

**POLITECHNIKA WROCŁAWSKA
WYDZIAŁ ARCHITEKTURY
ZAKŁAD ARCHITEKTURY
UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ**

ROZPRAWA DOKTORSKA

**WNĘTRZA WSPÓŁCZESNYCH SAL
KONCERTOWYCH.
UKŁAD CENTRALNY TARASOWY.**

Mgr inż. arch. Joanna Jabłońska

Promotor: Prof. dr hab. inż. arch. Elżbieta Trocka-Leszczyńska

Wrocław, 2009



342533 7/1

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2006-2009, jako projekt badawczy.

SPIS TREŚCI.....	3
Wprowadzenie	6
1. Wstęp.....	7
1.1. Wyjaśnienie terminologii.....	7
1.1.1. Definicja układu centralnego tarasowego.....	8
1.1.2. Natura dźwięku.....	8
1.1.3. Podstawowe pojęcia opisujące dźwięk.....	9
1.1.4. Dźwięk w pomieszczeniu zamkniętym	9
1.2. Przedmiot i zakres badań.....	10
1.3. Stan badań.....	11
1.3.1. Badania zagraniczne	13
1.3.2. Badania polskie	17
1.4. Tezy i cele badawcze	18
1.4.1. Tezy.....	18
1.4.2. Cele badań	19
1.5. Przesłanki do podjęcia tematu	19
1.6. Metoda i układ pracy	20
2. Rozwój przestrzeni widowiskowych.....	22
2.1. Wprowadzenie	22
2.2. Teatry antyczne.....	22
2.2.1. Teatr grecki	22
2.2.2. Odeon grecki	26
2.2.3. Teatr rzymski	28
2.2.4. Odeon rzymski.....	31
2.3. Teatr w średniowieczu	32
2.4. Teatr elżbietański	34
2.5. Teatr renesansowy	35
2.6. Teatr barokowy i klasycystyczny.....	39
2.7. Teatry XIX i XX wieku – układy pudełkowe.....	41
2.7.1. Teatr wagnerowski.....	41
2.7.2. Przekształcenia układów pudełkowych – pierwsze sale koncertowe	43
2.7.3. Rozwój układów pudełkowych	46
2.8. Podsumowanie – typologia układów wewnątrz sal koncertowych.....	50
3. Rozwój sal koncertowych o układzie centralnym tarasowym.....	53
3.1. Geneza układu centralnego tarasowego	53
3.1.1. Mozartsaal w Liederhalle	53
3.1.2. Berliner Philharmonie w Berlinie.....	54
3.3. Rozwój konfiguracji winnicowej. Układy eliptyczne	59
3.3.1. Roy Thomson Hall w Toronto	59
3.3.2. Michael Fowler Centre w Wellington.....	62
3.3.3. Sydney Opera House w Sydney	65
3.4. Zastosowanie komory rewerberacyjnej	68
3.4.1. Boettcher Concert Hall w Denver	68
3.4.2. Sala de Conciertos Nezahualcoyotl w Nowym Meksyku.	69
3.5. Układ areny	72
3.5.1. Music Centre Vredenburg w Utrechcie	72
3.5.2. Kammermusiksaal w Berlinie	74
3.6. Układ hybrydowy	77
3.6.1. Neues Gewandhaus w Lipsku	77

3.6.2. St. David's Hall w Cardiff.....	79
3.7. Układ centralny tarasowy w projektach japońskich.....	81
3.7.1. Suntory Hall w Tokio	81
3.7.2. Sapporo Concert Hall „Kitara” w Sapporo, Niigata City Performing Arts Center „Ryutopia” w Niigata	83
3.7.3. Muza w Kawasaki	85
3.8. Najnowsze sale o konfiguracji winnicowej na świecie.....	86
3.8.1 Walt Disney Hall w Los Angeles.....	87
3.8.2 Shanghai Oriental Art Center w Szanghaju.....	88
3.8.3. Sale w fazie projektowej	89
3.9. Układy pokrewne konfiguracji winnicowej	91
3.9.1. Sala The Hexagon w Reading	91
3.9.2. Filharmonia Dolnośląska w Jeleniej Górze, sala kameralna Filharmonii w Rzeszowie.....	93
3.10. Podsumowanie	95
3.10.1. Typologia sal o układzie centralnym tarasowym	97
3.10.2. Typologia sal centralnych wg Chrisa Jaffe.....	101
3.10.3. Podsumowanie	102
4. Akustyka układów centralnych tarasowych	107
4.1. Układ centralny tarasowy – zagadnienia ogólne.....	107
4.1.1. Akustyka sal centralnych tarasowych	109
4.2. Układ centralny tarasowy – zagadnienia szczegółowe. Teza I	111
4.2.1. Czas pogłosu i głośność	112
4.2.2. Liczba miejsc w sali koncertowej	115
4.2.3. Odległość słuchaczy od źródła dźwięku i linie widoczności	118
4.2.4. Układ powierzchni odbijających.....	120
4.2.5. „Przejrzystość dźwięku”	122
4.2.6. „Przestrzenność dźwięku”	123
4.2.7. „Barwa i” „bogactwo” dźwięku	125
4.2.8. „Wymieszanie” pola akustycznego	126
4.3. Wnioski	127
4.4. Akustyka układu centralnego tarasowego – zagadnienia szczegółowe. Teza II	128
4.4.1. Akustyka sal pudełkowych a centralnych tarasowych	128
4.4.2. Działanie komórek akustycznych.....	133
4.5. Wnioski	137
4.6. Szczegóły budowy i akustyki układu centralnego tarasowego	138
4.6.1. Ukształtowanie sceny	138
4.6.2. Ukształtowanie sufitu.....	140
4.6.3. Lokalizacja widowni za orkiestrą.....	143
4.6.4. Ściany	144
4.6.5. Ustroje akustyczne	146
4.6.6. Podsumowanie	148
5. Architektura sal centralnych, tarasowych.....	150
5.1. Aspekt wizualny	150
5.2. Komunikacja i rodzaje ewakuacji	152
5.3. Interakcje zachodzące między widownią a orkiestrą w salach winnicowych.....	154
6. Podsumowanie	157
6.1. Typologia sal centralnych tarasowych	157
6.2. Wnioski końcowe	162
6.3. Zakończenie	163

7. Katalog	165
7.1. Wstęp – przykłady sal centralnych tarasowych.....	165
7.1.1. Filharmonia w Berlinie – sala główna.....	166
7.1.2. Roy Thomson Hall.....	174
7.1.3. Christchurch Town Hall.....	178
7.1.4. Sydney Opera House	181
7.1.5. Boettcher Concert Hall	181
7.1.6. Sala Nezahualcoyotl	187
7.1.7. Music Centre Vredenburg.....	191
7.1.8. Leipzig Gewandhaus	194
7.1.9. St. David's Hall.....	198
7.1.10. Michael Fowler Centre, Wellington	202
7.1.11. Suntory Hall, Tokio.....	205
7.1.12. Kammermusiksaal w Berlinie	209
7.1.13. Glasgow Royal Concert Hall.....	213
7.1.14. Sapporo Concert Hall „Kitara”	217
7.1.15. Niigata City Performing Arts Center „Ryutopia”	221
7.1.16. Walt Disney Hall.....	224
7.1.17. Muza Kawasaki	227
7.1.18. Shanghai Oriental Art Center	231
7.1.19. Atlanta Symphony Center.....	234
7.1.20. DR Koncerthuset w Kopenhadze	240
7.1.21. Elbphilharmonie Concert Hall, Hamburg.....	240
7.1.22. Filharmonia w Paryżu.....	242
7.2. Przykłady sal o konfiguracji pudełkowej	245
7.2.1. Państwowa Filharmonia im. Artura Rubinsteina w Łodzi.....	245
7.2.2. Filharmonia w Rzeszowie im. Artura Malawskiego	251
7.2.3. Filharmonia w Opolu im. Józefa Elsnera	254
7.2.4. Filharmonia w Poznaniu (Aula Uniwersytecka).....	259
8. Bibliografia.....	262
8.1. Publikacje	262
8.2. Publikacje internetowe	267
8.3. Materiały dodatkowe	272
9. Spis ilustracji i ich źródeł	274
9.1 Spis tabel i ich źródeł	286
9.2. Skróty użyte w pracy	287

WPROWADZENIE

Od najdawniejszych czasów muzyka stanowi istotną część kultury, a wraz z jej rozwojem rozpoczął się proces wydzielania, a następnie kształtowania specjalnych miejsc do jej słuchania. W związku z tym, że zmieniały się cele i sposoby wykonywania muzyki, miejsca te przechodziły różnorodne transformacje.

Początkowo muzyka stanowiła tło dla innych form sztuki¹, dlatego też przestrzenie, w których ją wykonywano, były wspólne dla różnych form działalności artystycznej. Ustanowienie muzyki jako osobnej dziedziny sztuki miało miejsce dopiero w czasach baroku. Zaowocowało to potrzebą utworzenia nowej grupy obiektów. Początkowo stanowiły je teatry operowe, których późniejszy rozwój doprowadził do wyodrębnienia się sal koncertowych, w pełni już przystosowanych do potrzeb dużych orkiestr symfonicznych.

W projektowaniu sal koncertowych stosowano różnorodne układy wnętrza, m.in.: pudełkowe², wachlarzowe³ i podkowiaste⁴, znane z budowli widowiskowych. Proces ten został dodatkowo podporządkowany dążeniu środowisk muzycznych do osiągnięcia brzmienia idealnego. To ostatnie pojęcie stało się tematem badań licznych rozpraw naukowych m.in. z zakresu architektury, dynamizując rozwój teorii oraz praktyki projektowania sal koncertowych⁵. Eksperymentalne modyfikacje ich rzutów przyczyniły się do powstania i rozwoju, nowej dziedziny nauki – akustyki.

¹ Chodzi o formy sztuki ściśle związane z muzyką: antyczne przedstawienia teatralne, średniowieczne ceremonie religijne, renesansowe bale i barokowe przedstawienia operowe. W formach tych muzyka stanowiła nieodczyny element składowy, który nie mógł istnieć niezależnie.

² Układ pudełkowy – nazwany w ten sposób od prostopadłościennego kształtu wnętrza sali koncertowej, przypominającego pudełko od butów (ang. shoe-box), charakteryzującego się prostokątnym rzutem, o znacznej długości w stosunku do szerokości i znacznej wysokości, w proporcjach 1:2:2 [Barron, 1993]. Przekroje widowni są różnorodnie kształtowane, jako proste lub wznoszące się ku koronie.

³ Układ wachlarzowy – nazwany w ten sposób od formy rzutu sali przypominającej rozłożony wachlarz. Scena, zlokalizowana w węższej części rzutu, przyjmuje najczęściej kształt trapezu zaokrąglonego od strony widowni, której rzędy są rozplanowane na łuku. Przekroje widowni są kształtowane zarówno jako proste, jak i wznoszące się ku koronie.

⁴ Układ podkowiasty – nazwany od kształtu rzutu widowni, który przyjmuje plan podkowy. Rzut charakterystyczny dla teatrów operowych. Scena zlokalizowana jest w węższej części planu i została oparta na kształcie prostokąta. Pomiędzy widownią a sceną znajduje się zwykle rów orkiestrowy i portal sceniczny, dzielący te dwie przestrzenie. Rzędy widowni oparte na łukach wznoszą się ku koronie.

⁵ Akustyka (gr. *akoustikos* – dotyczący słuchu), nauka o dźwięku [...]. Termin *akustyka* pojawił się po raz pierwszy w końcu XVII w. dla określenia całości problematyki związanej z powstawaniem drgań, rozchodzeniem się fal dźwiękowych, budową instrumentów muzycznych, fizjologią słyszenia i akustyki teatrów, jednak nowoczesna akustyka, jako spójna i niezależna dyscyplina naukowa zaczęła się kształtować dopiero od początków XIX w. [...], [Encyklopedia muzyki, 1995, s. 25].

1. WSTĘP

Powstanie akustyki, jako nowej dziedziny nauki, datuje się na II połowę XIX wieku – wtedy to zostały sformułowane pierwsze tezy jej dotyczące. Dynamiczny rozwój muzyki i akustyki sprawił, że już po stu latach napotkano na istotny problem. Znane do tej pory układy przestrzenne⁶ podczas prób zwiększania ich wymiarów nie pozwalały na uzyskanie pożądanej jakości dźwięku. W związku z tym rozpoczęto badania naukowe i prace praktyczne nad opracowaniem nowego kształtu sali koncertowej o pojemności widowni powyżej 1800 miejsc.

W II połowie XX wieku powstał nowatorski układ wnętrza, który akustykom i architektom pozwolił na projektowanie dużych sal koncertowych. Tym nowatorskim rozwiązaniem była, otwarta w 1963 roku Berliner Philharmonie (zwana dalej w tekście Filharmonią w Berlinie), wzniesiona wg projektu architekta Hansa Scharouna oraz akustyka Lothara Cremera. Rok 1963 wyznaczył zatem przełom w projektowaniu współczesnych wnętrz sal koncertowych, wprowadzając do kanonu architektury, tzw. układ centralny z tarasami⁷. Fakt ten zbiegł się z rozpoczęciem intensywnych badań nad dźwiękiem⁸, co pośrednio przyczyniło się do rozwoju tego układu. Kluczowe znaczenie w tym procesie miało również zastosowanie technologii komputerowej, pozwalające na przewidywanie właściwości i parametrów akustycznych projektowanych sal koncertowych. Do dziś trwa ewolucja układu centralnego tarasowego.

Niniejsza dysertacja dotyczy zbadania kierunków rozwoju i sposobów projektowania sal koncertowych o pojemności widowni powyżej 1800 słuchaczy oraz uporządkowania rozwiązań, jakie osiągnięto w tym zakresie. Szczególną uwagę skierowano na wnętrza sal koncertowych o układzie centralnym z tarasami.

1.1. Wyjaśnienie terminologii

Termin: „układ centralny tarasowy” zaczerpnięty został z literatury anglojęzycznej i stanowi parafrazę określenia „tarasy winnicy” (ang. *vineyard terraces*). W źródłach⁹ termin ten nawiązuje bezpośrednio do sposobu budowy sali, w której widownia przypomina swym układem winnicę, a widzowie usadzeni są na platformach,

⁶ Układ: pudełkowy, wachlarzowy, podkowiasty.

⁷ Patrz: pkt. 1.1.

⁸ Prace m.in.: Leo Beraneka (prowadzone w latach 60. XX w.), Richarda Bolta (w latach 60. XX w.), Roberta Newmana (w latach 60. XX w.), Rusella Johnsona (w latach 70. XX w.), Harolda Marshalla (w latach 70. XX w.).

⁹ O konfiguracji centralnej, tarasowej piszą, m.in: Shield, Cox [1999/2000], Beranek [2000], Barron [1993].

tw. „tarasach”. W literaturze możemy spotkać wymienne stosowanie określenia, jak „tarasy winnicy” i „winnica” (ang. *vineyard*), lub „konfiguracja winnicy”. Ze względu na brak odpowiedniego terminu w języku polskim w niniejszej dysertacji przyjęto nazwę – „układ centralny tarasowy”. Nazwa „winnica” lub „konfiguracja winnicy” będzie stosowana w tekście wymienne w odniesieniu do układów centralnych tarasowych.

1.1.1. Definicja¹⁰ układu centralnego tarasowego

Układem centralnym tarasowym – nazywane będzie wnętrze sali koncertowej ze sceną położoną w środku (środek: geometryczny, czasem położenie asymetryczne), otoczoną ze wszystkich stron widownią. Siedziska widowni w tego typu rozwiązaniach są pogrupowane i umieszczone na tarasach, które wypiętrzają się w kierunku korony widowni. Powstałe między tarasami ściany (tw. fronty tarasów) stanowią dodatkowe płaszczyzny służące do: **zróźnicowania kierunków odbicia fal akustycznych, zapewnienia dobrego zmieszania dźwięku (bezpośredniego z dźwiękiem z pierwszego odbicia bocznego) i zapewnienia powstawania intensywnych odbić dźwięku wyższych rzędów**¹¹. W przekroju poprzecznym siedziska usytuowane na tarasie wnoszą się zgodnie z wykresem widoczności, w kierunku korony widowni. W układach centralnych z tarasami występują sufitry baldachimowe lub namiotowe¹². W tego typu salach możliwe jest zgromadzenie większej liczby słuchaczy niż w innych rodzajach sal.

1.1.2. Natura dźwięku

Dźwięk jest wrażeniem słuchowym powstającym na skutek okresowych ruchów powietrza, wywoływanych przez tzw. **źródła dźwięku**, czyli urządzenia drgające, np.: struny instrumentu. Drganie źródła dźwięku wprowadza w ruch cząsteczki powietrza i jeśli ma on charakter okresowy, to nazywany jest **falą akustyczną**. Ucho ludzkie ma zdolność słyszenia fal w zakresie częstotliwości od 16 do 20 000 Hz¹³.

Fala, która zawiera tylko jedną częstotliwość drgań nazywana jest **drżaniem harmonicznym** i jest to tzw. **fala sinusoidalna**, a wywołane przez nią wrażenie dźwiękowe nazywana jest **tonem**. *Tonem jest np.: dźwięk wywołany przez kamerton* [Jeżewski, 1970, s. 335]. O **dźwięku** mówimy wtedy, gdy okresowy ruch powietrza ma charakter niesinusoidalny. Dźwięk możemy rozłożyć na drżania sinusoidalne –

¹⁰ Patrz: rozdz. 4.

¹¹ Patrz: pkt. 1.1.4 i rozdz. 4.

¹² Patrz: rozdz. 4.

¹³ [Massalski, Massalska, 1971]. W muzyce zakres ten obejmuje 20 – 2000 Hz. [Jeżewski, 1970].

podstawowe, tzw. **ton podstawowy** (to on decyduje o natężeniu i wysokości dźwięku) oraz tzw. **wyższe tony harmoniczne**.

1.1.3. Podstawowe pojęcia opisujące dźwięk

Podstawowymi pojęciami opisującymi dźwięk są: **wysokość**, **natężenie** (zwane też głośnością) i **barwa** [Massalski, Massalska, 1971]. Dwa pierwsze odnoszą się zarówno do tonu, jak i do dźwięku, ostatnie zaś jest charakterystyczne tylko dla dźwięku.

Wysokość tonu zależy od częstotliwości drgań, a im wyższa jest częstotliwość, tym ton jest wyższy [Jeżewski, 1970].

Natężenie dźwięku jest proporcjonalne do energii przenoszonej przez fale dźwiękowe w jednostce czasu przez powierzchnię prostopadłą do kierunku rozchodzenia się fal o polu jednostkowym [Jeżewski, 1970, s. 344]. Natężenie decyduje o subiektywnym wrażeniu słuchowym głośności danego dźwięku.

Barwa dźwięku umożliwia odróżnianie przez człowieka poszczególnych instrumentów, np. fletu od fortepianu, nawet jeśli wydany przez nie dźwięk będzie miał te same wartości natężenia i wysokości tonu podstawowego. O różnorodności barwy decydują zatem wartości natężenia i wysokości wyższych tonów harmonicznnych, składających się na dany dźwięk [Massalski, Massalska, 1971].

1.1.4. Dźwięk w pomieszczeniu zamkniętym

*Akustyka architektoniczna (akustyka wnętrz) – zajmuje się zagadnieniami związanymi ze stwarzaniem możliwie najlepszych warunków przenoszenia i odbioru dźwięku, mowy i muzyki w pomieszczeniach*¹⁴ [Wąsowicz, 1999, s. 61].

W ujęciu uproszczonym **odbicie fali** ma miejsce wtedy, gdy na drodze rozchodzenia się dźwięku znajduje się przeszkoda o znacznej wielkości. We wnętrzach sal koncertowych wyróżnia się dwa zasadnicze typy odbić – **zwierciadlane** i **rozproszone** [Kulowski, 2007]. Odbicie zwierciadlane powstaje zgodnie z prawem odbicia, tj.: *kąt padania i kąt odbicia fali są sobie równe, zaś kierunek fali odbitej leży w płaszczyźnie utworzonej przez kierunek fali padającej i normalną do powierzchni przeszkody* [Kulowski, 2007, s. 24]. W sali koncertowej najważniejsze jest obicie pierwsze, jako że niesie ze sobą największą ilość energii po dźwięku bezpośrednim. Odbicia kolejne, tzw.

¹⁴ W pomieszczeniu na słuch człowieka oddziałuje fala biegnąca bezpośrednio ze źródła i fale odbite [Kulowski, 2007, s. 22].

wyższych rzędów, niejednokrotnie nie są brane pod uwagę w projektowaniu. Odbicie tzw. rozproszone powstaje, gdy fala pada na nierówną powierzchnię. Następuje wtedy rozszczepienie fali padającej i rozejście się w różnych kierunkach fal odbitych, niosących mniejszą energię.

W wyniku odbijania się fal we wnętrzach zauważyć można dwa zjawiska, mające znaczący wpływ na projektowanie sal koncertowych – **echo** i **pogłos**. **Echem** nazywamy powtórzenie dźwięku słyszane przez człowieka znajdującego się w konkretnym miejscu wnętrza, gdy fala odbita dotrze do jego uszu z opóźnieniem dłuższym niż 1/10 sek. w stosunku do fali wychodzącej bezpośrednio ze źródła. Przy opóźnieniu mniejszym niż 1/10 sek., mówimy o **pogłosie** (tzw. **rewerberacji**). Po zamilknięciu źródła dźwięku w pomieszczeniu, fala akustyczna – w wyniku wielokrotnego odbicia od sufitu i ścian – traci energię, następuje tzw. **pochłanianie**, a pogłos stopniowo zanika [Wąsowicz, 1999]. Czas, w którym natężenie dźwięku spada o 60 dB, został określony mianem **czasu pogłosu** i został opisany wzorem przez fizyka Wallace'a Clementa Sabine'a¹⁵ [Beranek, 2000]. Czas pogłosu jest do dziś jednym z podstawowych parametrów służących do opisywania i porównywania właściwości akustycznych sal koncertowych. Wartość czasu pogłosu we wnętrzu można kontrolować dzięki zastosowaniu odpowiednich materiałów wykończeniowych i w sposób sztuczny – za pomocą metod elektroakustycznych¹⁶.

1.2 Przedmiot i zakres badań

Przedmiotem badań niniejszej dysertacji są wnętrza sal koncertowych, centralnych, z tarasami. Zakres badań obejmuje wszystkie sale wzniesione do 2007 roku, a także będące jeszcze w fazie projektowania, tj. (w porządku chronologicznym): sala główna Filharmonii w Berlinie (Niemcy, 1963), Roy Thomson Hall w Toronto (Kanada, 1972), Christchurch Town Hall w Christchurch (Nowa Zelandia, 1972), Sydney Opera House w Sydney (Australia, 1973), Boettcher Concert Hall w Denver (Stany Zjednoczone, 1978), Sala Nezahualcoyotl w Nowym Meksyku (Meksyk, 1978), Music Centre w Utrechcie (Holandia, 1979), Leipzig Gewandhaus w Lipsku (Niemcy, 1981), St. David's Hall w Cardiff (Wielka Brytania, 1982), Michael Fowler Centre w Wellington (Nowa Zelandia, 1983), Suntory Hall w Tokio (Japonia, 1986), Kammermusiksaal (zwana dalej w tekście

¹⁵ Patrz: rozdz. 4.

¹⁶ *Elektroakustyka – dziedzina nauki i techniki, zajmująca się zagadnieniami przetwarzania energii akustycznej w elektryczną lub elektrycznej w akustyczną (przetworniki elektroakustyczne) oraz przenoszeniem przebiegów dźwięków w czasie i przestrzeni.* [Encyklopedia muzyki, 1995, s. 224].

salą kameralną Filharmonii w Berlinie) (Niemcy 1987), Glasgow Royal Concert Hall w Glasgow (Wielka Brytania, 1990), Sapporo Concert Hall „Kitara” w Sapporo (Japonia, 1997), Ryutopia Niigata City Performing Arts Center w Niigata (Japonia, 1998), Walt Disney Hall w Los Angeles (Stany Zjednoczone, 2003), Kawasaki Muza w Kawasaki (Japonia, 2004), Shanghai Oriental Art Center w Szanghaju (Chiny, 2005), Atlanta Symphony Center w Atlancie (Stany Zjednoczone, planowany czas otwarcia 2008), DR Koncerthuset w Kopenhadze (planowany czas otwarcia 2009) oraz Elbphilharmonie Concert Hall w Hamburgu (Niemcy, planowany czas otwarcia 2009 – 2010), Miami Concert Hall w Miami (Stany Zjednoczone, planowany czas realizacji 2010), La Philharmonie de Paris w Paryżu (planowany czas otwarcia 2012).

W celu przeprowadzenia analiz porównawczych przedmiotem badań objęto też wnętrza sal koncertowych o cechach układu centralnego z tarasami, ale nie będące nimi oraz kilka przykładów sal o układzie pudełkowym [patrz: Katalog, str. 165].

Zakres badań został określony przez ramy czasowe, które otwiera rok 1963, kiedy to oddano do użytku pierwszą salę koncertową o konfiguracji centralnej z tarasami, a zamyka rok 2008. Szczegółowe studia nad wnętrzami, powstałymi w tym okresie, poprzedzone zostaną rysem historycznym, niezbędnym dla pełnego przedstawienia opracowywanej problematyki.

Dane dotyczące lokalizacji, architektury, układu przestrzennego, czy pomieszczeń towarzyszących salom koncertowym mają charakter informacyjny i zostały podane w zakresie koniecznym do rzetelnej prezentacji omawianych obiektów.

1.3. Stan badań

Problematyka związana z salami koncertowymi stanowi bardzo szeroką dziedzinę, w której obserwowane są trzy różne podejścia badawcze. Pośród naukowców pracujących na tym polu wyróżnia się: praktyków – opierających swoje publikacje na własnych doświadczeniach projektowych, teoretyków – zajmujących się pomiarami i analizą parametrów obiektów istniejących oraz naukowców – łączących dwa wymienione podejścia. Wyróżniają się badania: Wallace'a Clementa Sabine'a¹⁷, George'a C. Izenoura¹⁸, Lothara Cremera¹⁹, Leo Beranka²⁰, Richarda Bolta i Roberta Newmana²¹, Russella

¹⁷ Sabine W., C. *Collected Papers on Acoustics*, Harvard University Press, (b.m.) 1922, [http://en.wikipedia.org/wiki/Wallace_Clement_Sabine].

¹⁸ Izenour G., C. *Theater Design*, Yale University Press, U.S.A. 1997.

¹⁹ Wykład przygotowany na temat audytoriów z trapezowymi tarasami na spotkanie w Indianapolis w roku

Johnsona²², Michaela Barrona²³, Chrisa Jaffea²⁴, Vilhelma Jordana²⁵, Minoru Nagaty²⁶, Yasuhisa Toyoty²⁷. W Polsce akustyką sal koncertowych zajmują się: Ewa Więckowska-Kosmala²⁸, Andrzej Kulowski²⁹, Zygmunt Wąsowicz³⁰, a w dziedzinie architektury znamienne są publikacje Andrzeja Grudzińskiego³¹.

We wnętrzach sal koncertowych zagadnienia architektoniczne są ściśle powiązane z akustycznymi. Badania nad nimi obejmują: budowę sal, akustykę pomieszczeń, kontrolę szumów, elektroakustykę, studia nad materiałami konstrukcyjnymi i wykończeniowymi, oraz subiektywne i obiektywne parametry opisujące dźwięk, a także studia nad wybranymi obiektami.

Zarówno badania teoretyczne, jak i doświadczenia praktyczne oparte na projektowaniu i realizacji obiektów koncertowych, znajdują swoje odzwierciedlenie

1987, „Journal of the Acoustical Society of America” nr 85, 1989, s. 1213-1225, [<http://asa.aip.org/encomia/gold/cremer.html>].

²⁰ Beranek L. *Concert and Opera House. How they sound*, Acoustical Society of America, (b.m.) 1996. Beranek L. *Concert Hall and Opera House Acoustics: 2000*, VII International Congress on Sound and Vibration, Garmish-Partenkirchen, Niemcy 2000.

²¹ Pracujących w zespole projektowym BBN.

²² Johnson R. – uczestniczył w projektowaniu wielu obiektów koncertowych, m. in.: Jazz at Lincoln Center, Nowy Jork (USA); New Jersey Performing Arts Center, Newark (USA), Center-in-the-Square, Kitchener-Waterloo, Ontario (Canada); [http://www.artecconsultants.com/04_personnel/consultants_bios/russell_johnson.html].

²³ Barron M. *Auditorium Acoustics and Architectural Design*, London 1993. Barron M. *The current status of spatial impression in concert halls*, Proc. of the 18th International Congress on Acoustics, Kyoto 2004, s. 2449 – 2452. Barron M. *Early decay times in the Christchurch and Wellington Concert halls*, New Zealand, „Journal of the Acoustical Society of America”, nr 103 (4), 1998, s. 2229-2231.

²⁴ Jaffe Ch. *That Old Black Magic. The Acoustics of Performance Halls*, w przygotowaniu do publikacji. Chris Jaffe – amerykański akustyk o nowatorskim spojrzeniu, specjalizujący się w projektowaniu sal wielofunkcyjnych, konferencyjnych, operowych. Konsultant ponad 200 obiektów tego typu. Pracujący w Stanach Zjednoczonych, Meksyku i na Dalekim Wschodzie. Jest autorem sal o układzie centralnym: w Denver i Meksyku. Inne jego realizacje to: opera w Sao Paulo, Tokyo International Forum, Alaska Center for the Performing Arts, dwie sale operowe dla Houston Grand Opera w Wortham Theater Center. Jaffe jest absolwentem School of Engineering na Rensselaer Polytechnic Institute i studiów nad teatrem na Uniwersytecie w Kolumbii. Jest członkiem Stowarzyszenia Akustyków Amerykańskich (z ang. *the Audio Engineering Society*) oraz Instytutu Akustyki w Wielkiej Brytanii. Otrzymał profesurę w „The Juilliard School”, „Rensselaer” i Uniwersytetu miasta Nowy Jork [oprac. wg: <http://www.neco.org/awards/recipients/chrisjaffee.html>].

²⁵ Jordan V., L. *Acoustical Design of Concert Halls and Theatres. A personal Account*, Applied Science Publishers, London 1980.

²⁶ Nagata M. *Salon Tessera*, „Nagata Acoustics News”, 2006, nr 06-03 (219), [<http://www.nagata.co.jp/news/>]. Nagata M. *Suntory Hall at Age 20 - Three Reasons that Make this Hall a Success*, „Nagata Acoustics News”, 2006, nr 06-11 (227), [<http://www.nagata.co.jp/news/>].

²⁷ Toyota Y. *Comparing Concert Hall Configurations: Some Comments on Shoebox and Vineyard-shape Halls*, „Nagata Acoustics News”, 1998, nr 98-6 (126), [<http://www.nagata.co.jp/news/>].

Toyota Y. *The Design of Concert Halls*, wywiad dla „Business and Professional Comuttee of La Philharmonic”, (b.m.) 2001.

²⁸ Więckowska-Kosmala E. *Materiały i ustroje akustyczne w salach*, „Archivolta”, 2007, nr 1, s. 47-46.

²⁹ Kulowski A. *Akustyka sal*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2007.

³⁰ Wąsowicz Z. *Kształtowanie akustyki pomieszczeń*, „BIT. Budowlany Informator Techniczny”, 1999, nr 7 (17), s. 61-65.

³¹ Grudziński A., J. *Audytoria dydaktyczne*, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1979.

w licznie powstających pracach naukowych i opracowaniach popularno-naukowych³². Na potrzeby niniejszej pracy badania te podzielono na zagraniczne i krajowe.

1.3.1. Badania zagraniczne

Pierwsze znaczące badania nad akustyką pomieszczeń były prowadzone przez Wallace'a Clementa Sabine'a i dotyczyły podstawowych pojęć związanych z akustyką, m.in. z czasem pogłosu [Beranek, 2000]. Ze względu na brak wcześniejszych opracowań dotyczących analizy dźwięku, naukowiec ten pracował metodą prób i błędów, przeprowadzając wiele eksperymentów w audytorium w Muzeum Sztuki „Fogg” (patrz rozdz. 2). Oprócz zapoczątkowania nowej dziedziny nauki – akustyki architektonicznej – stworzył on jako pierwszy system pomiarowy dla pogłosu i pochłaniania. Wyprowadził również równanie opisujące czas pogłosu³³. Jego prace stanowiły przyczynek do licznych badań nad akustyką sal widowiskowych.

Wśród badań współczesnych, ważną rolę odegrały prace George'a C. Izenoura³⁴, które stały się źródłem dla wielu późniejszych studiów. Autor ten prześledził przykłady sal widowiskowych w zakresie architektury i akustyki. Badaniami objął sale europejskie i amerykańskie, różniące się znacznie układem wnętrza oraz założeniami projektowymi. Dorobek tego badacza można podzielić na cztery grupy tematyczne. Do pierwszej grupy zakwalifikowano prace dotyczące analizy sytuacji słuchacza znajdującego się na widowni i jego uwarunkowań psychofizycznych, w skład których wchodzi: ergonomia, układ linii widoczności, analiza słyszalności i odbić fal akustycznych. Następne zagadnienia dotyczą rozwoju historycznego obiektów teatralnych i koncertowych od starożytności po czasy nowożytne. W obrębie kolejnej grupy analizie pod kątem formy i funkcji poddano szereg wnętrza sal współczesnych wraz z ich przestrzeniami publicznymi i zapleciami. Kolejne zagadnienia dotyczą stworzenia zbioru parametrów technicznych niezbędnych do projektowania obiektów widowiskowych.

³² Istnieje wiele opracowań (książki, artykuły w czasopismach naukowych i popularnonaukowych, biuletyny, serwisy internetowe itp.) traktujących o wybranych salach koncertowych lub grupach takich obiektów. Większość tych publikacji zawiera szersze ujęcie tematu, czyli projektowanie sal widowiskowych oraz audytoriów, prezentując zagadnienia sal koncertowych wraz z omówieniem sal teatralnych, operowych, konferencyjnych, a także audytoriów w jednostkach edukacyjnych. Dotyczy to zarówno publikacji polskojęzycznych, jak i zagranicznych.

³³ [Http://www.philophony.com/sensprop/sabine.html, 2008], szersze ujęcie tego zagadnienia patrz rozdz. 4.

³⁴ Izenour G., C. *Theater Design*, USA, 1997. Publikacja ta zawiera dokładne i wnikliwe studium m.in. współczesnych wnętrza sal koncertowych europejskich i amerykańskich. Obejmuje również bogate studium historyczne obiektów widowiskowych od czasów antycznych. W opracowaniu nie wyróżniono układu centralnego tarasowego, jako osobnego nurtu w projektowaniu. Opisano jedynie tego typu przykłady.

Leo Beranek³⁵ bada zagadnienia dotyczące akustyki sal koncertowych i wnętrz oper, a jego prace stanowią punkt odniesienia dla dociekań większości naukowców zajmujących się tą dziedziną. Przeprowadził on ponad 100³⁶ sal koncertowych z całego świata prowadząc konsultacje z dyrygentami i krytykami muzycznymi. Jest autorem metody – porównywania jakości dźwięku pomiędzy salami różnych typów [Nagata, 2006] – stworzonej na podstawie: testów, pomiarów, przeanalizowanych technicznych danych elementów architektonicznych i parametrów akustycznych. Beranek analizował również odczucia subiektywne dźwięku dla poszczególnych wnętrz i porównał ze sobą. Zainteresowania Leo Beranka znacznie wykraczają poza akustykę sal widowiskowych – znane są jego badania z zakresu redukcji szumów³⁷ i teorii matematycznych w akustyce wnętrz [Furrer, 2008], jak też opracowania związane z „przekładaniem” subiektywnych odczuć charakterystyki dźwięku na język naukowy, m. in. pojęcia: „bliskość”, „obecność”, „ciepło” [Furrer, 2008]. Pośród analizowanych przykładów zamieścił również sale o konfiguracji winnicowej – wyraźnie je wyodrębniając, jako osobny rodzaj wnętrz – m.in.: salę główną i kameralną filharmonii w Berlinie czy salę w Cardiff.

Michael Barron zajmuje się akustyką sal koncertowych i audytoriów, w zakresie rozkładu poziomego dźwięku³⁸, i jego rozpraszania³⁹ oraz porównywania parametrów poszczególnych sal koncertowych⁴⁰. Opracowanie przygotowane wraz z Marshalllem⁴¹, które powstało w 2001 roku, jest przeglądem stanu wiedzy nad „wrażeniem przestrzenności dźwięku” i „wczesnych odbić bocznych”. Badania Barrona objęły sprawdzenie poprawności parametrów, zawartych w normie ISO 3382, pozwalających na porównywanie sal koncertowych ze sobą. W trakcie prac odkrył i opisał pułapki związane z błędami pomiarów⁴². Obecnie Michael Barron prowadzi dwa projekty badawcze. Pierwszy z nich, w którym uczestniczy orkiestra symfoniczna Bournemouth, dotyczy studiów nad warunkami akustycznymi panującymi na scenie w odniesieniu do muzyków,

³⁵ Leo Beranek jest również autorem prac akustycznych z zakresu dźwięku i kontroli hałasu oraz wibracji, które publikuje od 1939 r. [Furrer, 2008].

³⁶ Na dzień dzisiejszy [<http://www.leoberanek.com>, 2008].

³⁷ Vér I., L., Beranek L. *Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications*, John Wiley & Sons, USA 2006.

³⁸ Chiles S. Barron M., *Sound level distribution and scatter in proportionate spaces*, „Journal of the Acoustical Society of America”, 2004, nr 116 (3), s. 1585 – 1595.

³⁹ Barron M. *Thoughts on the room acoustic enigma: the state of diffusion*, Proceedings of the Institute of Acoustics, (b.m.) 2005, nr 27 (2), s. 9-18.

⁴⁰ Barron M. *Auditorium Acoustics and Architectural Design*, London 1993.

⁴¹ Marshall A., H., Barron M. *Spatial responsiveness in concert halls and the origins of spatial impression*, „Applied Acoustics”, 2001, nr 62 (2), s. 91-108.

⁴² Barron M. *Using the standard on objective measures for concert auditoria, ISO3382, to give reliable results*, „Acoustical Science and Technology”, 2005, nr 26 (2), s. 162-169.

drugi - zastosowania rzeczywistych modeli wewnątrz sal koncertowych do udowodnienia poprawionej teorii o dystrybucji poziomu dźwięku „w rozproszonych, akustycznych przestrzeniach”⁴³ i sprawdzeniu roli rozpraszania w ogólnie pojętych modelowych przestrzeniach sal koncertowych⁴⁴. Naukowiec ten zajmuje się analizami i pomiarami w istniejących obiektach koncertowych i audytoryjnych. W swoich pracach Barron dokonuje wyraźnego wydzielenia przestrzennej konfiguracji „winnicy”, spośród innych typów wewnątrz koncertowych⁴⁵ na podstawie zbudowanych do 1972 roku sal – od Filharmonii w Berlinie po Roy Thomson Hall w Toronto, wskazując wiele zmian, jakie przeszła konfiguracja centralna tarasowa ze względu na akustykę.

Marie Laure – Boulet, Christine Moissiniac i Françoise Soullignac, a także Gaëlle Breton⁴⁶ tworzyli prace przekrojowe na temat sal koncertowych, będące zbiorem informacji o wielkościach, powierzchniach i materiałach stosowanych w salach, zawierające bogatą dokumentację: fotograficzną i opisową⁴⁷.

Równolegle do badań naukowych, w latach 50. XX wieku, rozpoczęły się prace projektowe nad pierwszymi obiektami o układzie centralnym tarasowym, Hansa Scharouna i jego ucznia, a później współpracownika Edgara Wisniewskiego⁴⁸ (we współpracy z akustykiem Lotharem Cremerem). Projektowanie nowego typu obiektu rozpoczęto od szczegółowej analizy układów centralnych, które powstały na świecie od czasów antycznej

⁴³ Ang. – nazwa projektu w dosłownym tłumaczeniu.

⁴⁴ Szerzej na temat badań Barrona: <http://www.bath.ac.uk/pip/directory/profile/569#research>, 2008.

⁴⁵ Barron M. *Auditorium Acoustics and Architectural Design*, London 1993 – w opracowaniu tym zawarto omówienie rozwoju obiektów przejawiających cechy układu centralnego tarasowego – od Filharmonii w Berlinie, poprzez Christchurch Town Hall, Michael Fowler Centre w Nowej Zelandii, Neues Gewandhaus w Lipsku, po Roy Thomson Hall w Toronto.

⁴⁶ Laure-Boulet M., Moissiniac C., Soullignac F. *Auditoriums*, Editions du Moniteur, Paryż 1990 lub Breton G. *Theater*, Editions du Moniteur, Paryż 1990, dla wydawnictwa niemieckiego: Karl Krämer Verlag, Stuttgart – Zurych 1991. Oprócz ilustracji opracowania zawierają krótkie omówienia sal o konfiguracji winnicowej. Te pozycje literaturowe dotyczą sal o różnych układach i zaprezentowano w nich układ tarasowy, jako jeden z wielu, niejednokrotnie nie definiując go, jako osobnego rodzaju sali.

⁴⁷ Inne opracowania o tematyce ogólnej z zakresu budynków widowiskowych, to np.: Hammond M. *Performing Architecture: Opera houses, Theatres and Concert Halls for the Twenty-First Century*, Londyn, Nowy Jork 2006; materiały konferencyjne: McCue E. *Acoustical design of music education facilities: Eseje [...] zaprezentowane na sesji, pt.: „Music education facilities since 1975”* na 117th spotkaniu „the Acoustical Society of America”, 1989 /ed., Nowy Jork : Acoustical Society of America, 1990; Talaske R., H. *Halls for Music Performance: Two Decades of Experience: 1962–1982*, zaprezentowany na 103 spotkaniu „the Acoustical Society of America”, Chicago, 26-30 kwiecień 1982 /ed., Nowy Jork: American Institute of Physics, 1986; Hardy H. *Building Type Basics for Performing Arts Facilities (Building Type Basics)*, Wiley, 2006; Long M., Levy M. *Architectural Acoustics (Applications of Modern Acoustics)*, Academic Press, (b.m.) 2005.

⁴⁸ Wisniewski E. *Die Berliner Philharmonie und Ihr Kammermusiksaal. Der Konzertsaal als Zentralraum*, Gebr. Mann Verlag, Berlin 1993. W publikacji tej zawarto szczegółowy opis powstawania filharmonii z salą główną i kameralną od szkicu koncepcyjnego po kompletny opis rozwiązań projektowych, materiałowych, konstrukcyjnych, akustycznych i architektonicznych. Książka jest szczególnie cenna, ponieważ została napisana przez jednego z projektantów, dzięki czemu zawiera materiały źródłowe.

Grecji [Wisniewski, 1993]. W efekcie tych badań powstał obiekt Filharmonii w Berlinie, który otworzył nurt winnic. Do kanonu projektowego wprowadzono centralnie położoną scenę i trapezowy taras. Odkrycia dokonane w trakcie prac projektowych zostały później opublikowane w wielu książkach [Barron, 1993] i artykułach na temat działania tarasu trapezowego, benefitów, a także i wad centralnego położenia sceny oraz zachowania się i rozkładu dźwięku⁴⁹.

Dla niniejszej rozprawy ważne są prace: Johna O’Keefe’a⁵⁰, dotyczące zasady działania układu centralnego z tarasami i opracowanie Bridget Shield oraz Trevora Coxa⁵¹, które porządkuje i podsumowuje wiedzę na temat konfiguracji winnicowej.

Układ centralny tarasowy był również tematem badań akustyków Minoru Nagaty i Yasuhisa Toyoty z Japonii, specjalizujących się w projektowaniu obiektów winnicowych⁵², np.: sali Suntory Hall w Tokyo, dla której przeprowadzono szczegółowe studia nad Filharmonią w Berlinie, ponieważ układ centralny tarasowy nie był wcześniej znany w Japonii. Na bazie wniosków z badań powstała koncepcja sali, której popularność przyczyniła się do rozpowszechnienia układu winnicowego we współczesnym projektowaniu sal koncertowych [Nagata, 2006]. Szczególnie interesujące są prace Toyoty [1998] porównujące układ pudełkowy z układem winnicowym oraz określające wady i zalety obu rozwiązań. Minoru Nagata jest założycielem zespołu projektowego Nagata Acoustics Inc., który pracował nad akustyką kilku sal o układzie centralnym tarasowym, m. in. w: Sapporo Concert Hall, Walt Disney Hall, czy Muza w Kawasaki. Wnioski i obserwacje dotyczące projektów oraz realizacji, są cyklicznie zamieszczane w serwisie informacyjnym firmy⁵³. Są to opracowania obejmujące niewielką część ich badań.

⁴⁹ Na tematy pozostałych sal koncertowych typu centralnego tarasowego dostępne są opracowania w postaci artykułów opublikowanych w Internecie lub prasie fachowej. Szczególnie interesujące są publikacje osób bezpośrednio związanych z projektowaniem układu centralnego z tarasami, np.: Bradley J., S., Madaras G., Jaffe Ch. *Acoustical characteristics of a 360-degree surround hall*, „The Journal of the Acoustical Society of America”, 1997, nr 5 (101), s. 3135.

Tematem dwóch monografii i licznych artykułów jest sala koncertowa Walt Disney Hall (Los Angeles): Leonard G. *Symphony in Steel: Walt Disney Concert Hall Goes Up*, Angel City Press, (b.m.) 2003; White G., Gerace G., Gehry F. *Symphony: Frank Gehry's Walt Disney Concert Hall* (b.m), 2009 – oba opracowania mają charakter albumowy.

⁵⁰ O’Keefe J. *The New Understanding of Acoustics. Spatial Impression*, [http://www.zainea.com/The New Understanding of Acoustics.htm](http://www.zainea.com/The%20New%20Understanding%20of%20Acoustics.htm), 1998. W pracy tej przedstawiono podstawowe informacje o zasadzie działania i genezie układu centralnego z tarasami, a także na temat odkryć w dziedzinie akustyki, które doprowadziły do sukcesu układu centralnego tarasowego na świecie.

⁵¹ Shield B., Cox T. *The Shape We’re In. The story of the Berlin Philharmonie – a landmark hall*, www.acoustics.salford.ac.uk/acoustics_world/concert_hall_acoustics/shape.html, 1999/2000. W artykule na przykładzie filharmonii berlińskiej omówiono schemat akustyczny sali o układzie winnicowym.

⁵² *The Desing of Concert Halls – a talk by Mr Yasuhisa Toyota*, „Business and Profesional Comutee of LA Philharmonic”, (b.m.) 2001.

⁵³ Szerzej na temat badań Nagata Acoustics: http://www.nagata.co.jp/e_index.html, 2008.

1.3.2. Badania polskie

Wśród polskich badaczy problematyką sal koncertowych i audytoriów zajmował się Andrzej Grudziński. Jego prace opierały się nie tylko na poszukiwaniach naukowych, ale również na wiedzy praktycznej, zdobytej przy licznych projektach architektonicznych. Zakres tych badań obejmował szeroko rozumiane zagadnienia związane z salami widowiskowymi i audytoriami: zależności funkcjonalne, ekonomiczne, parametry ilościowe, powierzchniowe i kubaturowe oraz kształtowanie architektury obiektów, jak również badania dotyczące ergonomii słuchaczy znajdujących się na widowni. Zakres tych badań obejmował: sposób widzenia oka ludzkiego – kąty dobrej widoczności, układ linii widoczności w modelowaniu stopnia nachylenia widowni, układ foteli w rzędach i ergonomii samych foteli, a także zagadnienie ewakuacji widowni z sali widowiskowej w razie zagrożenia. Dodatkowo analizie zostały poddane kwestie dobrej słyszalności na widowni i zastosowanie materiałów odbijających i pochłaniających na ścianach wnętrza sal⁵⁴.

Kolejne badania w tym zakresie prowadzone są w Politechnice Wrocławskiej, m. in. Stanisław Lose⁵⁵ zajął się w pracy doktorskiej analizą przestrzeni teatralnej rozumianej jako zespół sceny i widowni, rozpoczynając od przeglądu polskich dokonań w zakresie projektowania teatrów, a następnie analizując przestrzeń teatralną i prawa nią rządzące. Dodatkowo badaniami objął psychofizyczne uwarunkowania przestrzeni teatralnej. Rozwinięciem przedstawionej tematyki jest praca doktorska Andrzeja Sobolewskiego⁵⁶, dotycząca zasad i procesów kształtowania przestrzeni teatralnej od starożytności do współczesności. Sobolewski podjął również tematykę bezpieczeństwa i komfortu użytkowników przestrzeni widowiskowej, szczególnie dużo miejsca poświęcając zagadnieniom projektowania teatrów z uwzględnieniem potrzeb osób niepełnosprawnych.

W zakresie akustyki sal koncertowych istnieją w Polsce opracowania zawierające wytyczne do projektowania – przykładem takiej pozycji jest książka Andrzeja

⁵⁴ Andrzej Grudziński zajmował się tematami sal widowiskowych poczynając od swojej rozprawy doktorskiej: Grudziński A. *Kształtowanie planów sal widowiskowych w aspekcie racjonalnej dyspozycji miejsc i ciągów komunikacji wewnętrznej*, Wrocław 1969, po ostatnią opracowaną publikację: Grudziński A., Leszczyńska M., Sobolewski A. *Koncepcja przekształceń wnętrza istniejącego audytorium Wydziału Chemii Politechniki Wrocławskiej*, „Architectus”, 2000, nr 2, s. 101-103.

⁵⁵ Lose S. *Elementy przestrzeni teatralnej na przykładzie polskiego teatru współczesnego*, Wrocław 1978. Praca traktuje o przestrzeni teatralnej i zależnościach nią rządzących.

⁵⁶ Sobolewski A. *Bezpieczeństwo i komfort widza teatralnego w aspekcie modernizacji wybranych sal w Polsce*, rozprawa doktorska, Wrocław 1978.

Kulowskiego⁵⁷. Sale o konfiguracji winnicowej nie zostały tu jednak wyróżnione, a przytoczono jedynie przykład widowni Filharmonii Berlińskiej oraz scenę sali Suntory w Tokio.

Sale pudełkowe analizowane były zarówno przez badaczy zagranicznych (m. in. Sabine'a [Sabine, 1922], Izenoura [Izenour, 1997], Beranka [Beranek, 2000], Barrona [Barron, 1993], Jaffe'a⁵⁸, Jordana [Jordan, 1980]), jak i polskich – Grudzińskiego [Grudziński, 1979]. Szczególnie interesujące są opracowania projektów najnowszych obiektów koncertowych, m.in. będących aktualnie w trakcie realizacji w Polsce, zebrane przez Pawła Krausa⁵⁹ oraz zespół Kuryłowicz & Associates Architecture Studio⁶⁰.

Obecnie nie są prowadzone w Polsce badania bezpośrednio związane z układem centralnym tarasowym, które omawiałyby problematykę architektoniczną lub akustyczną, co stało się również jedną z przesłanek do podjęcia tego tematu w niniejszej pracy.

1.4. Tezy i cele badawcze

1.4.1. Tezy

Teza pierwsza: **Najkorzystniejsze warunki akustyczne wśród współczesnych sal koncertowych⁶¹ powyżej 1800 słuchaczy, zapewniają sale o układzie centralnym tarasowym⁶².**

Teza druga: **Akustyka sali o konfiguracji tarasowej stanowi zbiór indywidualnych układów: źródła dźwięku i wybranego tarasu⁶³.**

Teza trzecia – pomocnicza: **Rozwiązania tarasowe – alternatywne w stosunku do sal o konfiguracji pudełkowej – stwarzają nowe możliwości architektonicznego kształtowania przestrzeni wnętrz koncertowych.**

⁵⁷ Kulowski A. *Akustyka sal*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2007.

⁵⁸ [Jaffe Ch., w przygotowaniu do publikacji].

⁵⁹ Kraus P. *Architektura dźwięku. Państwowa Filharmonia im. Artura Rubinsteina w Łodzi*, Ram, Kraków 2006.

