. Dotyczy to przede wszystkim czasu pogłosu, który jest zbyt krótki.

Dla orkiestronu oraz sceny, które przeznaczone są do renowacji, optymalizacje mogą zostać wdrożone w fazie projektu. Umożliwi to znaczną poprawę we wspomnianych obszarach w porównaniu do obecnie panującej sytuacji.

Zaleca się zastosowanie akustyki aktywnej. Dzięki takiemu rozwiązaniu nie tylko orkiestron i scena zostaną w znacznym stopniu zoptymalizowane, ale również widownia, co pozwoli na osiągnięcie wartości docelowych, a to z kolei zwiększy wielofunkcyjność sali. Umożliwi to tym samym dostosowywanie akustyki do wymaganych warunków, przede wszystkim operowych.

Następnym krokiem jest projekt akustyczny kolejnych elementów budynku, przeznaczonych do renowacji, w przypadku których również zaleca się zastosowanie akustyki wirtualnej.

Het GeluidBuro

Jan Bril
konsultant