⁶⁰ Kuryłowicz & Associates Architecture Studio, *Narodowe Forum Muzyki*, (b.m.) 2008.

⁶¹ Analizy porównawcze zostaną przeprowadzone między konfiguracją centralną tarasową a pudełkową. Ze względu na to, że tą drugą uznano za oferującą najkorzystniejsze parametry akustyczne salom koncertowym, z pośród pozostałych współczesnych konfiguracji przestrzennych (m.in.: wachlarzowych, eliptycznych, czy okrągłych).

⁶² Granica 1800 osób nie stanowi niezmienniej wartości. Szczegółowe omówienie problematyki ustalania granicy zostanie przedstawione w rozdziale 4 niniejszej dysertacji.

⁶³ Taras rozumiany jest, jako całość układu akustycznego, tj. ścian znajdujących nad nim i sufitu do niego przynależnego.

1.4.2. Cele badań

Dążąc do wypełnienia postawionych w tezach zadań badawczych, należy podkreślić, że układ centralny tarasowy nie został opisany w literaturze polskiej, a w literaturze zagranicznej nie opracowano tematyki w stopniu wyczerpującym. Ścisły dowód tezy, poprzedzony studium zagadnień historycznych, pozwoli na sformułowanie współczesnej typologii kształtów wnętrz sal koncertowych. Na podstawie wniosków płynących z tej analizy podjęta zostanie próba sformułowania jednoznacznej definicji wnętrza o konfiguracji winnicy. Ponadto, w kontynuacji studium historycznego, przeprowadzone zostaną szczegółowe studia przykładów wnętrz sal koncertowych o konfiguracji centralnej tarasowej i w powiązaniu z definicją opracowana zostanie aktualna typologia tych wnętrz.

W celu przeprowadzenia szczegółowych badań zbudowany zostanie wirtualny model sali koncertowej o winnicowej konfiguracji wnętrza. Model będzie pomocny przy wykonaniu testów, mających ścisły związek z przedstawieniem działania układu architektoniczno-akustycznego wnętrza i jego udziału w tworzeniu jakości dźwięku w salach o pojemności powyżej 1800 osób. Model posłuży również, do zbadania działania podstawowej komórki układu – tarasu.

W związku z charakterem podjętych badań, analizie poddany zostanie również nurt projektowania sal pudełkowych, w celu przeprowadzenia niezbędnych porównań i zestawień.

Oprócz swoistego architektoniczno-akustycznego ukształtowania⁶⁴ w układzie centralnym tarasowym powstają specyficzne interakcje, które zachodzą pomiędzy publicznością a muzykami oraz słuchaczami. Zbadanie tych zjawisk, jako nieodłącznych składników poruszanej problematyki, będzie jednym z celów pomocniczych niniejszej pracy. Podobnie nieodzowna będzie analiza wizji architektów i akustyków, związanych z funkcją i formą tego typu wnętrz.

1.5. Przesłanki do podjęcia tematu

Polskie miasta kandydują do miana europejskich metropolii, w których dynamicznie rozwijające się życie kulturalne powoduje rosnące zainteresowanie społeczeństwa koncertami muzyki klasycznej. Czynniki te wpływają na wzrastanie

⁶⁴ Układ architektoniczno-akustyczny – pojęcie sformułowane w celu wskazania ścisłych powiązań formy i architektury wnętrza oraz jego akustyki.

zapotrzebowania na duże sale koncertowe mieszczące więcej niż 2000 osób. Wiele istniejących obiektów jest remontowanych, a także powstają nowe, jak np.: Państwowa Filharmonia im. Artura Rubinsteina w Łodzi (wzniesiona w 2004), sala Akademii Muzycznej w Poznaniu (otwarta w 2006), czy Forum Muzyki przy placu Wolności we Wrocławiu (planowane otwarcie 2012). Wnętrza w tych obiektach mają w przewodzie kształt pudełkowy. Jest to jedna z podstawowych przesłanek do analizy układu centralnego tarasowego.

Każda współczesna sala koncertowa jest dziełem oryginalnym i jest traktowana przez projektanta wyjątkowo. Sale typu centralnego tarasowego należą do tych, które zaprojektować jest najtrudniej, ale pozwalają na osiągnięcie niezwykłych efektów wizualnych, akustycznych, funkcjonalnych i psychologicznych. Należą one do sal o dobrej, lub wybitnej akustyce i bardzo zindywidualizowanej architekturze.

1.6. Metoda i układ pracy

Głównymi metodami przyjętymi niniejszej pracy są: analiza i synteza, a metodami uzupełniającymi: analiza porównawcza, metoda graficzna i chronologiczna.

Rozdział pierwszy dysertacji jest wprowadzeniem do tematu, w którym określono: przedmiot, zakres i ramy czasowe badań, a następnie przedstawiono stan badań i związki tematów opisanych w istniejącej literaturze z niniejszym opracowaniem oraz przesłanki kierujące autorką do podjęcia określonej problematyki.

W rozdziale drugim zostanie zaprezentowany chronologicznie szereg zagadnień związanych z rozwojem obiektów koncertowych od antyku po współczesność, z uwzględnieniem wewnątrz rozpatrywanych pod kątem cech architektoniczno-akustycznych. Na podstawie wniosków płynących z studiów rozdziału drugiego powstanie typologia ogólna.

Rozdział trzeci będzie poświęcony przykładom sal o układzie centralnym tarasowym od pierwszego obiektu w tej konfiguracji po budynki będące obecnie w fazie projektowania oraz obiekty nawiązujące swą budową do omawianego układu. Na podstawie tych przykładów zostanie sformułowana typologia wewnątrz o konfiguracji winnicowej wraz z omówieniem ich charakterystycznych cech. Wnioski z systematyki i analizy obiektów posłużą zadaniom rozwiązywanym w rozdziale czwartym, tj. analizie. Zagadnień związanych z architektoniczno-akustyczną pracą układów winnicowych, jak też głównymi pojęciami akustycznymi dotyczącymi problematyki sal koncertowych

i poszczególnymi elementami składowymi sali (scena, tarasy, ściany, ściany tarasów i sufit), rozpatrywanymi pod kątem wpływu ich ukształtowania na jakość dźwięku. Na podstawie wniosków płynących z tych analiz zbudowany zostanie model wirtualny wnętrza o konfiguracji winnicowej, który posłuży przeprowadzeniu dowodów tez postawionych w rozdziale pierwszym. Dowody, tezy i wnioski będą sformułowane również w rozdziale czwartym.

Rozdział piąty to zbiór zagadnień architektonicznych, związanych z trzecią tezą niniejszej pracy: aspektu wizualnego, komunikacji, ewakuacji i interakcji występujących w salach o układach centralnych tarasowych.

Szósty rozdział będzie zawierał podsumowanie rozprawy i wnioski płynące z przeprowadzonych analiz. Na ich podstawie zostanie podjęta próba określenia dalszego kierunku rozwoju konfiguracji winnicowej i projektowania współczesnych sal koncertowych.

Rozdział siódmy będzie obejmował bibliografię, zaś ósmy – spis ilustracji. Rozdział dziewiąty to Aneks I – z opisem wszystkich przykładów sal centralnych tarasowych omówionych w pracy. Katalog zostanie uzupełniony: ilustracjami przedstawiającymi lokalizację, rzutami, przekrojami, elewacjami oraz widokami wnętrza omawianych obiektów, a także opisy czterech polskich sal o układzie pudełkowym.

2. ROZWÓJ PRZESTRZENI WIDOWISKOWYCH

2.1. Wprowadzenie

Nie ma jednoznaczności w określeniu daty lub wydarzenia, które dało początek rozwojowi sal koncertowych. Kształtowanie tych obiektów jest ściśle związane z transformacjami sposobów i form wykonywania muzyki, a także z rozwojem akustyki, architektury, budownictwa oraz konstrukcji. Przyjmując definicję sali koncertowej jako wnętrza, w którym wyróżnia się scenę i widownię, za początek procesu kształtowania współczesnej sali koncertowej możemy uznać powstanie pierwszego teatru antycznego, a później odeonu⁶⁵. W czasach renesansu nastąpiło zamknięcie obiektu teatralnego dachem, co w dalszym procesie ewolucji umożliwiło powstanie klasycznej sali koncertowej. W przebiegu procesu rozwoju wnętrz sal koncertowych czerpano ze zdobyczy epok poprzedzających i wystrzegano się wcześniejszych błędów, stąd niniejszym opracowaniu uszeregowano obiekty w ciągu przyczynowo-skutkowym.

2.2. Teatry antyczne

2.2.1. Teatr grecki

Pierwsze teatry powstały w antycznej Grecji, między 550 a 500 rokiem p. n. e. [Izenour, 1997, s. 10], w związku ze świętem ku czci Dionizosa⁶⁶. Uroczystość ta o charakterze religijnym, odbywała się w miejscu pełniącym funkcję sakralną [Koch, 1996]. W ramach obchodów święta wystawiano przedstawienia teatralne, a ich główna zasada opierała się na jedności sztuk, w tym muzyki⁶⁷. Inscenizacje te cieszyły się ogromną popularnością, gromadząc dużą publiczność. W ten sposób powstało zapotrzebowanie na przestrzeń, która zdoła pomieścić widzów i zapewni godną oprawę święta religijnego.

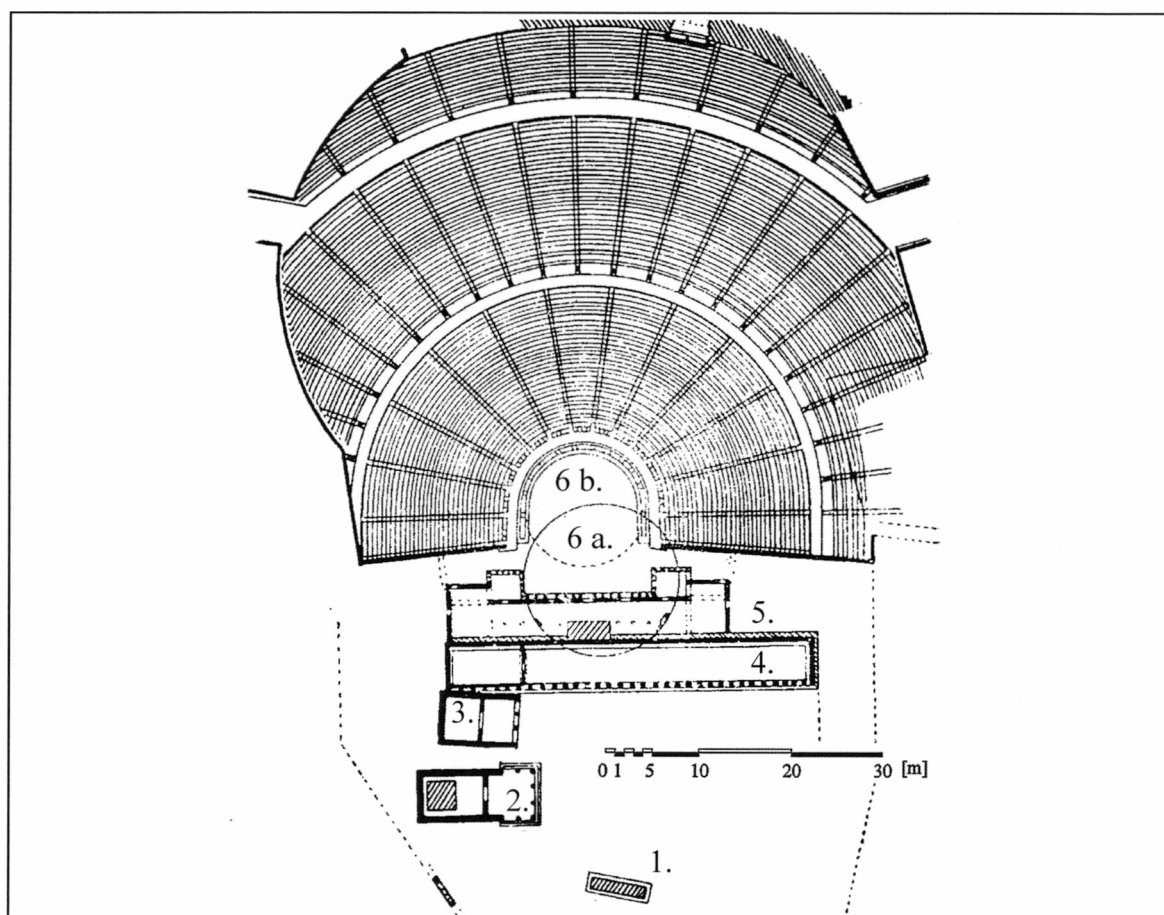
Początkowo sztuki wystawiano na okrągłym placu (gr. *orchestra*), o średnicy od 20 do 40 m, który lokalizowano w obrębie płaskiego obszaru położonego u stóp wzniesienia [Broniewski, 1990]. Publiczność zasiadała na stoku, aby dogodne obserwować

⁶⁵ Odeon [gr. *odeion*] – teatr muzyczny [Parnicki-Pudelko, 1962, s. 291]; *mały zadaszony teatr w którym odbywały się koncerty i odczyty* [Pescarin, 1999, s. 166].

⁶⁶ Dionizos – bóg radości i życia [Broniewski, 1990].

⁶⁷ Muzyka antycznej Grecji wywodziła się z Egiptu i Fenicji, a pozostawała w ścisłym związku z poezją. Pieśni wspomagał akompaniament wykonywany na lirze, kitarze, harfie, syryndze (fletnia Pana), czy barbitonie. Jedynie muzyka taneczna miała formę samodzielną, a wykonywano ją na aulosach, tzw. orchestyka. Od VI w. p. n. e. zaczęła formować się teoria muzyki, wiążąca ją z kosmosem i wszechświatem, m. in., w wyniku prac Pitagorasa, stworzono matematyczne podstawy muzyki [Szlagowska, 1996], [Encyklopedia Muzyki, 1995, s. 322], [Jurewicz, Winniczuk, 1970].

przedstawienia. Te naturalne elementy pierwszych teatrów zostały poddane wielu udoskonaleniom. Zaczęto od orchestry, którą wytyczano na różnych planach figur geometrycznych: koła, półkoła bądź trapezu, a w jej środku wznoszono ołtarz, czasem świątynię [Koch, 1996]. Na zboczu wzgórza zaczęto lokalizować siedziska, pierwotnie w formie drewnianych ław – tak powstała pierwsza widownia (gr. *theatron*, łac. *cavae*) [Koch, 1996]. Ten typ widowni był niestabilny, co w 499 r p. n. e. [Nicoll, 1979, s. 12] stało się przyczyną katastrofy, gdyż drewniane ławy jednego z theatronów uległy zawaleniu, powodując obrażenia zgromadzonych osób. Prawdopodobnie w związku z tym wydarzeniem ustalono stałe miejsce wystawiania sztuk, tj. południowe, stosunkowo łagodne zbocze góry Akropolis [Izenour, 1997], w pobliżu świątyni Dionizosa, które nazwano Teatrem Dionizosa (rys. 1). Siedziska można było dogodnie osadzić na tym stoku i nie było konieczności stosowania demontowanych konstrukcji. Bezpieczna i stabilna widownia teatru pozwoliła na wprowadzenie kolejnych elementów i udoskonalanie istniejących.



Rys. 1. Teatr Dionizosa w Atenach – rzut: 1. ołtarz, 2. stara świątynia, 3. nowa świątynia, 4. kolumnada, 5. skene, 6 a. stara orchestra, 6 b. nowa orchestra [Oprac. wg Nicoll, 1979]

W okresie od około 525 do 395 roku p. n. e. w Grecji nastąpił rozkwit sztuki dramatycznej. Scenografia teatralna była jeszcze bardzo skromna [Broniewski, 1990] i stanowiła ją tkanina rozwieszana za sceną, służąca za tło [Izenour, 1997]. Za nią znajdował się namiot (gr. *skene*), którego wewnątrz pełniło funkcje garderoby i kulis. W późniejszym czasie namiot został zastąpiony budynkiem, którego architektura, z czasem rozbudowana, stanowiła scenografię dla rozgrywającego się przed nią przedstawienia. Takie rozwiązanie otrzymał m.in. wspomniany teatr Dionizosa w Atenach, unowocześniony w latach 338–326 p. n. e. [Broniewski, 1990], gdzie prócz budynku scenicznego, przebudowano również widownię, zastępując ławki drewniane kamiennymi.

Z teatrów greckich najlepiej zachował się klasyczny obiekt w Epidauros (330 r. p. n. e., rys. 2 i 4), o rozbudowanej formie, którego projektantem był Poliklet Młodszy. Widownia została wytyczona na planie wachlarza o kącie rozwarcia 210° i mieściła 14 000 widzów, a odbiorca – siedzący najdalej – znajdował się w odległości 70 metrów od sceny [Barron, 1993]. Widownia w Epidauros, podobnie jak każdego klasycznego greckiego teatru, została podzielona na sektory (gr. *kerkides*), które rozdzielały rozchodzące się promieniście schody, łączone poziomymi chodnikami – tzw. diazomatami (gr. *diazoma*). Przed sceną, założoną na planie okręgu, wzniesiono dwukondygnacyjny budynek sceniczny, z jońskim portykiem kolumnowym (gr. *proskenion*), po bokach zaprojektowano ryzality (gr. *paraskenia*). Wzdłuż boków theatronu pozostawiono miejsce na szerokie przejścia (gr. *parodos*), którymi wchodził chór [Koch, 1996].

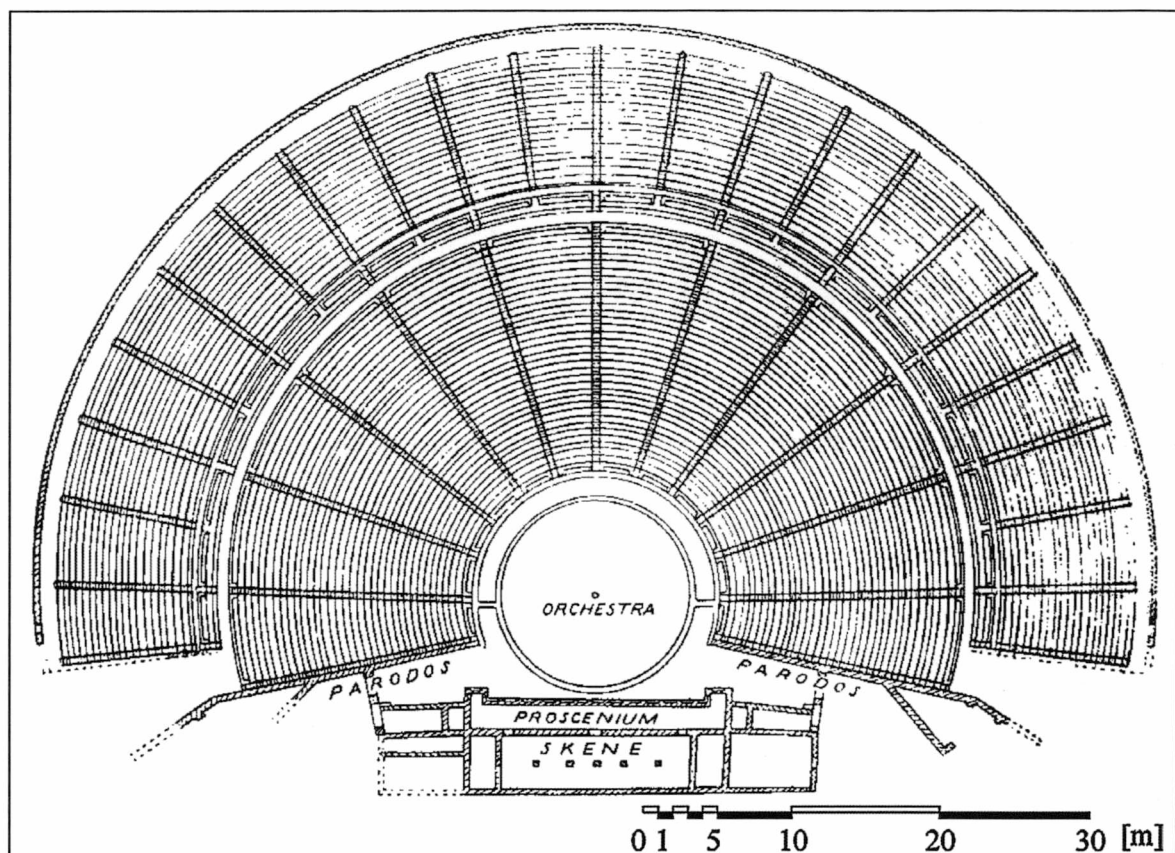
Ukształtowanie architektoniczne tego obiektu stanowiąc wzorzec dla kolejnych teatrów budowanych na terenie Grecji i Rzymu, miało bezpośredni wpływ na ich akustykę. Poważne utrudnienia w prawidłowej propagacji dźwięku stanowiły znaczna wielkość widowni i brak dachu⁶⁸, powodujące osłabienie głośności. Dodatkowo nadmierna szerokość widowni wpływała niekorzystnie na wartości parametrów dźwięku i osłabienie widoczności, szczególnie w partiach bocznych⁶⁹. W teatrach budowanych po 330 r. p. n. e. redukowano boczne skrzydła, np.: w Priene (Turcja) [Izenour, 1997].

Rozkład fal akustycznych w teatrze greckim opisał Michael Barron [1993]. Wykazał on, że do słuchaczy docierały dźwięk bezpośredni i jego odbicie od posadzki

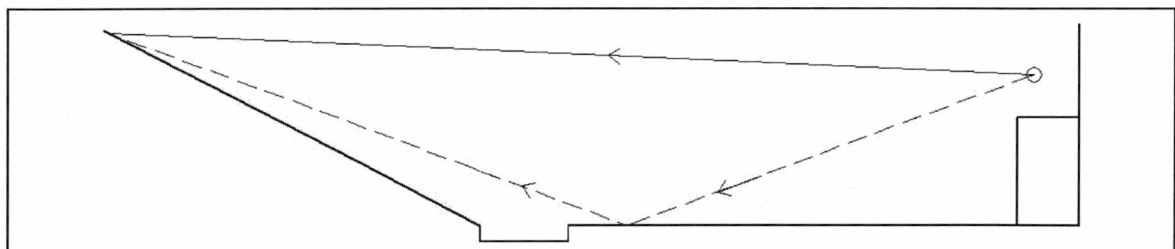
⁶⁸ Forma fragmentarycznego przekrywania teatrów rzymskich zostanie omówiona w dalszej części opracowania.

⁶⁹ Siedzieli tu słuchacze o niższym statusie społecznym [Barron, 1993].

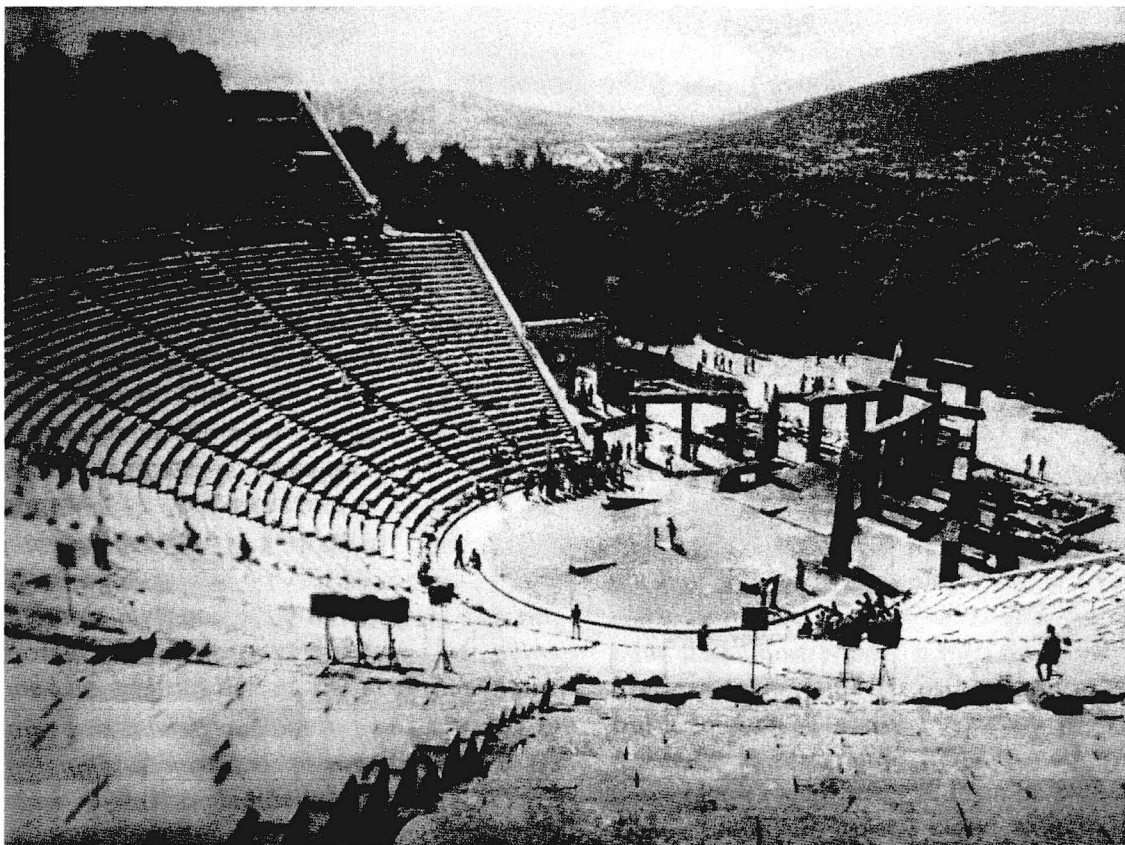
orchestry (rys. 3), co pozwalało na zwiększenie długości widowni o 40% [Barron, 1993]. Grecy aktorzy zakładali maski ukształtowane analogicznie do współczesnych megafonów, o podobnym do nich działaniu, a dodatkowemu wzmocnieniu głośności pomagała stroma widownia, o kącie nachylenia od 20 do 34° [Barron, 1993]. W obrębie orchestry nie wyznaczano szczególnego miejsca dla muzyków akompaniujących, czy chóru, a aktorzy często posługiwali się śpiewem. Słowo i muzyka znajdowały się zatem w jednakowym środowisku akustycznym. Głośność teatrów greckich, oparta na przenoszeniu dźwięku, zależna była od nachylenia widowni i od oddalenia obiektu widowiskowego od ruchu i hałasu miejskiego.



Rys. 2. Teatr grecki – rzut obiektu w Epidauros [oprac. wg: Barron 1993, s. 242]



Rys. 3. Teatr grecki – schemat rozkładu fal akustycznych [oprac. wg: Barron 1993, s. 24]



Rys. 4. Teatr w Epidauros [fot. Broniewski, 1990, s. 71]

Podsumowując, cechami charakterystycznymi teatrów greckich są:

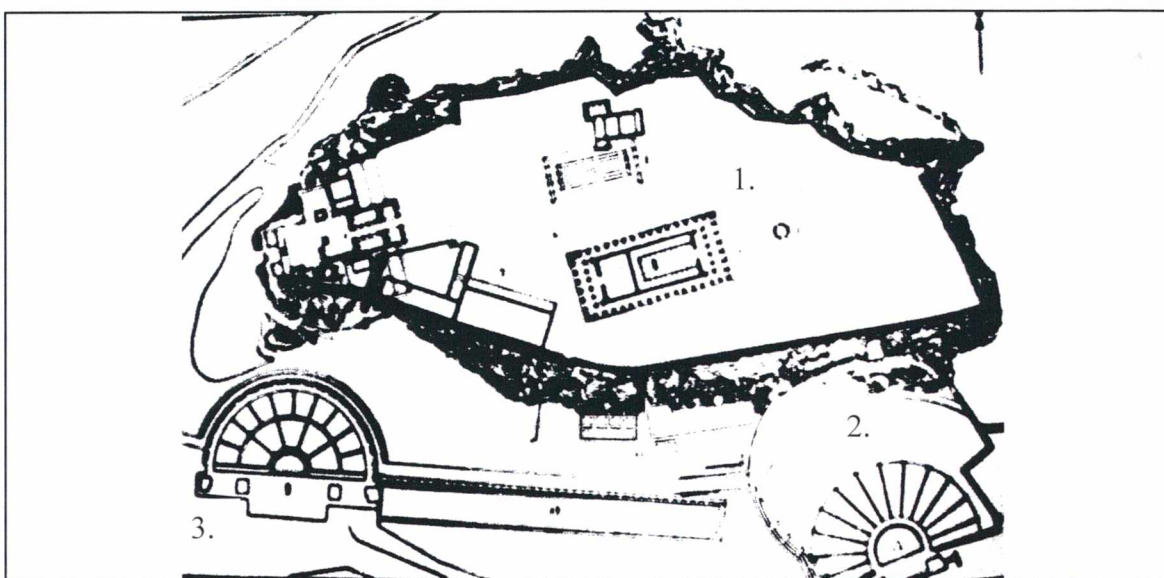
- podział obiektu na scenę i widownię,
- płaska, wyniesiona scena, zapewniająca dobrą słyszalność,
- konstrukcja widowni uzależniona od naturalnego ukształtowania terenu,
- widownia wypiętrzona – od sceny ku koronie, zapewniająca dobrą widoczność.

Opisany w podsumowaniu układ teatru przetrwał z nieznacznymi zmianami do dziś i występuje w większości współczesnych obiektów widowiskowych, w tym w salach koncertowych.

2.2.2. Odeon grecki

W odeonach, tj. teatrach muzycznych, wzniesionych na terenie Grecji około V w. p. n. e., przyjęto układ sceny i widowni wzorowany na teatrach, które opisano powyżej. W odróżnieniu od nich nowe typy obiektów były znacznie mniejsze i przekryte dachem. W związku z tym, że wykonywano je z drewna, niewiele informacji zachowało się do naszych czasów [Bernhard, 1970, s. 360].

Najstarszy odeon znajdował się najprawdopodobniej w Atenach na Agorze, wzniesiony przez Fojnokosa z Miletu w okresie między 456 a 455 r. p. n. e. Około 442 r. p. n. e. na rozkaz Peryklesa wzniesiono podobną budowlę i nazwano ją jego imieniem. Według Witruwiusza Odeon Peryklesa znajdował się po lewej stronie Teatru Dionizosa i prawie w całości był wykonany z drewna. Służył występom muzycznym i funkcjonował jako magazyn [Bernhard, 1970, s. 360], rozwiązanie takie było dopuszczalne, ponieważ – w przeciwieństwie do teatru greckiego – był on budowlą świecką [Kumaniecki, 1964, s. 188].



Rys. 5. Odeon Heroda Attyka – lokalizacja na wzgórzu Akropolu w Atenach: 1. szczyt wzgórza ze świątyniami, 2. Teatr Dionizosa, 3. Odeon Heroda Attyka [Oprac. wg Parnicki-Pudelko, 1962 s. 268]



Rys. 6. Odeon Heroda Attyka – widok ze wzgórza Akropolu w Atenach [fot. Ricardo André Frantz]

Odeon Peryklesa wzorowano na namiocie króla perskiego Kserksesa, w związku z tym miał dach oparty na kamiennych kolumnach, ustawionych na planie kwadratu w rozstawie 9 rzędów po 9 podpór w każdym. Na środku dachu zaprojektowano latarnię.

Budowla przypuszczalnie miała trzy portykowe elewacje, a czwarta opierała się na wzgórzu Akropolu [Parnicki-Pudełko, 1985, s. 243].

Znacznie późniejszą budowlą – wzniesioną na terenie Grecji – był Odeon Heroda Attyka, wykonany już jako budowla kamienna (rys. 5 i 6.), na wzór teatrów rzymskich, z amfiteatralną widownią, która otaczała półkolistą scenę.

Teatr muzyczny grecki, czyli odeon, możemy uznać za bezpośredni wzorzec sali koncertowej ze względu na: układ sceny i widowni, wymiary rzutu oraz wysokość, a także przekrycie dachem, które pozwalało na zapewnienie dobrych warunków akustycznych.

2.2.3. Teatr rzymski

W antycznym Rzymie, podobnie jak to miało miejsce w Grecji, muzyka była ważnym elementem wystawianej w teatrze sztuki⁷⁰. Budowle teatrów rzymskich (w pełni rozwinięte w I w.) traktowane są jako rozwinięcie greckich budowli widowiskowych, różnią się od nich kilkoma cechami.

Podstawowe zmiany w budowie teatru miały miejsce w okresie hellenistycznym. Proskienion uległ pogłębieniu i wyniesieniu na słupach nad teren, dzięki czemu powstała dolna przestrzeń (gr. *hyposkenion*). Podniesienie sceny zapewniło dalszy zasięg dźwięku bezpośredniego i zmniejszenie roli odbicia fali akustycznej od posadzki orchestry. Teatry rzymskie wznoszono na zboczach, ale miały własną, niezależną konstrukcję. Dzięki temu kształt i przekrój widowni nie zależał od naturalnych form ukształtowania krajobrazu. Powstał charakterystyczny dla wszystkich obiektów rzut, w którym widownia miała plan półkolisty, a w przekroju stromo się wznosiła [Koch, 1996]. Scena przyjęła również kształt półkola, a zamykał ją wysoki budynek sceniczny – wzniesiony na planie prostokąta.

W obrębie sceny sadzano najważniejszych gości. Ich obecność w tym miejscu uniemożliwiała odbicie dźwięku od posadzki⁷¹ i powstanie dźwięku pośredniego w pierwszych rzędach widowni. Ponadto, w celu zapewnienia dobrej widoczności osobom znajdującym się w obrębie sceny, część przeznaczona dla aktorów nie mogła znajdować się zbyt wysoko (nie przekraczano wysokości 1,5 m). Rekompensując straty dźwięków bezpośredniego i pośredniego, widownię nachylono pod kątem 30–34°,

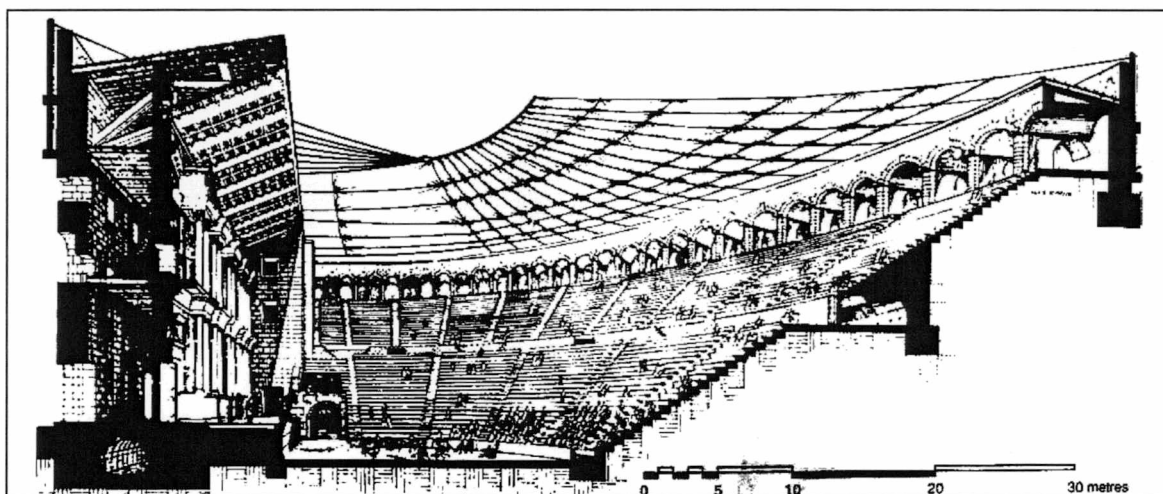
⁷⁰ Muzyka rzymska wywodzi się z tradycji greckiej, etruskiej i orientalnej. Za oryginalnie rzymską muzykę uważa się muzykę obrzędową, wojskową i niektóre formy muzyki teatralnej. Największą popularność zyskały instrumenty związane z tradycją wojskową, tj. trąby i rogi. [Encyklopedia Muzyki, 1995, s. 780], [Szlągowska, 1996], [Jurewicz, Winniczuk, 1970].

⁷¹ Co miało miejsce w teatrze greckim, patrz: rys. 2.

i zmniejszono liczbę widzów. Badania Shanklanda odnośnie teatrów rzymskich świadczą o tym, że siła dźwięku przy artykulacji mowy wynosiła tam 80%⁷².

Następną cechą charakterystyczną dla teatrów rzymskich był rozwinięty i dopracowany system komunikacyjny poniżej widowni [łac. *cavea*⁷³]. Został on wytworzony dzięki niezależnej konstrukcji pod widownią⁷⁴, na którą składały się arkadowane piętra. Ruch pieszych ułatwiały womitoria, wprowadzające i wyprowadzające widzów na poszczególne piętra widowni. Womitoria łączyły się z systemem korytarzy, które pełniły funkcję dróg ewakuacyjnych, dodatkowo miały funkcję: pomocniczą, porządkową i prowadziły do sklepów i składów, zlokalizowanych pod siedziskami [Broniewski, 1990].

Spośród teatrów rzymskich do naszych czasów najlepiej zachował się obiekt w Aspendos (rys. 7 i 8), który mieścił do 7000 widzów, a najdalej położone miejsce siedzące znajdowało się w odległości 53 m od sceny [Barron, 1993]. Akustykę tego teatru tworzył dźwięk bezpośredni i odbicia od budynku scenicznego⁷⁵, ale udział tych ostatnich był znikomy, przy tak znacznych rozmiarach widowni.



Rys. 7. Teatr w Aspendos [oprac. wg: Barron 1993, s. 246, fig. 8.5]

Nad większością widowni rzymskich rozciągano płótno (gr. *velum*) [Broniewski, 1990], które służyło do ochrony widzów przed słońcem. Taka membrana zapewniała

⁷² Shankland dowiódł również, że po późniejszych zmianach unowocześniających teatry siła dźwięku przy artykulacji mowy spadała do 40%. Można zatem przypuszczać, że akustyka antycznych teatrów była dziełem przypadku [Barron 1993].

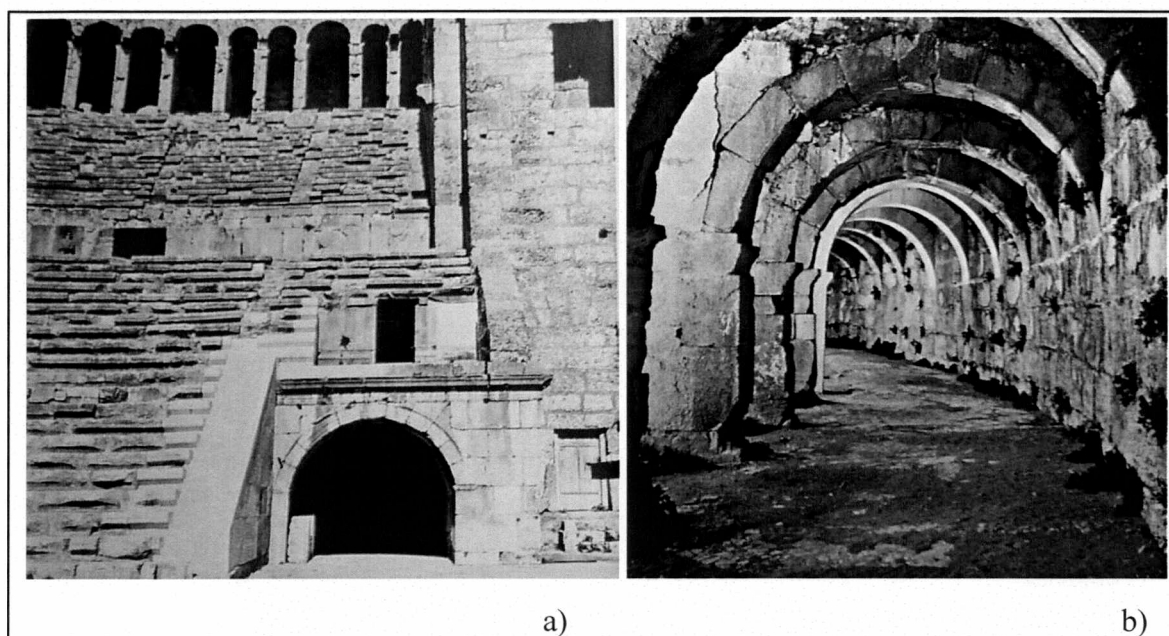
⁷³ Termin za Nicoll [1979], s. 47.

⁷⁴ Całkowicie wolno stojącym obiektem był teatr Marcellusa [Koch, 1996], wzniesiony ok. 20 r. p. n. e. [Broniewski, 1990].

⁷⁵ Znaczne wymiary budynku scenicznego powodowały powstawanie większej liczby odbić fal akustycznych, niż to miało miejsce w teatrach greckich [Jordan, 1980].

również dodatkowe odbicia, ale było ich zbyt mało, by zmieniać jakość dźwięku. Przekrycie teatru w Aspendos dachem pełnym spowodowałoby znaczne wydłużenie czasu pogłosu, a zrozumienie mowy byłby niemożliwe [Barron, 1993].

Zastanawiano się, czy poprawność rozwiązań starożytnych obiektów wynikała z wiedzy, czy z przypadku. Mówią o tym najstarsze dostępne zapisy dotyczące tej problematyki. Pierwszym odkrytym dokumentem zawierającym studium projektu teatru (rys. 9) jest rozprawa Marcusa Witruwiusza⁷⁶. W opracowaniu tym troska o dobrą słyszalność w obrębie teatru stawiana jest na pierwszym miejscu, a widoczność dopiero za nią.



Rys. 8. Teatr w Aspendos: a) widownia, b) konstrukcja pod siedziskami [fot. Izenour, 1997, s. 42]

Witruwiusz wskazuje, że teatr ma dobrą akustykę, gdy nie występują w nim *dysonanse* lub *rezonans*, a słowa, które docierają do uszu, są wyraźne i o *czystym tonie* [Barron, 1993]. Autor podkreśla też, że dźwięk będzie miał te właściwe cechy, gdy dobrze zostanie dobrany teren, na którym ma powstać obiekt. Można przypuszczać, że zdawano sobie sprawę z roli, jaką odgrywał kąt nachylenia widowni i odbicie dźwięku od posadzki w powstawaniu dobrej akustyki teatru. W pracy Witruwiusza znaleziono również wzorzec rozplanowania siedzisk na widowni. Informacje zawarte w omawianym dokumencie nie stanowiły jednak kompletnego projektu, a opis nie był wystarczający, aby można było według niego wybudować teatr. Rozprawa Witruwiusza, mimo cennych informacji w niej

⁷⁶ Opis dokumentu [Izenour, 1997].

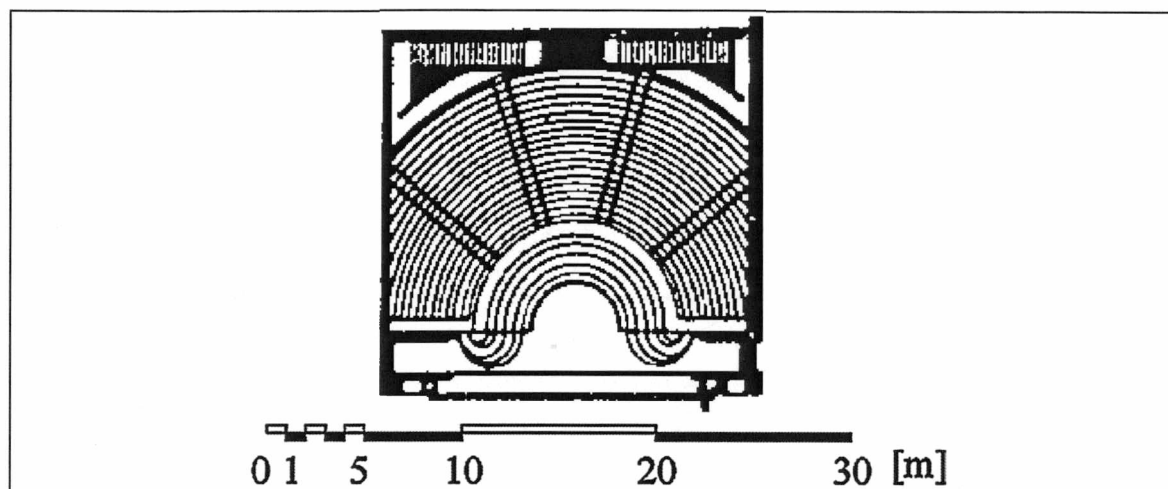
zawartych, wskazuje, że rozwój akustyczny teatrów antycznych wynikał głównie z uczenia się na błędach popełnionych przy budowie wcześniejszych obiektów.

Rys. 9. Schemat teatru według Witruwiusza [oprac. wg: Koch, 1996, s. 36]

Najważniejszą zmianą, którą zrealizowano w projektowaniu teatrów rzymskich, było uniezależnienie ich konstrukcji od ukształtowania terenu. Pozwoliło to twórcom na swobodne kształtowania rzutów i przekrojów obiektów tego typu.

W Rzymie, podobnie jak w Grecji, wznoszono odeony, które służyły publicznym zgromadzeniom, konkursom poetyckim i wstępom przy akompaniamencie muzycznym.

amfiteatralna widownia. Takie rozwiązanie miała, np. budowla w Pompejach, tj. Teatr Mały (odeon), założona w 70 r. (rys. 10), która weszła w skład zespołu mieszczącego: Teatr Wielki (zał. w II w.), portyk, palestrę, świątynię Izdy i świątynię Zeusa Meilichiosa. Widownia tego odeonu mieściła około 1000 widzów, a jej półkolisty kształt był przycięty przez ściany ograniczające wnętrze [Barron, 1993; Sadurska, 1975].



Rys. 10. Teatr Mały w Pompejach (odeon) – rzut [oprac. wg: Sadurska, 1975, s. 164]

W czasach rzymskich wznoszono również teatry muzyczne znacznych rozmiarów, w których widownia mogła pomieścić do 10 000 widzów, jak np. w Odeonie Dioklecjana, zlokalizowanym w sąsiedztwie Stadionu na Polu Marsowym w Rzymie. Budowla ta nie zachowała się do naszych czasów, ale jeszcze w V w. uważana była za jeden z siedmiu cudów Wiecznego Miasta [Sadurska, 1980, s. 133, 407].

W teatrach i odeonach greckich i rzymskich wykrystalizowały się pierwsze zasady budowy obiektów widowiskowych: podział na płaską scenę i wypiętrzoną widownię, zastosowanie przejrzystego układu komunikacyjnego, dążenie do zapewnienia widzom dobrej jakości dźwięku (teatry greckie) oraz widoczności. Te prawa rozwijane były i doskonalone w epokach renesansu, baroku i klasycyzmu, z wyłączeniem średniowiecza, w którym odstępiono od zainteresowania teatrem antycznym.

2.3. Teatr w średniowieczu

Początek średniowiecza wiąże się z rozpadem imperium rzymskiego (476 r.), które ostatecznie przypieczętowane zostało zawarciem układu w Verdun (843 r.) i podziałem cesarstwa na trzy części pomiędzy wnuków Karola Wielkiego. Rozpad imperium był procesem długotrwałym, a zawarcie układu poprzedziły liczne wojny i zatargi wewnętrzne oraz najazdy z zewnątrz. Niestabilna sytuacja polityczna powodowała osłabienie

zainteresowania kulturą i religią Rzymu, w związku z upowszechnieniem się nowego wyznania – chrześcijaństwa. Stopniowo zaprzestano wystawiania sztuk teatralnych, ponieważ ich tematyka była ściśle związana z panteonem bóstw greckich i rzymskich [Broniewski, 1990].

Wraz z rozwojem chrześcijaństwa, zaczęła się formować muzyka chóralna, którą wykonywano we wnętrzach, gdzie gromadzili się wierni⁷⁷. Od 380 roku, kiedy chrześcijaństwo zostało uznane za religię państwową w Rzymie, zaczęło rozwijać się budownictwo sakralne. Według Broniewskiego [1990] pierwszym kościołom, wznoszonym w I połowie IV wieku, nadawano formę wydłużonych sal⁷⁸, z jedną absydą, o podniesionej posadzce. Bogatsze formy przestrzenne z bocznymi nawami i transeptem pojawiły się, w związku z intensywnym rozwojem religii, w II połowie IV wieku. W kościołach, ze względu na ich dużą objętość i zamknięcie przestrzeni, tworzyły się liczne odbicia boczne i wraz z rozwojem muzyki wystąpiło zjawisko pogłosu. Czas pogłosu był znacznie wydłużony, w związku z tym utwory z tego okresu bazowały głównie na chorale⁷⁹.

W X wieku powstał dramat liturgiczny, który przedstawiał wiernym sceny biblijne, legendy o świętych, życie i mękę Chrystusa. Wykonywany był przez zakonników na cmentarzach, placach przykościelnych lub miejskich, często w specjalnie do tego przygotowanych przestrzeniach, tzw. mansjonach, które symbolizowały poszczególne miejsca akcji dramatu. Dramat liturgiczny jest za jedną z pierwszych form, z których wyewoluowała opera [Encyklopedia Muzyki, 1995, s. 633], wymagająca teatrów operowych⁸⁰, które stopniowo przekształciły się w sale koncertowe. Wraz z rozwojem rycerstwa rozwinęły się pieśni o tematyce wojennej, sławiące honor i odwagę, a w formie ballad dotarły na dwory królewskie. Wykonywane były we wnętrzach pałacowych o charakterystycznych rzutach – opartych na planach prostokątnych, w których panował krótki czas pogłosu i tworzyły się korzystne odbicia boczne dźwięku. W przeciwieństwie do wykonań w kościołach, treść pieśni była zrozumiała i mogła być wykonywana przez jedną osobę, a nie cały chór. Pomieszczenia pałacowe, w porównaniu ze współczesnymi obiektami koncertowymi, były niewielkie, dlatego też odbicia boczne dźwięku dochodziły do uszu słuchaczy po krótkim czasie, wzmacniając dźwięk i nie zakłócając go.

⁷⁷ Domy, groty, katakumby [Broniewski, 1990].

⁷⁸ Wyraźna korelacja z salą pudełkową.

⁷⁹ Np.: chorał gregoriański [Encyklopedia Muzyki, 1995, s. 883].

⁸⁰ Patrz: pkt. 2.5, 2.6.

Rozwiązania i doświadczenia wewnątrz pałacowych mogły być pierwowzorem sal o układzie pudełkowym, których kształt wynikał nie tyle z zalet akustycznych, ile z uwarunkowań społecznych i konstrukcyjnych.

Podsumowując, w okresie średniowiecza ukształtowały się elementy architektoniczne, które obok sceny i widowni, stanowiły podwaliny do powstania sal koncertowych, tj. pudełkowy układ wnętrza, o:

- długim czasie pogłosu w kościołach wczesnochrześcijańskich,
- krótkim czasie pogłosu w salach pałacowych.

Dodatkowo czynnikiem wpływającym na powstanie sal koncertowych było wykształcenie się dramatu liturgicznego, z którego wyewoluowała opera, wykonywana już w specjalnie zaprojektowanych wnętrzach.

2.4. Teatr elżbietański

Wraz z upadkiem cesarstwa rzymskiego, zaprzestano wystawiania sztuk dramatycznych. Przedstawienia teatralne odbywały się pod gołym niebem lub w prowizorycznych obiektach drewnianych, pełniących funkcję dekoracji i schronienia [Barron, 1993]. Gra na instrumentach, czy taniec, przeplatały się z przedstawieniem, bez wyraźnego rozgraniczenia czasu i miejsca.

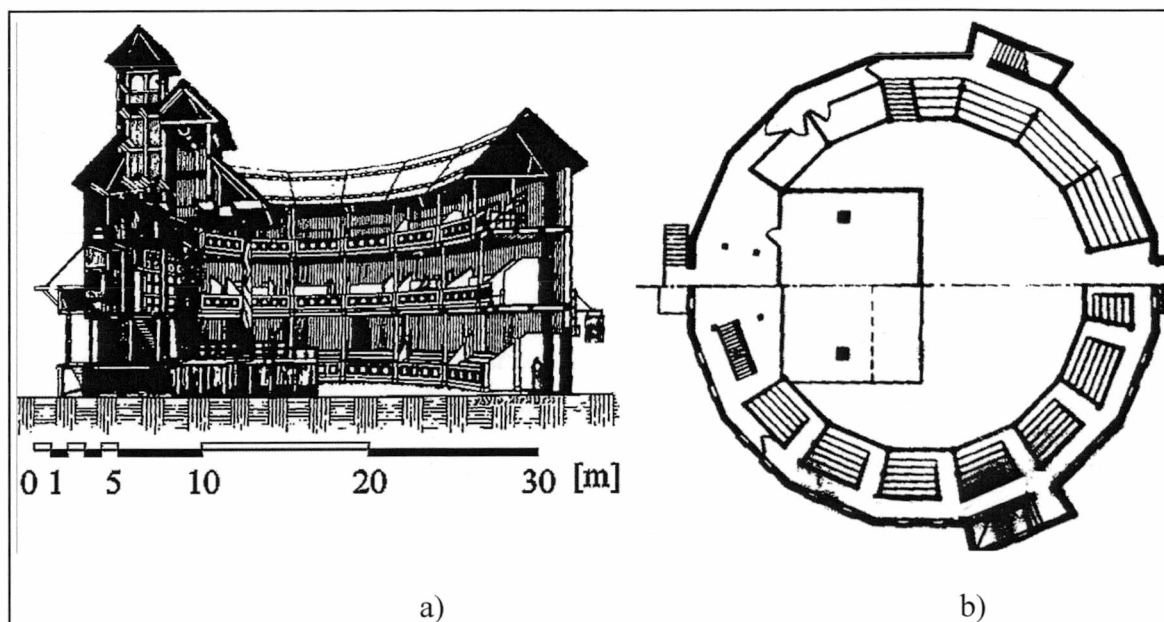
Sztuka dramatyczna odrodziła się w Londynie, w okresie elżbietańskim. W tych czasach duży nacisk kładziono na efekty wizualne i relacje między aktorem, a publicznością [Barron, 1993], ale muzyka nie miała wtedy istotnego znaczenia.

Pierwszy stały teatr elżbietański został zbudowany w 1576 roku [Barron, 1993]. Później powstały kolejne budowle, projektowane według jednego schematu, tj. rzutu opartego na kole, w którym scena zajmowała zdecydowaną większość powierzchni (rys. 11 a), a jej pozostałą część przeznaczano na widownię. W związku z niewielkimi gabarytami tego typu wnętrz, przedstawienia oglądano na stojąco w obrębie widowni głównej lub na trzech balkonach dla widzów, zlokalizowanych na przeciw sceny (rys. 11 b). Średnica teatru wynosiła około 25 m, a widownia przeznaczona była na ogół dla około 2500 osób. Widzowie oddaleni byli od aktorów maksymalnie do 20 m⁸¹.

Ponieważ teatry elżbietańskie były otwarte, nie występował tu problem pogłosu, a dźwięk bezpośredni był wystarczająco silny, ze względu na małą odległość sceny od

⁸¹ Dane dla teatru „Globe” z 1614 r. za Barronem [1993] wg Leacrofta.

słuchaczy. Powstawały natomiast odbicia dźwięku od budynku scenicznego⁸², ale nie miały dużego wpływu na akustykę.



Rys. 11. Teatr Szekspira, Londyn: a) rzut, b) przekrój [oprac. wg: Barron 1993, s. 247, fig. 8.6]

W podsumowaniu, teatr elżbietański cechowały:

- rzut na planie okręgu, z dużą sceną w centrum,
- ograniczona przestrzeń dla widzów z miejscami stojącymi w środku sali i na balkonach,
- brak zadaszenia.

Teatr elżbietański miał konfigurację o wyraźnej korelacji z układem centralnym tarasowym, przez zastosowanie tu sceny położonej w środku budowli i wyraźne spiętrzenie części widowni w postaci balkonów budynku scenicznego.

2.5. Teatr renesansowy

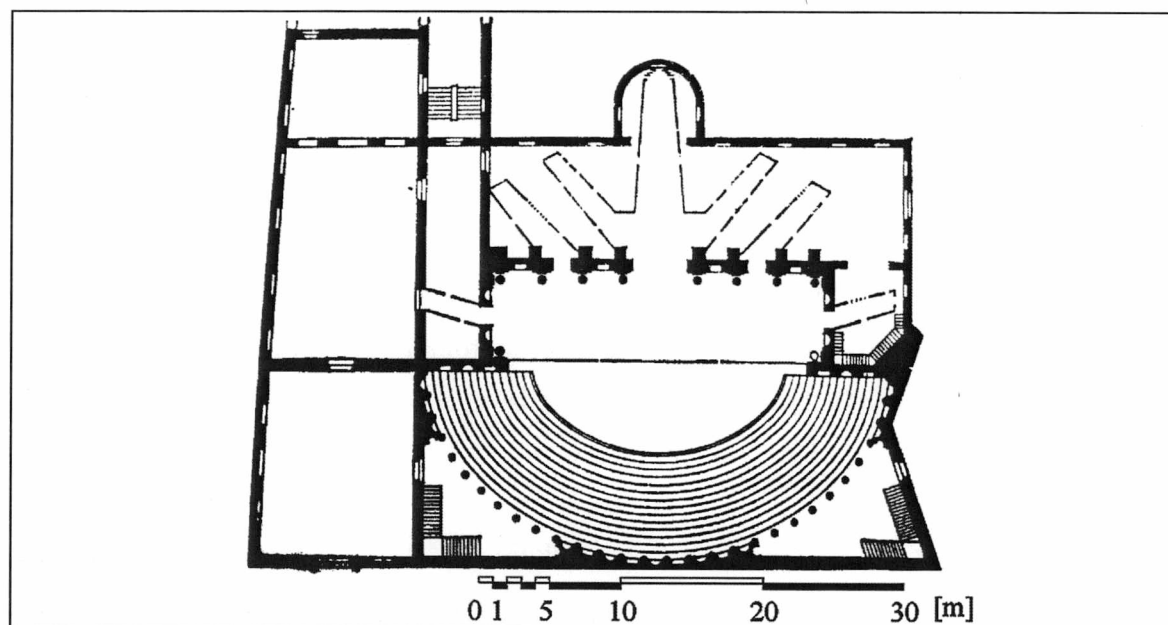
Renesans zaczął się rozwijać około XIV wieku we Włoszech, w związku z nowym prądem kulturowym – humanizmem⁸³ [Broniewski, 1990]. Ze względu na zmianę zainteresowań społeczeństwa, nastąpił dynamiczny rozwój

⁸² Budynki sceniczne wykonywano z drewna.

⁸³ Humanizm – wzięł swoją nazwę od wyrazu człowiek (łac. homo) i oznaczał zainteresowanie zagadnieniami związanymi z życiem ludzkim. Humanistów zajmowały również: przyroda, funkcjonowanie w niej człowieka i nauka [Broniewski, 1990].

architektury, rzeźby, malarstwa. Zaistniały też dogodne warunki do rozkwitu muzyki⁸⁴, przestrzeni widowiskowych, dla których – wg Izenoura [1997] – głównym wzorcem były teatry antyczne.

Za pierwszy teatr stały, tj. przekryty dachem, został uznany Teatro Olimpico (1579 rok lub 1584⁸⁵ rok) w Vicenzy, we Włoszech, autorstwa Andrei Palladia, zrealizowany przez jego ucznia Vinzenza Scamozziego [Broniewski, 1990] (rys. 12). Układ widowni i sceny zaczerpnięto z teatrów antycznych [Jordan, 1980]. Obiekt zamknięto ścianami i stropem, a w związku z tym wystąpiły problemy z nadmiernie wydłużonym czasem pogłosu [Jordan, 1980]. Ponadto przyjęto za dużą szerokość rzutu, co dodatkowo wydłużyło drogę bocznych odbić dźwięku do słuchaczy. Rzędy siedzisk zostały poprowadzone po spłaszczonym łuku i podobnie zaprojektowano scenę, którą wyraźnie spłycono, w stosunku do antycznych wzorów. Przestrzeń zascenia została rozbudowana o pięć perspektywicznych korytarzy, które obrazowały włoskie uliczki i zapewniały dodatkową przestrzeń gry aktorskiej oraz dekoracji [Barron, 1993]. Była to tzw. scena reliefowa [Broniewski, 1990]. Jordan [1980] wskazuje, że te liczne otwarcia w ścianie zamykającej scenę dodatkowo wydłużały czas pogłosu, panujący we wnętrzu teatru.



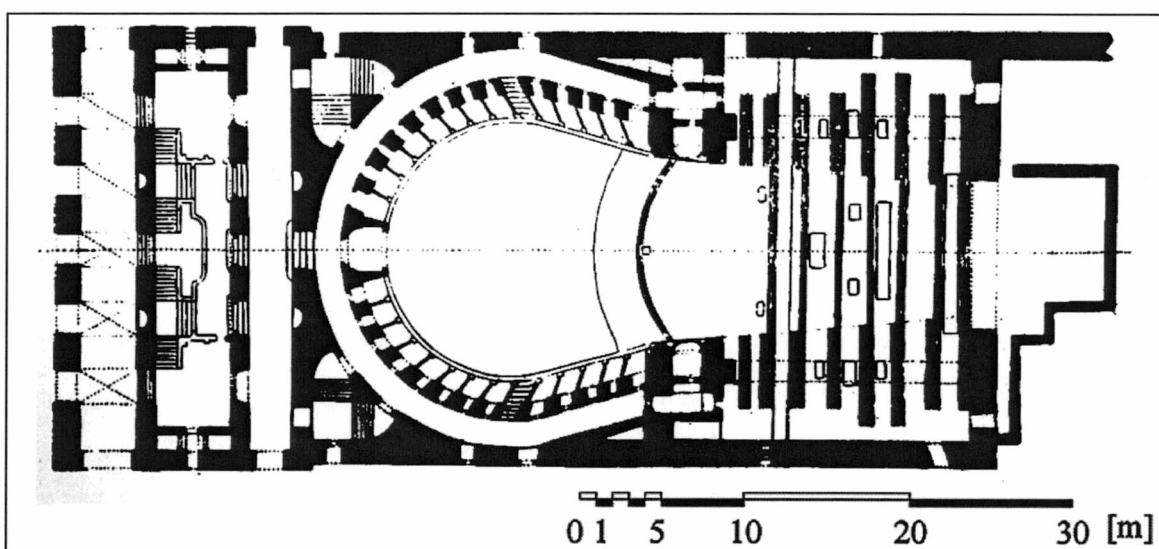
Rys. 12. Teatro Olimpico – rzut [oprac. wg: Broniewski, 1990, s. 300]

⁸⁴ Rozwój muzyki związany był z opracowaniem nowych technik komponowania utworów muzycznych i zmian, których dokonano w podstawowej strukturze dzieł [Encyklopedia Muzyki, 1995, s. 748-749].

⁸⁵ Rok 1579 wg Broniewskiego [1990], 1584 r. wg Barrona [1993].

Realizacja Teatro Olimpico została uznana za niefortunną, ze względu na wydłużony czas pogłosu i osłabione odbicia boczne. Mimo to nie zaprzestano prac nad projektowaniem obiektów widowiskowych.

Kilka lat później ukończono Teatr Farnese (wł. Teatro Farnese) [Jordan, 1980] w Parmie, będący w istotnej korelacji do sal pudełkowych. Rzut teatru w Parmie ma kształt wydłużonego prostokąta, w który wpisano półokrągłą widownię. W realizacji tej po raz pierwszy zastosowano portal sceniczny, w formie ramy zlokalizowanej między sceną a widownią, silnie przewężający i dzielący teatr na dwa środowiska akustyczne. Powstał w ten sposób problem słyszalności dźwięku, z którym borykano się kilka kolejnych stuleci. W renesansowych teatrach powstał jeszcze jeden element, który później będzie można zaobserwować w teatrach operowych, tj. zagłębienie przed sceną, mieszczące pełną orkiestrę, tzw. rów orkiestrowy. Pierwszy obiekt, w którym wystąpiło to rozwiązanie, został otwarty w Naples (Teatro San Carlo⁸⁶, udostępniony w 1737 roku), (rys. 13).



Rys. 13. Teatro San Carlo, Naples – rzut [oprac. wg: Jordan, 1980 str. Fig. 2.9]

Rów orkiestrowy, podobnie jak portal sceniczny, powodował rozdźwięk pomiędzy środowiskiem mowy i muzyki. Jak wskazuje Wilhelm Lanssen Jordan [1980, s. 26], otoczenie aktora stanowiły: kurtyny, dekoracje, wieża sceniczna – materiały pochłaniające dźwięk, a otoczenie muzyków – posadzka i ściany rowu orkiestrowego, które odbijały dźwięk. Co więcej, głośność orkiestry jest zdecydowania większa niż mowy czy śpiewu – szczególnie w przypadku pojedynczego solisty, w związku z tym powstało istotne

⁸⁶ Podobnie jak Teatro San Carlo został zbudowany Teatro alla Scalla w Mediolanie (rys. 10), 1778 r. (przebudowany po II wojnie światowej), [Jordan, 1980], [Barron, 1993].

zaburzenie balansu pomiędzy orkiestrą a aktorem lub śpiewakiem. Zjawisko to wystąpiło w większości teatrów operowych wzniesionych w okresie renesansu, klasycyzmu, a nawet XIX wieku.

Kościół w tym okresie pełnił nadal funkcję istotnych przestrzeni służących do wykonywania muzyki, jak, np. kościół św. Marka w Wenecji, którego budowa posłużyła rozwojowi techniki polichóralnej⁸⁷. Kościół ten miał dwoje organów, umieszczonych w dwóch leżących naprzeciw siebie absydach [Encyklopedia muzyki, 1995, s. 700], co decydowało o nietypowym brzmieniu utworów. Specyficzna forma architektoniczna tego wnętrza wpłynęła na jakość uzyskiwanego dźwięku, a tym samym posłużyła rozwinięciu się nowej formy muzycznej.

Podsumowując, w renesansie muzykę wykonywano w dwóch typach obiektów – w kościołach i teatrach. Dzięki rozbudowaniu przestrzeni kościelnej w stosunku do obiektów średniowiecznych⁸⁸ wzbogacono formy i sposoby wykonywania utworów muzycznych, co w przyszłości zaowocowało eksperymentami z przestrzenią teatru i sali koncertowej⁸⁹. Z tych doświadczeń czerpali również autorzy projektów wnętrz o układach centralnych tarasowych. Przestrzeń teatrów renesansowych charakteryzują:

- prostokątne rzuty wnętrz,
- prostokątna scena,
- widownia rozplanowana na rzutach: *półkolistych, U-kształtnych, podkowiastych, w kształcie dzwonu lub dzwonu z wyprostowanymi ścianami bocznymi, skróconego owalu i elipsy* [Barron, 1993, s. 249],
- rozdzielenie widowni i sceny portalem scenicznym oraz rowem orkiestrowym,
- przypadkowe wprowadzanie materiałów pochłaniających i odbijających dźwięki, komplikujące akustykę.

⁸⁷ Techniką polichóralną (zwaną również polichóralnym lub wielochórowym stylem) nazywamy technikę kompozytorską opracowaną na przełomie XVI/XVII w., która opierała się na chórze (zespołowi mogli również towarzyszyć instrumenty) podzielonym na grupy, z których każda znajdowała się w odległym punkcie kościoła. Podzespoły, których było zwykle od dwóch do trzech, wykonywały utwór naprzemiennie [Encyklopedia muzyki, 1995, s. 700].

⁸⁸ Patrz pkt. 2.3.

⁸⁹ XX w.

2.6. Teatr barokowy i klasycystyczny

W baroku dominującym gatunkiem muzycznym stała się opera, a dla niej wykrystalizował się w architekturze układ teatru operowego. Ten gatunek muzyczny ukształtował się pod wpływem twórczości Monteverdiego, którego pięcioaktowy dramat *Orfeusz*, wystawiony w Mantui w 1607 roku, stał się wydarzeniem historycznym. Mimo sukcesu opery, muzyka sakralna, w tym organowa, nie straciła na znaczeniu. W II połowie XVII wieku rozwinęły się takie formy koncertów, jak *concerto grosso* i solowy⁹⁰, które dominowały w epoce klasycyzmu i przyczyniły się do powstawania sal koncertowych.

Przedstawienia operowe stały się dostępne szerokiej publiczności w 1637 roku, kiedy otworzono pierwszy teatr operowy w Wenecji – Teatro San Cassiano [Barron, 1993]. Od tego wydarzenia, opera zyskała dużą popularność, a do 1700 roku w Wenecji wybudowano 16 teatrów operowych. W baroku i klasycyzmie⁹¹ korzystano głównie z architektonicznych wzorców teatrów renesansowych, bez wprowadzania zmian w rzutach i przekrojach. Rozwijano natomiast dekorację.

Klasyczny teatr operowy tego okresu składał się z głębokiej sceny, o prostokątnym rzucie i widowni przyjmującej formy: litery U, dzwonu lub podkowy. Elementem nieodzownym w sali teatru operowego była duża liczba balkonów, otaczająca widownię z trzech stron. Balkony były niekorzystne z powodu braku odpowiedniej widoczności, zbyt małej ilości dźwięku bezpośredniego i tworzenia się „kotłów dźwięku” w niskich przestrzeniach pod poszczególnymi stropami, ale zapewniały wewnątrz walory architektoniczne i powielane były w kolejnych rozwiązaniach. Wzbogacana sukcesywnie (przez okres baroku) dekoracja sal w postaci stiuków i płaskorzeźb wpływała na zmianę brzmienia⁹² dźwięku, który stawał się coraz bardziej „miękki”.

W latach 1776-1778⁹³ wzniesiono, jeden z najbardziej znanych teatrów operowych

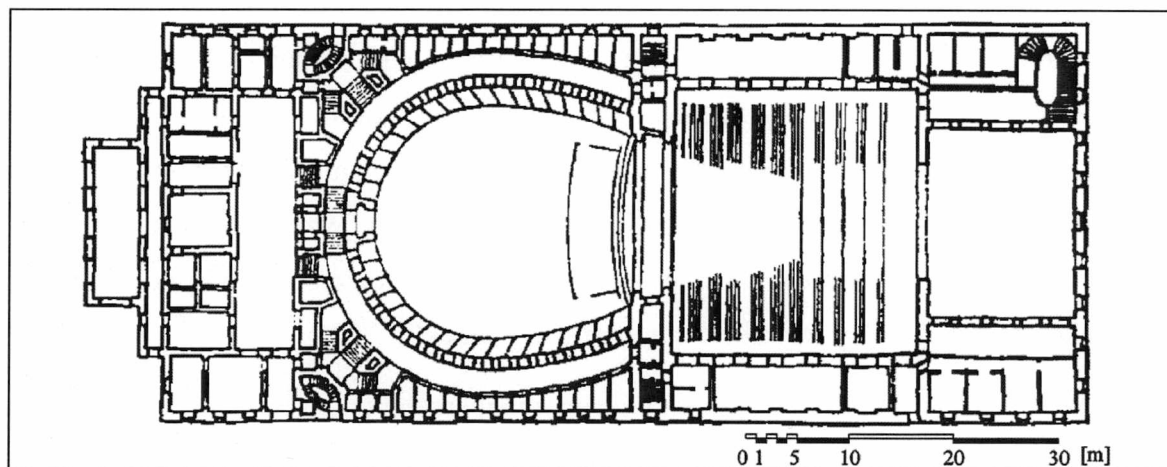
⁹⁰ W okresie baroku złamano zasady kompozycji renesansowych utworów muzycznych, m.in. podkreślając znaczenie treści i rezygnując z polifonii. Wyodrębniano dwie faktury muzyczne: wokalną i instrumentalną, a instrumenty podzielono na: „fundamentalne” (prowadzące podstawę utworu) i „ornamentalne” (prowadzące melodię). Sławni twórcy tego okresu, to: Claudio Monteverdi, Francesco Cavalli, Pietro Cesti. Na szczególną uwagę zasługuje twórczość Jana Sebastiana Bacha, który znacznie rozbudował i spopularyzował kantatę [Encyklopedia Muzyki, 1995, s. 79-80].

⁹¹ W okresie klasycyzmu muzyka uniezależniła się od kościoła i dworu, w związku z wzrastającą rolą społeczną i polityczną mieszczaństwa. Podkreślano wagę wolności twórczej, a przy tym duży nacisk kładziony był na doskonałość kompozycji, harmonię, przejrzystość, logikę, pomysł i symetrię. Szczególnie wyróżniała się twórczość klasyków wiedeńskich: Josepha Haydna, Wolfganga Amadeusza Mozarta, Ludwika van Beethovena [Encyklopedia Muzyki, 1995, s. 442-443].

⁹² Dekoracja rzeźbiarska w sali koncertowej działa jak dyfuzor, tj. ustrój akustyczny rozpraszający dźwięk, szerzej – patrz: rozdz. 4.

⁹³ Przebudowany w 1946 r. [Barron, 1993].

– Teatro alla Scala w Mediolanie (rys. 14), autorstwa Giuseppe Piermariniego [Broniewski, 1990]. Zbudowany zgodnie z barokowymi wzorcami przestrzennymi, w owym czasie był największym teatrem operowym, o pojemności wg różnych źródeł: 2300 [Barron, 1993] lub 3600 widzów [Broniewski, 1990]. Najdalej siedzący widz znajdował się w odległości 31 m od sceny, co dla tej pojemności teatru było wartością niewielką. Rzut widowni miał kształt klasycznej podkowy, na której obwodzie wzniesiono sześć balkonów. W La Scali wystąpiły problemy charakterystyczne dla klasycznych teatrów barokowych, tj. niekorzystne linie widoczności na balkonach i tworzenie się „skupisk” dźwięku⁹⁴ w związku z zaokrągleniem podkowy. Również odległość między frontami balkonów jest na tyle mała, że dźwięk bezpośredni – dostający się w przestrzeń między balkonami – nie może powrócić na salę w postaci nadmiernie opóźnionych odbić. Dodatkowo naprzeciwległe balkony są położone blisko siebie, co skraca drogę odbić bocznych, stąd dźwięk – w przestrzeni środkowej sali – ma zadowalający czas pogłosu i natężenie. Pomimo tych niedogodności akustyka La Scali jest uważana za jedną z najlepszych na świecie, dzięki odpowiedniej pojemności widowni (11250 m³), otoczonej frontami balkonów, które wykończono naprzemiennie materiałami odbijającymi i pochłaniającymi dźwięk [Barron, 1993].



Rys. 14. Teatr operowy alla Scala w Mediolanie – rzut [oprac. wg: Broniewski, 1990, s. 425]

W salach przeznaczonych do wykonywania muzyki, w czasach baroku i klasycyzmu, nastąpiły jedynie zmiany formalne związane z dekoracją: ścian, frontów balkonów i stropów. Ich charakterystyczne cechy są w większości wspólne z teatrami renesansowymi, tj.:

⁹⁴ Skupianie się dźwięku, jego koncentracja w jednym obszarze sali wynika z zagęszczenia liczby odbić fal akustycznych od powierzchni wklęsłych. Patrz rozdz. 4.

- głęboka scena rozplanowana na rzucie prostokąta,
- widownia w układzie podkowiastym, w formie litery U i dzwonu,
- widownia główna otoczona przez piętrowo ukształtowane balkony (5-6 pięter),
- wyraźne rozdzielenie sceny i widowni portalem scenicznym oraz rowem orkiestrowym,
- dekorowanie ścian i stropów sprzyjające „zmiękczeniu” dźwięku.

Istotne modyfikacje w projektowaniu dużych obiektów koncertowych zachodzą dopiero w XIX wieku.

2.7. Teatry XIX i XX wieku – układy pudełkowe

2.7.1. Teatr wagnerowski

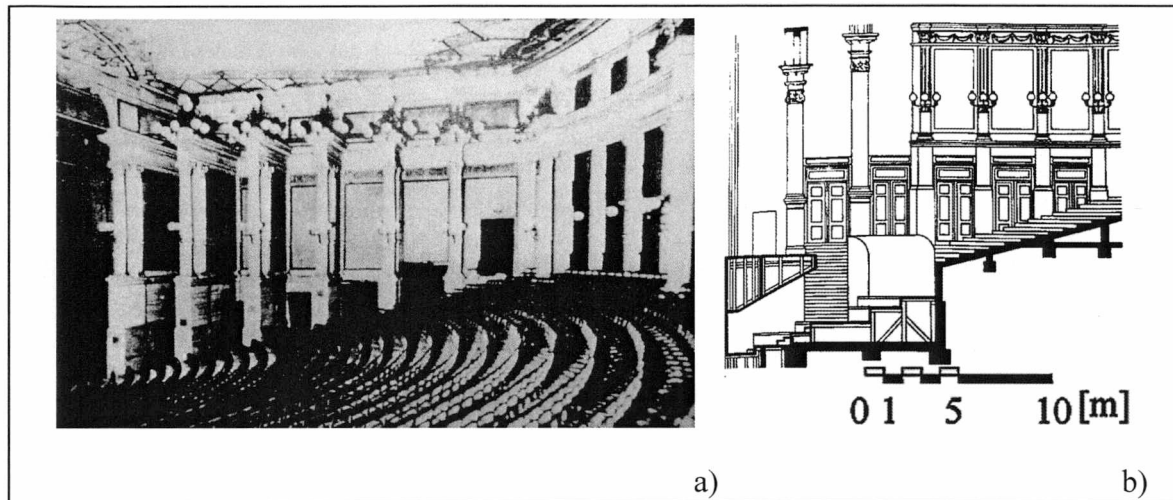
Przełomowym wydarzeniem w wykształceniu się pudełkowych sal koncertowych było zakończenie budowy teatru Festspielhaus w Bayreuth w 1876 roku (rys. 15, 16), autorstwa kompozytora Richarda Wagnera [Barron, 1993] i architekta Otto Bruckwalda. Wnętrze to wyróżniło się nowatorskim układem i dobrą akustyką⁹⁵.

Rzut wnętrza teatru Festspielhaus w Bayreuth (rys. 16) miał kształt wydłużonego prostokąta, poszerzonego w obszarze widowni, zaprojektowanej w kształcie nieznacznie rozwartego wachlarza. Nad głęboką sceną opartą na rzucie prostokąta, znajdowało się pudło sceniczne, o znacznej wysokości. Rzędom siedzisk poprowadzonych po łuku, nadano niewielki spadek. Układ widowni został zaczerpnięty z wzorców antycznych teatrów greckich [Izenour, 1997]. W projekcie tym, po raz pierwszy, zrezygnowano z zastosowania balkonów⁹⁶, co korzystnie wpłynęło na jakość akustyczną wnętrza. Korona widowni została zakończona, tzw. galerią królewską, która, jak zbadano później, zapobiegała powstawaniu echa [Barron, 1993]. W teatrze tym zastosowano płaskie i gładkie powierzchnie ścian oraz sufitu, co było zabiegiem nowatorskim w stosunku do rozwiązań znanych z baroku i klasycyzmu. Przy bocznych ścianach sali wprowadzono niespotykane dotąd układy kolumn, które wypełniły przestrzeń wytworzoną pomiędzy

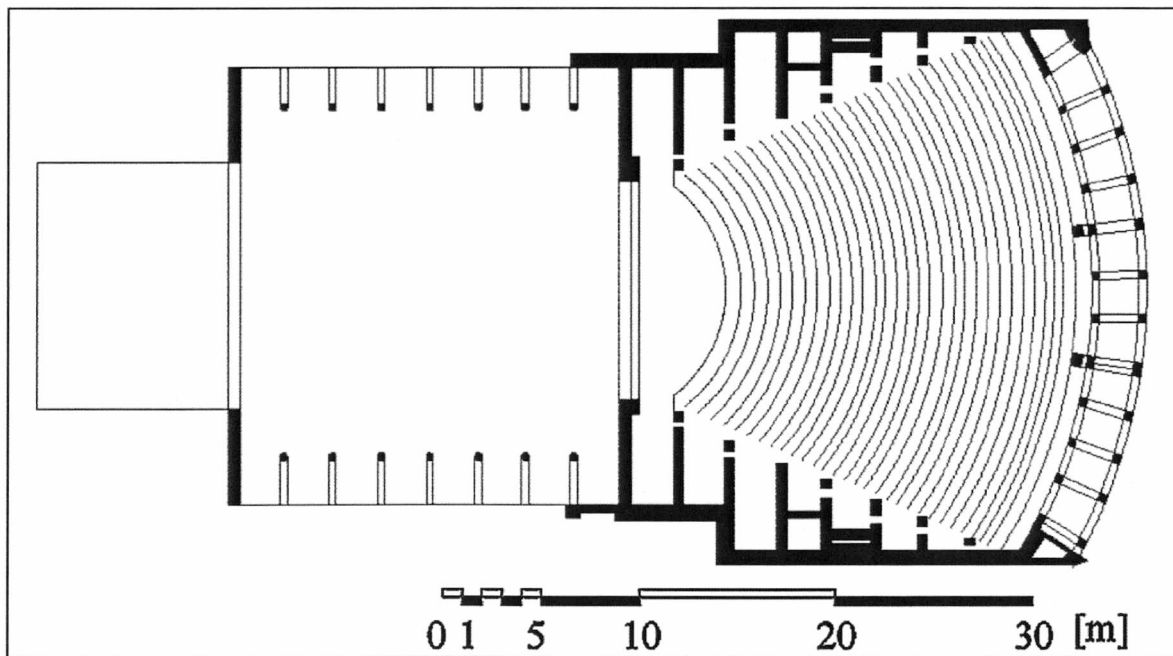
⁹⁵ [Jordan, 1980], [Barron, 1993].

⁹⁶ Kompozytorowi zależało na stworzeniu teatru – maszyny, której głównym zadaniem było koncentrowanie uwagi widza na rozgrywającym się na scenie przedstawieniu. Stąd brak balkonów i uspokojenie dekoracji (względny ekonomiczny). Wagnerowi zależało również na zniwelowaniu różnic klasowych, co udało się częściowo, jako że król Ludwik II wymógł zaprojektowanie galerii w koronie widowni, przeznaczonej dla niego i jego dworu [Carnegy, 2006], [Barron, 1993].

bokami wachlarzowej widowni a równoległymi ścianami. Zabieg ten spowodował bardzo mocne rozpraszanie bocznych odbić dźwięku⁹⁷. W sali zwiększona została kubatura przypadająca na jedno siedzisko, w stosunku do teatrów i sal operowych z okresu renesansu oraz baroku [Jordan, 1980].



Rys. 15. Teatr Festspielhaus w Bayreuth (tzw. wagnerowski): a) widok wnętrza, b) fragment przekroju [a) Jordan, 1980, s. 33, fig. 2.14, b) Izenour, 1997, s. 77]



Rys. 16. Teatr Festspielhaus w Bayreuth (tzw. wagnerowski) – rzut [oprac. wg: Jordan, 1980, s. 32, fig. 2.13]

⁹⁷ Patrz: rozdz. 4.

Czas pogłosu przy wypełnionej widowni wynosił około 1,5-1,6⁹⁸ sek. i był optymalny do wykonywania dramatów muzycznych⁹⁹ autorstwa Wagnera. Kolejną pozytywną nowością w tym projekcie była duża i zamknięta przestrzeń sceny, ze stosunkowo niewielkim otwarciem w kierunku widowni¹⁰⁰. Zabieg ten poprawił balans dźwięku między solistą a orkiestrą. Dodatkowo – między sceną a widownią – wstawiono dwa łuki sceniczne, których głównym zadaniem miało być tworzenie złudzenia perspektywy. Skutkiem wprowadzenia rowu orkiestrowego, było ograniczenie ilości dźwięku bezpośredniego pochodzącego od orkiestry, dzięki czemu śpiew był lepiej słyszalny na widowni.

Udana realizacja teatru wagnerowskiego, stała się wzorcem sali, którą cechuje:

- układ pudełkowy wnętrza (korzystne rozwiązanie akustyczne),
- widownia wachlarzowa, o nieznacznie rozwartym kącie,
- płaskie ściany i sufity,
- balans dźwięku między orkiestrą, a śpiewakiem,
- rezygnacja z nadmiernej liczby balkonów,
- rezygnacja z powierzchni wklęsłych, powodujących niekorzystne skupianie się dźwięku,
- wprowadzenie elementów zmiękczających dźwięk¹⁰¹.

Wszystkie wymienione rozwiązania będą powtarzać się w kolejnych projektach teatrów i sal koncertowych.

2.7.2. Przekształcenia układów pudełkowych – pierwsze sale koncertowe

Forma sali pudełkowej znana jest¹⁰², od czasów wczesnochrześcijańskich kościołów salowych. Ten kształt miały też: średniowieczne sale zamkowe, renesansowe teatry, barokowe sale operowe, klasyczne rozwiązania sceniczne, aż po teatr wagnerowski. Sala tego typu służyła różnorodnym formom sztuki. Przyjmuje się, że zapotrzebowanie na

⁹⁸ [Jordan, 1980], [Barron, 1993].

⁹⁹ Dramat muzyczny – wywodzi się z opery, a jego cechą charakterystyczną było współdziałanie wszystkich sztuk: poezji, dramatu, sztuki teatralnej, plastyki i muzyki. Według Wagnera muzyka winna być podporządkowana treści sztuki [Encyklopedia Muzyki, 1995, s. 637].

¹⁰⁰ Wagner dążył do wyraźnego oddzielenia sceny od widowni, opierając się na swojej filozofii oddzielenia ideału od rzeczywistości – aktora od widza [Carnegy, 2006].

¹⁰¹ Źródła wskazują, że rozwiązanie to było przypadkowe [Barron, 1993], [Jordan, 1980], [Izenour, 1997].

¹⁰² Patrz: pkt. 2.1 – 2.7.

sale koncertowe, przeznaczone dla muzyki instrumentalnej, powstało w XVIII i XIX wieku, w związku z dynamicznym rozwojem muzyki orkiestrowej.

Sale koncertowe bezpośrednio wywodzą się z układów renesansowych sal balowych [Barron, 1993], w których zaczęto ustawiać krzesła w rzędach, skierowanych ku miejscu dla muzyków. Rozwiązania takie można uznać za pierwowzór sali filharmonicznej.

Początkowo popularność zyskały niewielkie pudełkowe sale recitalowe. Amerykański uczony George Izenour¹⁰³ wysunął teorię, że taki układ był podyktowany względami konstrukcyjnymi. Ówczesnie bowiem, do przekrywania pomieszczeń, wykorzystywano drewniane stropy belkowe – stąd sala w systemie bezpodporowym mogła mieć rozpiętość maksymalnie 27 m, ze względu na nośność belek drewnianych. Jak podają źródła¹⁰⁴ wewnątrz sal koncertowych nadawano układ długich, wąskich i wysokich prostopadłościanów, o proporcjach 1 : 2 : 2, zapewniając dobrą akustykę [Barron, 1993].

W XIX i XX wieku wzrosła popularność koncertów orkiestrowych i zwiększała się liczebność orkiestr, a w związku z tym rosło zapotrzebowanie na sale do wykonywania muzyki. Wzorem dla dużych sal koncertowych została sala Altes Gewandhaus, której budowę ukończono w Lipsku w 1780 roku [Jordan, 1980]. Sala ta została zaprojektowana i wzniesiona na planie wydłużonego prostokąta z zaokrąglonymi narożnikami, początkowo dla około 400, później dla 600 słuchaczy [Jordan, 1980] i została zamknięta od góry płaskim – zdobionym sztukateriami – sufitem. Kubatura tego wnętrza wynosiła maksymalnie od 1800-2500¹⁰⁵ m³, przy czasie pogłosu 1,2 s [Barron, 1993]. Wprawdzie wartości kubatury i czasu pogłosu nie są wystarczające dla współczesnej orkiestry symfonicznej¹⁰⁶, ale w Altes Gewandhaus grało 45-50 muzyków¹⁰⁷. Rzędy krzeseł dla publiczności były usytuowane wzdłuż dwóch dłuższych ścian, co stanowiło nietypowe rozwiązanie i nie zostało powtórzone w późniejszych projektach. Pomiedzy rzędami widowni bocznych zostawiono wolny prostokąt bez jednoznacznego określenia jego funkcji. W sali znajdowała się też galeria, która w sposób uproszczony zastępowała

¹⁰³ [Jaffe, w przygotowaniu do publikacji].

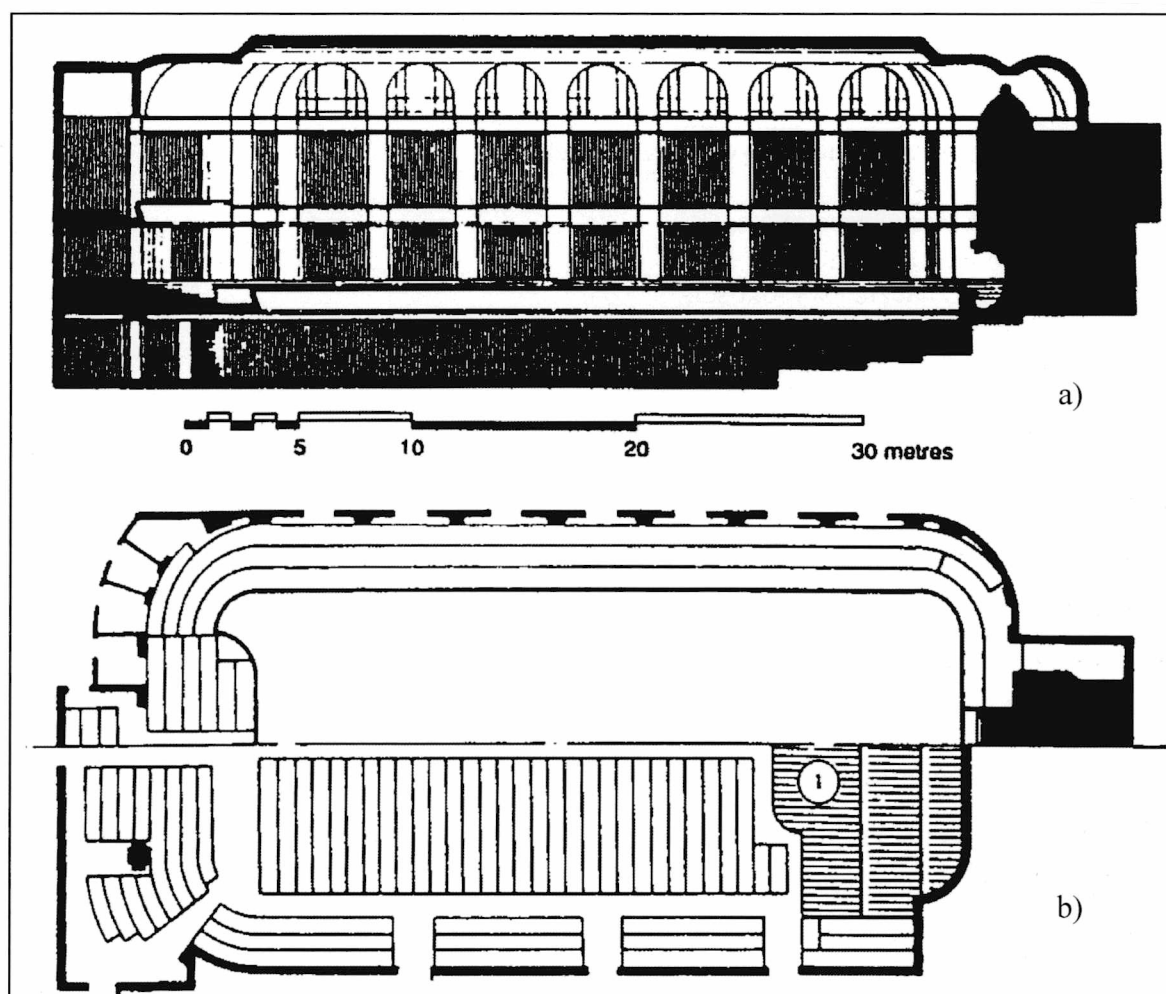
¹⁰⁴ Między innymi: [Barron, 1993], [Jordan, 1980], [Izenour, 1997], [Beranek, 2000].

¹⁰⁵ Według Jordan'a [1980, s. 34] wartość ta mogła się zawierać w granicy 2000-2500 m³, a wg Barrona [1993, s. 68] wynosiła 1800 m³.

¹⁰⁶ Orkiestra symfoniczna – współcześnie liczy 80-120 muzyków, podzielonych na sekcję instrumentów smyczkowych, dętych drewnianych, dętych blaszanych, perkusyjnych. Dodatkowo mogą w niej występować harfy, fortepian i inne instrumenty, wskazane w zapisie partyturowym [*Encyklopedia muzyki*, 1995, s. 652-656].

¹⁰⁷ [Jordan, 1980 s. 34].

barokowe balkony. W roku 1884 (lub 1886)¹⁰⁸ Altes Gewandhaus zastąpiono Neues Gewandhaus (rys. 17), którego sala mogła pomieścić 1560 słuchaczy [Jordan, 1980]. Wnętrze zostało zaprojektowane w konfiguracji pudełkowej, na rzucie prostokątnym, o znacznej wysokości. Parter zajmowała widownia ukształtowana w sposób tradycyjny, mieszcząca dwie trzecie całej publiczności, a pozostali widzowie zajmowali miejsca na dwóch balkonach. Balkon dolny otaczał całą salę i przedzielony był jedynie organami.



Rys. 17. Neues Gewandhaus: a) przekrój i, b) rzut [oprac. wg: Barron, 1993, s. 74, fig. 4.6]

Ważnym elementem sali była dekoracja, pokrywająca ściany i elementy konstrukcyjne, która wpływała na „zmiękczenie” dźwięku. Rozrzeźbienie płaszczyzn ścian miało wpływ na akustykę XIX-wiecznych sal koncertowych, w których nie powstawało niekorzystne echo trzepoczące¹⁰⁹. Ponadto w projektach tych nie występowały: portal

¹⁰⁸ 1884 r. wg Barrona [1993, s. 71], a 1886 r. wg Jordana [1980, s. 34].

¹⁰⁹ Echem trzepoczącym (z ang. *flutter echo*) nazywamy zwielokrotnienie fali akustycznej, która odbita od ścian bocznej przemierza wnętrze wielokrotnie. Powoduje to nałożenie się tego samego dźwięku na siebie, odbierane jako zniekształcenie mowy i muzyki [Barron, 1993, s. 26].

sceniczny i rów orkiestrowy, a także przypadkowo usytuowane materiały pochłaniające dźwięk, tj.: kotary, kurtyny i dywany, co w sposób istotny poprawiło balans dźwięku między sceną i widownią.

Neues Gewandhaus stał się kolejnym wzorcem rozwiązań ówczesnych sal koncertowych, m. in.: Musikvereinsaal (Wiedeń 1870), Stadt-Casino (Bazylea, 1876), St. Andrews (Glasgow, 1877), Concertgebouw (Amsterdam, 1888), Grosser Tonhalleaal w Zurychu (1895) i Symphony Hall (Boston, 1900) [Jordan, 1980, s. 35].

Na przykładzie wymienionych tu obiektów można zdefiniować charakterystyczne cechy sal pudełkowych wznoszonych w XIX wieku:

- rzuty na planie prostokąta,
- sufity na znacznej wysokości,
- równoległe płaskie ściany boczne i płaskie sufity,
- dekoracja ścian i sufitów wpływająca na zmiękczenie dźwięku i zapobiegająca powstawaniu echa trzepoczącego,
- jeden lub dwa balkony niewielkiej głębokości,
- podobne warunki akustyczne dla muzyków i publiczności,
- pojemność sali od 600 do 1600 osób (wyjątek stanowi Boston Symphony Hall).

Udoskonalenie materiałów i narzędzi do projektowania w XX wieku umożliwiło dalszy rozwój pudełkowych sal koncertowych. Niebagatelną rolę w tym procesie odegrały odkrycia z dziedziny akustyki¹¹⁰.

2.7.3. Rozwój układów pudełkowych

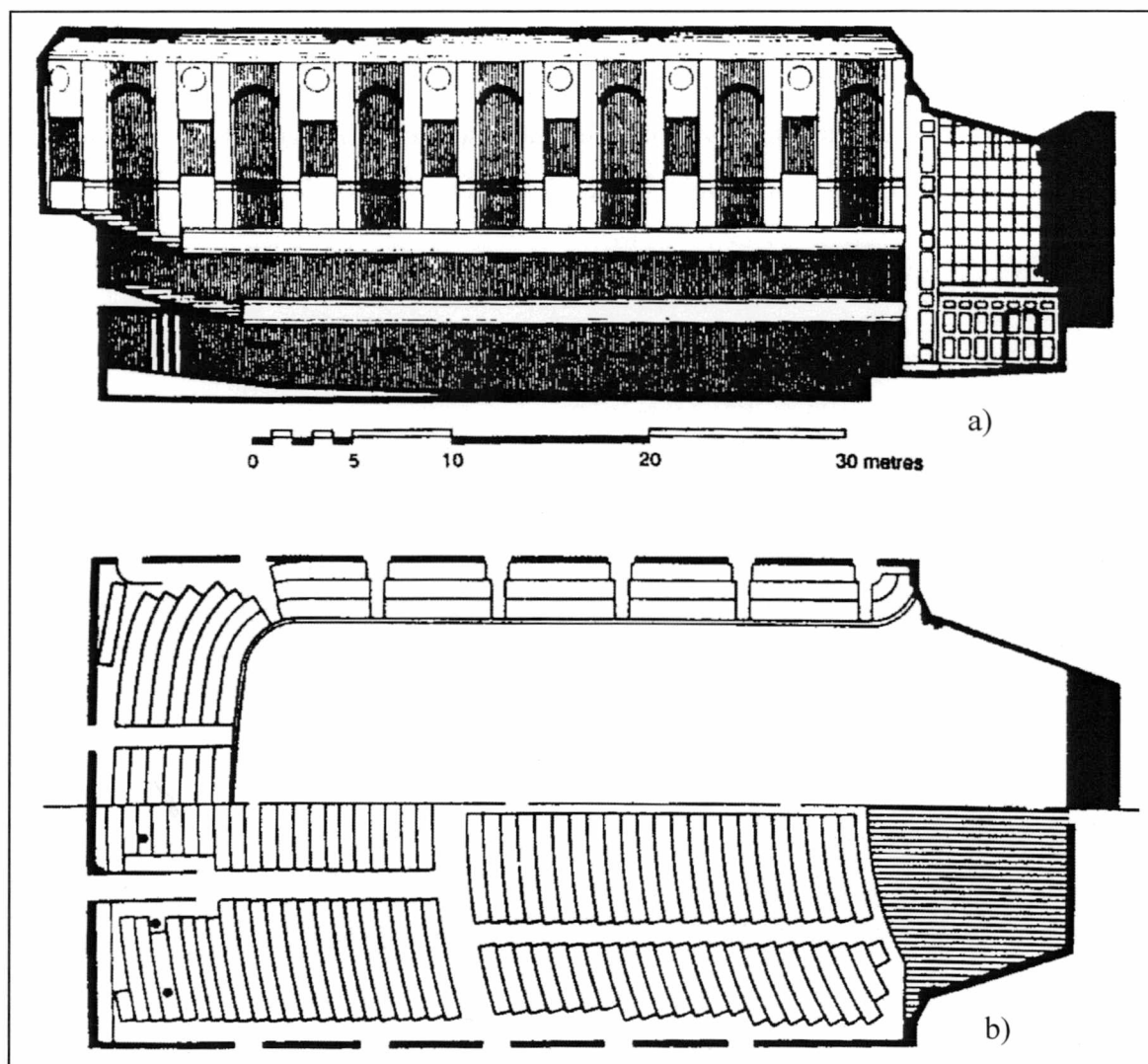
Problematyka dotycząca akustyki sal pudełkowych była rozwijana w oparciu o prace Wallace'a Clementa Sabine'a¹¹¹, który w 1895 roku podjął się rozwiązać problem braku zrozumienia mowy w nowo powstałym audytorium w Muzeum Sztuki „Fogg” na Uniwersytecie Harvarda, w Cambridge, ponieważ jak stwierdził wystąpił tam nadmierny *czas pogłosu*¹¹². Dwa lata trwały eksperymenty, mające poprawić akustykę tego wnętrza, polegające na modyfikacjach ustawienia poduszek na krzesłach, odpowiednim

¹¹⁰ Patrz: rozdz. 4.

¹¹¹ Wallace Clement Sabine [1868-1919] fizyk. Sabine jest autorem wzoru na czas pogłosu, dzięki któremu możliwe było dalsze prace z dziedziny akustyki [<http://www.philophony.com/sensprop/sabine.html>, 2008].

¹¹² Definicja czasu pogłosu wg Sabine'a – patrz: rozdz. 4.

układaniu dywanów oraz usadzeniu studentów. Zabiegi te nie przynosiły jednak oczekiwanych rezultatów. Dopiero po sformułowaniu zależności między czasem pogłosu, kubaturą pomieszczenia i ilością materiałów pochłaniających, został rozwiązany problem akustyki audytorium. Swoje odkrycia i doświadczenia zdobyte w audytorium „Fogg”, Sabine wykorzystał przy projektowaniu akustyki sali filharmonicznej Boston Symphony Hall¹¹³ (rys. 18, 19), gdzie w 1898 roku [Barron, 1993] objął stanowisko konsultanta. Za wzór przyjął salę Neues Gewandhaus.



Rys. 18. Boston Symphony Hall: a) przekrój, b) rzut [oprac. wg: Barron, 1993, s. 78, fig. 4.10]

Uzyskanie widowni liczącej 2600 miejsc w nowej filharmonii [Barron, 1993], wiązało się ze znacznym zwiększeniem jej kubatury. Sabine przeprowadził matematyczne obliczenia czasu pogłosu i na tej podstawie stwierdził, że zwiększenie liczby miejsc widowni, w stosunku do ich liczby w sali w Lipsku, nie spowoduje nadmiernego

¹¹³ Architekci: McKim, Mead i White [Barron, 1993].

wydłużenia czasu pogłosu, przy zastosowaniu dodatkowej ilości materiału pochłaniającego¹¹⁴. Oprócz pierwszego w historii użycia przy projektowaniu sal widowiskowych matematycznych obliczeń, nowatorskim rozwiązaniem było również zaprojektowanie formy „domknięcia”¹¹⁵ obszaru orkiestry, które uzyskano poprzez zbliżenie ścian bocznych sufitu do orkiestry. Rozwiązanie to pozwoliło na wygenerowanie mocnych, wczesnych odbić dźwięku, skierowanych ku publiczności. Wallace Sabine dokonując tego zabiegu, najprawdopodobniej pokierował się wyczuciem, gdyż teoria o wczesnych odbiciach bocznych¹¹⁶ była wówczas nieznana.

Doskonała akustyka Boston Symphony Hall jest wzorcem w projektowaniu dużych sal koncertowych. Co więcej, służy również za inspirację dla najnowszych obiektów, stanowiąc rodzaj miernika, którym mierzy się jakość akustyczną sali.



Rys. 19. Boston Symphony Hall [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Symphony_hall_boston.jpg, 2009]

Prace Sabine’a zakończyły pierwszy etap rozwoju akustyki. Dopiero po około 60 latach rozpoczął się następny etap, związany z badaniami prowadzonymi przez akustyka Leo Beraneka¹¹⁷. Pracował on nad kolejnymi parametrami, które w naukowy

¹¹⁴ [Jordan, 1980], [Barron, 1993].

¹¹⁵ Ang. *enclosure*.

¹¹⁶ [O’Keefe, 1998], [Jordan, 1980].

¹¹⁷ Leo Leroy Beranek (ur. 15.05.1914), akustyk, były profesor MIT, założyciel i były prezes BBN Technologies. Po ukończeniu Akademii Sztuk rozpoczął studia na Harvardzie, zakończone tytułem doktora w 1940 r. W czasie II wojny światowej pracował na wydziale elektro-akustyki Harvardu, a w latach 1947-1958 był profesorem Instytutu Technologii w Massachusetts. W 1948 r. pomógł założyć BBN Technologies

sposób mogłyby opisać subiektywne odczucia słuchacza w sali koncertowej, a pierwszą z opisanych przez niego wielkości była, tzw. bliskość¹¹⁸, zdefiniowana jako czas, w którym do uszu słuchacza dojdą pierwsze odbicia dźwięku, w stosunku do dźwięku bezpośredniego. W roku 1959, stosując w praktyce to odkrycie, zespół projektowy BBN¹¹⁹ zaproponował formę „otaczająco-zamykającą” łupiny „Muzycznego Schroniska” w Tanglewood¹²⁰. Projekt ten odniósł duży sukces, ze względu na dobrą akustykę.

Około 1962 roku otworzono salę w Centrum Lincolna w Nowym Jorku – kolejną realizowaną przy udziale Leo Beranka. W wyniku zmian architektonicznych – odstępstw od oryginalnego projektu, usunięcia części elementów oraz pomyłki Beranka, akustyka sali była nieudana. Wprowadzenie architektonicznych zaokrągleń spowodowało powstanie nieprzewidzianych skupisk dźwięku, a zbyt duża szerokość wnętrza była przyczyną osłabienia bocznych odbić i ich opóźnienia w stosunku do dźwięku bezpośredniego. Zawieszone nad sceną panele akustyczne, kierujące w założeniu dźwięk w stronę widowni, były za małe dla długich fal, które powstają w muzyce symfonicznej¹²¹. Błędy popełnione w tym projekcie dały możliwość dalszego rozwijania i poprawiania teorii akustyki.

W kolejnych badaniach i realizacjach kluczowe – w procesie rozkwitu projektowania sal koncertowych – było opisanie przez Manfreda Schroedera, zjawiska odbić bocznych, których wpływ na wrażenie przestrzenności wskazali w swoich pracach: Harold Marshall i Michael Barron, w latach 70. XX wieku¹²².

Odkrycia Sabine’a, Beranka i ich następców wpłynęły na zmodyfikowanie wyglądu sal pudełkowych XX i XXI wieku, wskutek zamian, m.in.: ustrojów akustycznych, które zamykają scenę od góry, boków i z tyłu, kierując odbicia w stronę muzyków (tzw. osłuch) i widowni. Ustroje te obecnie nie mają form łupin, czy „absyd”, ale układu paneli akustycznych o odpowiednich konfiguracjach. Panele są profilowane, a ich parametry są obliczane komputerowo, w celu dokładnego wykreślenia pola odbić dźwięków, zapewniając balans dźwięku na widowni i scenie, bez powstawania niekorzystnych skupisk lub „martwych pól”¹²³.

i pełnił w nich funkcję prezesa. Jest autorem publikacji z zakresu akustyki i elektro-akustyki, uczestniczył w projektowaniu wielu sal koncertowych i operowych [http://en.wikipedia.org/wiki/Leo_Beranek, 2008].

¹¹⁸ Patrz: rozdz. 4.

¹¹⁹ W skład zespołu wchodził akustycy: Leo Beranek, Richard’a Bolt, Robert’a Newman.

¹²⁰ Ang. *Tanglewood Music Shed*.

¹²¹ Patrz: pkt. 1.1.

¹²² Szerokie omówienie zjawiska odbić bocznych i ich wpływ na akustykę sal koncertowych, patrz: rozdz. 4.

¹²³ Pól, do których nie dociera odpowiednia ilość dźwięku bezpośredniego lub/i odbić bocznych, tym samym

Ściany sal koncertowych w XX i XXI wieku nie są pokrywane dekoracją rzeźbiarską i stiukową, a rolę zmiękczenia dźwięku przejęły – dostosowane za pomocą odpowiednich profilowań, nacięć i perforacji – panele akustyczne. Dodatkowo wprowadza się różnorodne materiały i ustroje pochłaniające, rozpraszające i ułatwiające wymieszanie pola dźwięku¹²⁴, usytuowane w ściśle określonych miejscach, wyznaczanych również za pomocą obliczeń.

Postęp, jaki miał miejsce w dziedzinie projektowania sal o konfiguracji pudełkowej, zarówno w zakresie architektonicznym, jak i akustycznym, powoduje, że rozwiązania prostopadłościenne nie tracą na popularności. Wśród akustyków te klasyczne układy cieszą się wciąż dużym uznaniem, a sale pudełkowe są realizowane z dużym sukcesem¹²⁵ w Polsce i za granicą.

2.8. Podsumowanie – typologia układów wnętrz sal koncertowych

W trakcie rozwoju teatru greckiego scena została wzbogacona o budynek sceniczny, a widownia otrzymała nachylenie, które zapewniało dobrą widoczność. Akustyka tych obiektów opierała się na dźwięku bezpośrednim i odbiciu od posadzki sceny. Najważniejszą funkcję pełniła mowa, śpiew, gra aktorska, natomiast muzyka odgrywała rolę drugoplanową.

Proces modyfikacji obiektów teatralnych kontynuowany był w antycznym Rzymie, gdzie doszło do rozbudowania sceny do dwóch poziomów, powstania dogodnego systemu komunikacji i ewakuacji, a także zastosowania pierwszych przekryć. Akustyka tych obiektów bazowała na dźwięku bezpośrednim i nielicznych odbiciach od budynku scenicznego. Utracone zostało korzystne odbicie od posadzki sceny. W Rzymie muzyka dalej stanowiła jedną ze sztuk, bez szczególnego wyróżnienia.

W czasach średniowiecznych odstępiono od sztuki dramatycznej i w związku z rozwojem chrześcijaństwa muzyka stanowiła oprawę nabożeństw, a w związku z tym najważniejszymi miejscami do wykonywania jej stały się kościoły, początkowo proste, salowe, przykryte stropem belkowym o niezbyt korzystnych warunkach akustycznych. Wydłużony czas pogłosu i nadmierna ilość odbić bocznych sprawiały, że wykonywano w nich jedynie muzykę organową i choralną. Wzbogacanie formy kościoła o kolejne nawy, absydy i kaplice sprzyjało opracowywaniu nowych technik kompozytorskich, m.in.:

zniekształcając odbiór muzyki, mowy przez słuchacza.

¹²⁴ Szerzej: Więckowska-Kosmala [2007, s. 47-46].

¹²⁵ Patrz: rozdz. 9.

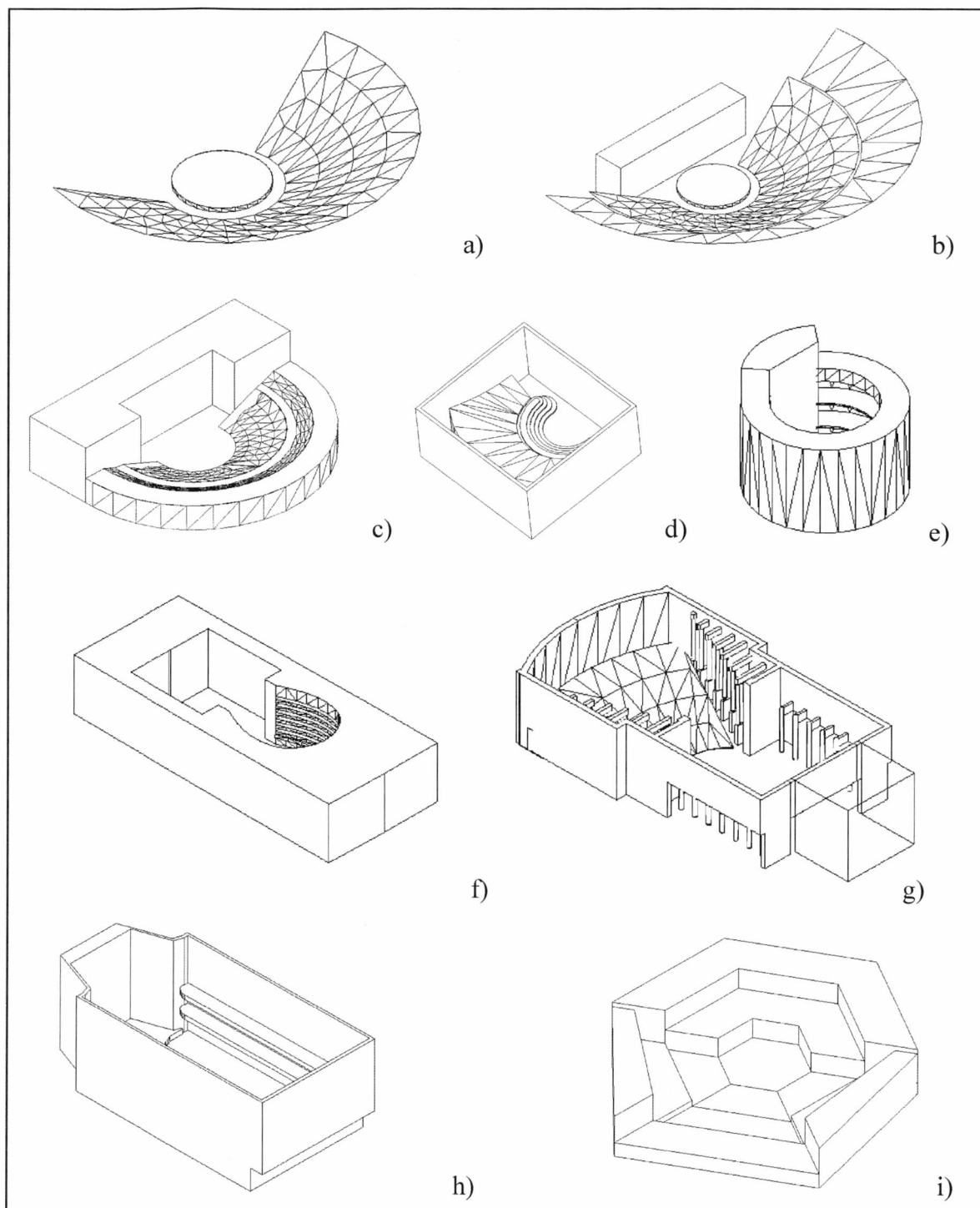
rozwinął się wielogłos. W nurcie świeckim z kolei wykonywano utwory w obrębie sal zamkowych, a w okresie renesansu pałacowych, których proporcje prostopadłościennych wewnątrz 1:2:2, zachęciły projektantów XIX i XX wieku do stworzenia, stosowanej do dziś, konfiguracji pudełkowej.

W renesansie, szczególnie na terenie Włoch rozwinął się nowy nurt projektowania teatru, charakteryzujący się wyraźnym rozdzieleniem pomiędzy sceną a widownią. Powstał nowy układ sceny tzw. reliefowej, z perspektywicznymi korytarzami, będącymi formą dekoracji. We wnętrzach o rzutach prostokątnych projektowano widownię na planach: litery „U”, podkowy lub na rzucie dzwonu. Scena oparta na rzucie prostokąta wydzielana była z wnętrza sali za pomocą portalu scenicznego i rowu orkiestrowego. Akustyka teatrów renesansowych była niekorzystna, w związku z zachwianiem balansu dźwięku między sceną a widownią i nadmiernie wydłużonym czasem pogłosu. Bezpośrednio ze wzorców renesansowych czerpali projektanci operowych teatrów barokowych i klasycznych, którzy wprowadzali niewielkie modyfikacje w układ architektoniczno-akustyczny, np. poprzez piętrzenie balkonów, głównie koncentrując się na zagadnieniach dekoracji wnętrz.

Przełom w projektowaniu sal widowiskowych datuje się na powstanie teatru wagnerowskiego, w którym zrezygnowano z balkonów i zdecydowanie ograniczono dekorację. Pojawił się nowy układ kolumnad – silnie zmiękczający dźwięk i podwojony portal sceniczny wpływający na poprawę balansu dźwięku pomiędzy widownią a sceną.

W II połowie XIX wieku Wallace Clement Sabine zaczął prowadzić pierwsze badania nad dźwiękiem i sformułował wzór do obliczania czasu pogłosu. Zastosowanie w projekcie Boston Symphony Hall, pomogło w sposób właściwy przewidzieć wymagane ilości materiałów pochłaniających i uniknąć nadmiernego wydłużenia czasu pogłosu, przy dużej kubaturze wnętrza. Projekt ten przyczynił się znacząco do spopularyzowania układu pudełkowego w projektowaniu sal XIX- i XX-wiecznych. Dodatkowo w układach tych całkowicie rezygnowano ze stosowania dekoracji, a zastępowano ją odpowiednimi ustrojami akustycznymi z materiałów odbijających i pochłaniających fale akustyczne.

Na podstawie analizy dokonanej w rozdziale trzecim opracowano typologię sceny i widowni, pod kątem formy architektonicznej i ich wzajemnych relacji, i przedstawiono ją na schemacie graficznym (rys. 20).



Rys. 20. Typologia układów wnętrz sal (widowni i sceny): a) wczesny antyczny teatr grecki (nieprzekryty), b) antyczny teatr grecki (nieprzekryty), c) odeon rzymski (przekryty), d) antyczny teatr rzymski (częściowo przekryty), e) teatr elżbietański (częściowo przekryty), f) teatr operowy (przekryty), g) teatr wagnerowski (przekryty), h) sala koncertowa o konfiguracji pudełkowej (przekryta), i) sala koncertowa o konfiguracji centralnej z tarasami (przekryta) [oprac. autorki]

Dalszy rozwój sal koncertowych wiąże się z poszukiwaniem nowych układów przestrzennych i m.in. z powstaniem i rozwojem konfiguracji centralnej tarasowej, która zostanie szeroko omówiona w rozdziale trzecim.

3. ROZWÓJ SAL KONCERTOWYCH O UKŁADZIE CENTRALNYM TARASOWYM

Układ centralny tarasowy jest stosunkowo nowym, znanym od około pięćdziesięciu lat, rozwiązaniem stosowanym w projektowaniu wnętrz sal koncertowych. Ponieważ jego powstanie i rozwój przypadły na czas dynamicznych zmian technologicznych, zbadanie tego nurtu jest zadaniem trudnym. Wpływa na to duża innowacyjność poszczególnych projektów, zastosowanie elektroakustyki do tworzenia dźwięku i indywidualny charakter każdego z badanych obiektów. Czynniki te utrudniają syntezę przykładów, wyodrębnienie cech charakterystycznych i jednoznaczną klasyfikację niektórych typów wnętrz. Jednocześnie te same czynniki powodują, że sale centralne tarasowe wyróżniają się z pośród sal koncertowych.

Niniejszy rozdział przedstawia historyczny rozwój konfiguracji winnicowej i stanowi przejście do szczegółowego omówienia zagadnień związanych z akustyką układu zawartych w rozdziale czwartym. W tym celu opisana zostanie transformacja kształtu wnętrz koncertowych, od pierwszego użycia formy tarasu w 1956 roku w Mozartsaal w Liederhalle, w Stuttgarcie, poprzez pierwszą centralną salę tarasową Filharmonii w Berlinie, po przykłady współczesne, będące w fazie projektowania. Na podstawie tej analizy sformułowana zostanie typologia szczegółowa układów centralnych z tarasami.

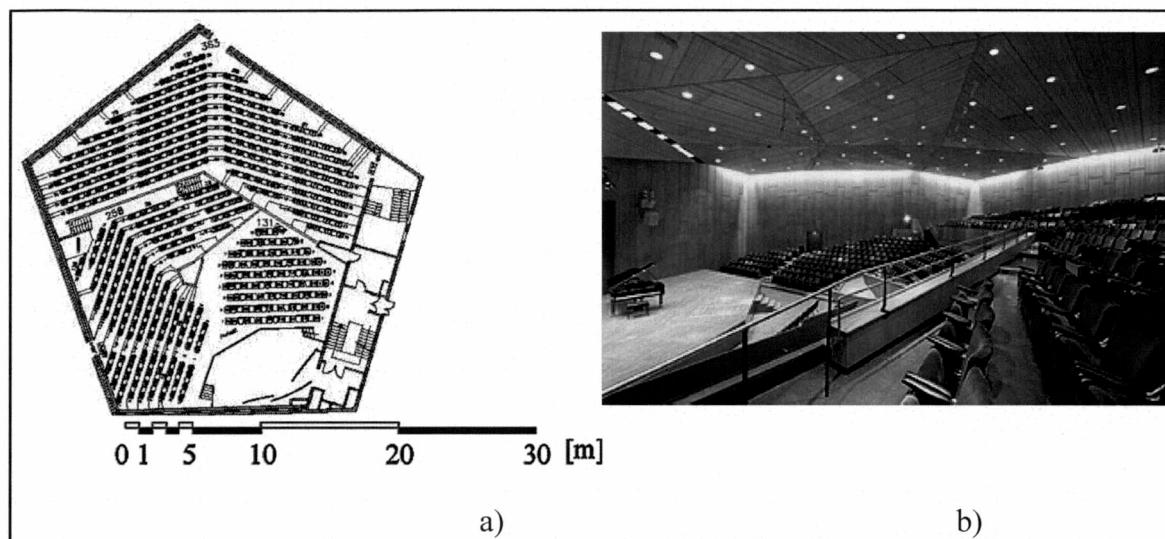
3.1. Geneza układu centralnego tarasowego

3.1.1. Mozartsaal w Liederhalle

Filharmonia w Berlinie, powszechnie uznawana za pierwszą salą o układzie centralnym tarasowym, poprzedzała Mozartsaal w Liederhalle – otwartą w 1956 roku w Stuttgarcie (rys. 21). Autorami tego projektu architektonicznego byli Rolf Gutbrod i Adolf Abel, a konsultantem akustycznym Lothar Cremer. Jest to pierwsza na świecie asymetryczna sala koncertowa, w której zastosowano „taras”, rozumiany zgodnie z definicją sformułowaną w rozdziale 1 niniejszej dysertacji.

Sala w Stuttgarcie jest stosunkowo niewielka – ma 800 miejsc. Założona została na planie wieloboku, w którym scenę usytuowano wzdłuż dwóch boków figury i przesunięto ją względem osi symetrii. Scena ma kształt nieforemnego pięciokąta, mocno spłaszczonego, o bokach różnej długości. Widownia została „zawinięta” wokół sceny

i podzielona na dwie sekcje – pierwszą umieszczono na niepełnym tarasie, drugą na pełnym. Oba tarasy są symetryczne i mają rzuty zaprojektowane na nieforemnych wielobokach.



Rys. 21. Mozartsaal w Liederhalle (R. Gutbrod i A. Abel, 1956) : a) rzut, b) widok sali [oprac. wg: a) <http://www.liederhalle-stuttgart.de/kkl/engl/>, 2004, b) <http://www.liederhalle-stuttgart.de/>, 2004]

Trudno stwierdzić, czy ten nietypowy układ mógł stać się bezpośrednią inspiracją dla autorów projektu Filharmonii w Berlinie, ponieważ prace koncepcyjne nad jej realizacją rozpoczęły się jeszcze przed 1956 rokiem. Głównym konsultantem akustyki Filharmonii w Berlinie również był Lothar Cremer, można więc przypuszczać, że rozwiązanie z tarasami podsunął akustyk.

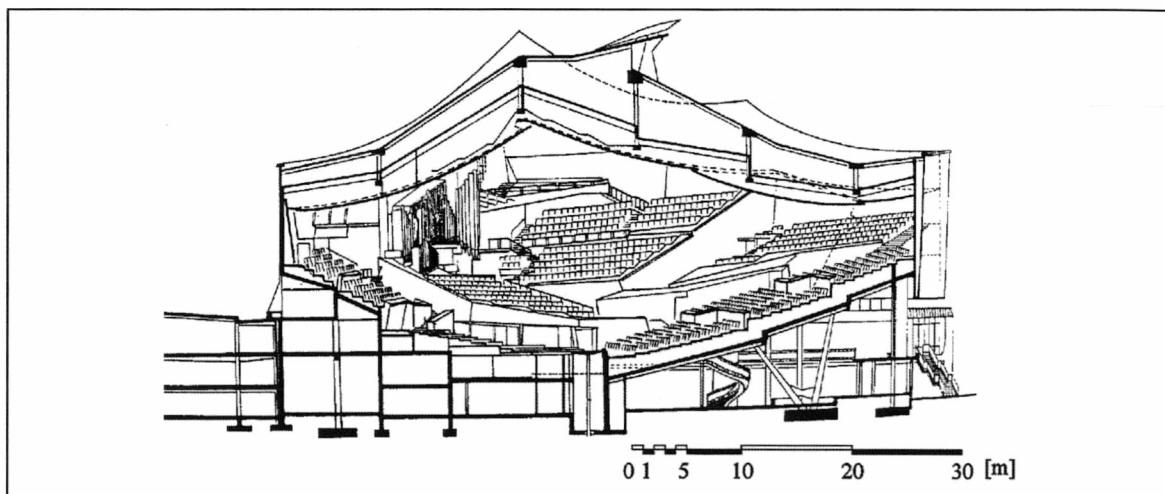
3.1.2. Berliner Philharmonie w Berlinie

Filharmonia w Berlinie (karta katalogowa 01, s. 166), zaprojektowana przez Hansa Bernharda Scharouna, zrewolucjonizowała obowiązujący od II połowy XIX wieku sposób projektowania sal o dużych kubaturach, przeznaczonych do organizowania koncertów symfonicznych. W projekcie tym został po raz pierwszy zastosowany układ centralny, tarasowy.

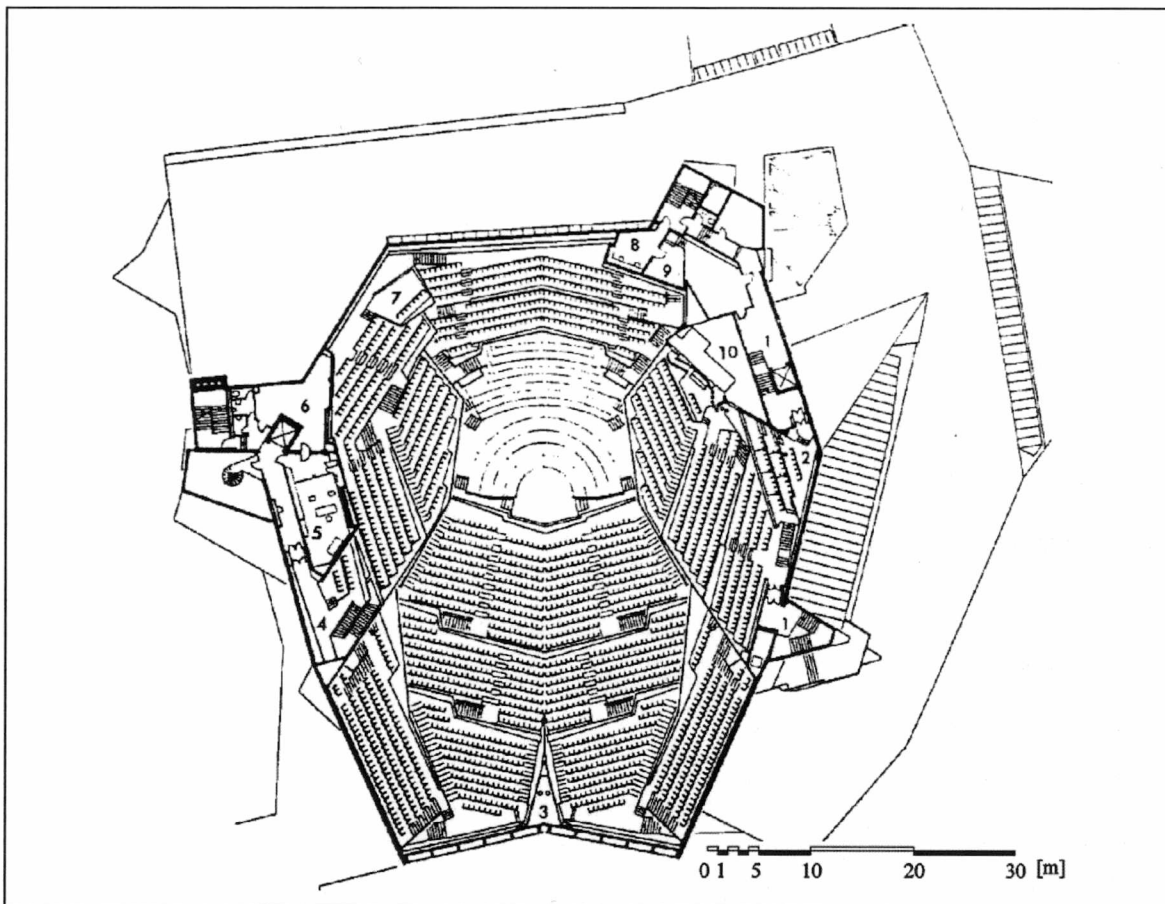
Nowatorska koncepcja zwyciężyła w konkursie ogłoszonym w 1956 roku. Zrealizowana została dopiero w latach 1960-1963, ze względu na kontrowersje, jakie budziła. Głównym założeniem projektowym było *zbliżenie muzyki i słuchacza do siebie*, tj. usytuowanie *muzyki w punkcie centralnym*¹²⁶. Inspiracją dla Scharouna stały się podobne konfiguracje w budowlach historycznych, tj. w kościołach, kaplicach, miejscach

¹²⁶ *Musik in Mittelpunkt* niem. – muzyka w punkcie środkowym [Wisniewski, 1993, s. 7].

zgromadzeń (m.in.: Baptiserium Albegna, świątynia Jupitera w Splicie, Santa Maria Maggiore w Nocera czy Santa Constanza w Rzymie). Architekt zaobserwował również, że w trakcie nieformalnych koncertów słuchacze otaczają muzyka ze wszystkich stron, w sposób umożliwiający najlepsze widzenie i słyszenie.



Rys. 22. Filharmonia w Berlinie (H. Scharoun, 1963) – sala główna, przekrój [oprac. wg Wisniewski 1993, s. 100]



Rys. 23. Filharmonia w Berlinie (H. Scharoun, 1963) – sala główna, rzut [oprac. wg Wisniewski, 1993, s. 99]

Układy centralne stosowane były w rozwiązaniach przestrzeni widowiskowych już w czasach antyku, ale ze względu na panujące tam specyficzne warunki akustyczne, związane z: kulturą, rodzajami występów i warunkami atmosferycznymi¹²⁷, sale wzorowane na nich nie sprawdziłyby się dla koncertów filharmonicznych. Co więcej przykrycie układu dachem sprzyjało by zbyt mocnemu zwielokrotnianiu się odbić dźwięku, powstawaniu echa i tworzeniu się skupisk fal akustycznych. Scharoun i Cremer zdawali sobie sprawę z tych zależności i zaproponowali w sali Filharmonii w Berlinie dodatkowe panele odbijające, zlokalizowane w obrębie widowni, tj. ściany tarasów, które zniwelowały ryzyko wystąpienia tych niekorzystnych efektów¹²⁸.

Rzut sali został oparty na planie pięciokąta o niewielkiej asymetrii, co wpływa korzystnie na poprawę właściwości akustycznych wnętrza [Kulowski, 2007, s. 89], (rys. 23). Centralnie położona scena została nieznacznie przesunięta w kierunku widowni tylnej. Cała widownia, z wyłączeniem pierwszych rzędów, została usytuowana na tarasach. Ściany każdego z tarasów nachylono w kierunku siedzisk znajdujących się pod nimi, by tam skierować odbicia dźwięku (rys. 24). Tył frontowej widowni rozcina forma przypominająca „dziób”, zadaniem którego jest tworzenie późnych odbić bocznych. Lothar Cremer przewidywał, że ściany te spowodują poprawę dźwięku na tyłach sceny i zapobiegą tworzeniu się skupisk fal akustycznych w pięciokątnym wnętrzu. Jak podkreśla Barron [Barron, 1983, s. 200], akustykowi zależało również na uniknięciu stosowania ścian równoległych. To prekursorskie rozwiązanie ukształtowania wnętrza koncertowego, umożliwiło zrealizowanie *tezy o energii odbić bocznych*¹²⁹.

Odpowiednie „zamknięcie” sceny stanowią fronty tarasów widowni bocznych i tylnej, a także panele zawieszone nad sceną, co zapewnia dobre słyszenie się muzyków między sobą. Sala ma charakter wertykalny (rys. 25 a), a zaprojektowane na tarasach rzędy siedzisk mocno wznoszą się, zgodnie z liniami dobrej widoczności. Całość została przekryta sufitem namiotowym, dzięki czemu uzyskano kilkanaście wypukłych powierzchni, dobrze rozpraszających fale akustyczne. Część namiotu umieszczona powyżej podwieszonych ekranów odbijających pełni funkcję komory rewerberacyjnej¹³⁰.

¹²⁷ Patrz rozdz. 2.

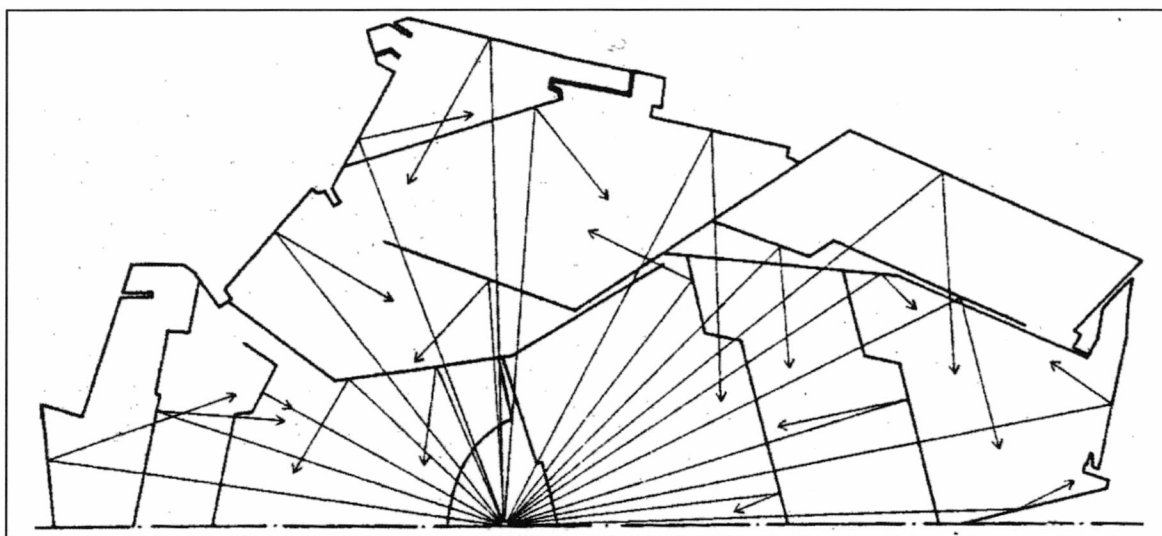
¹²⁸ Szczegółowy opis działania dodatkowych płaszczyzn odbijających w sali winnicowej opisano w rozdz. 4.

¹²⁹ W trakcie prowadzenia badań, głównie przez Harolda Marshalla, związanych z tezą o *energii odbić bocznych*, stwierdzono, że dźwięk odbity od ścian bocznych ma istotne znaczenie dla jakości dźwięku w sali koncertowej. Teza ta sformułowana znacznie później – w wyniku badań prowadzonych na Uniwersytecie w Southampton – została opublikowana w 1966 i 1967 r., zatem 3 lata po otwarciu Filharmonii Berlińskiej [O’Keefe, 1998], [Barron, 1993]. Patrz rozdz. 4.

¹³⁰ Komora rewerberacyjna jest przestrzenią, w której następuje dodatkowe rozwinięcie brzmienia dźwięku

Osiągnięto kubaturę 25 000 m³, w której dźwięk może w pełni się rozwinąć¹³¹. Na dolnych częściach sufitu zamontowano elementy w kształcie piramid, których zadaniem jest rozpraszanie dźwięku. Ustroje te mają dodatkowo rozcięcia, dzięki którym zachowują się jak rezonator Helmholtza¹³².

Czas pogłosu – zmierzony przy wypełnionej publicznością widowni – wynosi 2 sek. Subiektywne odczucia wskazują, że dźwięk dochodzący do większości słuchaczy jest bliski, przejrzysty, z właściwym pogłosem¹³³. Istniał podział na siedziska z lepszym i gorszym odbiorem dźwięku, ale udało się to zniwelować w trakcie remontu sali. Poprawiono także zjawisko osłabiania dźwięku skrzypiec – po jednej stronie sceny, a po drugiej – gorszą słyszalność basów. Do niekwestionowanych zalet sali należą, m.in. dobre „wymieszanie” i „rozproszenie pola dźwięku”, zapewniające wrażenie „przestrzenności”¹³⁴, charakterystyczne dla sal centralnych tarasowych.



Rys. 24. Filharmonia w Berlinie (H. Scharoun, 1963) – rozkład pierwszych odbić [Barron, 1993, s. 98]

We wszystkich opracowaniach dotyczących sali w Berlinie i w innych wnętrzach centralnych tarasowych, podkreśla się odczuwanie jedności zarówno z muzykami, jak

(tzw. wybrzmienie), poprzez wydłużanie czasu pogłosu.

¹³¹ Analizowane były też sufity płaskie, ale zrezygnowano z nich, ze względu na ograniczanie objętości sali. Ostatecznie uzyskano pojemność około 8,5 m³ przypadającą na jedną osobę. Sufit wklęsły, który zapewniłby podobne parametry, powodowałby tworzenie się skupisk dźwięku i pogorszył parametry akustyki sali.

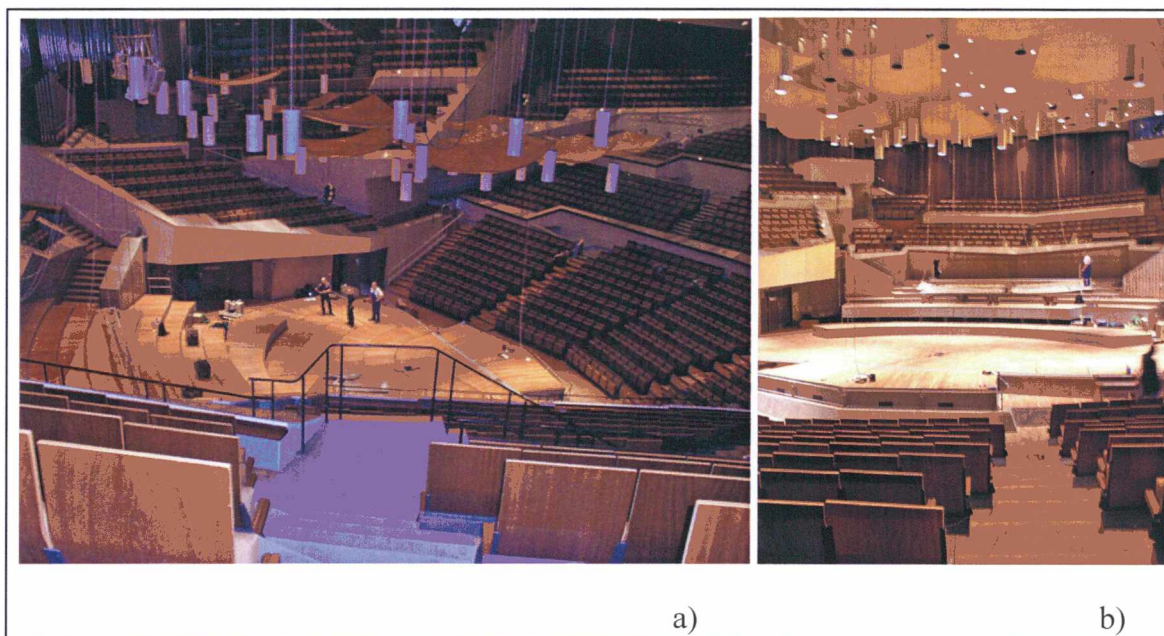
¹³² Rezonatory Helmholtza – to pojedyncze ustroje akustyczne składające się z komory powietrznej zakończonej szyjką lub otworem. Występują one w dwóch odmianach – z otworami okrągłymi lub ze szczelinami. W zależności od długości szyjki i przekroju oraz objętości wgłębienia zmienia się pasmo częstotliwości pochłaniania rezonatora, można więc stosować różne pasma rezonatorów do uzyskania odpowiedniego efektu akustycznego. Pojedyncze rezonatory stosowano już w teatrach greckich, do wzmacniania dźwięku [Więckowska-Kosmala, 2007, s. 47–46].

¹³³ Patrz rozdz. 1.

¹³⁴ Patrz rozdz. 4.

i z innymi widzami podczas koncertu, tj. „wspólnotę przeżywania muzyki”, zwaną też „interakcjami psychologicznymi”. Scharoun upatrywał w zaprojektowanej przestrzeni możliwości wytworzenia podobnych relacji między ludźmi, jak podczas masowych imprez: na stadionach, w centralnych kościołach czy starożytnych teatrach.

Po udanych realizacjach Mozartsaal i Filharmonii w Berlinie, w 1986 roku [Barron, 1993, s. 49] Cremer opublikował teoretyczne schematy, na których przedstawił drogę pierwszych odbić od ścian tarasów, dając tym samym naukowe podstawy do dalszych prac związanych z układami centralnymi tarasowymi. Prekursorska sala włączyła do warsztatu architektów i akustyków projektujących wnętrza koncertowe nowe elementy, m.in.: centralną otwartą scenę, widownię w formie tarasów czy sufity namiotowe. Zbliżono większą liczbę słuchaczy do źródła dźwięku, jednocześnie zmniejszając ich dystans od powierzchni odbijających¹³⁵.



Rys. 25. Filharmonia w Berlinie (H. Scharoun, 1963) : a) widok z tarasów bocznych na scenę b) widok z tarasów frontowych [fot. autorka]

Od II połowy XX wieku powstawały liczne sale o takiej konfiguracji, których rozwiązania, na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci, z powodzeniem konkurują z rozwiązaniami sal pudełkowych, oferując dobre parametry dźwięku, komfort słuchania i możliwość bliższego kontaktu widzów i muzyków.

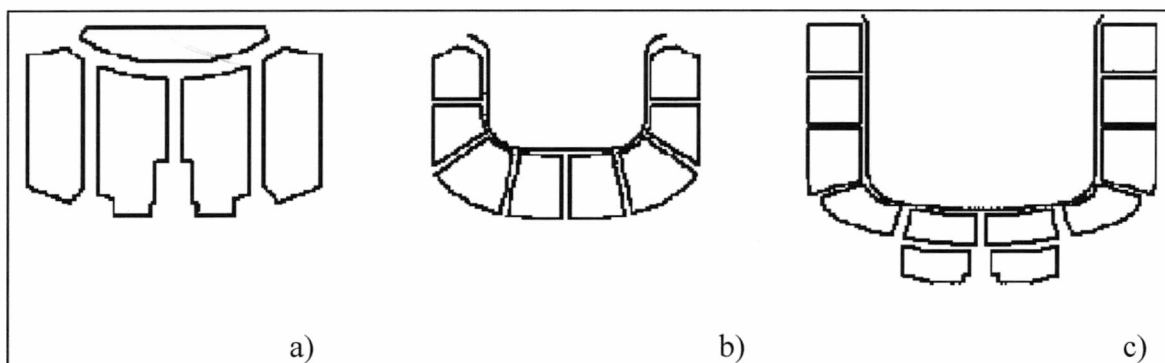
¹³⁵ Patrz: rozdz. 4.

3.3. Rozwój konfiguracji winnicowej. Układy eliptyczne

Poprzez wiele kolejnych lat po oddaniu do użytku obiektu Filharmonii w Berlinie nie wyróżniano – w kanonie projektowania architektonicznego – układu centralnego z tarasami jako odrębnego typu wnętrza sali koncertowej. Nawet, gdy w 1987 roku zostały ukończone dwa budynki Boettcher Concert Hall i Sala Nezahualcoyotl, z salami o wyraźnych cechach konfiguracji winnicowej, nie określano ich jeszcze tym mianem. Do dziś Chris Jaffe, projektant akustyki tych sal, sprzeciwia się nazwaniu ich winnicami¹³⁶.

3.3.1. Roy Thomson Hall w Toronto

Pierwszy z obiektów zaliczanych do grupy sal tarasowych to Roy Thompson Hall w Toronto, otwarty w 1972 roku (karta katalogowa 02, s. 174), wzniesiony wg projektu architektonicznego Arthura Ericsona i akustycznego zespołu BBN¹³⁷. Zgodnie z wymaganiami komitetu konkursowego za wzorzec przyjęto klasyczne wnętrze Massey Hall (rys. 26), które uznano za jedną z najlepszych sal koncertowych na świecie. Ma ona układ krótkiej i zdecydowanie szerokiej sali z dwoma piętrami balkonów. Konfiguracja taka zwana jest **pół-centralną** (z ang. *semi-surround*).



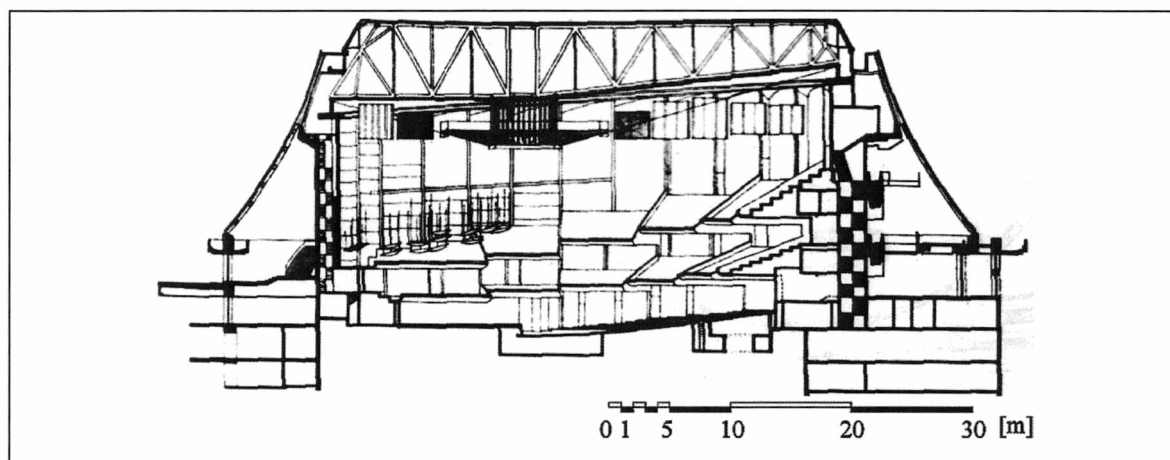
Rys. 26. Massey Hall (S. Badgley, 1892) – schematy : a) rzutu widowni głównej i sceny, b) rzutu balkonu I, c) rzutu balkonu II [oprac. wg: <http://www.masseyhall.com/seatingPlans.cfm>, 2007]

Salę koncertową Roy Thompson Hall rozplanowano na elipsie (rys. 28). Widownię frontową znacznie rozbudowano w stosunku do części bocznych. Te ostatnie usytuowano w dwóch kondygnacjach na tarasach-balkonach. Widownię tylną tworzą dwa rzędy foteli przeznaczone głównie dla chóru. Płaską scenę rozplanowano na trapezie i otoczono z boków oraz od tyłu ścianą pod widowniami (bocznymi i tylną), co jest wyraźną cechą widowni typu winnica. Rzut jest symetryczny względem osi podłużnej. Eliptyczny rzut sali został podzielony na odcinki, na których opisano ściany boczne. Zostały one

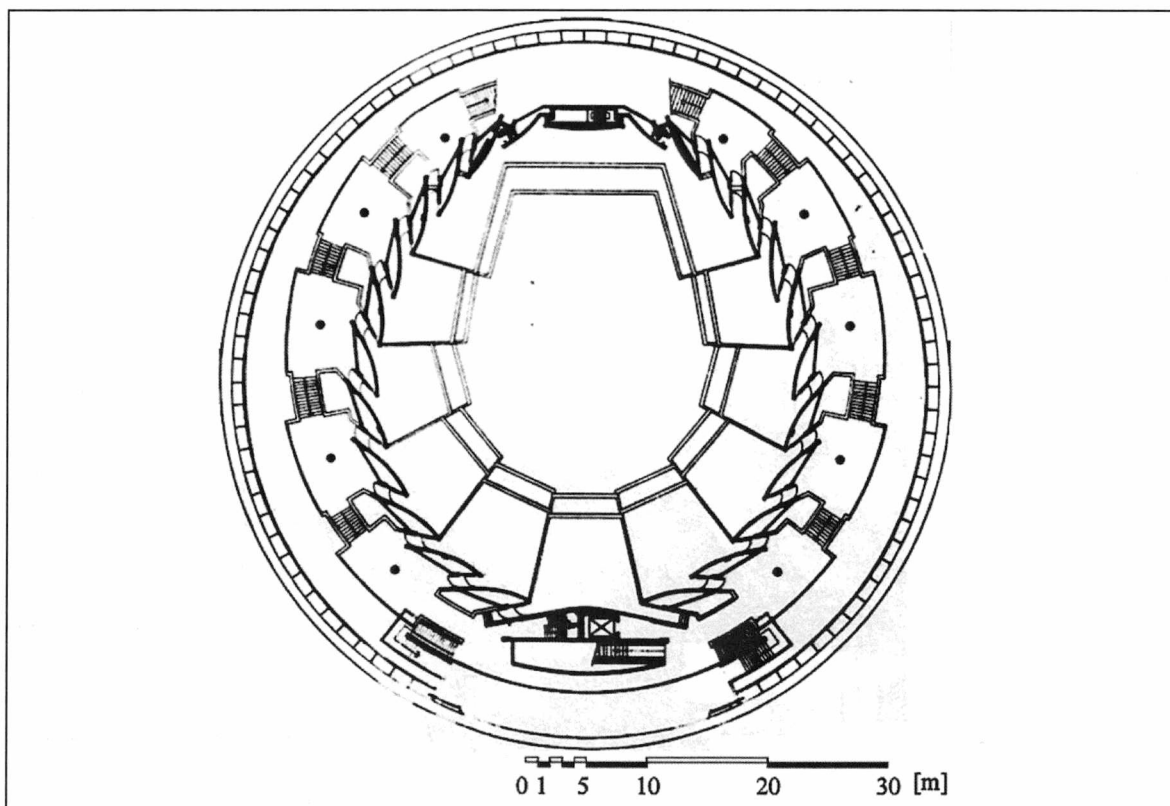
¹³⁶ Z korespondencji autorki z Chrisem Jaffe.

¹³⁷ Richarda Bolta, Leo Beraneka, Roberta Newmana.

poprowadzone po łukach kierowanych wypukłą stroną do wnętrza sali, co powoduje, że przy eliptycznym kształcie wnętrza nie dochodzi do tworzenia się skupisk dźwięku. Salę przekryto sufitem baldachimowym¹³⁸, a pod nim powieszono dużego rozmiaru strukturę akustyczną, złożoną z licznych pierścieni odbijających dźwięki i elementów cylindrów dyfuzyjnych. Dzięki zastosowaniu dużej szerokości rzutu, żaden z widzów nie znajduje się w odległości większej niż 40 metrów od sceny.



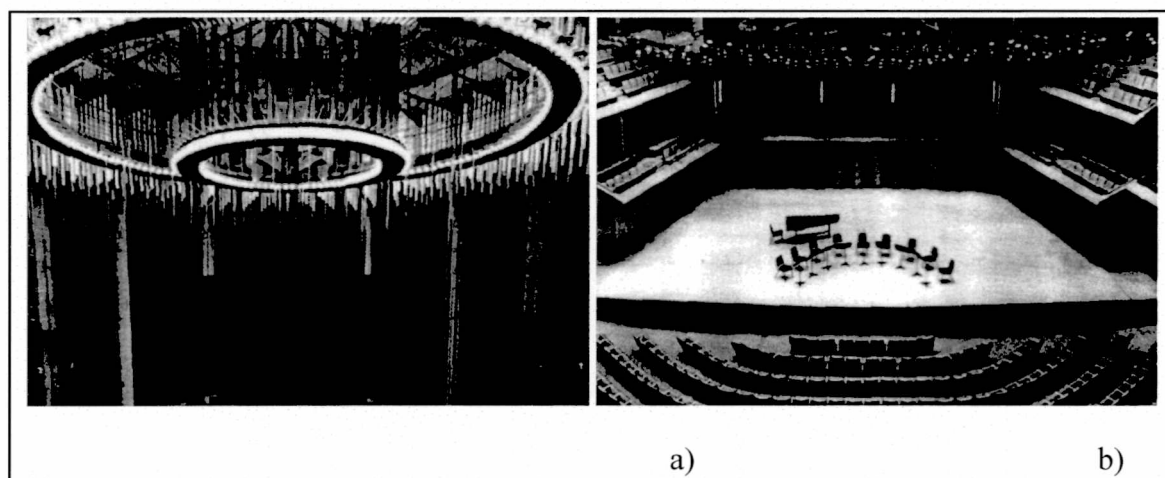
Rys. 27. Roy Thomson Hall (A. Ericson, 1972) – przekrój [Lord, Templeton, 1986, s. 199]



Rys. 28. Roy Thomson Hall (A. Ericson, 1972) – rzut poziom balkonów [Lord, Templeton, 1986, s. 201]

¹³⁸ Szczegółowy opis zasady działania sufitu baldachimowego – zawarto w rozdz. 4.

Pomiary wykazały, że energia dźwięków odbitych pochodzących z wczesnych odbić i średni poziom dźwięku są porównywalne z uzyskiwanymi w najlepszych na świecie wnętrzach sal koncertowych. Pomiary wczesnej energii dźwięku porównywane z energią dźwięku z bocznych odbić wykazują większą niż w salach klasycznych przejrzystość wykonywanej w tym wnętrzu muzyki orkiestrowej [Beranek, 1996]. Ta udana realizacja jest pierwszą, z serii sal – zawierającą elementy łukowe. Dodatkowo, pomimo dużej szerokości wnętrza, udało się uzyskać korzystną akustykę, czego nie udało się osiągnąć Leo Berankowi w Centrum Lincolna w Nowym Jorku (patrz rozdz. 2). Jednym z czynników mającym wpływ na pozytywne rozwiązanie tego problemu było udoskonalenie systemu zawieszanych paneli przez akustyków Roy Thomson Hall (zespół projektowy BBN), którzy w trakcie prac udowodnili, że basy¹³⁹ – zawarte w dźwięku bezpośrednim wychodzącym ze źródła dźwięku – są zdecydowanie osłabiane w trakcie poruszania się fali akustycznej wewnątrz sali. Dzięki zapewnieniu dodatkowej porcji basów, pochodzącej z dźwięku odbitego od dużych płaszczyzn wnętrza – ścian i sufitu, niekorzystny efekt akustyczny został zlikwidowany.



Rys. 29. Roy Thomson Hall (A. Ericson, 1972): a) widok oryginalnego ustroju akustycznego, b) widok sceny [a), b) Beranek, 1996, s. 202]

Akustycy zbadali również, że za „przejrzystość” i „bliskość” dźwięku odpowiedzialne są jedynie częstotliwości wysokie i średnie, a zatem w sali wystarczające są małe panele odbijające. Zauważyli też, że stosunek energii wczesnego odbicia do energii późnego odbicia¹⁴⁰ ma bardzo niewielki zakres. Na podstawie tych badań zaproponowano stosowanie mobilnych paneli refleksyjnych w dużych salach koncertowych.

¹³⁹ Bas to fala akustyczna o niskiej częstotliwości (do 500 Hz), [Barron, 1993, s. 29].

¹⁴⁰ Patrz: rozdz. 4.

W ten sposób narodził się typ sali, którą można było niejako „dostroić” do potrzeb akustycznych różnych rodzajów prezentacji (mowa, śpiew, muzyka kameralna, muzyka symfoniczna). Dążenie do osiągnięcia zmiennych warunków akustycznych i mobilności przestrzeni będzie widoczne w kolejnych omawianych projektach.

3.3.2. Michael Fowler Centre w Wellington

Sala Christchurch Town Hall w Nowej Zelandii (karta katalogowa 03, s. 178) otwarta została w 1972 roku. Wzniesiono ją według projektu Milesa Warrena i Maurice’a Mahoney’a, a konsultacje akustyczne prowadzili Harrold Marshall i W.A. Allen.

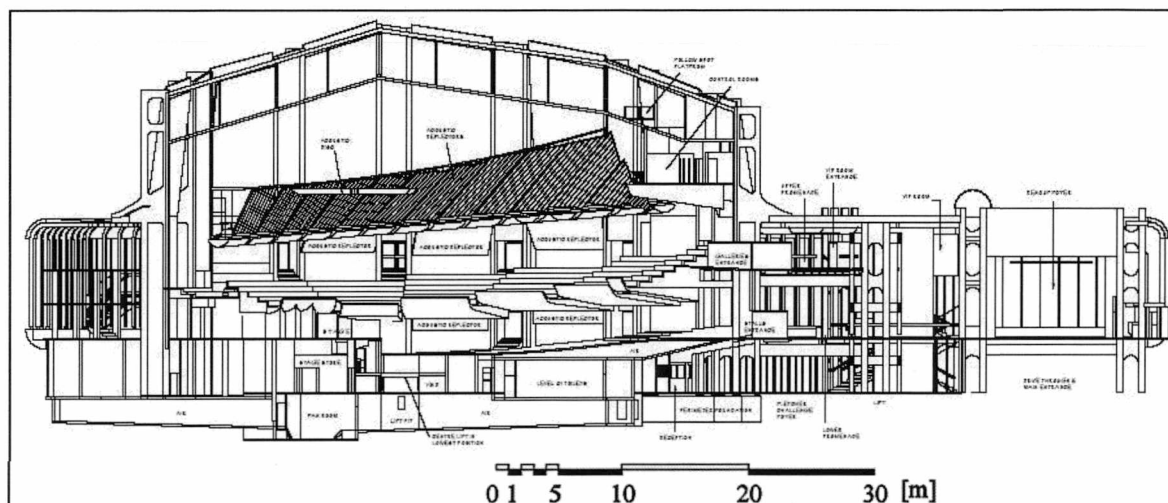
Salę tę rozplanowano na elipsie, podobne jak to miało miejsce w Roy Thompson Hall. Odmienne potraktowano natomiast zagadnienia akustyki, mające na celu niwelację skupisk dźwięku. Harrold Marshall, studiując problematykę kształtu sali koncertowej, nie znalazł zadowalających rozwiązań. Rozpoczął własne badania, w wyniku których opracował nową teorię, która zakładała, że odbicia boczne są najważniejszym jednostkowym składnikiem sekwencji wczesnych odbić. W związku z tym widownię podzielił na czternaście części, a każdej z nich przypisał indywidualny układ akustyczny, w którego skład wchodziły: nachylony front balkonu, sufit galerii, panel akustyczny i wyodrębniona ściana tylna, należąca do danego balkonu. Ukształtowanie frontu balkonu zapewniało odbicie dźwięku, ku centralnej części widowni, natomiast nadwieszony panel i ściana odbijały dźwięk w stronę wyznaczonych siedzeń i widowni znajdującej się pod nimi. Za siedziskami znajdującymi się na galerii, zastosowano materiał absorbujący dźwięk, a w tylnej części widowni frontowej zaprojektowano dwuskrzydłowe płaszczyzny generujące dodatkowe odbicia. Kubatura wnętrza, powyżej paneli refleksyjnych, wynosi 20700 m³, dzięki temu czas pogłosu wyniósł 2,3 sek. przy sali wypełnionej publicznością.

W części płaskiej widowni występują jednak problemy ze słyszalnością drewnianej sekcji instrumentów dętych. Krytyce zostało poddane również nieoptymalne funkcjonowanie dużych paneli refleksyjnych. W Christchurch zmierzono, że salę cechuje mały pogłos¹⁴¹ – co w odczuciu słuchacza odbierane jest jako „suchy”¹⁴² dźwięk. Stwierdzono, że duża część fal akustycznych, które opuszczają źródło, jest pochłaniana przez siedziska o znacznych właściwościach absorbujących [Barron, 1993].

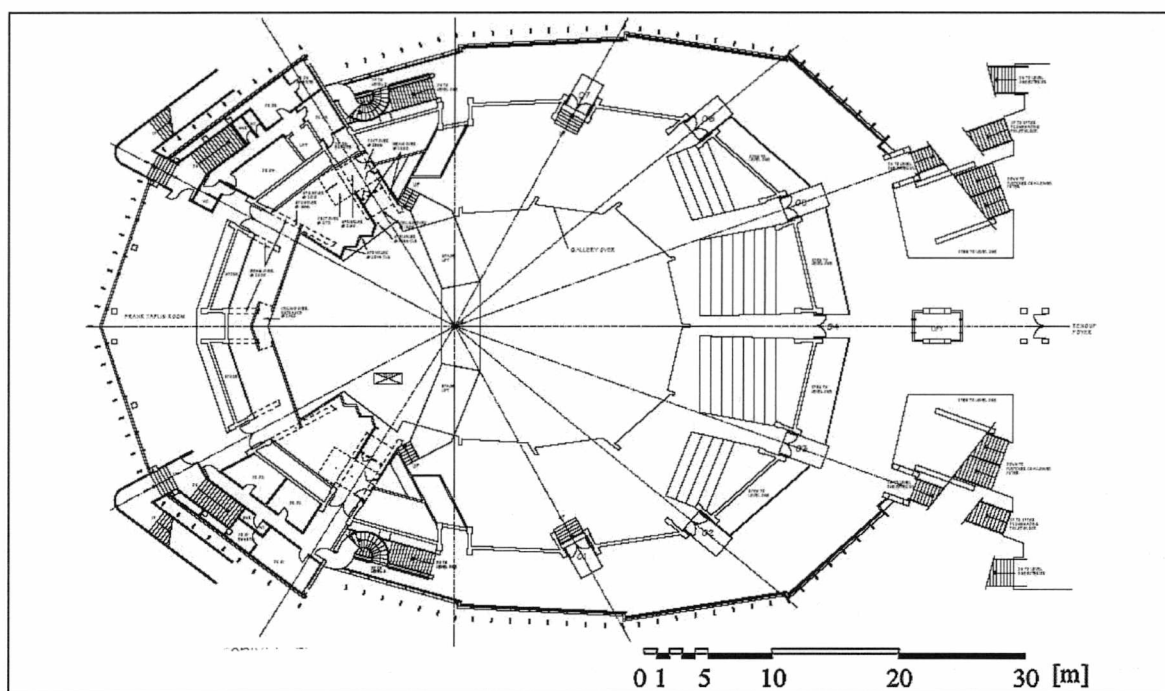
¹⁴¹ Różnica tzw. czasu wczesnego zaniku wynosi zaledwie 71% czasu pogłosu dla średnich częstotliwości [Barron, 1993, s. 102].

¹⁴² Zredukowanie pogłosu sali powoduje, w odczuciu subiektywnym, brak należytego wybrzmienia poszczególnych dźwięków [tzw. suchy dźwięk].

W Christchurch Town Hall, po raz pierwszy zaprojektowano dużą salę koncertową składającą się ze zbioru mniejszych „zespołów” (komórek) akustycznych, z których każdy działa indywidualnie. Akustyka Christchurch Town Hall została dobrze przyjęta przez publiczność i ekspertów, ze względu na wyczuwalną bliskość i przejrzystość dźwięku oraz dobrą słyszalność poszczególnych linii melodycznych.

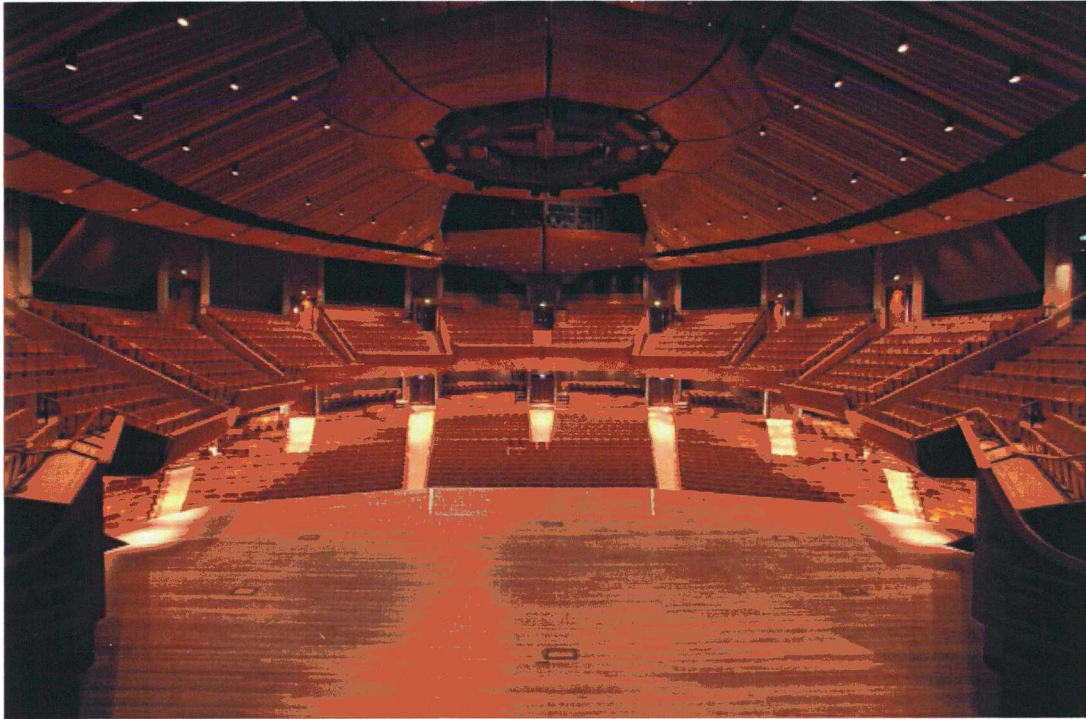


Rys. 30. Michael Fowler Centre (M. Warren, M. Mahoney, 1972) – przekrój podłużny
[\[http://www.venueweb.co.nz/wcc_mfc/aud/mfc_aud.htm, 2007\]](http://www.venueweb.co.nz/wcc_mfc/aud/mfc_aud.htm)



Rys. 31. Michael Flower Centre, Wellington (M. Warren, M. Mahoney, 1972) – rzut
[\[http://www.venueweb.co.nz/wcc_mfc/aud/mfc_aud.htm, 2007\]](http://www.venueweb.co.nz/wcc_mfc/aud/mfc_aud.htm)

Zaistniałe w Christchurch Town Hall problemy zostały rozwiązane w następnym projekcie Harolda Marshalla – w sali w Michael Fowler Centre w Wellington (Nowa Zelandia), otwartej w 1983 roku. Projektantom narzucono krótki, sześciotygodniowy czas wykonania projektu, w związku z tym wykorzystano układ sali z Christchurch. W rzucie oba wnętrza są identyczne (rys. 31), ale różnią się projektem akustyki.



Rys. 32. Michael Fowler Centre (M. Warren, M. Mahoney, 1972) – widok sceny [<http://www.wellingtonconventioncentre.com/gallery/mfcc, 2008>]

Pierwszym z zabiegów było pochylenie podłóg balkonów, co poprawiło słyszalność i linie widoczności. Zamiast płaskich, mocno odbijających paneli, zastosowano płaszczyzny rozpraszające, które zlikwidowały ryzyko związane z „fałszywą lokalizacją dźwięku” i „zmianą barwy”. Powierzchnie dyfuzyjne nie były wcześniej stosowane w obiektach koncertowych, ze względu na ich niedoskonałość. Postęp w tej dziedzinie związany jest z badaniami Manfreda Schroedera, który zaproponował serię tzw. „dyfuzorów otworowych”¹⁴³. W Michael Fowler Centre zastosowano dyfuzory pasmowe¹⁴⁴, używane dla częstotliwości poniżej 500 Hz (dla basów), w przypadku których

¹⁴³ Dyfuzory otworowe – panele mające otwory o tej samej szerokości, których głębokość jest wyliczona za pomocą odpowiednich sekwencji matematycznych. Obecnie nie mają zastosowania w salach koncertowych [Barron, 1993, s. 24].

¹⁴⁴ Dyfuzory pasmowe, tzw. dyfuzory Schroedera (od nazwiska wynalazcy) [ang. Quadratic Residue Diffusers (QRD)] – są to ustroje akustyczne podzielone na pasy (pasma), położone na różnej głębokości i rozdzielone między sobą za pomocą cienkich ścianek. Dzięki takiemu rozwiązaniu uzyskiwany jest efekt rozpraszania dźwięku w różnych kierunkach. Poszczególne pasy wykonywane są z materiałów odbijających,

powierzchnie rozpraszające nie są już wystarczająco efektywne. Dzięki zastosowaniu kombinacji płaszczyzn rozpraszających i dyfuzorów znacznie poprawiono balans dźwięku. Dodatkowo zastosowano, opisane na przykładzie Roy Thompson Hall, powierzchnie wypukłe. W Wellington zaprojektowano dodatkowe przestrzenie za siedziskami, poprzez które dźwięk z późnych odbić może dotrzeć do nadwieszonych siedzisk.

Salę cechuje przejrzystość, bliskość, wrażenie otoczenia przez dźwięk i możliwość śledzenia poszczególnych linii melodycznych.

3.3.3. Sydney Opera House w Sydney

Sydney Opera House, otwarta w 1973 roku (karta katalogowa nr 04, s. 181), została wzniesiona wg projektu architektonicznego Jorna Utzona¹⁴⁵, przy konsultacji akustycznej Vilhelma Lassena Jordana.

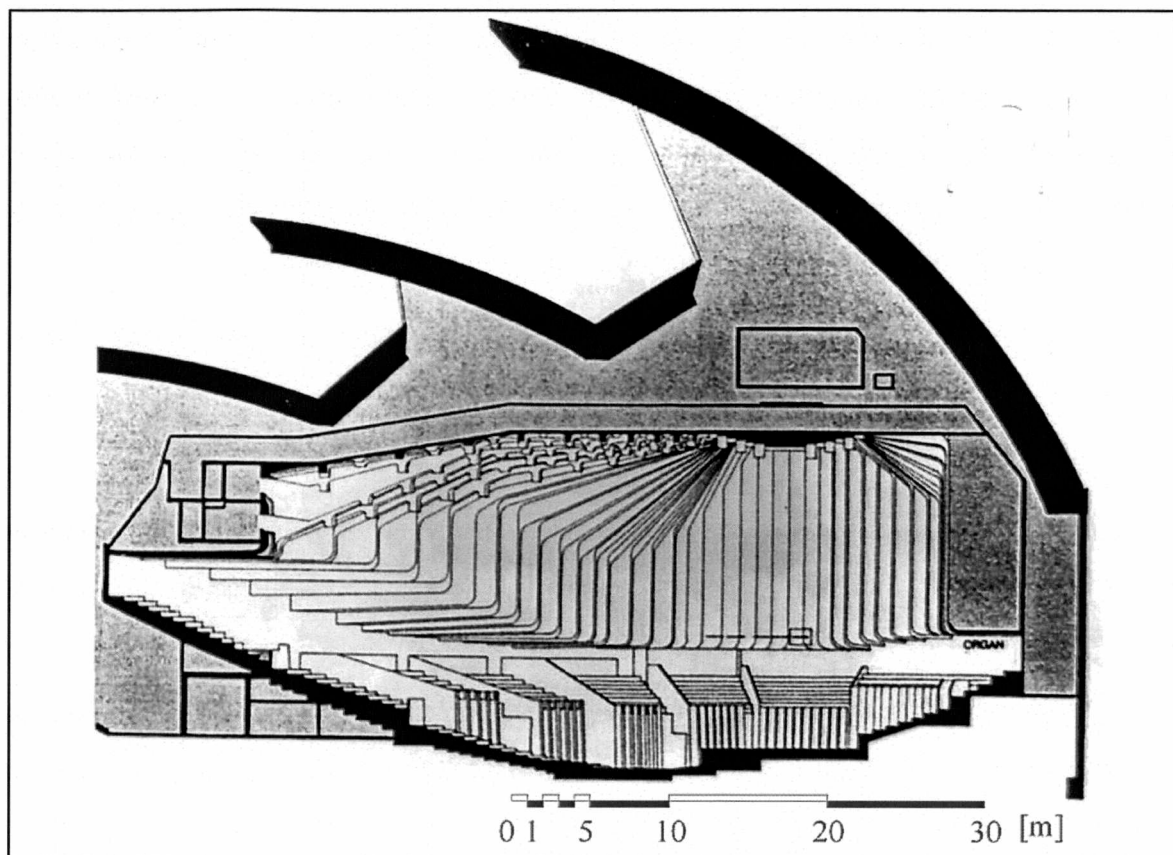
Główna sala koncertowa tego kompleksu stanowi przykład układu pokrewnego konfiguracji winnicy, a jej kształt jest wynikiem syntezy cech układu pudełkowego i eliptycznego (rys. 33). Charakterystyczny wydłużony i zaokrąglony prostokąt zamyka widownię, w obrębie której asymetrycznie zlokalizowano scenę. Za nią znajduje się 410 miejsc przeznaczonych dla publiczności, co dla sali o pojemności 2700 osób, jest liczbą znikomą.

Widownia frontowa podzielona została na 3 sektory, z których pierwszy ma klasyczny wygląd sali pudełkowej, a drugi i trzeci – w formie półtarasu znajdują się za niewielkim wyniesieniem (rys. 33). Posadzka widowni frontowej jest stromo nachylona, ponieważ była projektowana dla teatru operowego. Widownia boczna i tylna zostały umieszczone w dziesięciu elementach przestrzennych, które Beranek [Beranek, 1996] nazywa „pudełkami”, a które mieszczą od 50 do 80 osób. W związku z tym tylko część widzów, tj. około 1600 miejsc umieszczono na widowni frontowej. Nie jest to zatem sala w pełni tarasowa, ponieważ stosunek widzów siedzących na tarasach, do tych umieszczonych na widowni frontowej jest zdecydowanie mniejszy¹⁴⁶, niż w układzie centralnym tarasowym.

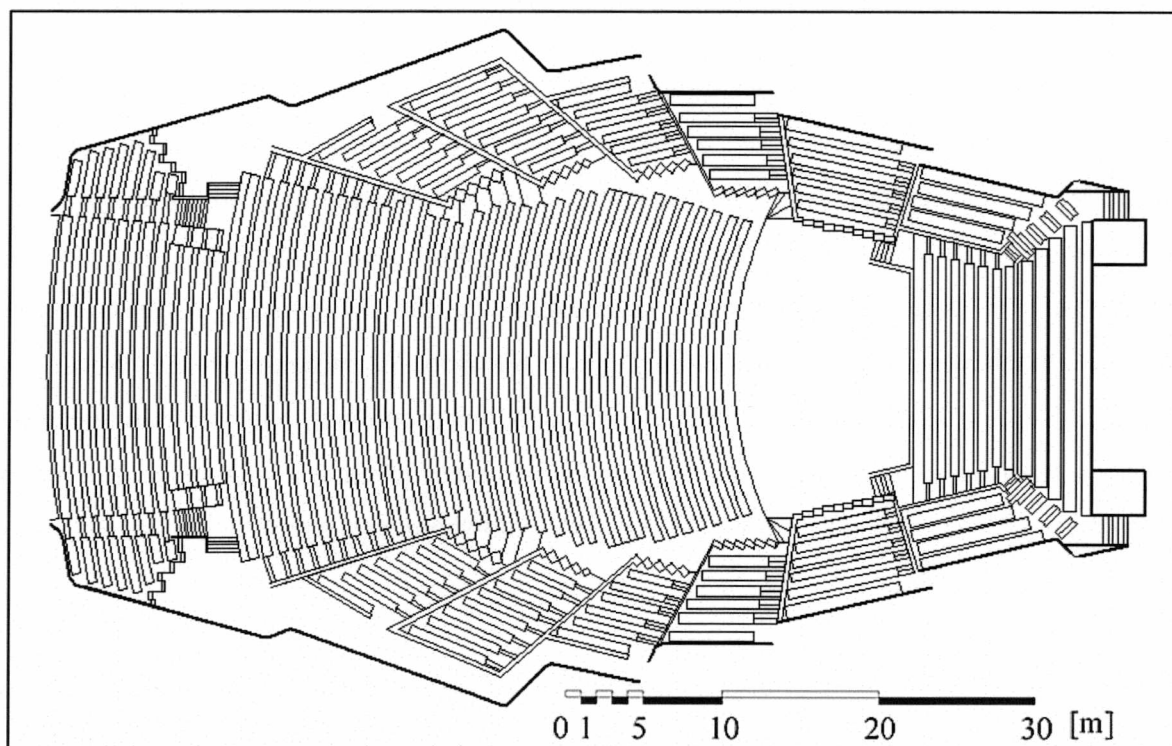
tj.: drewno, metal, kamień. Głębokość, na której zlokalizowane jest pasmo powinna wynosić połowę długości fali, którą ma rozproszyć – dla najniższej ograniczającej tę falę częstotliwości. Pojedynczy układ składa się zawsze z nieparzystej liczby pasów, a im jest ich więcej, tym większą skalę rozpraszanych częstotliwości można uzyskać w obrębie jednego ustroju akustycznego. Dyfuzory te znajdują obecnie szerokie zastosowanie w salach koncertowych [<http://www.hunecke.de/english/infoline/room-acoustics/diffusors/qrd.html>, 2007], [Barron, 1993, s. 24].

¹⁴⁵ Jorn Utzon – I i II etap, Hall, Todd i Littlemore – III etap.

¹⁴⁶ Patrz: rozdz. 4.

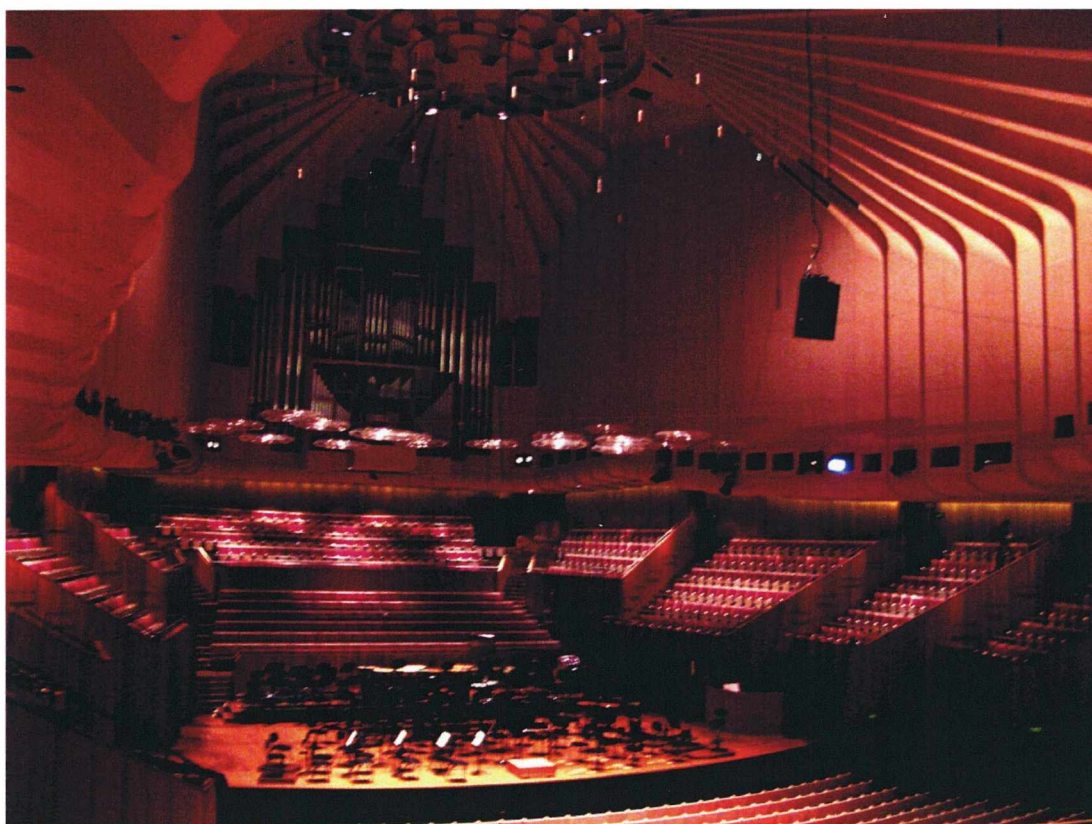


Rys. 33. Sydney Opera House (J. Utzon, 1973) – przekrój [Beranek, 1996, s. 175]



Rys. 34. Sydney Opera House (J. Utzon, 1973) – rzut [oprac. wg: Beranek, 1996, s. 175]

Ściany wyodrębnionych „pudełek” stanowią dodatkowe powierzchnie odbijające, jak to ma miejsce w konfiguracjach winnicowych. Dodatkowo, tworzą one ściany „domykające” scenę, zapewniając na niej dobrą słyszalność i powodując powstanie odbić wczesnych na widowni frontowej. Na zasadniczych ścianach zamykających wnętrze zastosowano zespół pasm umieszczonych w różnych odległościach od ścian, stanowiących zarówno formę dyfuzora, jak i dekoracji plastycznej. Ozdobne rozwiązanie ścian miało korzystny wpływ na akustykę salę – w przeciwieństwie do łupinowego kształtu stropu, zamykającego wnętrze, który powodował nadmierne narastanie czasu pogłosu. Wadę tę zmniejszono w wyniku podwieszenia dodatkowego sufitu zmniejszającego kubaturę sali i podwieszenia pierścieni akrylowych, kierujących odbicia w kierunku sceny i widowni, osiągnięto optymalny czas pogłosu, o wartości 2 sek.



Rys. 35. Sydney Opera House (J. Utzon, 1973) – widok wnętrza [fot. Maria Wójtowicz]

Na podstawie analizy wnętrza Sydney Opera House zaobserwowano cechy charakterystyczne dla rozwiniętej formy układu winnicowego, tj. hybrydowe¹⁴⁷ ukształtowanie rzutu, dyfuzyjne rozwiązanie ścian, podwieszony sufit i ustrój akustyczny. Za sceną zastosowano miejsca przeznaczone dla publiczności, a nie tylko dla chóru.

¹⁴⁷ Rzutem hybrydowym – nazywamy rzut łączący cechy charakterystyczne dla ponad dwóch różnych typów rzutów.

Dodatkowo wystąpiła tu bardziej rozwinięta forma tarasów, niż to miało miejsce w Roy Thompson Hall, Wellington, czy Christchurch Town Hall.

Podsumowując, salę Sydney Opera House można zakwalifikować do formy pośredniej między salą o konfiguracji winnicowej, a pudełkowej.

3.4. Zastosowanie komory rewerberacyjnej¹⁴⁸

W 1978 roku powstały dwie sale centralne tarasowe, tj. Boettcher Concert Hall w Denver, Colorado (karta katalogowa nr 05, s. 184), wzniesiona wg projektu firmy Hardy Holzman Pfeiffer Associates, przy konsultacji Roberta Davisa i sala Nezahualcoyotl w Nowym Meksyku (karta katalogowa nr 06, s. 187), wg projektu architektonicznego autorstwa Orso, Nuneza i Ruiza-Velasco¹⁴⁹.

Układy przestrzenne obu sal znacznie różnią się od siebie. Mają jednak ważną cechę wspólną – komorę rewerberacyjną, zlokalizowaną pod sceną. Rozwiązanie takie nie występuje w innych salach reprezentujących omawiany nurt.

3.4.1. Boettcher Concert Hall w Denver

Plan sali w Denver oparty został na owalu, a rzędy widowni, tarasy, rzut sceny i układ ścian poprowadzono po łukach (rys. 362 a). Scenę, wraz z osią środkową sali, przesunięto względem geometrycznego środka ku jednej ze ścian i uzyskano układ asymetryczny. Widownia, o pojemności 2750 miejsc, otacza scenę ze wszystkich stron tak, aby żaden ze słuchaczy nie był oddalony od sceny o więcej niż 26 metrów¹⁵⁰. Elementy balkonów-tarasów zostały stromo wypiętrzone w kierunku korony widowni. Takie rozwiązanie układu wnętrza zostało nazwane przez Chrisa Jaffe¹⁵¹ – salą wertykalną. Fronty balkonów-tarasów poprowadzono po łukach wklęsłych, analogicznie do ścian zdefiniowanych przez owal rzutu. W tym ogniskującym fale akustyczne układzie, uniknięto powstawania skupisk dźwięku, przez odpowiednie ukształtowanie frontów balkonów-tarasów. Nadano im formę połówek stożków, ułożonych względem siebie naprzemiennie, których wypukłe powierzchnie rozpraszają dźwięk. Nad sceną i częścią widowni zawieszono układ wielu akrylowych dysków, wyrównujących oraz rozpraszających pole akustyczne. Jednym z kluczowych elementów projektu akustyki jest

¹⁴⁸ Patrz: pkt. 3.1.2.

¹⁴⁹ Projekty akustyki dla obu sal wykonał Christopher Jaffe.

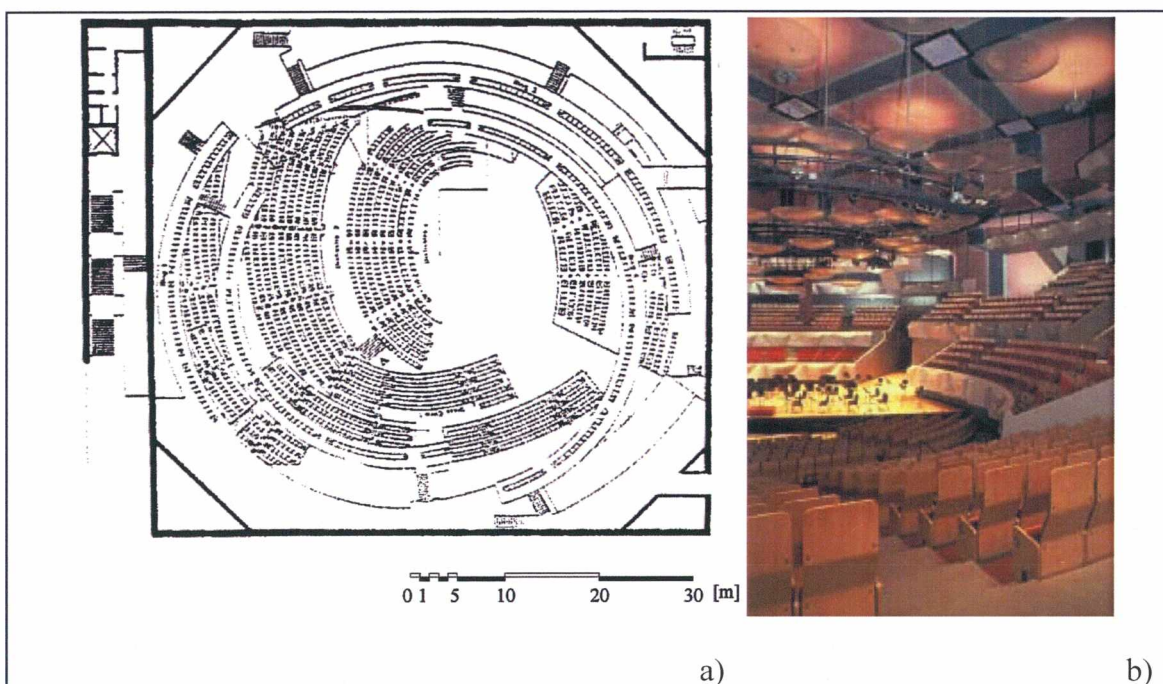
¹⁵⁰ Co już przy widowni liczącej 2000 miejsc stanowi duże osiągnięcie.

¹⁵¹ Na podstawie korespondencji autorki.

komora rewerberacyjna (rys. 37), która ma działanie podobne do działania pudła rezonansowego instrumentu muzycznego – umożliwia odpowiednie wybrzmienie basu.

Zarówno w Boettcher Concert Hall, jak i Sala Nezahualcoyotl komorę rewerberacyjną zlokalizowano pod sceną i pod pierwszymi rzędami widowni. Przestrzeń pod sceną ma około 3,35 metra głębokości. W komorze tej dźwięk ulega wzmocnieniu i wymodelowaniu. Poprawa jakości dźwięku jest szczególnie zauważalna w przypadku basów, które cechuje największa długość fali. Duży udział fal o niskich częstotliwościach w charakterystyce brzmienia sali koncertowej sprawia, że odbiór utworów muzycznych jest wyraźnie „bogatszy” i „cieplejszy”.

Choć kształt wnętrza sali znacznie odbiega od tradycyjnych rozwiązań, zachowano tu charakterystyczne klasyczne brzmienie sali filharmoniczej, o oryginalnej barwie i optymalnej „bliskości” dźwięku. Nowoczesny układ powoduje, że muzycy i kompozytorzy chętnie w nim eksperymentują, rozwijając nowe formy muzyczne oraz kompozycje, podobnie jak to miało miejsce w kościołach o nietypowych układach nawowych (patrz: rozdz. 2).



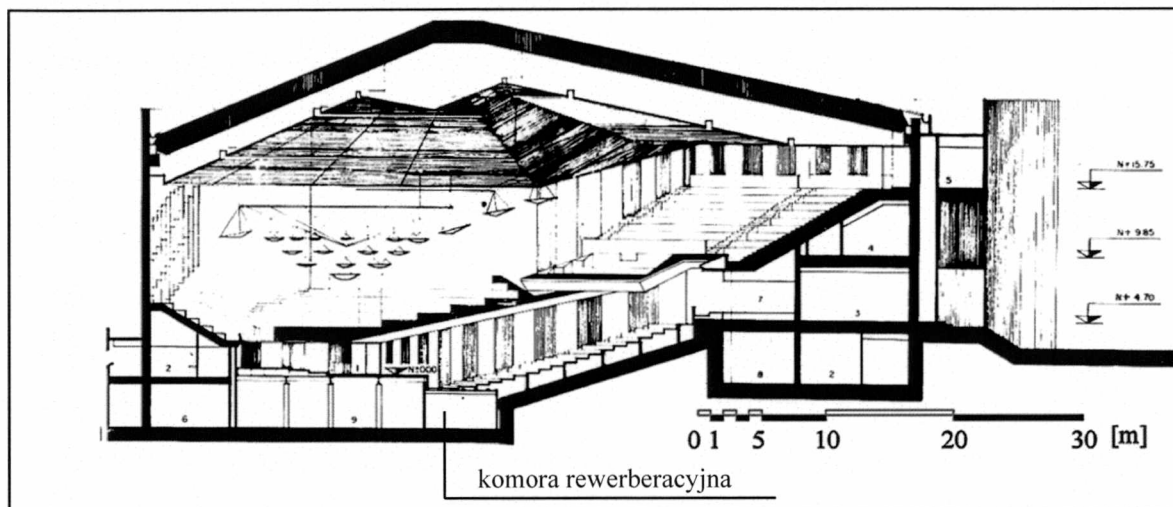
Rys. 36. Boettcher Concert Hall (Hardy Holzman Pfeiffer Associates, 1978): a) rzut, b) widok wnętrza [a) oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 221, b) <http://www.fda-online.com/pdfs/boettcher.pdf>, 2008]

3.4.2. Sala de Conciertos Nezahualcoyotl w Nowym Meksyku.

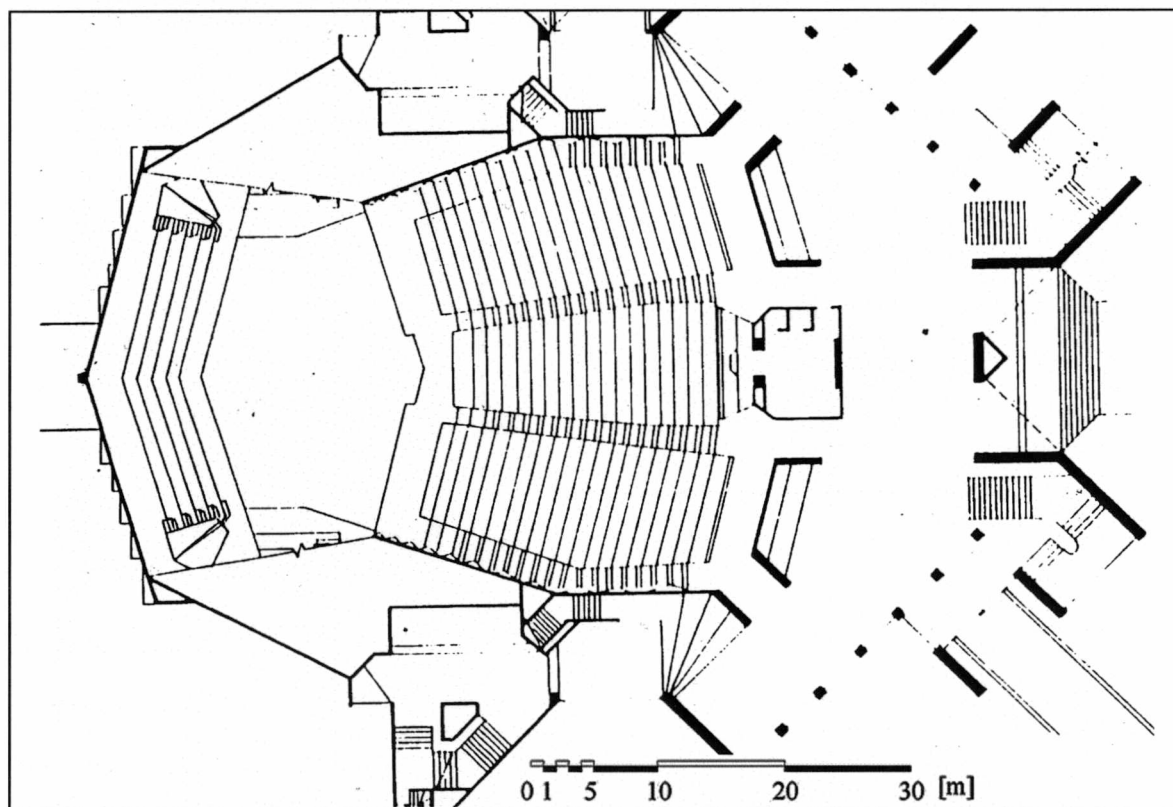
Do typu klasycznych winnic można dodać też Salę de Conciertos Nezahualcoyotl, wyposażoną w komorę rezonansową. Inspiracjami dla jej formy były: Concertgebouw

w Amsterdamie, Ushers Hall w Edynburgu i St. Andrews w Glasgow.

Rzut tej sali oparto na wieloboku przypominającym znak aztecki, a całość założenia opiera się na symetrii według osi podłużnej. Widownia frontowa ma układ klasyczny i podobnie jak w Concertgebouw w Amsterdamie, podzielona została przejściami na wąskie pasma siedzisk, które lekko rozszerzają się ku tyłowi sali.



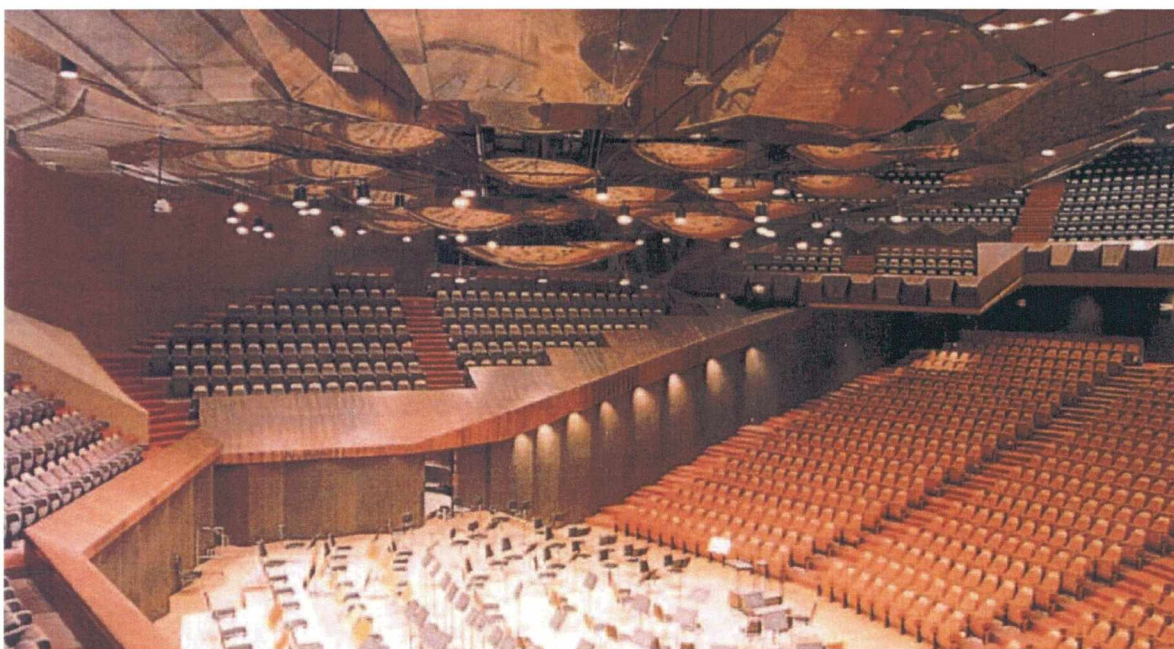
Rys. 37. Sala Nezahualcoyotl (Orso, Nunez, Ruiz-Velasco, 1978) – przekrój [ze zbiorów Chrise Jaffe]



Rys. 38. Sala Nezahualcoyotl (Orso, Nunez, Ruiz-Velasco, 1978) – rzut [ze zbiorów Chrise Jaffe]

Pojemności widowni tylnej i bocznych są porównywalne, a ich tarasy mają fronty z niewielkimi nadwieszeniami. Siedziska za orkiestrą pełnią dwojaką funkcję: kiedy występuje chór – służą za podwyższenie, lub gdy chór nie występuje – są udostępniane słuchaczom. W przeciwieństwie do Boettcher, widownia jest zdecydowanie bardziej horyzontalna, wzorowana na Filharmonii w Berlinie i układach pudełkowych.

Przy projektowaniu akustyki sali wzięto pod uwagę następujące czynniki: różne wielkości orkiestr, zmienną liczbę słuchaczy, niestabilną temperaturę wewnętrzną, transmisje radiowe i telewizyjne (pod kątem wprowadzonego do sali dodatkowego sprzętu), a nawet sposób, w jaki będzie ubrana widownia w zależności od pogody. Skoncentrowano się na zapewnieniu doskonałej „czystości” i „balansu” dźwięku, bez względu na zmiany wymienionych czynników. Nad sceną zaprojektowano wiszący ustrój akustyczny, który składa się z dużej liczby dysków akrylowych, odbijających dźwięk. Mają one kształt mniejszych i większych wycinków powierzchni kuli zawieszonych na różnych wysokościach, które zarówno odbijają dźwięk (walory akustyczne), jak też stanowią nowoczesną i abstrakcyjną dekorację sali. Każdy element jest mobilny i może zostać ręcznie dostosowany do właściwego położenia. Za sceną zaprojektowano dodatkowe pionowe panele odbijające¹⁵², na których tworzą się odbicia kierowane ku orkiestrze.



Rys. 39. Sala Nezahualcoyotl (Orso, Nunez, Ruiz-Velasco, 1978) – widok wnętrza [fot. ze zbiorów Chrisa Jaffe, 2007]

¹⁵² Panele zostały wykonane z drewna.

Dźwięk Sali Nezahualcoyotl charakteryzowany jest jako „bogaty”, „przejrzysty”, „wyraźny”, „ciepły” i wyróżnia się pod względem „dynamiki”, co oznacza, że dźwięki ciche dobrze tu wybrzmiewają i są słyszalne, a dźwięki bardzo głośne nie są tłumione. Można usłyszeć charakterystyczne brzmienie każdego z instrumentów.

Obawiano się, że konserwatywne środowisko muzyków, które przywykło do grania w klasycznych salach, o tradycyjnych układach przestrzennych, nie zaakceptuje tego rozwiązania, ale akustyka wnętrza otrzymała doskonałe recenzje od krytyków muzycznych z Nowego Jorku, Chicago i Bostonu [Beranek, 1996] i weszła na stałe do kanonu, uznanych na świecie, sal koncertowych.

3.5. Układ areny

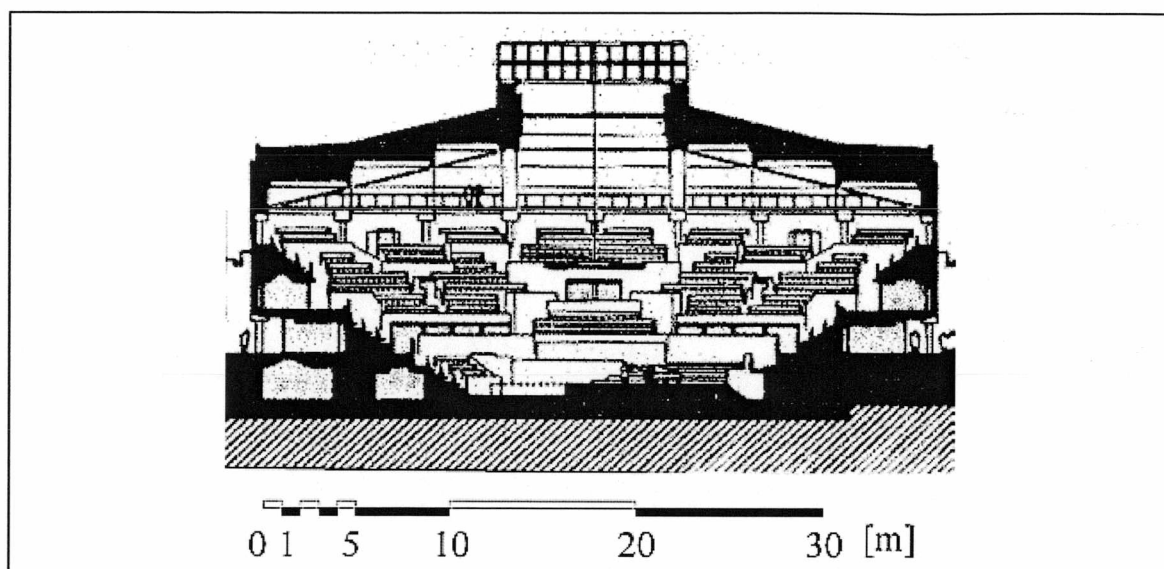
W układzie centralnym tarasowym rzadko spotkane jest idealne umiejscowienie sceny w matematycznym lub geometrycznym środku wnętrza. Sale, które zostały zaprojektowane w ten sposób, nazywane są arenami, jak np.: Music Centre Vredenburg w Utrechcie i Sala Kameralna Filharmonii w Berlinie.

3.5.1. Music Centre Vredenburg w Utrechcie

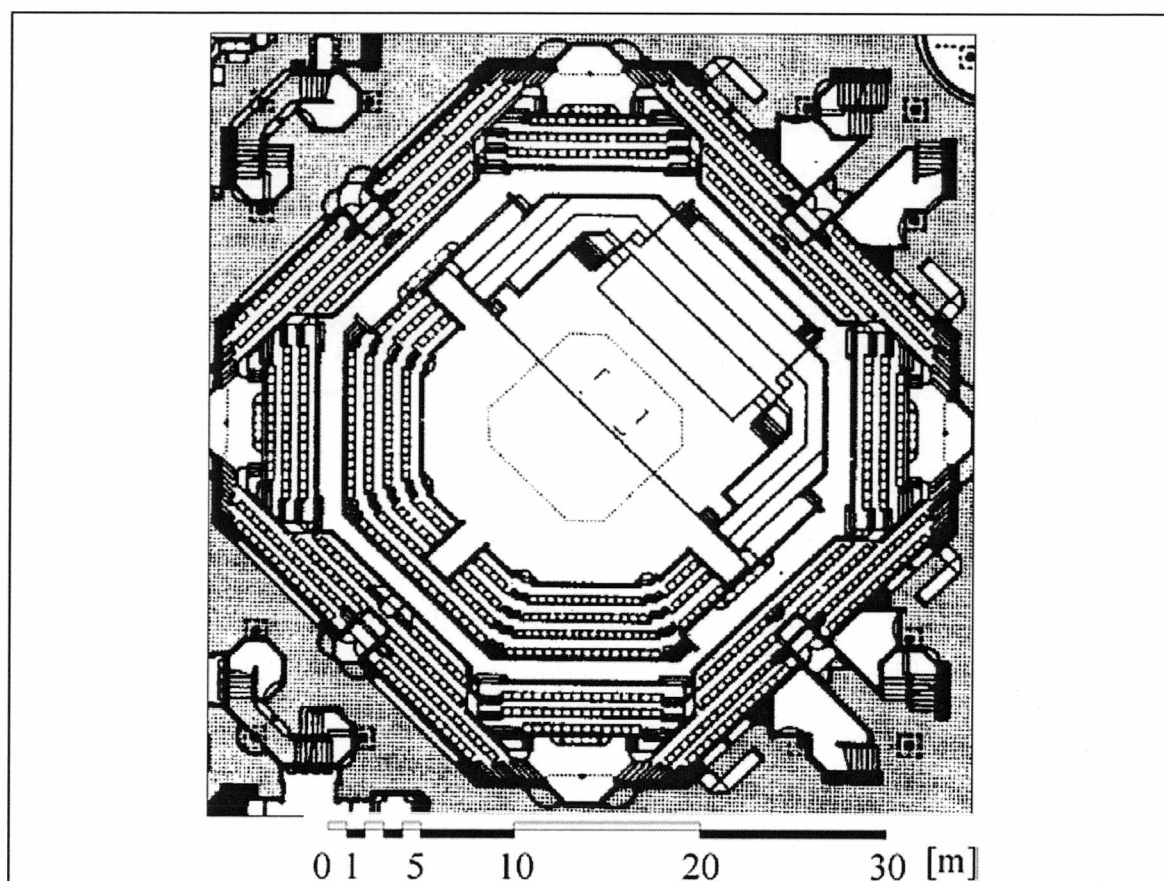
Sala znajdująca się w Centrum Muzyki Vredenburg (karta katalogowa nr 07, s. 191) została udostępniona w 1979 roku. Stworzenie projektu architektonicznego powierzono Hermanowi Hertzbergerowi, a akustyki P., A. de Lange'owi, i L., G. Booyemu (Institute of Applied Acoustics (TNO)).

Rzut wnętrza oparty został na planie regularnego ośmiokąta, którego połowę części centralnej zajmuje duża scena (rys. 41). Wokół niej znajduje się symetryczna, względem czterech osi, widownia o 1550 miejscach. Pogrupowane partie widowni usytuowano na tarasach, które zaprojektowano na prostokreślnych rzutach wielokątnych. W przekroju posadzka tarasów wznosi się, zapewniając dobrą widoczność.

Zgodnie z zaleceniami konsultantów akustycznych w strefę publiczności wprowadzono pionowe powierzchnie, usytuowane na różnych wysokościach (rys. 40), które zapewniają: odbicia boczne dźwięku, czas pogłosu 1,9 sek. i zbalansowaną akustykę we wszystkich miejscach widowni. Pod sufitem podwieszono na wysokości 10 metrów sześć paneli odbijających oraz jeden duży panel na wysokości 9 metrów [Lord, Templeton, 1986], kierujący odbicia dźwięku w stronę widowni i sceny.



Rys. 40. Music Centre Vredenburg (H. Hertzberg, 1979) – przekrój [Lord, Templeton, 1986, s. 151]



Rys. 41. Music Centre Vredenburg, (H. Hertzberg, 1979) – rzut, [a] Lord, Templeton, 1986, s. 153, fig. 4.49]

Peter Lord i Duncan Templeton [1986] podkreślają korzystne zaprojektowanie widoczności w sali, jednocześnie zwracając uwagę na jej niedoskonałość – *zbyt dużą liczbę widzów za i obok sceny*¹⁵³. Niewątpliwie sala Centrum Muzyki Vredenburg jest

¹⁵³ Autorzy nie wyjaśnili przyczyn, dla których tak określili salę [Lord, Templeton, 1986, s. 150].

klasycznym przykładem wnętrza o konfiguracji areny, w którym publiczność może znaleźć atrakcyjną przestrzeń widowiskową i koncertową.



Rys. 42. Music Centre Vredenburg, (H. Hertzberg, 1979) – widok wnętrza [<http://www.audioease.com/IR/VenuePages/Vredenburg.html>, 2008]

3.5.2. Kammermusiksaal w Berlinie

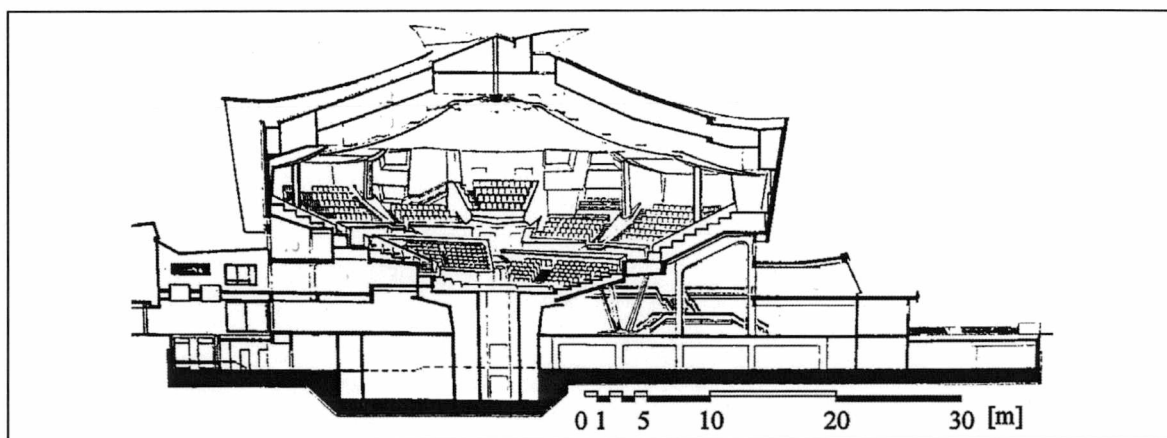
Sala kameralna¹⁵⁴ (karta katalogowa nr 12, s. 209), stanowiąca integralną część projektu Filharmonii Berlińskiej, została wybudowana 24 lata po sali głównej (ukończona w 1987 roku). W projekcie opracowanym przez Edgara Wisniewski'ego¹⁵⁵, m.in. na podstawie szkicu Hansa Scharouna, wyraźnie zaznacza się kontynuacja idei *muzyki w punkcie środkowym*.

Zaobserwowane w sali głównej Filharmonii w Berlinie błędy i niedociągnięcia zostały skorygowane w nowym rozwiązaniu. Plan sali oparto na sześcioboku, którego kształt został powtórzony w rzutach: sceny, pierwszego i drugiego pierścienia tarasów (rys. 44). Wszystkie te elementy, łącznie z wnętrzem, są symetryczne względem trzech osi

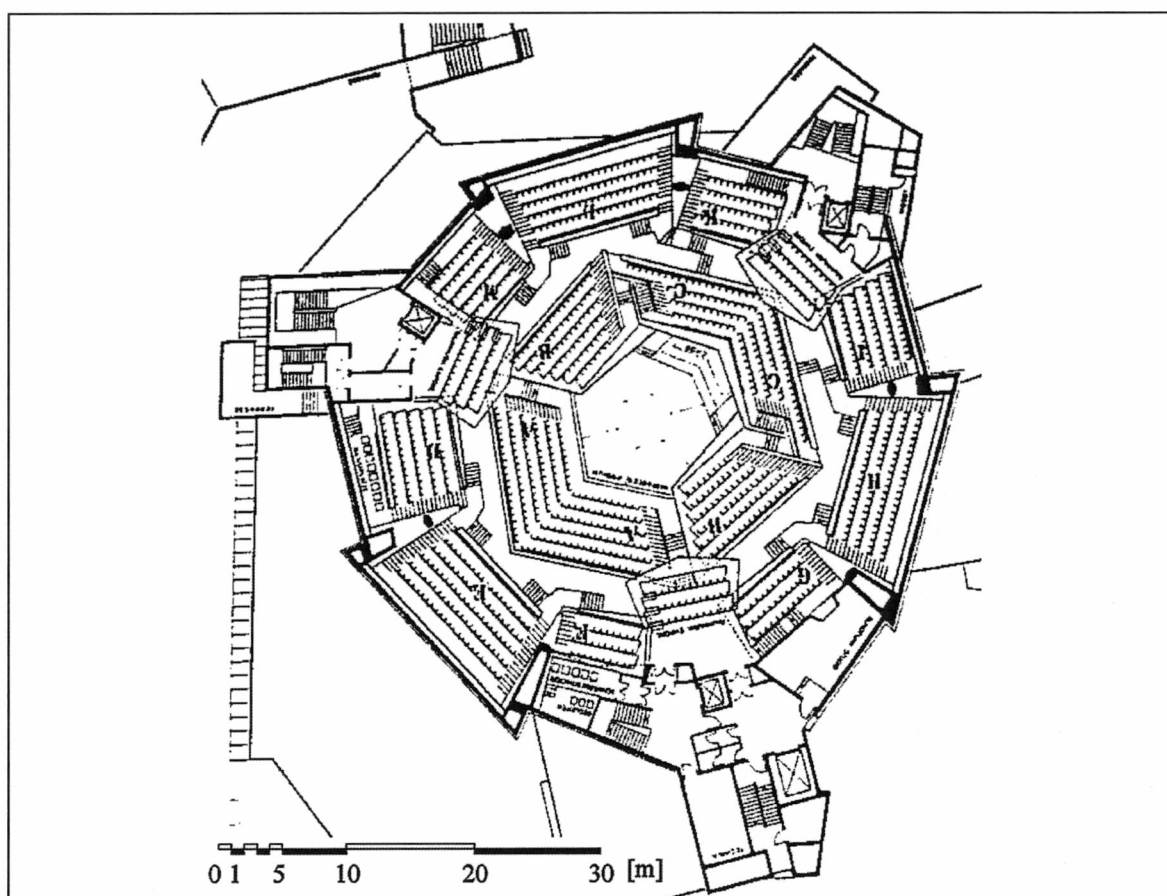
¹⁵⁴ Konsultantami akustycznymi tego obiektu byli Lothar Cremer i Thomas Fuetterer [Beranek, 1996].

¹⁵⁵ Edgar Wisniewski – uczeń i wieloletni współpracownik Hansa Scharouna, zm. w 2007 r.

przecinających się pod kątem 120° w centrum sceny, usytuowanej w geometrycznym środku sali. Widownia o pojemności 1138 miejsc otacza ją ze wszystkich stron. Siedziska pogrupowano w dwa pierścienie – w obrębie dolnego zaprojektowano 419 siedzisk, a na górnym – 619.

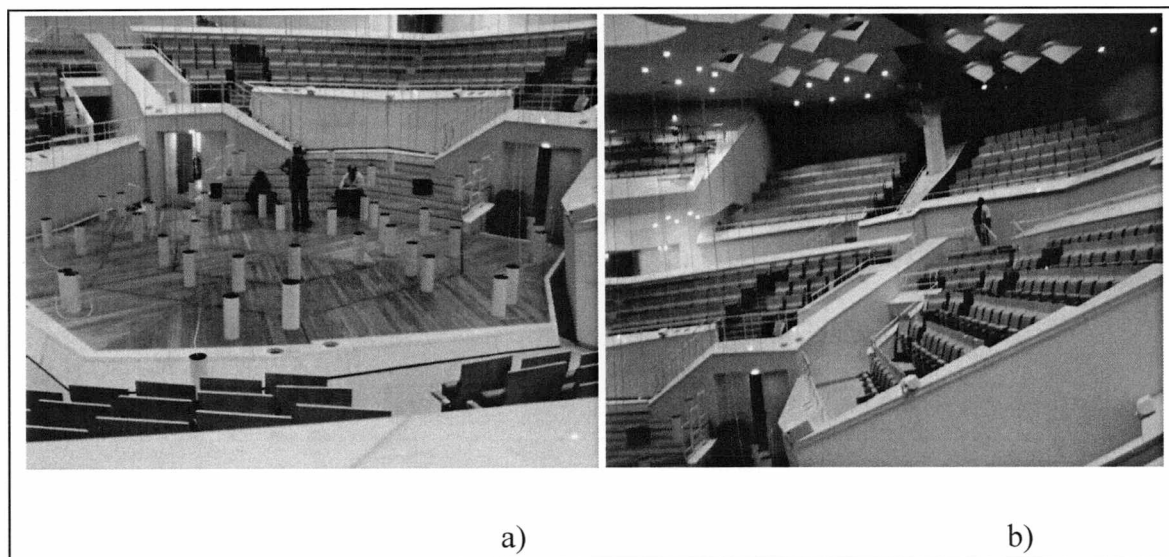


Rys. 43. Sala kameralna Filharmonii Berlińskiej (E. Wisniewski, 1987) – przekrój [oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 192]



Rys. 44. Sala kameralna Filharmonii Berlińskiej (E. Wisniewski, 1987) – rzut [a] oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 168]

Scena otoczona została żebrowanymi ścianami tarasów niższego pierścienia, zlokalizowanymi względem siebie tak, aby mogły powstawać odbicia przebiegające na wskroś sali. Takie rozwiązanie pozwalało muzykom słyszeć się nawzajem. Dodatkowo forma ścian umożliwiała rozpraszanie dźwięku i zapobiegała powstawaniu echa¹⁵⁶. Ściany tarasów dolnego i górnego pierścienia zakończono niewielkimi nawisami, na których powstawały silne wczesne odbicia, skierowane ku widowni i scenie. Ponadto, nad sceną na wysokości 9 metrów, zawieszono ustrój akustyczny złożony z paneli odbijających.



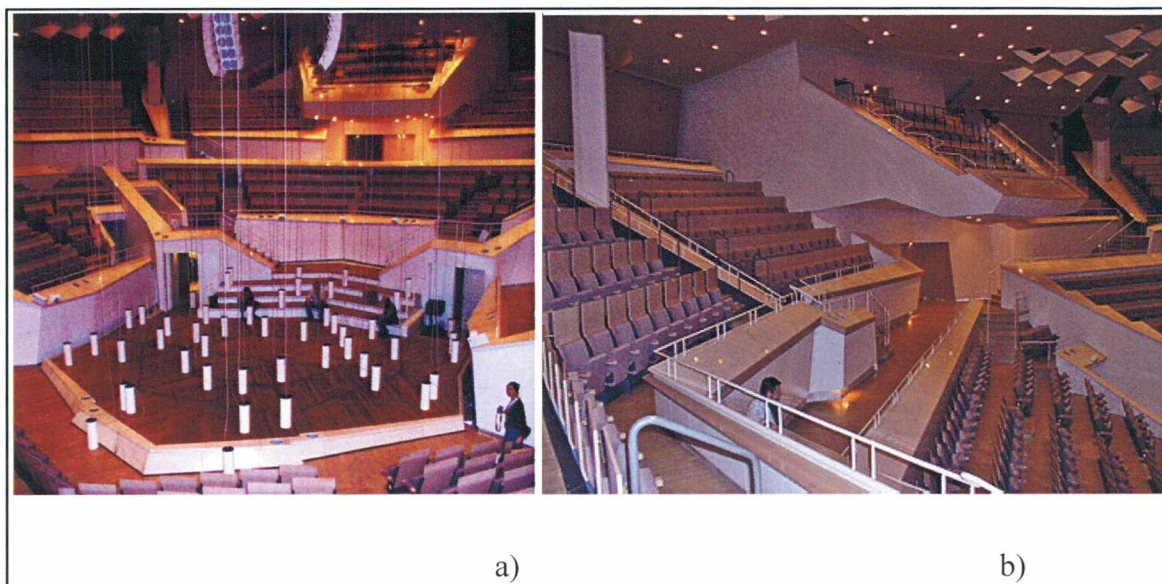
Rys. 45. Sala kameralna Filharmonii Berlińskiej (E. Wisniewski, 1987): a) widok sceny, b) widok tarasów [fot. Małgorzata Czapińska]

Sufit sali kameralnej, podobnie jak sali głównej Filharmonii Berlińskiej, został ukształtowany w formie namiotu, którego wypukłe pola skierowano do wnętrza sali. Rozproszenie dźwięku zapewniło 95 elementów o kształcie piramidy, które umieszczono na suficie (jak w pierwowzorze). W przeciwieństwie do sali głównej, piramidy nie mają dodatkowej funkcji rezonatorów, na co nie pozwoliła stosunkowo niewielka kubatura wnętrza. Czas pogłosu sali wyniósł 1,8 sek., co jest wartością optymalną dla sali o liczebności około 1100 miejsc.

Układ w pełni centralny, który zastosowano w obu tych realizacjach, mimo swoich zalet, nie zyskał popularności w kształtowaniu wnętrz o konfiguracji centralnej tarasowej. Scena położona idealnie w środku sali powoduje także liczne problemy: skupiska dźwięku, zacienianie źródła przez ciała muzyków, utrudnienia aranżacji przedstawień itp. Cechy te są niekorzystne, ale zostały zniwelowane poprzez poprawne rozwiązania w Centrum

¹⁵⁶ Patrz: rozdz. 4.

Muzyki Vredenburg i w sali kameralnej Filharmonii Berlińskiej. Pomimo sukcesu tych realizacji, największą popularność wśród konfiguracji winnicowej zyskał układ hybrydowy.



Rys. 46. Sala kameralna Filharmonii Berlińskiej (E. Wisniewski, 1987): a) widok tylnych tarasów, b) widok tarasów frontowych [a), b) fot. autorka]

3.6. Układ hybrydowy

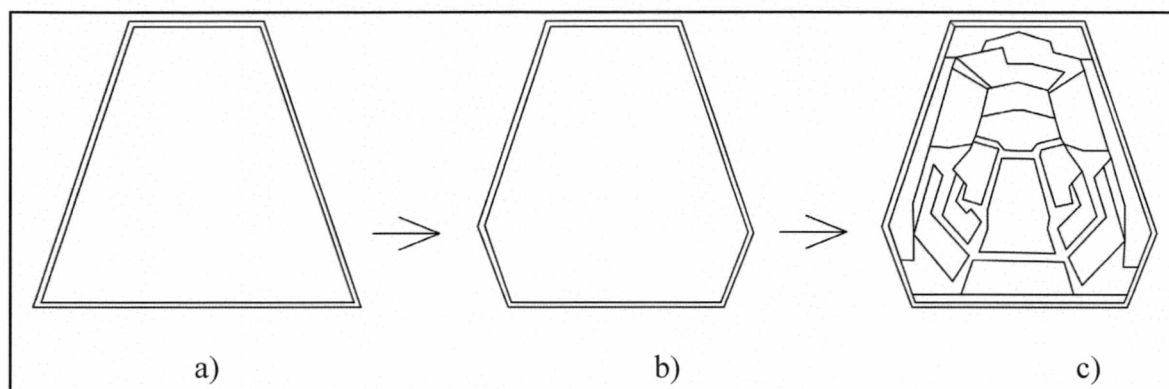
Obecnie w projektowaniu konfiguracji centralnej tarasowej bardzo wyraźnie zaznacza się tendencja do wprowadzania w ich przestrzeń zalet innych typów wnętrz. Najczęstszym wzorcem jest układ pudełkowy, ale również konfiguracja: wachlarzowa i plany w formie elipsy (Roy Thomson Hall, Christchurch Town Hall itd.). Układ hybrydowy występuje w licznych salach współczesnych, jak np.: Suntory Hall Tokyo (1986), Glasgow Royal Concert Hall (1990), Sapporo Concert Hall „Kitara” (1997), Ryutopia Niigata City Performing Arts Center (1998), Walt Disney Hall (2003), Atlanta Symphony Center (2012). Pierwszą salą o takim układzie był Neues Gewandhaus w Lipsku.

3.6.1. Neues Gewandhaus w Lipsku

Neues Gewandhaus (karta katalogowa nr 08, s. 194) autorstwa Eberharda Goschela, Horsta Siegela, Volkera Siega, Rudolfa Skody, Winfrieda Sziegoleita¹⁵⁷, otwarty w 1981 roku, powstał w miejscu Altes Gewandhaus (1781-1894), który zastąpił z kolei pierwszy Gewandhaus z 1884 roku. Główną inspiracją dla architektów była Filharmonia w Berlinie.

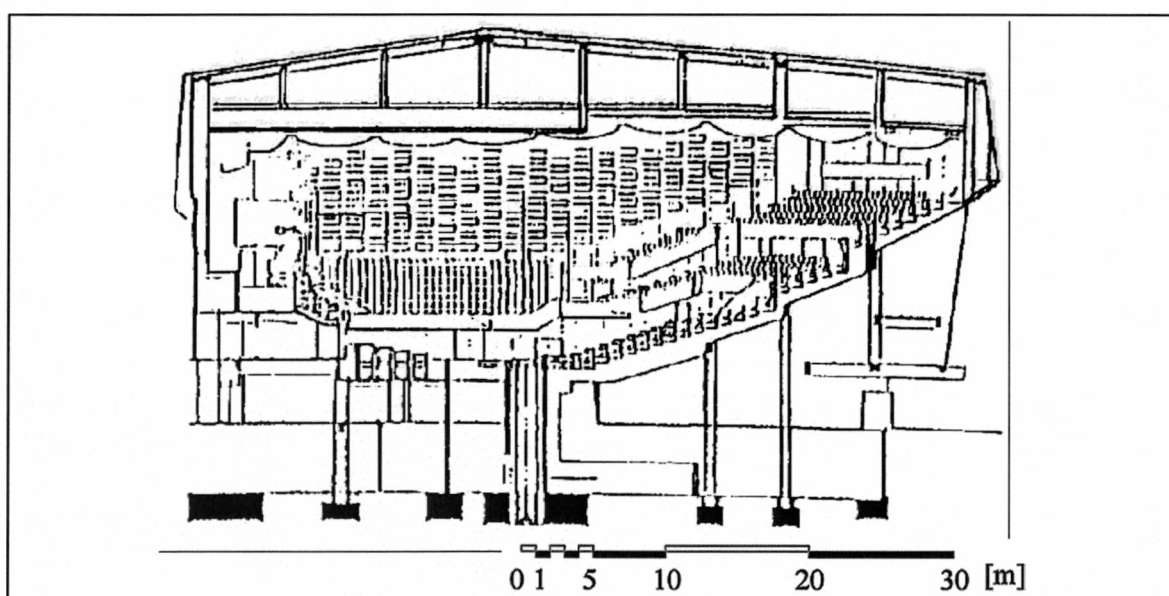
¹⁵⁷ Autorem koncepcji akustycznej był Lothar Cremer.

Sala ta oparta została na rzucie zmodyfikowanego wachlarza pozbawionego niekorzystnych akustycznie narożników (rys. 47). Kształt wnętrza można porównać też do przeskalowanego asymetrycznie sześciokąta, w którym scenę, oderwaną od ścian, usytuowano w jednej czwartej wnętrza i otoczono tarasami, zaprojektowanymi na prostokreślnych, wielokątnych rzutach.

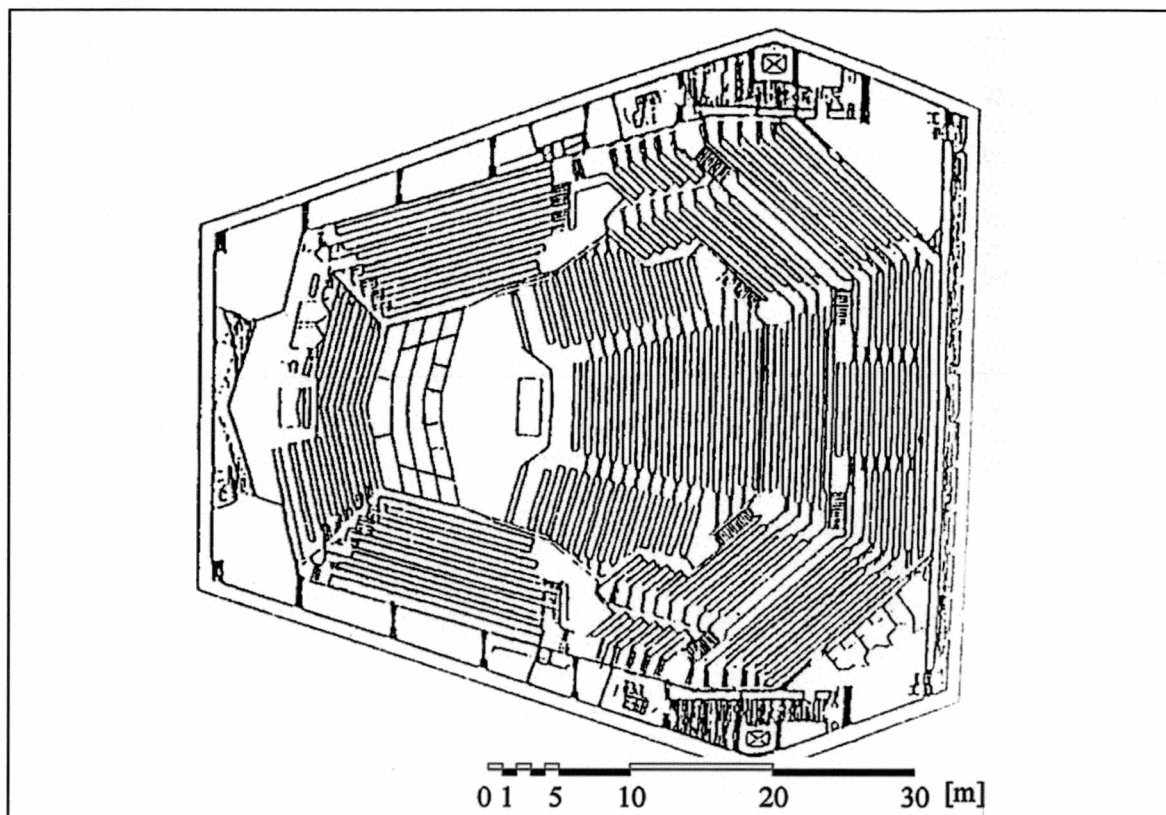


Rys. 47. Schemat transformacji sal trapezowych w rozwiązania hybrydowe: a) podstawowy układ trapezowy, b) trapezowy ze ściętymi narożnikami, c) trapezowy ze ściętymi narożnikami i tarasami, tj. hybrydowy [oprac. autorki]

W Neues Gewandhaus widownia otacza scenę ze wszystkich stron (rys. 49). Nie występują tu miejsca przeznaczone dla chóru. Widz siedzący najdalej jest oddalony 33,5 metra od sceny, co przy widowni dla 1900 słuchaczy jest dużym osiągnięciem. Michael Barron [Barron, 1993] zwraca uwagę na szczególnie interesujące elementy tego projektu, czyli pochylone ściany tarasów (balkonów) i wypukłe panele, z których zbudowano sufit.



Rys. 48. Leipzig Gewandhaus – przekrój [oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 232]



Rys. 49. Leipzig Gewandhaus (E. Goschel, H. Siegel, V. Sieg, R. Skoda, W. Szegoleit, 1981) – rzut [oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 232]

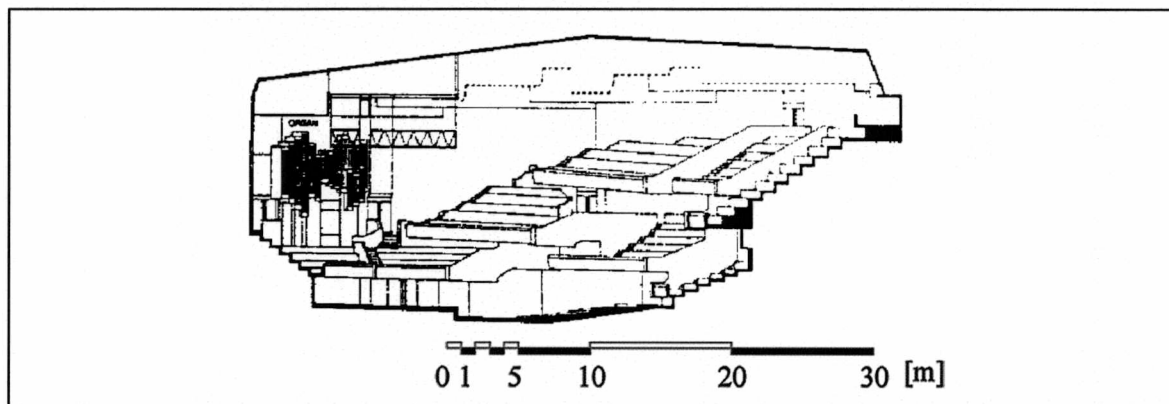
Podsumowując, akustyka Gewandhaus została uznana za bardzo udaną, a panujący w sali czas pogłosu wynosi 2 sek., przy całkowicie wypełnionej widowni. W tej sali po raz pierwszy zastosowano i zrealizowano układ hybrydowy, łączący cechy układów klasycznych (pudełkowych, wachlarzowych) z cechami sal typu centralnego, tarasowego. W latach 80. i 90. XX wieku to rozwiązanie zostało spopularyzowane i wprowadzone na stałe do zasad projektowania współczesnych sal koncertowych.

3.6.2. St. David's Hall w Cardiff

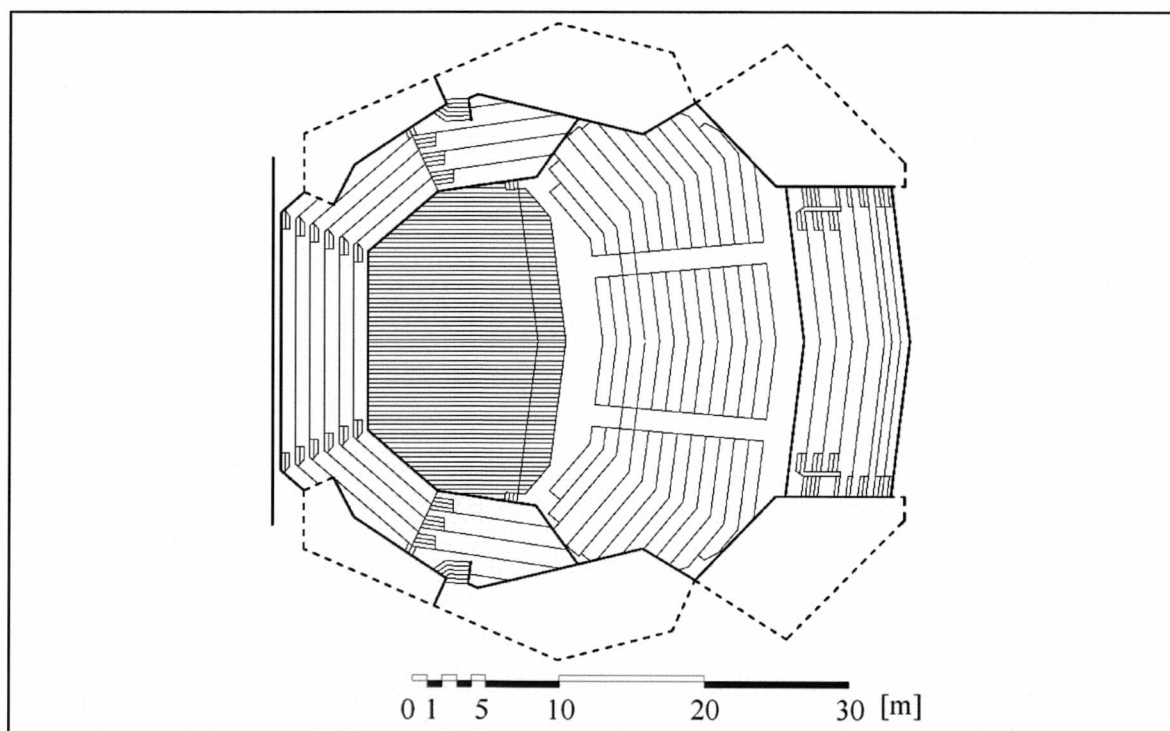
Sala St. David's Hall (karta katalogowa nr 09, s. 198) projektu Seymour Harris Partnership, przy konsultacji akustycznej firmy Sandy Brown & Associates, została otworzona w 1982 roku w Cardiff. Sala ta nie funkcjonuje akustycznie jak winnica, ale stanowi kolejny przykład układu hybrydowego.

Sala wznosząca się na planie wydłużonego trapezu jest symetryczna względem środkowej osi. Scena została przesunięta równolegle do tej osi, w kierunku widowni tylnej, zdecydowanie tę widownię redukując (rys 51). Ściany zastosowanych tu tarasów są stosunkowo niskie i zlokalizowane wzdłuż promieni wychodzących ze sceny [Barron 1993] – przez co nie powstały na nich wczesne odbicia. Jest to rozwiązanie niekorzystne

akustycznie. Przypuszcza się, że projektanci zdecydowali się na taki zabieg ze względu na ograniczenia wynikające z dopuszczalnej wysokości obiektu. Przy tym układzie ścian tarasów, uzyskanie właściwego pogłosu i balansu dźwięku było trudne. Projektantom udało się osiągnąć pożądany czas pogłosu (o wartości 2 sek.), dzięki włączeniu w układ akustyczny: konstrukcji dachu, rur systemu wentylacyjnego¹⁵⁸ i powierzchni reflektorów oświetleniowych. Odbicia jakie uzyskano od wymienionych płaszczyzn były wystarczające, aby stworzyć właściwe wrażenie przestrzenności dźwięku.



Rys. 50. St. David's Hall – przekrój [oprac. wg: Beranek, 1996, s. 287]



Rys. 51. St. David's Hall (Seymour Harris Partnership, 1982) – rzut [a] oprac. wg: Beranek, 1996, s. 286]

¹⁵⁸ W celach estetycznych rury te osłonięto transparentnym akustycznie sufitem. [Barron, 1993].



Rys. 52. St. David's Hall (Seymour Harris Partnership, 1982) – widok wnętrza [<http://acoustics.hanyang.ac.kr>, 2008]

Salę St. David's Hall – efekcie powyżej opisanych zabiegów akustyczno-architektonicznych – uznano za mającą doskonałą: „przejrzystość”, „przestrzenność” i „bliskość dźwięku”, a głośność i pogłos sali oraz balans orkiestry zostały uznane za optymalne [Barron, 1993].

3.7. Układ centralny tarasowy w projektach japońskich.

W latach 80. i 90. XX wieku układ centralny tarasowy pojawił się w Japonii w związku z realizacją projektu – Suntory Hall – nowego obiektu koncertowego. Popularność tej sali przyczyniła się do wielokrotnego stosowania podobnych rozwiązań w Azji.

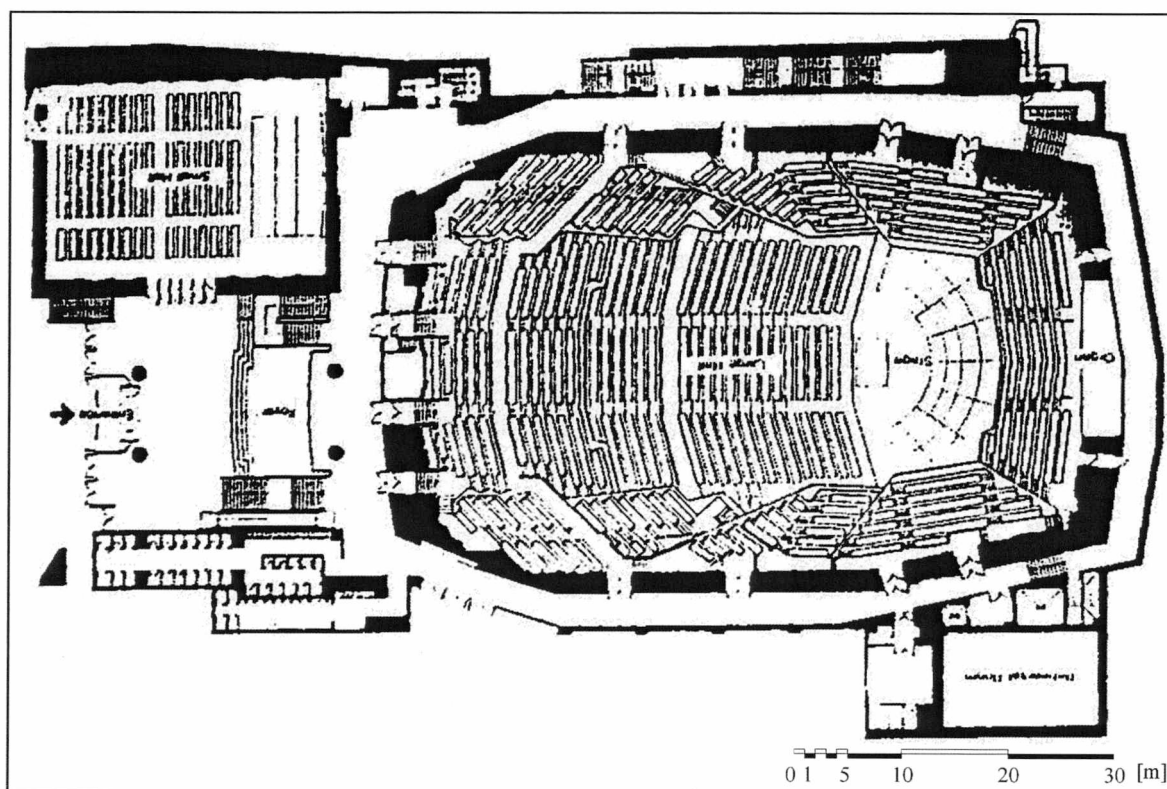
3.7.1. Suntory Hall w Tokio

Suntory Hall w Tokio, otwarto w roku 1986 i wzniesiono według projektu Yasui Architects & Engineers, przy konsultacji akustycznej Nagata Acoustic. Konfiguracja tej sali została zaproponowana projektantom przez inwestora¹⁵⁹ pozostającego pod wrażeniem

¹⁵⁹ Inwestorem Suntory Hall w Tokyo był Keizo Saji, właściciel i prezydent Suntory Ltd. [Nagata, 2001].

architektury i akustyki Filharmonią w Berlinie. Projekt poprzedziły szczegółowe studia nad wynikami badań przeprowadzonych przez Lothara Cremera i nad wnętrzem sali Hansa Scharouna. Na podstawie tych studiów akustycy japońscy opracowali zmodyfikowany kształt sali, który następnie stał się wzorcem dla kolejnych realizacji.

Rzut Suntory Hall (rys. 53) stanowi połączenie układów wydłużonego trapezu z zaokrągloną ścianą tylną z układem winnicowym. Scena została przesunięta – w stosunku do geometrycznego centrum układu – w kierunku widowni tylnej.



Rys. 53. Suntory Hall, Tokyo (Yasui Architects & Engineers, 1986) – rzut [oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 231]

Salę przekryto prostym stropem, ale przejawiającym już cechy sufitu baldachimowego. W efekcie uzyskano powierzchnie rozpraszające i „zmiękczające” dźwięk oraz na równomierne „wymieszanie” pola akustycznego. Na ścianach bocznych, za widownią zastosowano mocne żebrowanie dodatkowo rozpraszające dźwięk.

Sala Suntory stanowi kolejny punkt zwrotny w projektowaniu układów centralnych tarasowych. Przede wszystkim rozwinięto i udoskonalono w niej układ hybrydowy, który upowszechnił się nie tylko w obiektach japońskich.



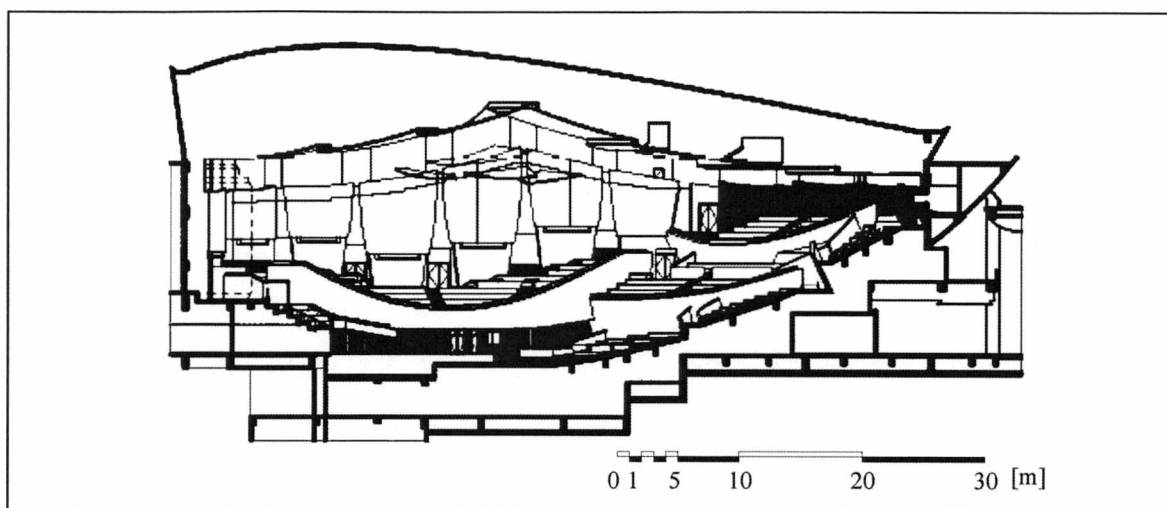
Rys. 54. Suntory Hall Tokyo (Yasui Architects & Engineers, 1986) – widok sali [oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 231]

3.7.2. Sapporo Concert Hall „Kitara” w Sapporo, Niigata City Performing Arts Center „Ryutopia” w Niigata

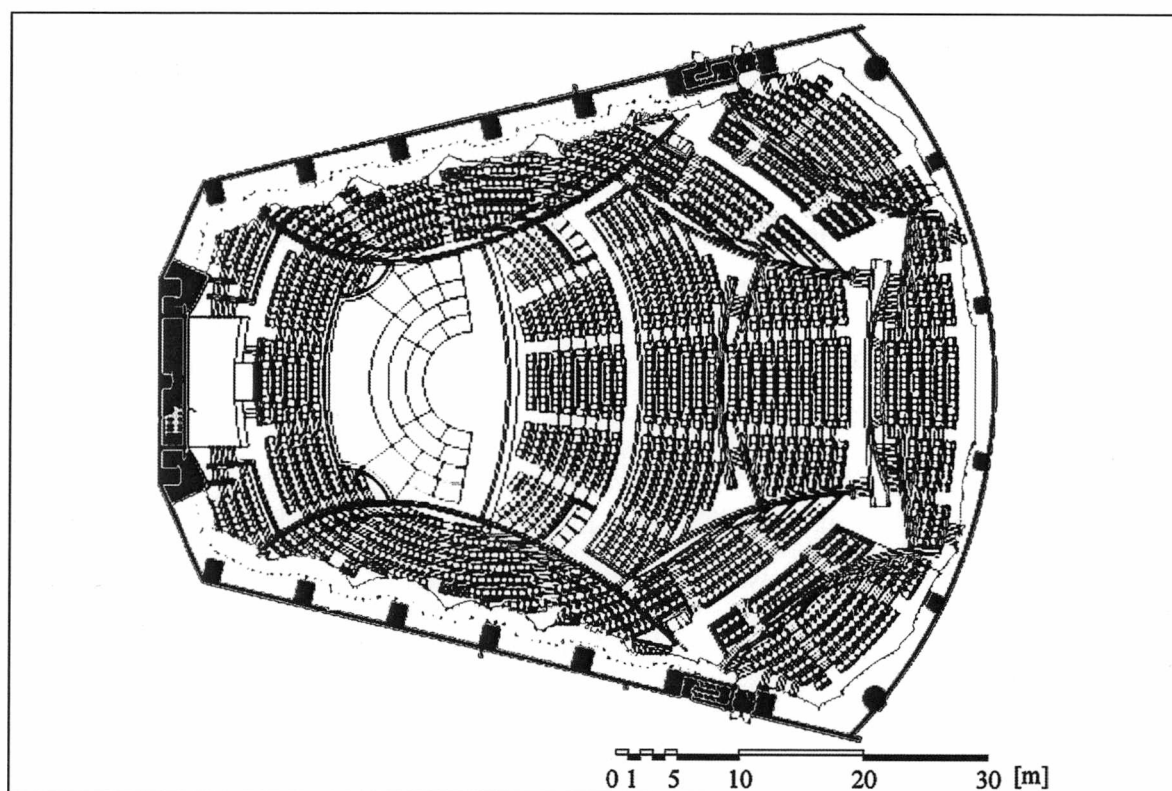
Kolejnymi przykładami japońskich centralnych sal tarasowych są: Sapporo Concert Hall „Kitara” (1997) (karta katalogowa nr 14, s. 217), wzniesioną według projektu: Hokkaido Engineering Consultants oraz Niigata City Performing Arts Center „Ryutopia” (1998) (karta katalogowa nr 15, s. 221), zrealizowaną według projektu Tsuko Hasegawa Atelier. Akustykę obu sal opracował zespół Nagata Acoustic.

Salę zostały zbudowane w konfiguracji centralnej tarasowej o układzie hybrydowym, który łączy cechy rozwiązań: winnicowych, wachlarzowych i pudełkowych. Rzut planu w oparciu o krzywe Béziera¹⁶⁰ (rys. 56, 57), wg których wymodelowano: ściany, scenę i widownię, wewnątrz przekryte zostało sufitem baldachimowym. Rozwiązanie to należy uznać za kolejny etap rozwoju sal tarasowych.

¹⁶⁰ Krzywe Béziera są parametrycznymi krzywymi trzeciego stopnia i znajdują szerokie zastosowanie w modelowaniu kształtu figur i powierzchni. [...] Kształt krzywej Béziera jest określony czterema punktami: dwoma punktami krańcowymi krzywej (tzw. węzłami) (P1, P4) oraz dwoma punktami kontrolnymi (P2, P3). Krzywa interpoluje dwa krańcowe punkty krzywej i aproksymuje dwa punkty kontrolne. Jeżeli oznaczymy współrzędne tych czterech punktów jako: P1 (x1, y1), P2 (x2, y2), P3 (x3, y3), P4 (x4, y4), to kształt krzywej Béziera określają dwa równania parametryczne: $x(t) = (1-t)^3 x1 + 3t(1-t)^2 x2 + 3t^2(1-t) x3 + t^3 x4$, $y(t) = (1-t)^3 y1 + 3t(1-t)^2 y2 + 3t^2(1-t) y3 + t^3 y4$, gdzie parametr t przybiera wartości z przedziału $0 \leq t \leq 1$ [http://corel.wodip.opole.pl/krzywe_beziera/krzywe_beziera.htm, 2008].

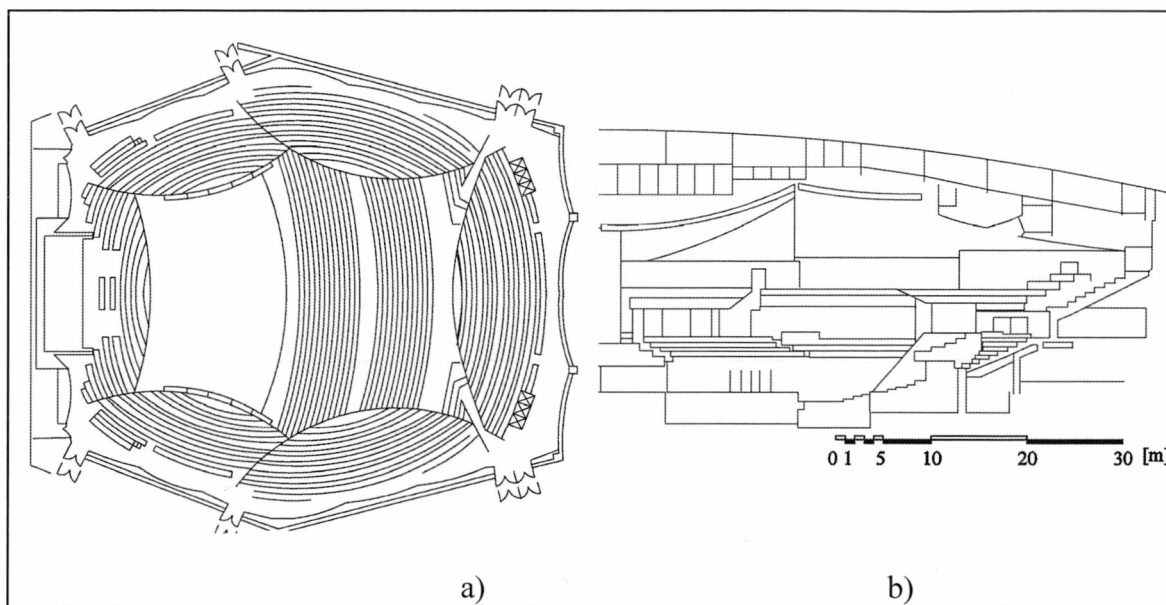


Rys. 55. Sapporo Concert Hall „Kitara” (Hokkaido Engineering Consultants, 1997) – przekrój, [a) oprac. wg: <http://www.nagata.co.jp/gyosek/posters/sapporo.pdf>, 2006]



Rys. 56. Sapporo Concert Hall „Kitara” (Hokkaido Engineering Consultants, 1997) – rzut, [oprac. wg: <http://www.nagata.co.jp/gyosek/posters/sapporo.pdf>, 2006]

W obu przypadkach widownia tylna jest zredukowana na korzyść widowni frontowej, w obrębie której wprowadzono klasyczny układ rzędów w części frontowej i tarasów w części tylnej. Widownie boczne i tylną w całości zlokalizowano na tarasach, otaczających scenę z trzech stron, zapewniając dobrą słyszalność dźwięku na scenie i wczesne odbicia fali akustycznej na widowni frontowej. Nad sceną zawieszono układ akustyczny paneli, mający za zadanie odbijać i rozpraszać dźwięk.



Rys. 57. Niigata City Performing Arts Center „Ryutopia” (Tsuko Hasegawa Atelier, 1998): a) rzut, b) przekrój [oprac. wg: a) Jodidio, 1999, s. 208, b) oprac. wg: http://www.architectureweek.com/2001/0613/design_1-2.html, 2009]

Wraz z projektami Sapporo Concert Hall i Niigata City Performing Arts Center wprowadzono w przestrzeń winnicową krzywe Béziera. Zastosowanie ich w modelowaniu sali koncertowej pozwoliło na precyzyjniejsze ukształtowanie ich wnętrza, przez dokładniejsze kontrolowanie kierunków odbić dźwięku, niż w przypadku projektowania w oparciu o wycinki koła.

3.7.3. Muza w Kawasaki

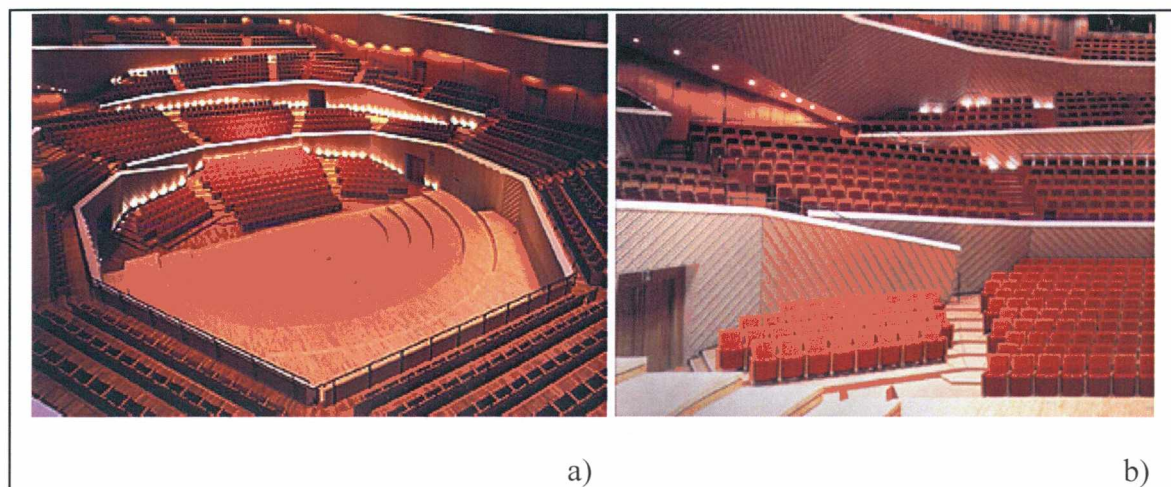
W Japonii powstała jeszcze jedna sala o układzie winnicowym, a jej projekt jest całkowicie odmienny od opisanych powyżej. Filharmonia w Kawasaki, nazwana „Muza”¹⁶¹ (karta katalogowa nr 17, s. 227), otwarta została 1 lipca 2004 koncertem tokijskiej orkiestry symfonicznej. Projekt architektury powierzono ACT Planning, natomiast akustyczny – firmie Nagata Acoustics.

Zastosowano tu kształt sali jako ustrój akustyczny, który powstał w oparciu o asymetryczny układ spirali¹⁶². Poprzez precyzyjne obliczenia kątów nachylenia w rzucie poziomym i pionowym powierzchni odbijających (ścian, frontów tarasów i posadzek), otrzymano harmonijny dźwięk oraz pożądaný czas pogłosu. Przy pojemności widowni 1997 miejsc, najdalej położone miejsce dla słuchacza znajduje się

¹⁶¹ Oryginalna nazwa obiektu pochodzi od połączenia słowa „muzyka” z japońskim słowem „za”, oznaczającym „miejsce, w którym gromadzą się ludzie”.
[http://www.chikada-design.com/english/bro05/01_muza/index.htm, 2007].

¹⁶² Sala jest asymetryczna zgodnie z zasadami Shinto: natura nie jest symetryczna, nie jest też zbudowana na zasadach porządku geometrycznego [Brown, 2007].

w odległości 37 metrów od sceny. Nad frontową częścią sceny i widowni zainstalowano duże odbijające panele akustyczne. Kąt ich nachylenia można zmieniać w zależności od potrzeb. Dodatkowo sufit ma „wbudowane” obszary służące odbijaniu dźwięku.



Rys. 58. Muza w Kawasaki (ACT Planning, 2004): a) widok sceny, b) fragment widowni [a), b) <http://www.kawasaki-sym-hall.jp/e/facilities/index.shtml>, 2007]

Na tyłach widowni zainstalowano mobilne kurtyny akustyczne, które opuszczane są na czas koncertów kameralnych i występów ze znacznym udziałem mowy. Scena została wyposażona także w mechanizm podnoszący poszczególne moduły sceny. Dzięki temu łatwo dostosować jej powierzchnię do zmiennej liczby muzyków, rodzaju występu i specyfiki brzmienia poszczególnych instrumentów.

W konsultowaniu projektu czynny udział brali muzycy. Początkowo, przy pierwotnym ustawieniu paneli odbijających nad sceną, których położenie wyliczono komputerowo, filharmonicy skarżyli się, że nie słyszą sąsiadujących instrumentów. W związku z tym, według ich sugestii, dostosowano ustój akustyczny nad sceną.

Nietypowy układ sali Muza w Kawasaki, wrażenia wizualne, jak i akustyka, spotkały się z dużym uznaniem specjalistów oraz publiczności. Dźwięk powstający w sali został określony jako „bogaty” i „harmonijny”, a rozwiązanie wnętrza wyznacza najnowsze trendy w projektowaniu układów winnicowych.

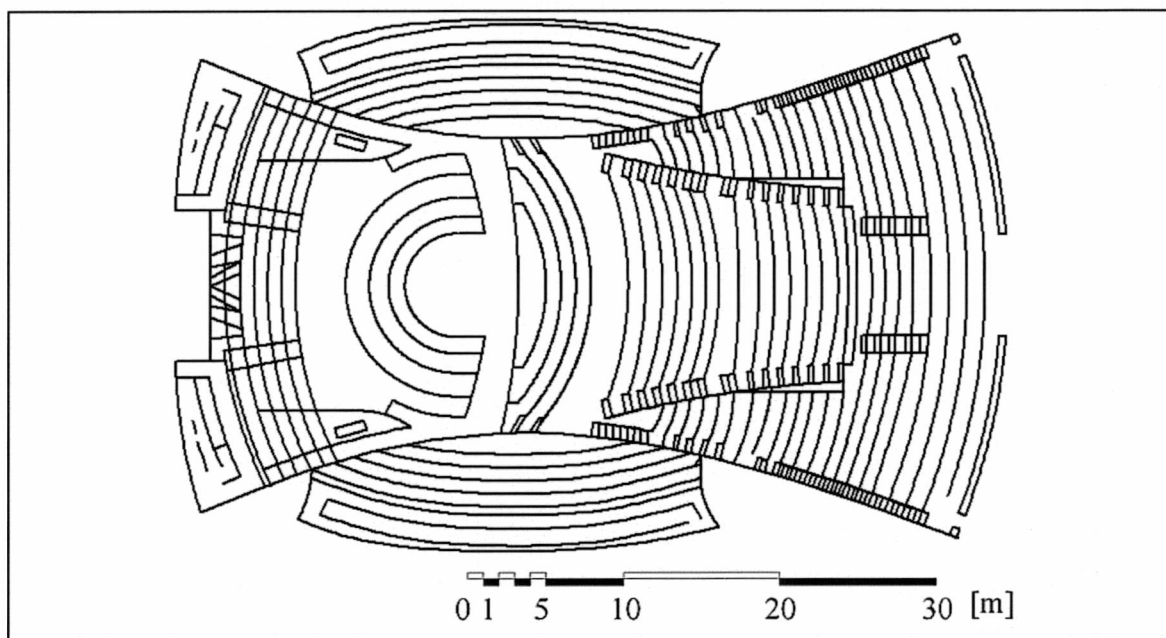
3.8. Najnowsze sale o konfiguracji winnicowej na świecie

W latach 2003 – 2009 powstało i zostało zaprojektowanych 7 sal o konfiguracji centralnej tarasowej, związanych z dużymi założeniami widowiskowo-kulturalnymi. Ich wnętrza są interesującymi rozwiązaniami architektonicznymi, które wyróżnia dążenie projektantów do uzyskania optymalnej i oryginalnej akustyki.

3.8.1 Walt Disney Hall w Los Angeles

Walt Disney Hall (karta katalogowa nr 16, s. 224), otworzony w roku 2003 w Los Angeles, jest jak dotąd najnowszym w Stanach Zjednoczonych obiektem z salą w układzie winnicowym. Projekt architektoniczny opracował Frank O’Gehry, a akustyczny Nagata Acoustics.

Sala ta została zaprojektowana w układzie hybrydowym i łączy cechy konfiguracji pudełkowej z winnicową (rys. 59). Kształt wnętrza został zalecony architektom przez inwestorów. Według Craiga Webba, głównego projektanta obiektu, inwestorom podobał się dźwięk i przestrzenność sal w Berlinie i Tokyo (Suntory Hall)¹⁶³. Podczas projektowania Walt Disney Hall architekci przeanalizowali ponad 50 różnych kształtów, ale każdy z nich był układem centralnym z tarasami.



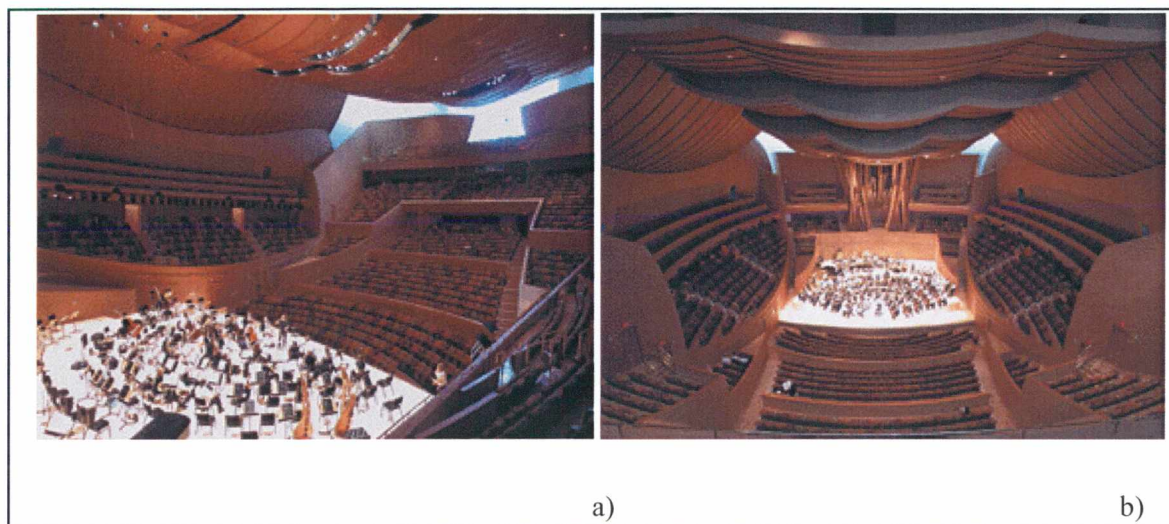
Rys. 59. Walt Disney Hall (Frank O’Gehry, 2003) – rzut [oprac. wg Beranek, 2007, s. 16]

Widownia sali liczy 2265 miejsc, przy kubaturze wnętrza: 32 000 m³. Widownie boczne i tylna są zredukowane w stosunku do widowni frontowej. Sala ma układ symetryczny, względem osi podłużnej – na wzór rozwiązań japońskich. Jej rzuty i przekroje oparte zostały na krzywych Béziera podobnie jak tarasy, ściany i baldachimowy sufit. Na powierzchniach sufitu i ścian wprowadzono żebrowanie¹⁶⁴, które wspomaga rozpraszanie odbić dźwięku

¹⁶³ [Korespondencja autorki z Chrisem Jaffe].

¹⁶⁴ Szczegółowy opis technologii ścian – patrz: rozdz. 4.

Sala ta została ponadto wyposażona w nowoczesne technologie, „Internet 2”¹⁶⁵ oraz wideo projekcję, które służą wspólnym występom orkiestr z całego świata, prezentacji tłumaczeń dla wielojęzycznej publiczności i wzbogacaniu koncertów obrazem.



Rys. 60. Walt Disney Hall (Frank O’Gehry, 2003): a) widownia frontowa, b) scena i widownia tylna [a) i b) <http://www.nagata.co.jp/news/news0312-e.htm>, 2007]

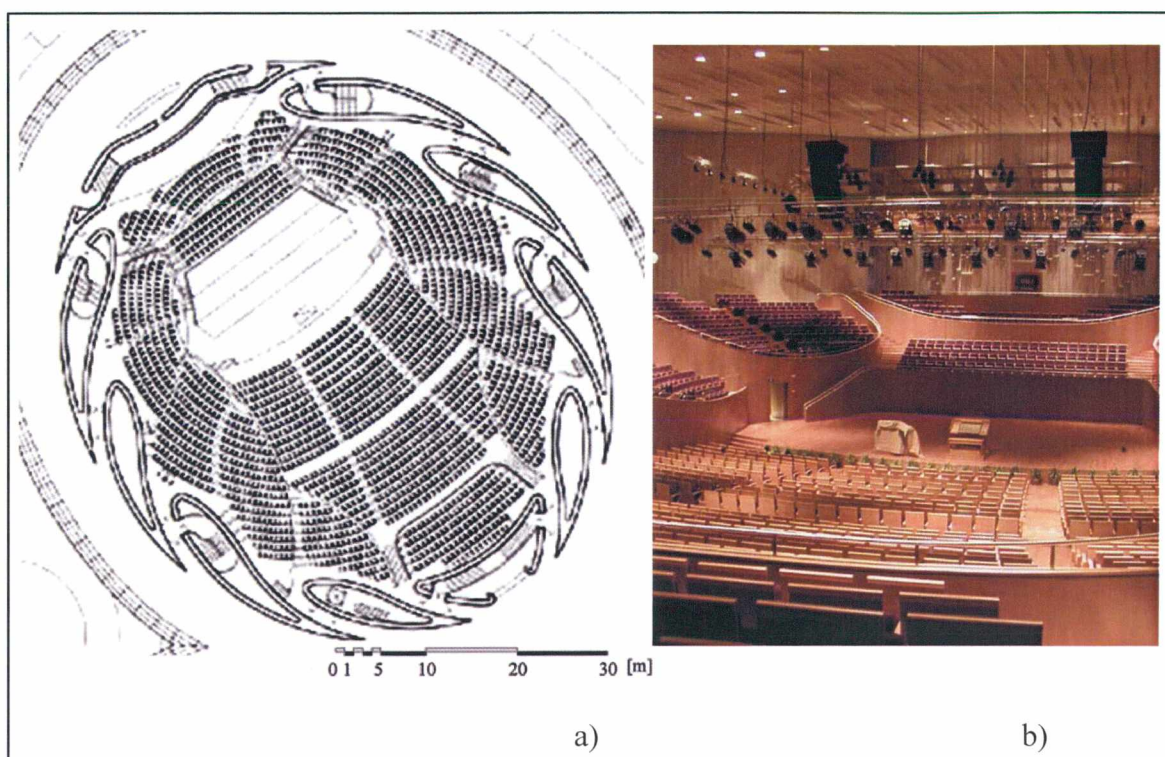
Sala uzyskała doskonałe recenzje, zarówno pod kątem akustyki, jak i architektury. Oferuje ciekawe warunki wizualne oraz multimedialne, które wspomagają korzystny odbiór koncertu.

3.8.2 Shanghai Oriental Art Center w Szanghaju

W 2005 roku otworzono kolejną salę o układzie winnicowym – Shanghai Oriental Art Center (karta katalogowa nr 18, s. 231), wzniesioną według projektu architektonicznego Paula Andreu, wg projektu akustyki autorstwa M. Vian (CSTB).

Sala (o pojemności 1979 miejsc) została zaprojektowana na rzucie rozrzużbionej elipsy, przypominającej „skarabeusza” (rys. 61). Scenę przesunięto w kierunku widowni tylnej. Na widownię frontową przeznaczono największą powierzchnię i ukształtowano ją w sposób klasyczny dla układów winnicowych, hybrydowych, tzn. widownię boczną i tylną zlokalizowano na tarasach, których rzuty zaprojektowano wg krzywych Béziera.

¹⁶⁵ Internet 2, inaczej Internet Optyczny – to zaawansowane infrastruktury sieciowe, [zbudowane] w oparciu o technologię DWDM (ang. Dense Wavelength Division Multiplexing). Urządzenia DWDM współpracują z tzw. ciemnymi światłowodami tworząc sieci optyczne, które umożliwiają przesyłanie informacji równoległymi kanałami o bardzo dużej łącznej przepustowości: od 10 Gb/s do 400 Gb/s na odległość rzędu 500 km. [http://pryzmat.pwr.wroc.pl/Pryzmat_130/130int.html, 2009].



Rys. 61. Shanghai Oriental Art Center (P. Andreu, 2005): a) rzut, b) widok wnętrza [a), b) oprac. wg: http://www.e-architect.co.uk/shanghai/oriental_art_center_shanghai.htm, 2008]

Ściany również zostały wymodelowane w sposób „miękki”, a dodatkowo podzielono je na odrębne zespoły, jak to miało miejsce we wnętrzach Christchurch Town Hall i Wellington. Dzięki zastosowaniu układu winnicowego nadano sali niecodzienny wygląd architektoniczny, pozostający w zgodzie z bryłą budynku.

3.8.3. Sale w fazie projektowej

Frank Gehry, ze swoim zespołem, przygotowuje projekt asymetrycznej sali w Miami, która również będzie miała układ centralny tarasowy. W tym obiekcie zaproponowano scenę w formie mobilnej platformy, umożliwiającej uzyskiwanie różnych konfiguracji scenicznych¹⁶⁶. Pozostałe parametry projektowanej sali nie są jeszcze znane.

Trwają również prace nad projektami sal w Atlancie (karta katalogowa nr 19, s. 234) i Hamburgu (karta katalogowa nr 21, s. 240).

W Atlancie (proj. Santiago Calatrava) posłużono się znanym i sprawdzonym układem hybrydowym, spopularyzowanym przez projekty japońskie. Zastosowano tu również krzywe Béziera, a całość projektowano metodą inside-out¹⁶⁷.

¹⁶⁶ Korespondencja autorki z Chrisem Jaffe.

¹⁶⁷ Z ang. *od wewnątrz na zewnątrz* [tłum. autorka] - znaną z Filharmonii w Berlinie.

W Hamburgu natomiast nastąpi ponowne przełamanie stosowanych dotychczas schematów. Zaproponowano tu połączenie cech klasycznej winnicy, z cechami wnętrz w Sapporo i Niigata. Tektonika sali przypominać będzie wnętrze obszernej groty, wyraźnie wypiętrzonej. Wznoszące się tarasy będą miały zmienną geometrię, wynikającą z wielokrotnego zastosowania krzywych Béziera, przez co wnętrze sali w efekcie będzie otwarte i centralne¹⁶⁸.

Kolejnymi przykładami zainteresowania współczesnych architektów konfiguracją winnicy są dwa nowe projekty filharmonii autorstwa Jeana Nouvela. Pierwszy z nich to sala koncertowa DR Koncerthuset dla Duńskiej Kooperacji Nadawczej¹⁶⁹ w Kopenhadze, (planowane otwarcie w styczniu 2009) (karta katalogowa nr 20, s. 237). Drugim obiektem jest La Philharmonie de Paris (Filharmonia w Paryżu) (planowane otwarcie w 2012 r.) (karta katalogowa nr 22, s. 242).

Sala w Kopenhadze będzie mieścić 1800 osób, a jej asymetryczny, wydłużony rzut opierać się będzie na piętnastu tarasach otaczających centralną scenę. Tarasom zostanie nadany kształt zbliżony do tzw. pudełek¹⁷⁰, zastosowanych w operze w Sydney. Sala w Kopenhadze będzie zbliżona do Filharmonii w Berlinie. Podkreśla się¹⁷¹, że dołączy ona do obiektów o akustyce na światowym poziomie i doskonałej widoczności.

Sala filharmonii w Paryżu będzie mieścić 2400 osób. Projekt akustyczny obiektu powierzono Marshall Day Acoustics w zespole z Yasuhisa Toyotą. Pierwszym kryterium jakie miała spełniać sala było zapewnienie wszystkim uczestnikom koncertu siedzisk w odległości nie większej niż 30,5 m od dyrygenta. Przy pojemności sali w granicach 2400 miejsc jest to zadanie trudne. Prawdopodobnie stąd wynika stromy kąt nachylenia widowni. Nouvel¹⁷² wskazuje na nowatorstwo swojego projektu – w stosunku do poprzednich rozwiązań winnicowych – polegające na „zawieszeniu” tarasów w obrębie sali. Umożliwia to cyrkulację pod i za platformami widowni, co jest nieznaną do tej pory jakością akustyczną. Opisane mianem przestrzenności – „zanurzenie” słuchacza w dźwięku będzie w tej sali realizowane dosłownie. Dodatkowo, nad audytorium, zlokalizowane zostaną mobilne panele, umożliwiające dostosowanie parametrów akustycznych do bieżących potrzeb. Sala, posiadając asymetryczny kształt inspirowany

¹⁶⁸ Obserwacje poczynione na podstawie dostępnych wizualizacji wnętrz sal w Atlancie i Hamburgu.

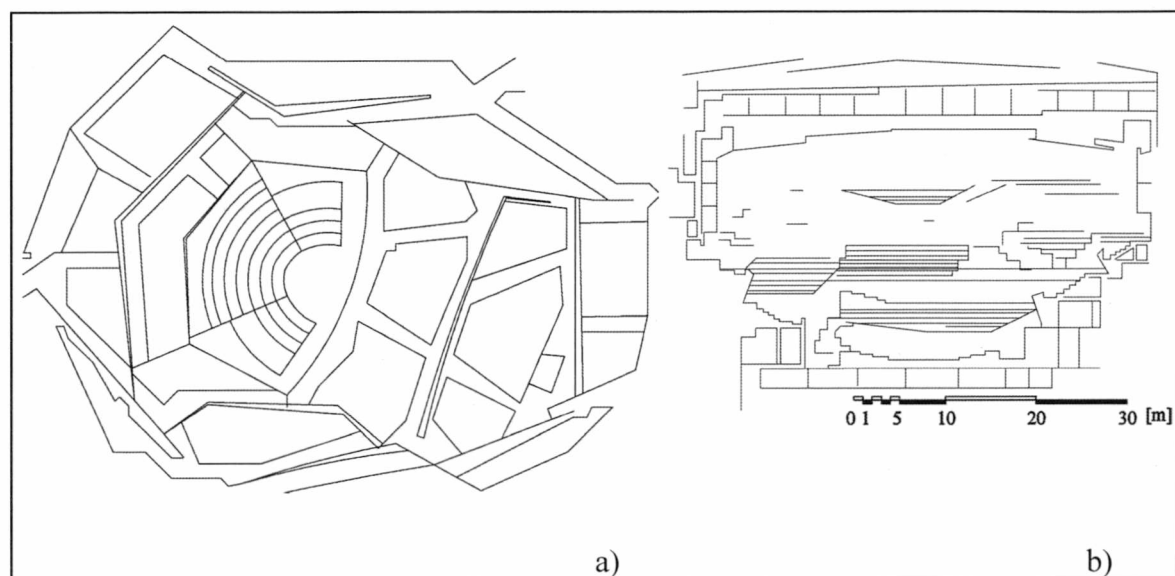
¹⁶⁹ Z ang. Danish Broadcasting Corporation.

¹⁷⁰ Patrz: pkt 3.3.3.

¹⁷¹ [http://www.dr.dk/Koncerthuset/inenglish/koncerthuset_1.htm, 2007].

¹⁷² [<http://www.nytimes.com/2007/04/14/arts/design/14hall.html>, 2008].

formami organicznymi, uzyska futurystyczny charakter, odmienny od projektu realizowanego w Kopenhadze.



Rys. 62. DR Koncerthuset w Kopenhadze (J. Nouvel, w realizacji): a) rzut, b) przekrój poprzeczny – schematy [oprac. wg: http://www.bicau.ro/static/uauim/noulbicau_files/concerthallpresentation.pdf, 2008]

Rozwój centralnych układów tarasowych będzie postępował wraz z rozwojem technologii komputerowych i budowlanych. Jak pokazują przykłady sal z Miami, Hamburga i Paryża, będzie to proces interesujący pod kątem architektonicznym, ze względu na możliwość uzyskiwania oryginalnych form przestrzennych. Podkreśla się udział współczesnych technik multimedialnych we wspomaganiu koncertów muzyki symfonicznej.

3.9. Układy pokrewne konfiguracji winnicowej

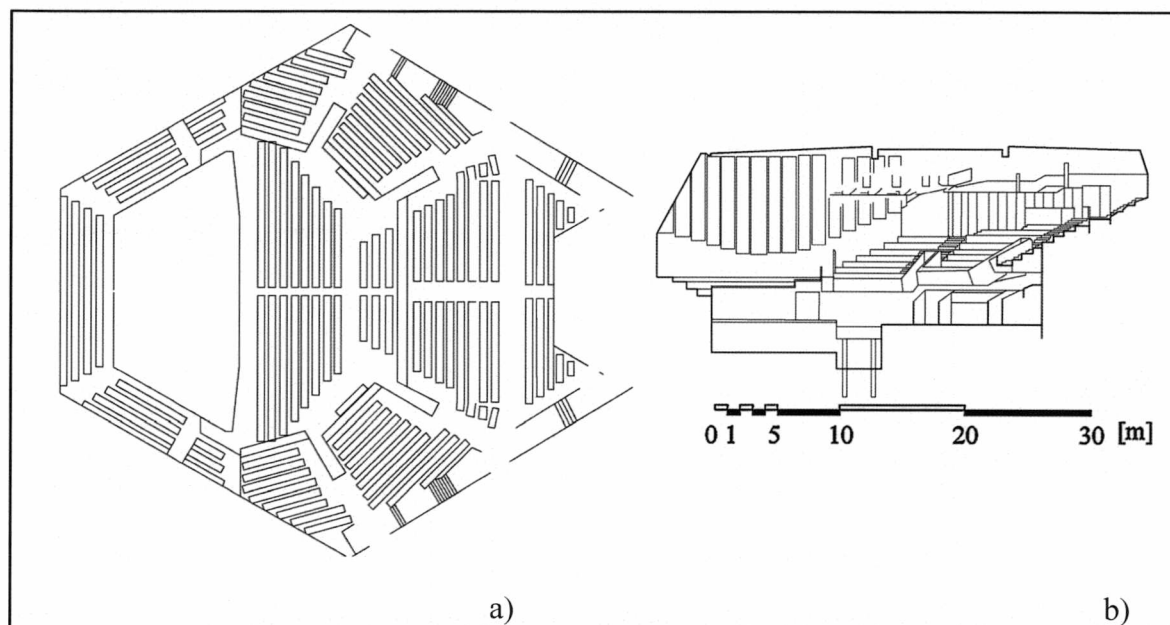
Sale koncertowe mieszczące do 1500 widzów mogą stanowić niezależne obiekty koncertowe lub funkcjonować jako sale kameralne, będące częścią większych założeń. Salom tym najczęściej nadaje się przestrzenne formy układów pudełkowych, ale spotyka się wśród nich także wnętrza winnicowe lub im pokrewne. Powstają one często w mniejszych miastach (np. Reading w Wielkiej Brytanii, Jelenia Góra, czy Łódź).

3.9.1. Sala The Hexagon w Reading

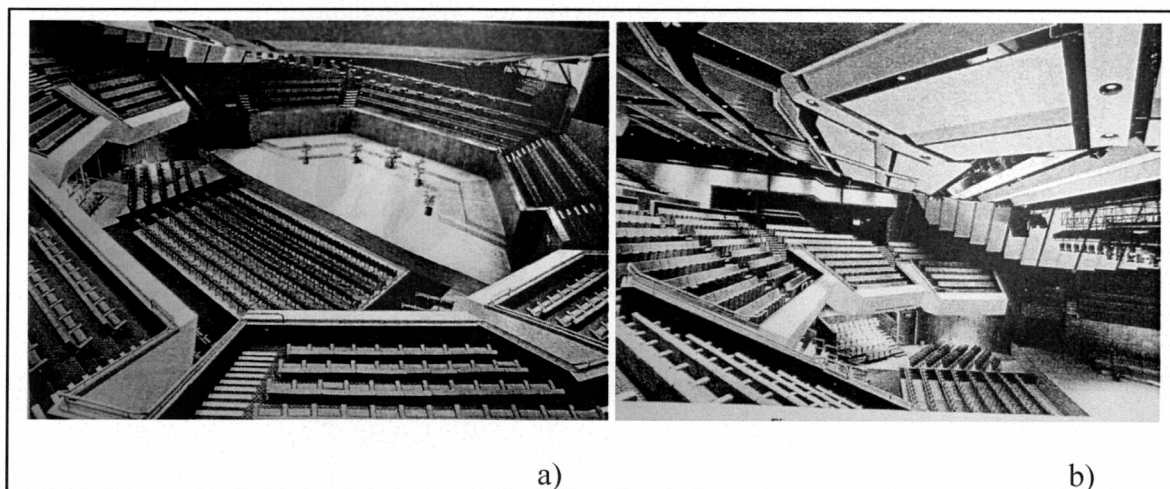
Obiekt The Hexagon w Reading został zaprojektowany przez Roberta Matthew i Stirrata Johnsona-Marshalla i udostępniony w 1977 roku. Sala pełni dwie funkcje: teatralną i koncertową, a jej pojemność wynosi 1500 miejsc¹⁷³. Wnętrze zostało

¹⁷³ Część siedzisk można zdemontować, co ułatwia wielofunkcyjne korzystanie z sali.

zaprojektowane w konfiguracji centralnej tarasowej, bez charakterystycznej dla teatrów wieży scenicznej. Jak wskazuje jej nazwa, została założona na planie sześciokąta, w który wpisano drugi sześciokąt – scenę. Jest ona przesunięta względem matematycznego środka figury, przez co powstały widownie: asymetryczne – tylna i frontowa oraz symetryczne – boczne (rys. 63).



Rys. 63. The Hexagon, Reading (R. Matthew, S. Johnson-Marshall, 1977): a) rzut, b) przekrój [oprac. wg: Barron 1993, s. 380, Fig. 11.22]



Rys. 64. The Hexagon, Reading (R. Matthew, S. Johnson-Marshall, 1977): a) widok sceny, b) widok tarasów [oprac. wg: Barron 1993, s. 381, Fig. 11.23, 11.24]

Widownia frontowa składa się z dwóch poziomów – na poziomie pierwszym znajduje się widownia właściwa i na drugim – tarasy-balkony. Część tylną sali podzielono na trzy tarasy, a ich fronty stanowią zamknięcie sceny, zapewniające wzajemne słyszenie

się muzyków. Dodatkowo tarasy, dzięki niewielkiemu nadwieszeniu ich frontów nad widownią właściwą, kierują w jej stronę wczesne odbicia. Sufit nad salą został zaprojektowany z ruchomych paneli, umożliwiających zmianę kierunków odbić górnych, a dźwięk w sali może być dodatkowo modyfikowany elektroakustycznie. Salę cechuje „przestrzenność” i „przejrzystość” dźwięku [Barron, 1993].

3.9.2. Filharmonia Dolnośląska w Jeleniej Górze, sala kameralna Filharmonii w Rzeszowie.

W polskich miastach, mających kilkakrotnie mniejszą liczbę mieszkańców w stosunku do stolic europejskich, amerykańskich i azjatyckich, w większości nie powstały duże sale koncertowe¹⁷⁴ o układzie centralnym tarasowym. Jednak poszukiwania kształtu rodzimych sal koncertowych doprowadziły do powstania interesujących rozwiązań, zbliżonych formą do układów winnicy, m.in. w filharmoniach w Rzeszowie i w Jeleniej Górze. Zastosowano tam układy przekątniowe, oparte na planie kwadratu, w których zarówno scenę, jak i widownię zostały zaprojektowane w sposób nowatorski.

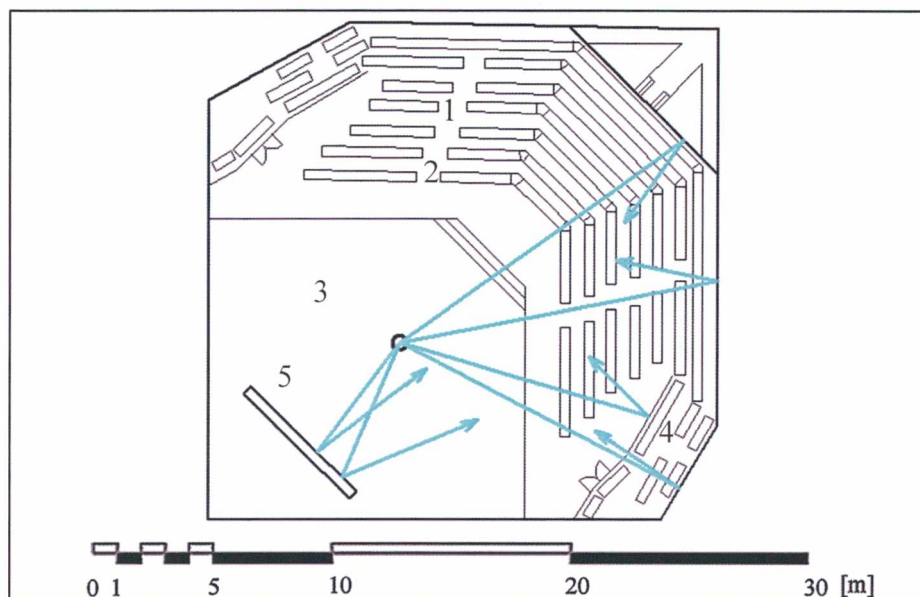
Filharmonia Dolnośląska (pierwsza sala filharmonii, otworzona 1974), wzniesiona wg opracowania architektonicznego Andrzeja Grudzińskiego, ma salę główną, zaprojektowaną na planie kwadratu ze ściętymi narożnikami bocznymi, z widownią ustawioną w układzie przekątniowym (rys. 65). Plan wnętrza powtórzono w rzucie sceny, otoczonej z trzech stron widownią. Jej boczne części zlokalizowano na tarasach-pudełkach, podobnie jak w Operze w Sydney. Dzięki takiemu ukształtowaniu uzyskano dodatkowe panele z boków sceny, sprzyjające powstawaniu właściwego odbioru dźwięku na scenie (rys. 65).

Dodatkowe powierzchnie odbijające, zlokalizowane za widzami nachylono w kierunku siedzisk. Ze względu na lokalne przepisy, sala nie mogła uzyskać wysokości, która zapewniłaby miejsce do rozwinięcia właściwego czasu pogłosu. Dlatego do ustroju akustycznego sali włączono również: przestrzenie techniczne i kratownicę konstrukcyjną, które w sposób istotny powiększyły jej kubaturę.

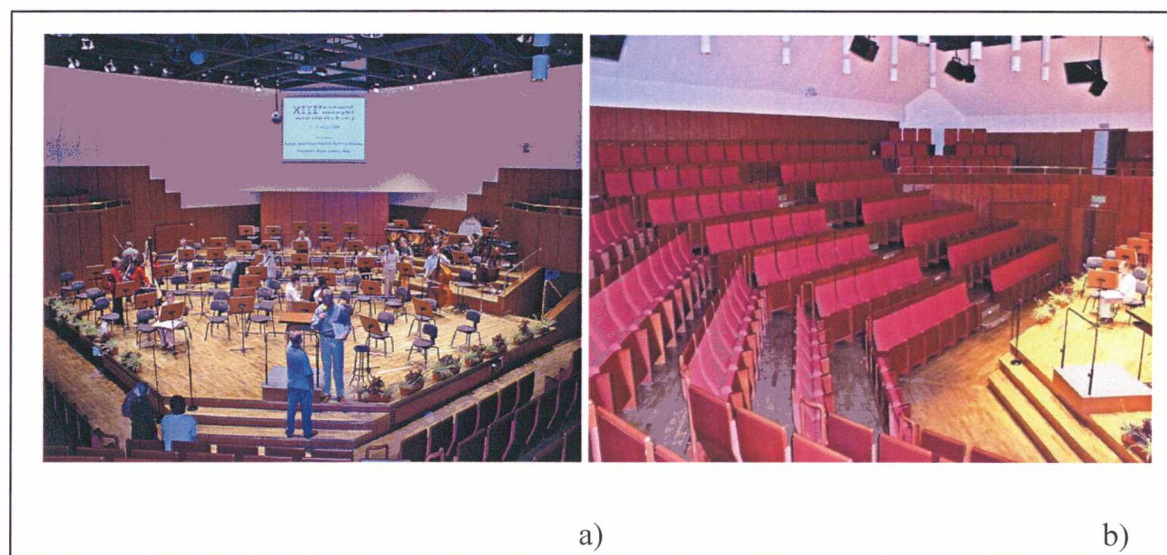
Podobnie została zrealizowana sala kameralna Filharmonii w Rzeszowie (karta katalogowa nr 24, s. 251), której budowa ukończona została w styczniu 1974 roku, wg projektu zespołu pod kierunkiem Tadeusza Majewskiego. Sala zaprojektowana została na planie kwadratu, a w jego narożniku zlokalizowano czworoboczną scenę. W obrębie sceny

¹⁷⁴ Powyżej 1880 – 2000 osób.

ustawiono mobilne panele akustyczne, które pozwalają zmieniać kąty odbicia dźwięku. Widownia, licząca 300 miejsc, została podzielona na dwie asymetryczne części za pomocą schodów.



Rys. 65. Filharmonia Dolnośląska w Jeleniej Górze (A. Grudziński, 1974) – schemat akustyczny: 1) widownia, 2) przejście, 3) scena – usytuowana na przekątnej kwadratu, 4) taras, 5) panel akustyczny, [oprac. autorki]



Rys. 66. Filharmonia Dolnośląska w Jeleniej Górze (A. Grudziński, 1974): a) scena, b) widownia [a) i b) fot. autorka]

Układy przekątniowe, a w szczególności korzystne akustycznie aranżacje asymetryczne, mogą być stosowane w małych salach, w których nieekonomiczne byłoby użycie tarasów. Rozwiązania takie dają możliwość nierównoległego ustawienia płaszczyzn odbijających, dzięki czemu uzyskuje się oryginalne brzmienie orkiestry i wrażenie

przestrzenności dźwięku. Dodatkowo, zastosowanie takiego układu, daje nowe możliwości architektonicznego kształtowania przestrzeni widowiskowej. W salach kameralnych: The Hexagon, Filharmonii Jeleniogórskiej i Rzeszowskiej, o pojemnościach mniejszych niż 2000 miejsc na widowniach, z powodzeniem zrealizowano układ o cechach konfiguracji winnicy.

3.10. Podsumowanie

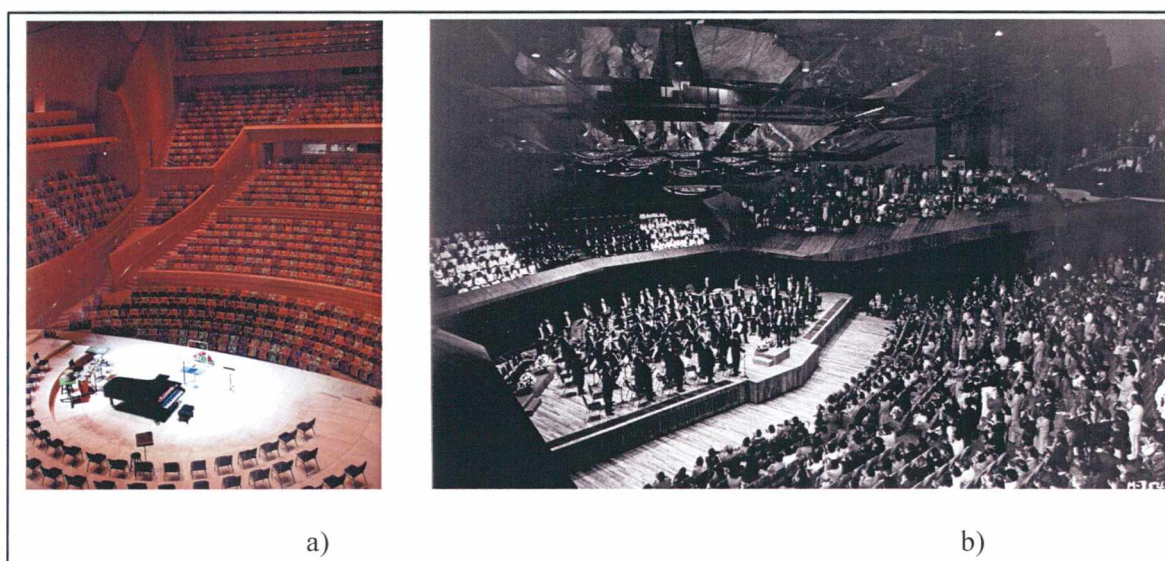
Od II połowy XX wieku do kanonu projektowania sal koncertowych wprowadzono układy centralne tarasowe, których wzorcem była sala główna Filharmonii w Berlinie (1963). Sale te cechuje:

- centralne położenie sceny,
- usytuowanie miejsca dla publiczności za orkiestrą,
- rozmieszczenie widowni na tarasach,
- przekrycie wnętrza sufitem namiotowym,
- wprowadzenie dodatkowych paneli odbijających w postaci frontów tarasów,
- wprowadzenie wiszących ustrojów akustycznych nad sceną,
- wizualna oryginalność i atrakcyjność wnętrza,
- „przestrzenność” i „przejrzystość” dźwięk.

Opisanie cech sali głównej Filharmonii Berlińskiej posłużyło również do wyodrębnienia pierwszego typu wnętrza, w obrębie sal centralnych z tarasami, które nazwano **podstawowym**. W trakcie rozwoju układu winnicowego nastąpiła modyfikacja lub zmiana ich cech, np.: sytuowanie części widowni w sposób klasyczny, stosowanie sufitów baldachimowych, czy ograniczanie pojemności widowni tylnej. Ponadto w obrębie nurtu, pomiędzy pierwszą dojrzałą formą takiej sali koncertowej, a jej w pełni rozwiniętymi przykładami, jak np.: Boettcher Concert Hall i sali Nezahualcoyotl (obie z 1987 roku), powstały wnętrza, które określano jako przejściowe, były to np.: Roy Thomson Hall (1972), Christchurch Town Hall (1972) i Sydney Opera House (1973). Sale przejściowe projektowane były jako: **semi-centralne** (pół-centralne) oraz **hybrydowe** w ich wczesnej formie. Po przetestowaniu i sprawdzeniu jakości dźwięku w rozwiązaniach pośrednich, podjęto kolejne próby projektowania sal już w pełni centralnych, tzw. sale **arenowe**. Ich układ stawiał przed projektantami największe wyzwania w zakresie

kształtowania akustyki wewnątrz, stąd też nie zyskały one szerokiej popularności, w przeciwieństwie do rozwiązań **hybrydowych**, które łączyły najkorzystniejsze cechy sal centralnych tarasowych z cechami innych konfiguracji, najczęściej pudełkowych.

Powstające obiekty, rozwiązywane były w każdym z typów w sposób różnorodny i indywidualny, charakterystyczny dla projektanta, np. Walt Disney Hall (2003) wg projektu Franka Gehry'ego (rys. 67 a) lub regionu, z którego pochodziły, np. Sala Nezahualcoyotl (1987) z Nowego Meksyku (rys. 67 b).



Rys. 67. a) Walt Disney Hall – widok sceny i widowni frontowej, b) Sala Nezahualcoyotl – widok sceny [a) <http://media.www.elvaq.com/media/storage/paper925/news/2003/05/23/Features/Disney.Hall.A.Step.In.Restructuring.L.a-2533992.shtml>, 2009, b) fot. ze zbiorów Chrisa Jaffe]

Mimo różnorodności ich cech, analiza przeprowadzona w niniejszym rozdziale, pozwoliła na stworzenie typologii sal koncertowych centralnych z tarasami w ujęciu architektonicznym¹⁷⁵ – tj. pod kątem architektury kształtów rzutów i przekrojów wewnątrz. Przedstawiona poniżej typologia znalazła zastosowanie w opracowaniu katalogu sal koncertowych (Aneks I) o układzie centralnym tarasowym i ma pełne zastosowanie przy opisanu tych sal (tab. 1). Dla konfiguracji pudełkowej, wachlarzowej, czy podkowiastej, można wykorzystać jedynie fragmenty charakterystyk, np.: podział na sale symetryczne i asymetryczne, prostokreślne i łukowe.

¹⁷⁵ Problematyka akustyczna – patrz rozdz. 4.

3.10.1. Typologia sal o układzie centralnym tarasowym

W grupie sal o układzie centralnym tarasowym, na podstawie analizy kształtu ich rzutów oraz przekrojów, zostały wyodrębnione 3 typy wnętrz: semi-centralny, arenowy i hybrydowy (rys. 68).

Sale należące do **układu centralnego tarasowego** – (układ winnicowy) (rys. 68) charakteryzuje rzut oparty na figurze zbliżonej do okręgu (okrąg, elipsa i wielokąt) o podobnych wartościach szerokości i długości. Kolejną cechą jest centralne położenie sceny, nie zawsze w środku geometrycznym wnętrza. Praktycznie całość widowni lokalizuje się na tarasach, wypiętrzonych w kierunku korony. Przewyższenie poszczególnych rzędów jest znaczne i zapewniające korzystne linie widoczności, a tym samym dobrą słyszalność. Rzuty i przekroje sceny, ścian i tarasów projektowane są jako prostokątne, na łukach lub krzywych Béziera. Nad sceną zawieszany jest ustrój z paneli odbijających i rozpraszających dźwięk w kierunkach sceny i widowni. Sala w typie podstawowym najczęściej przekrywana jest sufitem namiotowym, którego wypukłe pola są kierowane w stronę wnętrza.

Przykładami sal o układzie centralnym z tarasami są: sala główna Filharmonii Berlińskiej (1963) i Nezahualcoyotl w Nowym Meksyku (1978).

Typ semi-centralny (pół-centralny) – obejmuje sale (rys. 68) o rzutach zakładanych na formach eliptycznych lub wielobocznych. Wartości szerokości i długości sal pozostają w podobnej relacji, jak w układzie podstawowym. Scena zlokalizowana jest najczęściej w sąsiedztwie tylnej ściany sali, a za sceną sytuowane są jedynie miejsca dla chóru. Wyjątkowo, gdy chór nie jest obecny, w trakcie przedstawienia, jego miejsca mogą być udostępniane publiczności. Widownia w typie semi-centralnym podzielona jest na trzy części: widownię frontową, której nadawany jest kształt klasyczny, i dwie widownie boczne, sytuowane na tarasach. Dla tego typu wnętrza nie występuje charakterystyczny rodzaj stropu.

Wśród przykładów wnętrz w typie semi-centralnym układu centralnego tarasowego można wymienić: Roy Tompson Hall (1972), Christchurch Town Hall (1972) i Michael Fowler Centre (1983).

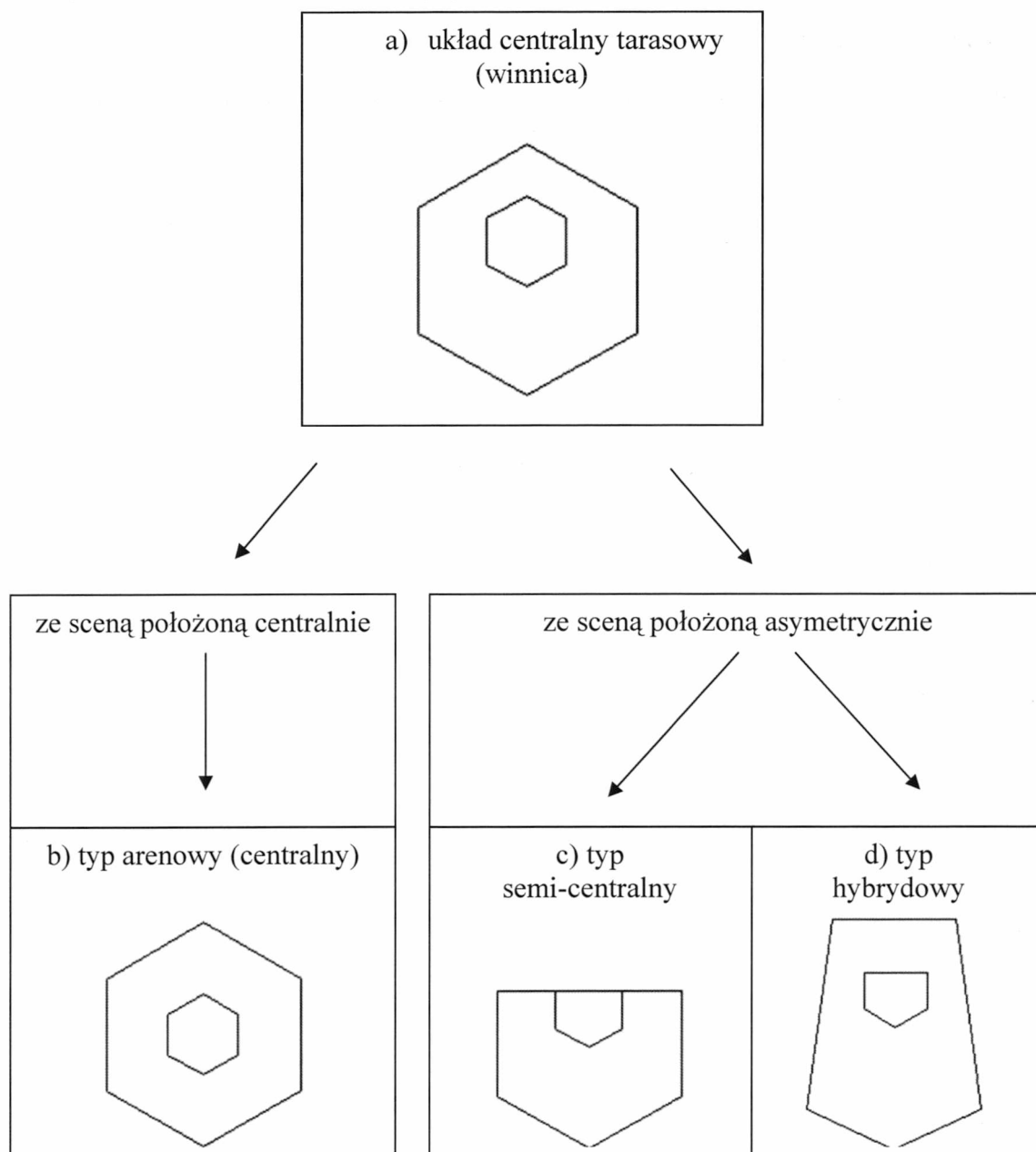
Typ arenowy – występuje w obrębie sal o konfiguracji winnicowej (rys. 68). Jest to jedyny typ charakteryzujący się pełną centralnością, w którym scena położona jest

w geometrycznym środku wnętrza i otoczona symetryczną widownią. Symetria widowni wyprowadzona jest według trzech, częściej czterech osi, ale od tej zasady odnotowano odstępstwa (np.: spiralne wnętrza MuZa w Kawasaki). Całość widowni sytuowana jest na tarasach o rzutach wielobocznych, prostokreślnych, których fronty stanowią nieodzowne, przy braku klasycznych ścian bocznych, płaszczyzny odbijające. Sale przekrywa się zwykle sufitem namiotowym, a w związku z tym maksymalną wartość wysokości wnętrza osiąga nad sceną, co wiąże się z koniecznością zawieszania w tym miejscu układów paneli akustycznych – odbijających i rozpraszających dźwięk. Przestrzeń znajdująca się nad tymi panelami służy jako komora rewerberacyjna.

Wśród przykładów sal centralnych, tarasowych w typie arenowym można wymienić: salę kameralną Filharmonii w Berlinie (1987), Music Centre Vredenburg w Utrechcie (1979) i MuZa w Kawasaki (2004).

Typ hybrydowy – obejmuje rozwiązania, w których połączono najkorzystniejsze cechy typu podstawowego układu centralnego tarasowego, z cechami występującymi w innych konfiguracjach wnętrz przeznaczonych do słuchania muzyki, np.: konfiguracji pudełkowej czy wachlarzowej (rys. 68). Rzut typu hybrydowego jest zwykle dłuższy od typu podstawowego, a szerokość wyraźnie zredukowana. Zmodyfikowane są również proporcje poszczególnych widowni, kolejno: największa jest widownia frontowa, mniejsze – przeważnie symetryczne – są widownie boczne, a najmniejsza jest widownia tylna. Przednia część widowni frontowej, zaaranżowana jest w sposób klasyczny, z odpowiednim przewyższeniem kolejnych rzędów wynikającym z wykresu dobrej widoczności. Tylne części widowni frontowej lokalizowane są na jednym, dwóch lub trzech tarasach, podobnie jak widownie boczne i tylna – w zależności od zaprojektowanej liczby miejsc. Tarasy są łagodnie wypiętrzane ku koronie widowni, a w związku z ich zmniejszoną liczbą w stosunku do typu podstawowego – wnętrza przyjmują układ horyzontalny. W układach hybrydowych najczęściej stosowane są sufity baldachimowe oraz dodatkowe ustroje wiszące nad sceną, pełniące takie same funkcje jak ustroje stosowane we wcześniejszych typach. Sale o takim rozwiązaniu są wybierane najczęściej we współczesnym projektowaniu.

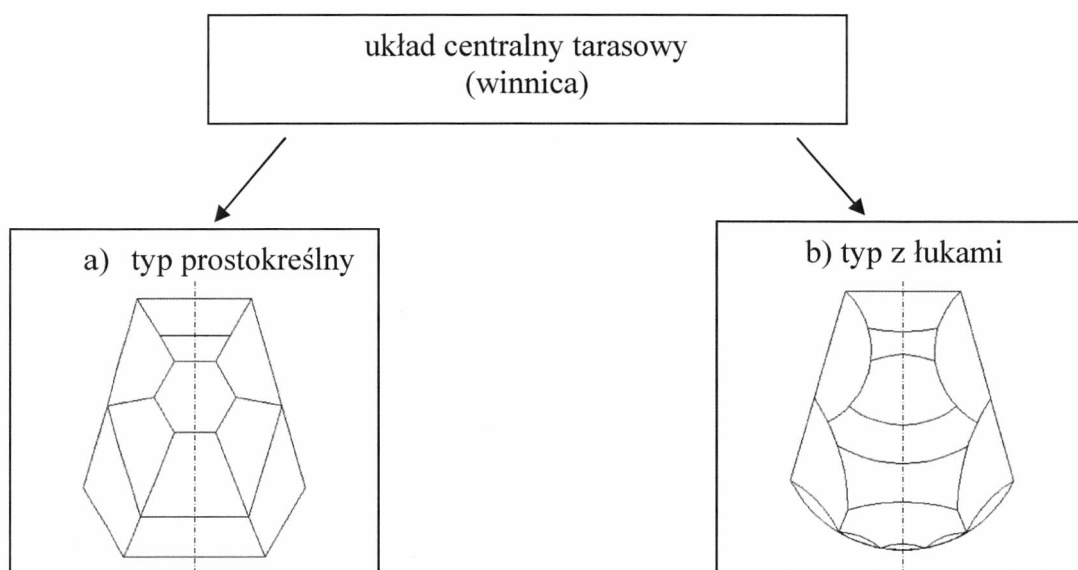
Przykładowe projekty tego typu wnętrz to: Suntory Hall Tokyo (1986), Sapporo Concert Hall „Kitara” (1997), Ryutopia Niigata City Performing Arts Center (1998), Walt Disney Hall (2003), Atlanta Symphony Center (2012).



Rys. 68. Podział układów centralnych tarasowych ze względu na kształt wnętrza: a) układ centralny tarasowy, b) typ arenowy (centralny), c) typ semi-centralny, d) typ hybrydowy [oprac. autorki]

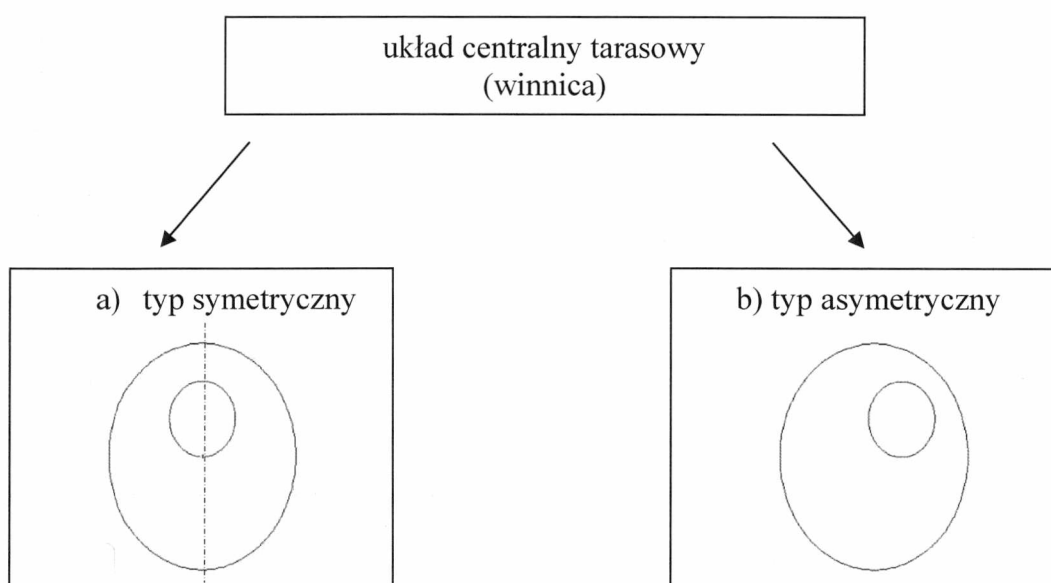
Początkowo, wszystkie sale centralne tarasowe rozwiązywano na rzutach ukształtowanych z prostych odcinków – najczęściej zestawianych w formie figur wielobocznych, nieforemnych. W 1978 roku w Boettcher Concert Hall po raz pierwszy wprowadzono łuki w projektowaniu rzutu, a w 1997 roku zaprojektowano salę Sapporo Concert Hall, w której łuki zastąpiono krzywymi Béziera. Takie rozwiązania upowszechniły się i są stosowane w większości nowo wznoszonych sal centralnych tarasowych. W związku z tymi transformacjami, można wyróżnić następujące typy rzutów

winnicowych, wyróżnianych ze względu na krzywiznę ścian: **prostokreślny** lub **z łukami**.



Rys. 69. Typ I układu centralnego tarasowego – ze względu podłużną oś symetrii: a) typ prostokreślny, b) typ z łukami [oprac. autorki]

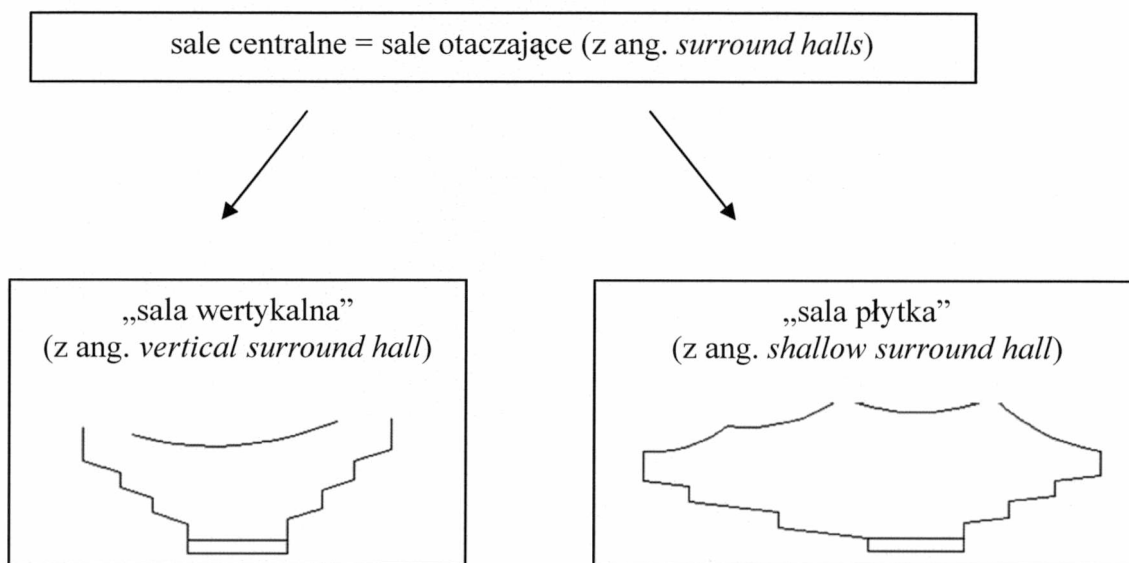
Można też wyróżnić, ze względu na symetrię układów – rozwiązania **symetryczne i asymetryczne**. Najczęściej spotyka się symetrię podłużną – według osi środkowej. W analizowanych typach arenowych, opisano symetrię według trzech i czterech osi. Sala Filharmonii w Berlinie zapoczątkowała nurt winnic, w układzie asymetrycznym, choć rzut tego obiektu wykazuje asymetrię jedynie względem niewielkich fragmentów wnętrza, np.: górnej łoży bocznej. Kolejnym rozwiązaniem tego typu jest sala Boettcher, a wśród najnowszych realizacji sala – Muza w Kawasaki.



Rys. 70. Typ II układów centralnych tarasowych – ze względu na symetrię rozplanowania: a) typ symetryczny, b) typ asymetryczny [oprac. autorki]

3.10.2. Typologia sal centralnych wg Chrisa Jaffe¹⁷⁶.

W typologii Chrisa Jaffe nie występuje pojęcie konfiguracji winnicy. Uważa on bowiem, że jest ono nieistotne¹⁷⁷. Stosuje on szerszą nazwę „surround halls” – w dosłownym tłumaczeniu: „sale otaczające”¹⁷⁸ (np. słuchacza – dźwiękiem, lub scenę – widownią), łącząc to pojęcie bezpośrednio z centralnym usytuowaniem sceny we wnętrzu. W obrębie tej typologii wyróżniono dwa zasadnicze typy: **typ wertykalny** i **typ płytki**.



Rys. 71. Typy „sal otaczających”, ze względu na głębokość [oprac. autorki wg Chrisa Jaffe]

Typ wertykalny¹⁷⁹ – obejmuje sale, w których występuje duża liczba mocno wypiętrzonych tarasów z rzędami siedzisk o znacznych „przewyżkach”. Sale w typie wertykalnym są chętnie wykorzystywane nie tylko do organizowania w nich koncertów muzyki symfonicznej, ale sale te wyróżnia możliwość osiągnięcia w nich klasycznego brzmienia dźwięku. Typ wertykalny jest trudniejszy do zaprojektowania, pod kątem architektury (linie widoczności, komunikacja pionowa) i akustyki (rozkład dźwięku bezpośredniego), niż typ płaski. Do przykładów sal tego typu można zaliczyć: salę główną Filharmonii w Berlinie i salę w Boettcher.

W **typie płytkim**¹⁸⁰ – występuje mniejsza liczba tarasów niż w sali wertykalnej, a rzędy poszczególnych siedzisk na widowni nie mają tak wysokiej przewyższki¹⁸¹.

¹⁷⁶ Opracowana na podstawie korespondencji autorki z Chrisem Jaffe.

¹⁷⁷ Autorka nie zgadza się z Chrisem Jaffe, wykazując w niniejszej pracy wagę zastosowania tarasu i układu centralnego w powstawaniu i jakości dźwięku we wnętrzu sali koncertowej.

¹⁷⁸ Surround z ang. okrążyć; otaczać.

¹⁷⁹ Vertical z ang. pionowy, wertykalny.

¹⁸⁰ Shallow, z ang. płytki, słaby.

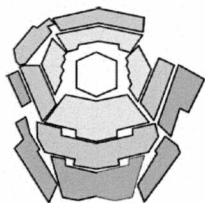
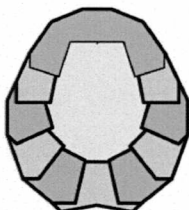
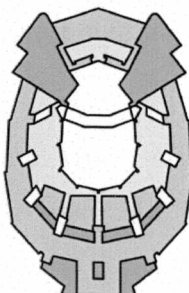
¹⁸¹ Płytką salą centralną o układzie tarasowym jest bardziej wypiętrzona niż analogicznych rozmiarów sala pudełkowa.

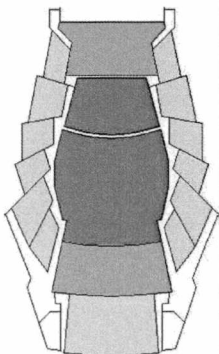
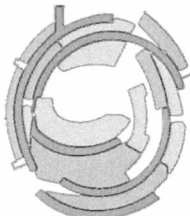
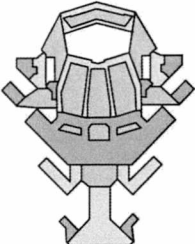
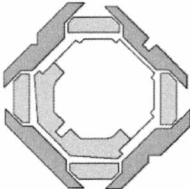
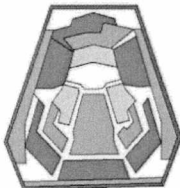
Stosunek wysokości do długości sali jest zbliżony do wartości znanych z konfiguracji pudełkowej. Sala ma charakterystykę klasycznej sali dla koncertów symfonicznych.

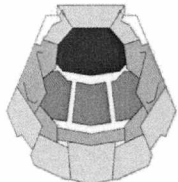
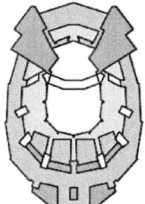
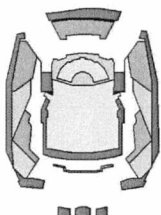
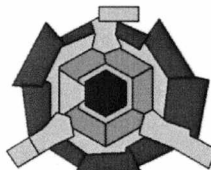
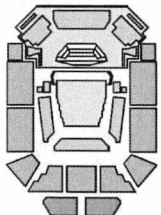
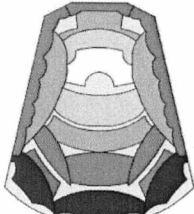
3.10.3. Podsumowanie

Podsumowanie i chronologiczne usystematyzowanie sal koncertowych omówionych w rozdziale 3, zostało zaprezentowane w poniższej tabeli z zastosowaniem opracowanej typologii. Tabela zawiera: linię czasu, nazwy, schematy rzutów i typy sal.

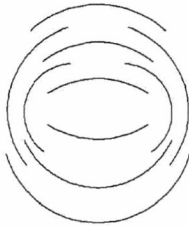
Tab. 1. Zmiany cech sal centralnych tarasowych w latach 1963 – 2009 [oprac. autorki].

Lp.	Data	Nazwa obiektu	Schemat wnętrza	Układ centralny tarasowy				Typ I		Typ II		Typ wg Jaffe	
				Winnica	Semi-centralny	Arenowy	Hybrydowy	Symetryczny	Asymetryczny	Prostokreślny	Z łukami	Wertykalny	Płaski
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.	1963	Berliner Philharmonie w Berlinie		+					+	+		+	
2.	1972	Roy Thomson Hall w Toronto			+			+		+		+	
3.	1972	Christchurch Town Hall w Christchurch			+			+		+			+

Lp.	Data	Nazwa obiektu	Schemat wnętrza	Układ centralny tarasowy				Typ I		Typ II		Typ wg Jaffe	
				Winnica	Semi-centralny	Arenowy	Hybrydowy	Symetryczny	Asymetryczny	Prostokreślny	Z łukami	Wertykalny	Płaski
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4.	1973	Sydney Opera House w Sydney					+	+		+		+	
5.	1978	Boettcher Concert Hall w Denver		+					+		+	+	
6.	1978	Sala Nezahualcoyotl w Nowym Meksyku		+				+		+			+
7.	1979	Music Centre Vredenburg w Utrechcie				+		+		+			+
8.	1981	Leipzig Gewandhaus w Lipsku					+	+		+			+

Lp.	Data	Nazwa obiektu	Schemat wnętrza	Układ centralny tarasowy				Typ I		Typ II		Typ wg Jaffe	
				Winnica	Semi-centralny	Arenowy	Hybrydowy	Symetryczny	Asymetryczny	Prostokreślny	Z łukami	Wertykalny	Płaski
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
9.	1982	St. David's Hall w Cardiff					+	+		+			+
10.	1983	Michael Fowler Centre w Wellington			+			+		+			+
11.	1986	Suntory Hall w Tokio					+	+		+			+
12.	1987	Kammermusikkollegium w Berlinie				+		+		+		+	
13.	1990	Glasgow Royal Concert Hall w Glasgow					+	+		+		+	
14.	1997	Sapporo Concert Hall „Kitara” w Sapporo					+	+			+		+

Lp.	Data	Nazwa obiektu	Schemat wnętrza	Układ centralny tarasowy				Typ I		Typ II		Typ wg Jaffe	
				Winnica	Semi-centralny	Arenowy	Hybrydowy	Symetryczny	Asymetryczny	Prostokreślny	Z łukami	Wertykalny	Płaski
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
15.	1998	Niigata City Performing Arts Center „Ryutopia” w Niigata					+	+			+		+
16.	2003	Walt Disney Hall w Los Angeles					+	+			+		+
17.	2004	Muza w Kawasaki				+			+	+		+	
18.	2005	Oriental Arts Center w Szanghaju					+	+			+		+
19.	-	Atlanta Symphony Center w Atlancie					+	+			+		+
20.	-	DR Koncerthuset w Kopenhadze		+					+	+		+	

Lp.	Data	Nazwa obiektu	Schemat wnętrza	Układ centralny				Typ I		Typ II	Typ wg Jaffe		
				Winnica	Semi-centralny	Arenowy	Hybrydowy	Symetryczny	Asymetryczny	Prostokreślny	Z łukami	Wertykalny	Płaski
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
21.	-	Elbphilharmonie Concert Hall w Hamburgu					+		+		+	+	
22.	-	La Philharmonie de Paris w Paryżu	brak danych				+	brak danych			+	+	

W oparciu o powyższe zestawienie w obrębie analizowanych 22 sal, wyodrębniono – ze względu na kształt wnętrza – 4 sale o układzie klasycznej winnicy, 3 sale o układzie semi-centralnym, 3 sale o układzie arenowym oraz 12 sal o kształcie hybrydowym, ze względu na symetrię według osi podłużnej – 16 sal symetrycznych i 5 asymetrycznych, ze względu na krzywiznę ścian: 14 prostokreślnych i 8 z łukami. Przy podziale sal o układzie centralnym tarasowym wyróżniono 10 sal o układzie wertykalnym i 12 sal płaskich.

Sformułowana w tym rozdziale typologia ma istotne znaczenie w przedstawieniu zagadnień związanych z akustyką i jej korelacją z architekturą. Służy zobrazowaniu wpływu poszczególnych rozwiązań przestrzennych wnętrz koncertowych na parametry i subiektywny odbiór dźwięku.

4. AKUSTYKA UKŁADÓW CENTRALNYCH TARASOWYCH

W XIX i XX wieku, wraz ze wzrostem zainteresowania muzyką symfoniczną, powstawały coraz większe sale koncertowe, a w stosowanych do tej pory rozwiązaniach zaczęto zwracać uwagę na brak optymalnych warunków akustycznych występujących na balkonach i na tyłach sal. Głównymi problemami we wskazanych miejscach były: brak balansu dźwięku, występowanie echa i zacieranie się brzmienia poszczególnych instrumentów, czyli niedostateczna „przejrzystość dźwięku”. Natomiast w obrębie widowni głównej dźwięk bezpośredni miał zbyt dużą odległość do przebycia, a w związku z tym tracił swoją energię akustyczną i docierał do słuchaczy osłabiony.

W XX wieku odnotowano zwiększone zainteresowanie akustyków i architektów poszukiwaniem nowych układów przestrzennych sal koncertowych i w pewnym stopniu rezygnowano ze stosowania konfiguracji pudełkowej. Częściowo wynikało to z fascynacji projektantów nowymi możliwościami w dziedzinach materiałów i konstrukcji, a częściowo z rozwoju technologii informatycznych, które zdecydowanie ułatwiały sprawdzanie rozkładu fal akustycznych w bardziej skomplikowanych wnętrzach.

W wyniku tych obserwacji projektanci w XX wieku rozpoczęli poszukiwanie korzystniejszych akustycznie układów przestrzennych. Jednym z istotnych odkryć, poczynionych w obrębie prac badawczych i projektowych II połowy XX wieku, jest układ centralny z tarasami.

4.1. Układ centralny tarasowy – zagadnienia ogólne

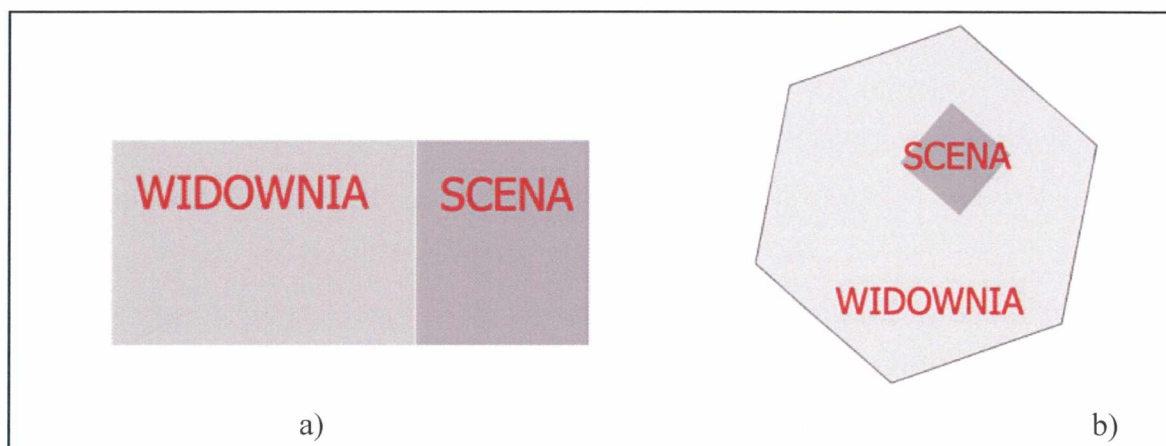
Układ centralny tarasowy (opisany w pkt. 1.1.1.) – obejmuje wnętrza sal koncertowych ze sceną położoną w środku wnętrza (środek – traktowany jest tu nieco umownie, niekoniecznie jako precyzyjnie określony środek geometryczny, czasami jest to położenie asymetryczne), otoczoną ze wszystkich stron widownią. Siedziska widowni w tego typu rozwiązaniach są pogrupowane i umieszczone na tarasach. Poszczególne tarasy wypiętrzają się w kierunku korony widowni, a powstałe między nimi ściany stanowią dodatkowe płaszczyzny służące do rozwiązania zagadnień akustyki, tj.: **zróźnicowania kierunków odbicia fal akustycznych, zapewnienia dobrego mieszania się dźwięku bezpośredniego z dźwiękiem z pierwszego odbicia bocznego, do zapewnienia powstawania intensywnych odbić wyższych rzędów¹⁸² i przy zgromadzeniu większej liczby słuchaczy niż w innych rodzajach sal.** W przekroju

¹⁸² Patrz: pkt. 1.1.3.

poprzecznym siedziska usytuowane na tarasie wznoszą się zgodnie z wykresem widoczności, w kierunku korony widowni. W układach centralnych z tarasami występują sufity baldachimowe lub namiotowe¹⁸³.

W odniesieniu do definicji tego rodzaju sal, w rozdziale trzecim zostały opisane i poddane analizie przykłady obiektów projektowanych w nurcie konfiguracji winnicowej. Cechy niektórych rozwiązań odbiegały od wzorca (tab. 1), ale należy podkreślić, że każdy z omówionych obiektów jest indywidualnym projektem architektonicznym, będącym wyrazem zamysłu autora, jak też szeregu uwarunkowań zewnętrznych (miasta, regionu i przepisów). **Elementem spajającym wszystkie sale nurtu centralnego tarasowego jest sposób dystrybucji dźwięku, odmienny niż w salach o innych układach.**

Modyfikacja sposobów dystrybucji fali akustycznej w obrębie układów centralnych tarasowych została przeprowadzona za pomocą dwóch zabiegów architektonicznych. Pierwszym z nich było centralne położenie sceny w sali (rys. 72), przez co zmniejszono odległość słuchacza od źródła. Tym samym, skrócono drogę dla dźwięku bezpośredniego, w stosunku do układów sal pudełkowych, przy porównywalnej pojemności widowni. Drugim zabiegiem było zastosowanie tarasów w celu „budowania architektury dźwięku”, co umożliwiło precyzyjną modyfikację układu odbić fal akustycznych i podzielenie wnętrza sali na mniejsze, działające indywidualnie segmenty akustyczne. Oba te zabiegi pozwoliły na wznoszenie dużych kubaturowo sal koncertowych o polu dźwięku wyróżniającym się korzystnymi parametrami akustycznymi.



Rys. 72. Położenie sceny w salach o układzie: a) pudełkowym – scena zlokalizowana z jednej strony widowni, b) tarasowym – scena otoczona przez widownię [oprac. autorki]

¹⁸³ Patrz: pkt. 4.6.2.

Ogólne potraktowanie zagadnienia akustyki sal winnicowych pozwoli na przejście do szczegółowych zagadnień, związanych z poszczególnymi parametrami opisującymi dźwięk i poszczególnymi elementami sal koncertowych, takimi jak: scena, tarasy, ściany, sufit itd.

4.1.1. Akustyka sal centralnych tarasowych

Sposób dystrybucji dźwięku w salach centralnych tarasowych został pokazany na wirtualnym modelu sali koncertowej¹⁸⁴, przygotowanym na potrzeby niniejszej dysertacji (rys. 73 i 74). Podstawa do zbudowania trójwymiarowego modelu posłużyły rzuty i przekroje wnętrza sali głównej Filharmonii w Berlinie¹⁸⁵ (karta katalogowa nr 01, s. 166).

Zarówno model, jak i przeprowadzane na nim badanie, mające na celu graficzne przedstawienie dystrybucji fali akustycznej w obrębie sali winnicowej, zostały uproszczone, w celu logicznego i jasnego zobrazowania zagadnienia. Do skonstruowania schematu rozchodzenia się fal akustycznych na widowni frontowej, wirtualnej sali o konfiguracji winnicy, obrano punkt odpowiadający położeniu głowy słuchacza. W celu uproszczenia eksperymentu założono, że punkt ten będzie odpowiadał obu uszom słuchacza jednocześnie. Jako źródło dźwięku obrano punkt, tym razem zlokalizowany na wirtualnej scenie i odpowiadający miejscu usytuowania instrumentu, z którego muzyk wydobywa dźwięk. Ze źródła dźwięku wyprowadzono trzy promienie, które przedstawiają uproszczoną drogę poruszania się fali akustycznej¹⁸⁶. Pierwsza fala napotyka na swojej drodze ścianę tarasu widowni bocznej i odbija się od niej w sposób idealny – zwierciadlany (lustrzany), zgodnie z zasadą, że kąt padania jest równy kątowi odbicia¹⁸⁷ i dociera do ucha słuchacza z boku. Następna fala odbija się już od dwóch płaszczyzn frontów tarasów i dociera do uszu słuchacza od tyłu. Jako trzecia, została pokazana fala, która odbija się od sufitu. Podobnie zachowywać się będą wszystkie fale emitowane przez źródło. Zakładając, że źródło dźwięku emituje fale akustyczne promieniście we wszystkich kierunkach, przedstawiony schemat należy przyjąć dla wszystkich źródeł dźwięku (instrumentów) znajdujących się na scenie teoretycznej sali koncertowej.

Należy przyjąć, że przedstawiony układ jest idealny, w związku z tym nie w pełni rzeczywisty. W istniejącej sali koncertowej nie jest możliwe uzyskanie perfekcyjnego

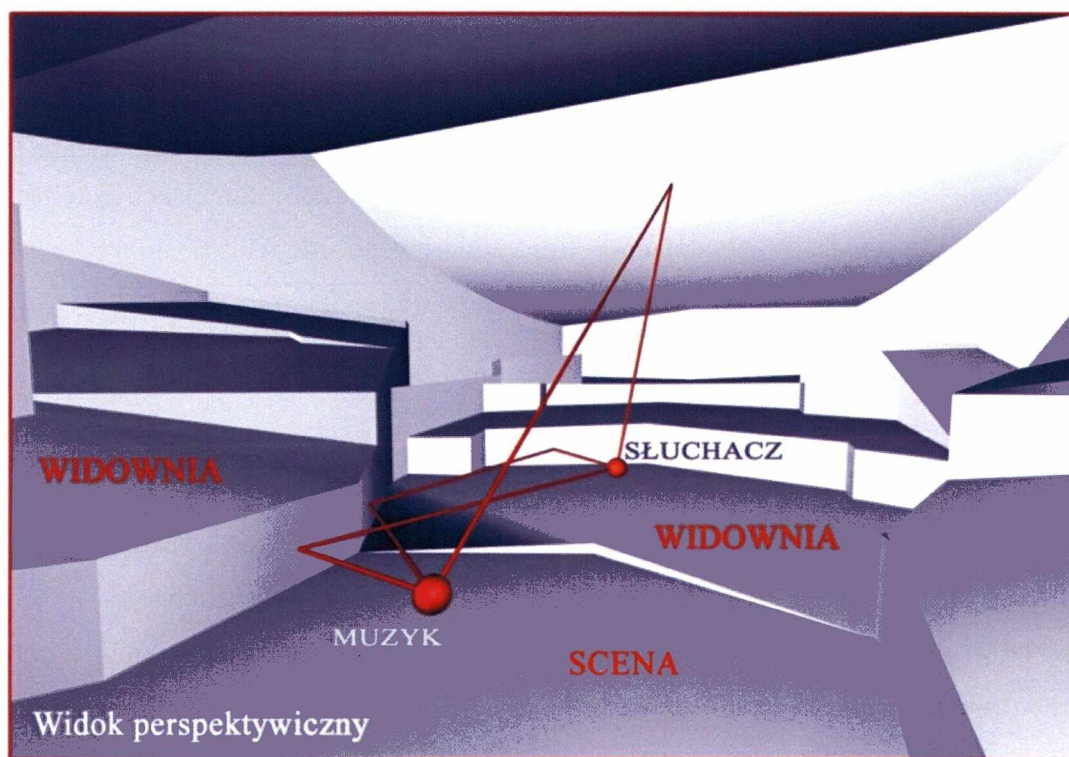
¹⁸⁴ Opracowanie autorki.

¹⁸⁵ Rzut – Wisniewski, 1993, s. 98, Wisniewski, 1993, przekrój s. 100 [Wisniewski, 1993].

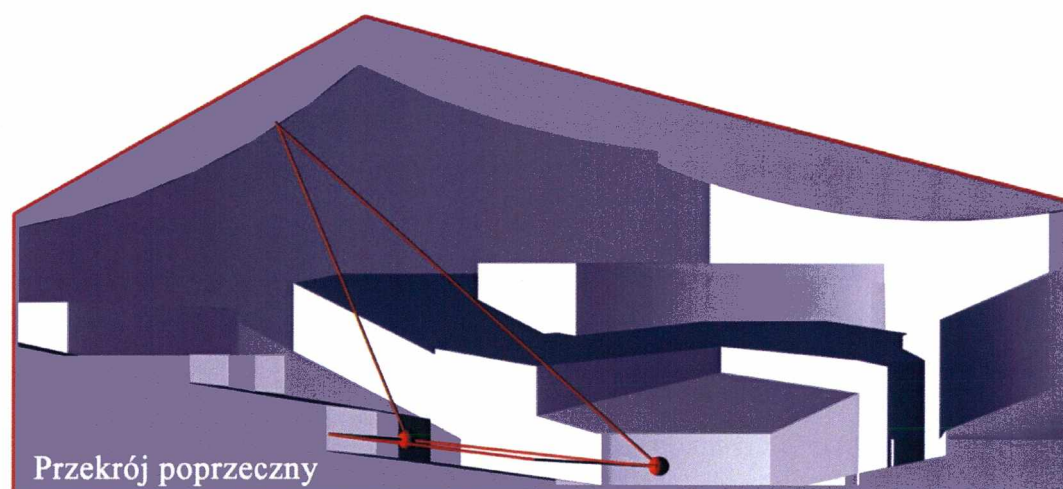
¹⁸⁶ Trasa dźwięku bezpośredniego nie została pokazana – w celu zwiększenia czytelności wykresu.

¹⁸⁷ [Kulowski, 2007, s. 24].

odbicia zwierciadlanego, ponieważ część energii niesionej przez falę akustyczną, w wyniku odbicia od przeszkody (od powierzchni ścian czy sufitu), jest przejmowana przez jej powierzchnię, a część ulega rozproszeniu¹⁸⁸.



Rys. 73. Dystrybucja dźwięku w sali o układzie winnicy – widok perspektywny [oprac. autorki]

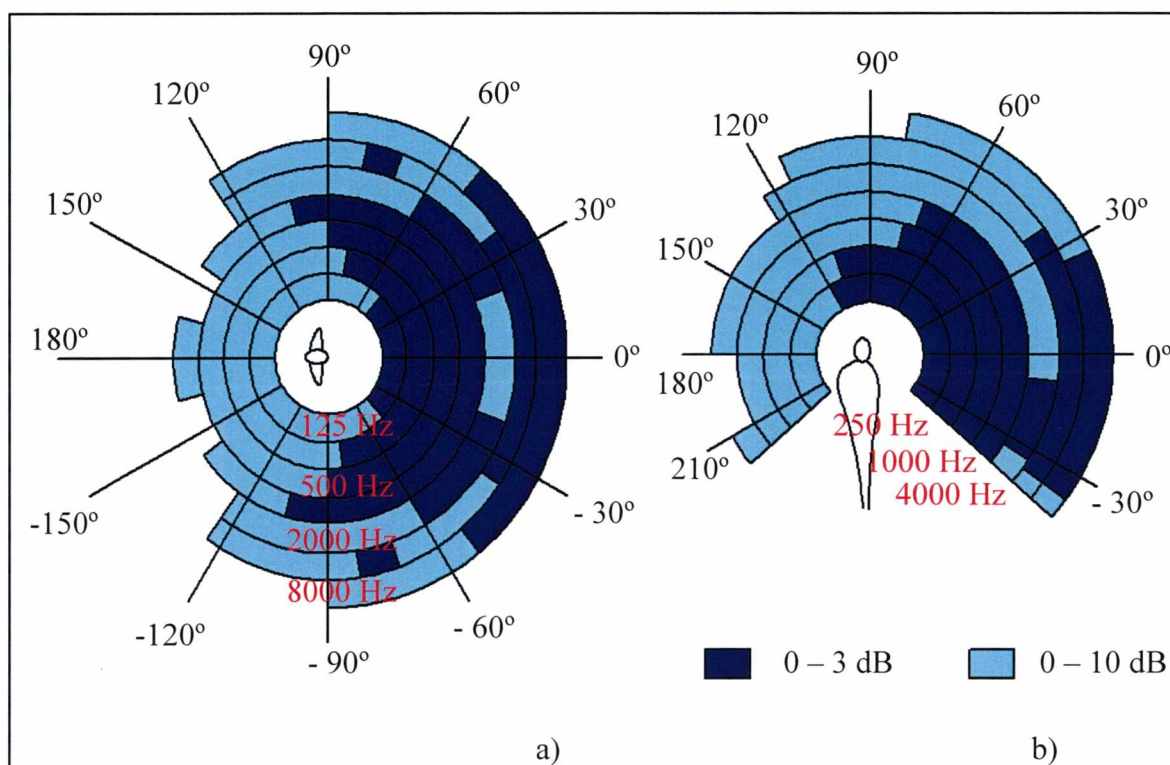


Rys. 74. Dystrybucja dźwięku w sali o układzie winnicy – przekrój poprzeczny [oprac. autorki]

Dodatkowo źródło dźwięku, np. instrument muzyczny, czy głos ludzki, nie emituje energii akustycznej o jednakowej wartości we wszystkich kierunkach, ponieważ jej część

¹⁸⁸ W naturze odbicie prawie zwierciadlane występuje jedynie w przypadku, gdy fala ma wysoką częstotliwość, a przeszkoda ma długość kilkudziesięciu metrów [Kulowski, 2007, s. 24 i 25].

ulega pochłonięciu przez ciało człowieka. Zjawisko to zmierzili i opisali akustycy Marshall i Mayer (1985) dla głosu barytonowego i przedstawili graficznie w postaci wykresu poziomu natężenia dźwięku w funkcji częstotliwości (rys. 75) i odległości pomiaru od ust śpiewaka [Barron, 1993, s. 301].



Rys. 75. Kierunkowość rozchodzenia się dźwięku od śpiewaka barytonowego – rozkład fal akustycznych: a) w rzucie b) w widoku z boku [oprac. wg: Barron, s. 301, fig. 9.4]

Ponadto, eksperyment ograniczają fizyczne uwarunkowania człowieka, wynikające z usytuowania uszu po obu stronach głowy. Stwierdzono, że najlepsza słyszalność występuje pod kątem $+55^\circ$ i -55° , od linii wyznaczonej przez środek twarzy [Kulowski, 2007, s. 23]. Opisane powyżej ograniczenia zmniejszają precyzję przedstawionego na wirtualnym modelu układu fal, ale ich zasadniczy przebieg pozostaje niezmienny.

W dalszej części pracy zostaną omówione wady i zalety stworzonego w ten sposób pola akustycznego, w powiązaniu z zagadnieniami dotyczącymi postawionych w niniejszej dysertacji tez.

4.2. Układ centralny tarasowy – zagadnienia szczegółowe. Teza I

Układ centralny tarasowy zostanie poddany szczegółowej analizie pod kątem akustyki na tle pojęć z jej zakresu, takich jak: czasu pogłosu, przestrzenność, zmieszanie pola akustycznego, barwa, przejrzystość itd. Pojęcia te istotne są również dla tezy

niniejszej rozprawy, która brzmi: **Najkorzystniejsze warunki akustyczne wśród współczesnych sal koncertowych powyżej 1800 słuchaczy, zapewniają sale o układzie centralnym tarasowym.** Wraz z omawianiem zasady działania układu centralnego tarasowego, zostanie jednocześnie przeprowadzony dowód tezy, albowiem zagadnienia działania układu centralnego tarasowego nierozzerwalnie wiążą się z możliwością uzyskania korzystnych parametrów dźwięku w salach o dużych pojemnościach widowni.

4.2.1. Czas pogłosu i głośność

Czas pogłosu jest pierwszym pojęciem z zakresu akustyki, które zostało sformułowane przez Wallace'a Clementa Sabine'a (patrz rozdz. 1). Czas pogłosu zdefiniował on jako czas, w którym natężenie dźwięku spada o 60 dB, i opisał następującym wzorem:

Wzór Sabine'a¹⁸⁹:

$$RT = 0.16 \cdot V / (A + 4mV).$$

gdzie:

V – kubatura pomieszczenia,

$$A = \sum S_i \alpha_i,$$

S_i – powierzchnia każdego rodzaju materiału pochłaniającego w sali,

α_i – współczynnik pochłaniania każdego materiału,

m – pochłanianie powietrza.

Współczesna definicja mówi, że pogłosem (rewerberacją) nazywamy stopniowe zanikanie dźwięku w wyniku wielokrotnego odbijania się i pochłaniania przez płaszczyzny ograniczające pomieszczenie, np. ściany. Prędkość zanikania dźwięku zależy od liczby odbić fali akustycznej w ciągu 1 sek.¹⁹⁰ W związku z powyższą definicją stwierdzono, że osiągnięcie optymalnego czasu pogłosu jest istotne w projektowaniu korzystnych akustycznie wnętrz sal koncertowych. Optymalny czas pogłosu jest wynikiem właściwego doboru następujących czynników [Wąsowicz, 1999]:

- rodzaju występu (mowa, muzyka),
- kubatury pomieszczenia,
- odpowiednio dobranych dźwiękochłonnych materiałów i ustrojów.

¹⁸⁹ [Beranek, 2000], tłum. z ang. autorki.

¹⁹⁰ [Opracowanie autorki na podstawie Wąsowicz, 1999].

Zdania akustyków na temat długości optymalnego czasu pogłosu są podzielone – najczęściej wskazują, że istotne jest dobranie odpowiedniej rewerberacji do rodzaju występu – czasy krótkie dla mowy, a dłuższe dla muzyki orkiestrowej. Leo Beranek [2000] twierdzi, że czas pogłosu powinien być projektowany w zależności od rodzaju wykonywanej muzyki z danego okresu:

- baroku – od 1,6 do 1,8 sek.,
- klasycznego – od 1,7 do 1,9 sek.,
- romantycznego – 1,8 do 2,0 sek.

Podsumowując te dane Beranek podaje, że wartości optymalne czasu pogłosu dla sal koncertowych liczących między 1600 a 2800, w tym w badanych układach centralnych tarasowych, miejsc wahają się w granicach od 1,8 do 1,9 sek. Analiza przykładów istniejących (tab. 2) wskazuje, że w salach o przytoczonej pojemności czasy te wynoszą od 2 do 2,5 sek., a najczęściej – 2 sek.

Tab. 2. Porównanie czasu pogłosu sal o widowni liczącej od 1600 do 2800 osób [oprac. autorki]

Lp.	Nazwa sali	Liczba miejsc	Czas pogłosu [sek.]	Konfiguracja sali
1	Filharmonia w Berlinie	2440	1,6–1,8	centralna z tarasami
2	Walt Disney Concert Hall	2280	2	centralna z tarasami
3	Sapporo Concert Hall	2011	2	centralna z tarasami
4	Kyoto Concert Hall	1838	2	pudełkowa
5	St. David's Hall	1682	2	centralna z tarasami
6	Christchurch Town Hall	2338	2,3	semi-centralna
7	Roy Tompson Hall	2812	2–2,5	semi-centralna
8	Fukushima Concert Hall	1000	2,5 ¹⁹¹	centralna z tarasami

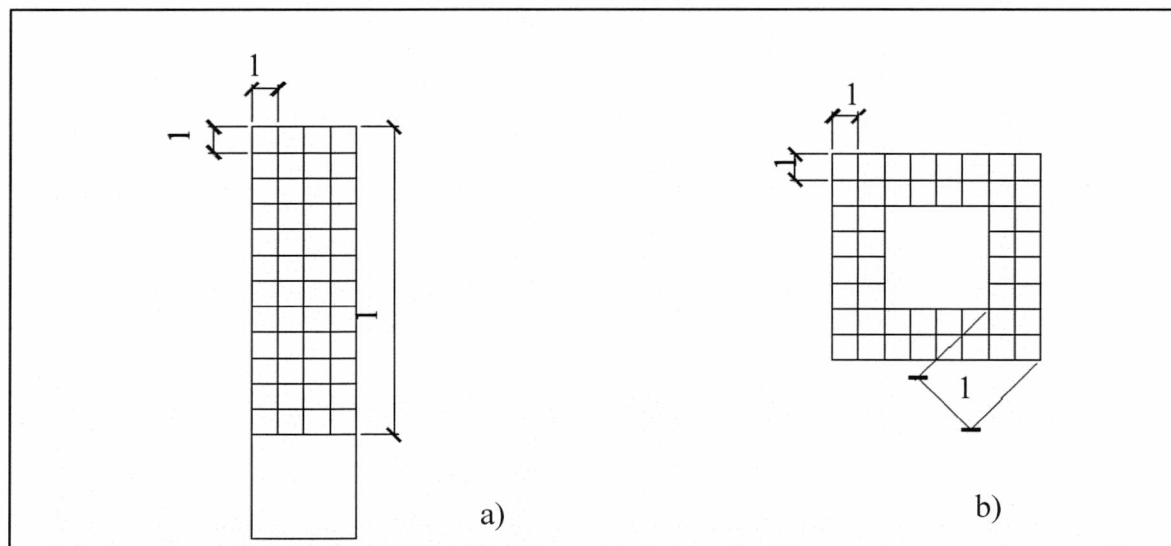
Czas pogłosu, wg podanych zależności, ma ścisły związek z ukształtowaniem architektonicznym wnętrza sali. Zwiększanie kubatury powoduje wydłużanie czasu pogłosu. Źródła podają różne wartości liczby miejsc na widowni sal koncertowych, przy których sale pudełkowe zachowują swoje korzystne walory akustyczne¹⁹². Przeskalowywanie wymiarów wnętrza poza graniczne wartości powodowało nadmierne i niekorzystne wydłużanie czasu pogłosu (patrz rozdz. 2). W salach centralnych tarasowych, poprzez rozłożenie widowni wypiętrzającej się wokół sceny, można umieścić

¹⁹¹ Przedłużenie czasu pogłosu do 2,5 sekundy wykorzystuje się w salach, w których zastosowano organy. Zastosowanie takiego czasu w sali wielofunkcyjnej spowoduje pogorszenie zrozumiałości muzyki i mowy.

¹⁹² Analizę zagadnienia granicznej wartości pojemności widowni względem korzystnych parametrów akustycznych prezentuje następny punkt dysertacji.

większą liczbę słuchaczy, w relatywnie mniejszej kubaturze. Co za tym idzie dowieść częściowo – ze względu na czas pogłosu – twierdzenie, że układy centralne tarasowe są korzystniejsze przy rozwiązywaniu sal o dużej widowni. W celu udowodnienia powyższego założenia przeprowadzono symulację wartości kubatur na prostym schemacie przestrzennym układu pudełkowego i układu centralnego tarasowego.

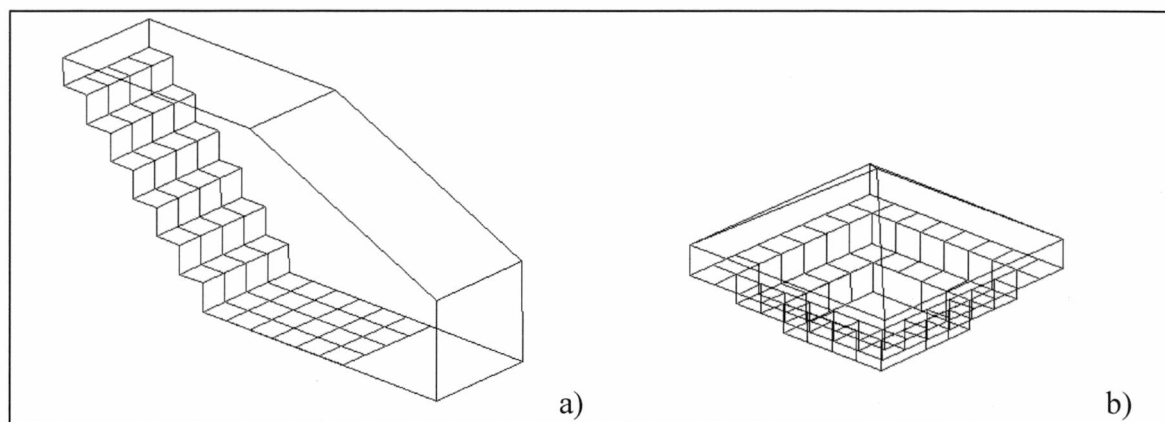
Rzuty obiektów teoretycznych (pudełkowego i centralnego tarasowego) przedstawiono na schemacie (rys. 76). W obu typach sal teoretyczne miejsce widza oznaczono kwadratem o boku jednostkowym 1x1 (modułem), a scenę kwadratem o boku 4x4. W przypadku sali centralnej, scenę otoczono ze wszystkich stron miejscami, w sali pudełkowej zaś ułożono wszystkie miejsca w prostokąt przed sceną, zgodnie z układem siedzisk w tego typu widowniach. W obu przykładach liczba prostokątów o wielkości 1x1 wynosi 48. Dla każdego z obiektów przygotowano symulację kubatury, ograniczonej przez wypiętrzone miejsca. Przewyższenie teoretycznych rzędów ustalono na 1 jednostkę. Dla sali winnicowej zastosowano pełne wypiętrzenie, z uproszczonym dachem namiotowym, a dla sali pudełkowej wypiętrzenie częściowe – z dodatkowym ścięciem uzyskanej bryły nad sceną (rys. 77).



Rys. 76. Teoretyczny schemat układu: a) pudełkowego i b) centralnego – rzuty sal o tej samej liczbie miejsc (dla takiego samego modułu miejsca) [oprac. autorki]

Na podstawie modeli trójwymiarowych obliczono kubatury, które wynoszą odpowiednio: 168 jednostek sześciennych – dla sali winnicowej i 308 jednostek sześciennych – dla sali pudełkowej. W związku z tym stwierdzono, że dla takiej samej liczebności widowni w sali pudełkowej należy zastosować prawie dwukrotnie większą

objętość pomieszczenia niż w przypadku wnętrza centralnego tarasowego. W przypadku projektowania widowni o liczebności 1800 miejsc, ze względu na kubaturę, czas pogłosu wydłuża się powyżej optymalnych 2 sek. Ograniczanie zatem kubatury możliwe jest w przypadku zaprojektowania sali w układzie centralnym tarasowym.



Rys. 77. Teoretyczny bryłowy schemat układu: a) pudełkowego, b) centralnego – aksonometrie sal o tej samej liczbie miejsc (dla takiego samego modułu miejsca) [oprac. autorki]

Dodatkowo za pomocą wykonanego porównania dowiedziono, że odległość ostatniego widza od sceny, w sali pudełkowej, wynosi 12 jednostek teoretycznych, podczas gdy w sali centralnej z tarasami zaledwie – 2,83 jednostki teoretycznej, przy tej samej liczbie słuchaczy – co jest wartością czterokrotnie mniejszą. Zbliżanie widzów do sceny, czyli źródła dźwięku, ma również korzystny wpływ na inny podstawowy akustyczny parametr, tj. na głośność¹⁹³. W pomieszczeniu biurowym ucho ludzkie jest wyczulone na zmiany natężenia dźwięku w zakresie od 5 do 10 dB, zaś w sali koncertowej zmiana wartości natężenia dźwięku od 1 do 2 dB, jest już dobrze słyszalna [O’Keefe, 2007].

W małych salach koncertowych dobrą głośność zapewnia niewielka odległość słuchaczy od źródła dźwięku, gdy dociera do nich dźwięk bezpośredni. W dużych salach, energia akustyczna fali, szczególnie dla niskich częstotliwości, szybko słabnie w trakcie przemieszczania się przez powietrze. Stąd też redukowanie kubatur dużych sal koncertowych i odległości słuchacza od źródła dźwięku, uznaje się za korzystne. Powyższe stwierdzenia zamykają pierwszy częściowy dowód tezy.

4.2.2. Liczba miejsc w sali koncertowej

Podana w pierwszej tezie, niniejszej dysertacji, graniczna liczba 1800 miejsc na widowni w celu zapewnienia korzystnych parametrów akustycznych sal pudełkowych, jest

¹⁹³ Patrz: rozdz. 1.

wartością uśrednioną, wynikającą z przeprowadzonych analiz porównawczych istniejących sal koncertowych oraz stwierdzeń zawartych w literaturze i podczas dyskusji naukowych. Według Yasuhisa Toyoty jest to wielkość 1600 osób [Toyota, 2001], a według Barrona –2000 osób [Barron, 1993]. Poniższe tabele przedstawiają analizę liczby miejsc w salach koncertowych uznanych przez akustyków i muzyków za najlepsze sale koncertowe na świecie¹⁹⁴ (tab. 3 – dla sal pudełkowych, tab. 4 – dla sal winnicowych).

Tab. 3. Liczba miejsc w analizowanych salach pudełkowych [oprac. autorki]

L p.	Nazwa sali, miejscowość	Rok powstania	Liczba miejsc
1	Stadt-Casino, Bazylea	1779	1448
2	Konzerthaus, Berlin	1821	1507/1677
3	Grosser Tonhalle, Zurich	1856 (1930 ¹⁹⁵)	1546
4	Grosser Musikvereinssaal, Wiedeń	1870	1680
5	Royal Liverpool Philharmonic, Liverpool	1939	1767
6	Herkulesaal, Monachium	1953	1287
7	Town Hall, Watford	1940	1586
8	Royal Festival Hall, Londyn	1951	2645 ¹⁹⁶
9	Minnesota Orchestra Association Orchestra Hall, Minneapolis	1974 (1993) ¹⁹⁷	2450
10	Seiji Ozawa Hall, Massachusetts	1994	1180
11	Concert Hall, Kyoto	1995	1839

Analizując dane z powyższej tabeli opracowane dla sal pudełkowych można stwierdzić, że 27% do 1500 miejsc na widowni, 55% sal – do 1800 miejsc, natomiast 18% sal ma widownię powyżej 2000 miejsc. Zestawienie sal koncertowych o układach pudełkowych wskazuje, że ich widownie zawierają się między 1180 a 2645 miejsc, ale przeważająca liczba wewnątrz oscyluje w granicach od 1500 do 1800 miejsc, ze względu na dobre parametry akustyczne. W dalszej części opracowania przedstawiono charakterystyki wybranych z tabeli obiektów.

Sala Grosser Musikvereinssaal w Wiedniu (architektura Th. Hansen) (tab. 3. p. 4), zaprojektowana w konfiguracji pudełkowej i wniesiona na planie prostokąta (widownia na 1680 miejsc), do dziś stanowi wzorzec akustyczny dla współczesnych obiektów. Jej ściany i sufit pokryto dekoracją, która rozprasza i modyfikuje odbijaną falę akustyczną¹⁹⁸. Dodatkowe nieregularności ścian zostały stworzone przez zastosowanie podłużnych okien, dużej liczby par drzwi i rzeźb. Sufit zawieszony stosunkowo wysoko, pozwala na

¹⁹⁴ Między innymi wg: Beranka [2000], Barrona [1993], Kułowskiego [2007].

¹⁹⁵ Data remontu.

¹⁹⁶ Zastosowano tu specjalne akustyczne rozwiązania.

¹⁹⁷ Data remontu.

¹⁹⁸ Należy podkreślić, że mniej niż 15% powierzchni sali jest pokryte drewnem [Beranek, 1996].

uzyskanie czasu pogłosu około 2 sek., przy pełnej widowni. Leo Beranek [1996, s. 181] wskazuje na akustyczne podobieństwo Boston Symphony Hall i Musikvereinssaal, z tą różnicą, że ta ostatnia jest głośniejsza.

Royal Liverpool Philharmonic w Liverpoolu (architektura: H., J. Rowse, akustyka: E. Hope Bagenal¹⁹⁹), (tab. 3. p. 5) została zaplanowana na prostokacie (widownia na 1767 miejsc). Jej front zwęża się ku scenie, jak ma to miejsce w salach wachlarzowych – z widownią podzieloną w połowie długości na dwie części, z których tylną umieszczono na balkonie. Projektanci filharmonii czerpali inspirację zarówno z tradycji sal pudełkowych, jak i nowych idei realizowanych przez Wallace’a Clementa Sabine’a. Sufit został rozrzeźbiony i wyprofilowany, aby kierować odbicia w stronę tyłu widowni. Dźwięk w sali charakteryzuje się dobrą „przejrzystością”, ale ekspozycja detali muzycznych wskazuje jednak na zbyt mały czas pogłosu – 1,5 sek.

Seiji Ozawa Hall (tab. 3. p. 11) zbudowane w Lenox w Massachusetts (architektura W. Rawn), wymodelowano w oparciu o opisaną powyżej Musikvereinssaal. Sala ta została wzniesiona w konfiguracji pudełkowej, z dwoma rzędami balkonów (widownia na 1180 miejsc). Ściany betonowe oraz sufit zostały wykonane jako grube, co sprzyja doskonałemu odbiciu fal o niższych częstotliwościach. Na powierzchniach tych zastosowano nieregularności, m.in. wąskie okna, których zadaniem jest zapobieganie powstawianiu echa trzepoczącego i rozpraszanie fal akustycznych. Wnętrze cechuje duża przestrzenność brzmienia, dzięki zwielokrotnionym, mocnym odbiciom dźwięku, tworzącym się w skutek niewielkiej wartości szerokości sali.

Tab. 4. Liczba miejsc w salach centralnych tarasowych [oprac. autorki]

L p.	Nazwa sali, miejscowość	Rok powstania	Liczba miejsc
1	Filharmonia w Berlinie	1963	2440
2	Opera House, Sydney	1973	2700
3	Roy Thompson Hall, Toronto	1972	2 812
4	Christchurch Town Hall, Christchurch	1972	2338
5	Sala Nezahualcoyotl, Nowy Meksyk	1978	2436
6	Boettcher Concert Hall, Denver	1978	2750
7	Music Centre Vredenburg, Utrecht	1979	1700
8	Leipzig Gewandhaus, Lipsk	1981	1900
9	St. David’s Hall, Cardiff	1982	1682
10	Michael Fowler Centre, Wellington	1983	2566
11	Suntory Hall, Tokyo	1986	2006
12	Royal Concert Hall, Glasgow	1990	2475
13	Kitara Concert Hall, Sapporo	1997	2008

¹⁹⁹ Bagenal (Philip) Hope Edward (1888–1979) – teoretyk architektury i akustyk [Oxford Biography Index entry, 2008].

L p.	Nazwa sali, miejscowość	Rok powstania	Liczba miejsc
14	City Performing Arts Center, Niigata	1998	2000
15	Walt Disney Hall, Los Angeles	2003	2265
16	Muza, Kawasaki	2004	1997
17	Oriental Art Center, Shanghai	2005	1979
18	Symphony Center, Atlanta	2012	2200

Na podstawie analizy wielkości widowni w salach o układzie centralnym tarasowym (tab. 4) stwierdzono: brak sal o widowniach mniejszych niż 1500 miejsc, 11 % sal ma widownię o liczbie miejsc do 1800, natomiast 89% sal ma widownię powyżej 2000 miejsc.

Granica korzystnej liczby miejsc na widowni nie może być określona jako wartość precyzyjnie wyznaczona i niezmienna, ponieważ zastosowanie dodatkowych ustrojów akustycznych i elektroakustycznych, może tę granicę przesunąć. Przyjmuje się zatem, że podana w tezie niniejszej pracy liczba 1800 miejsc – jest wartością przybliżoną.

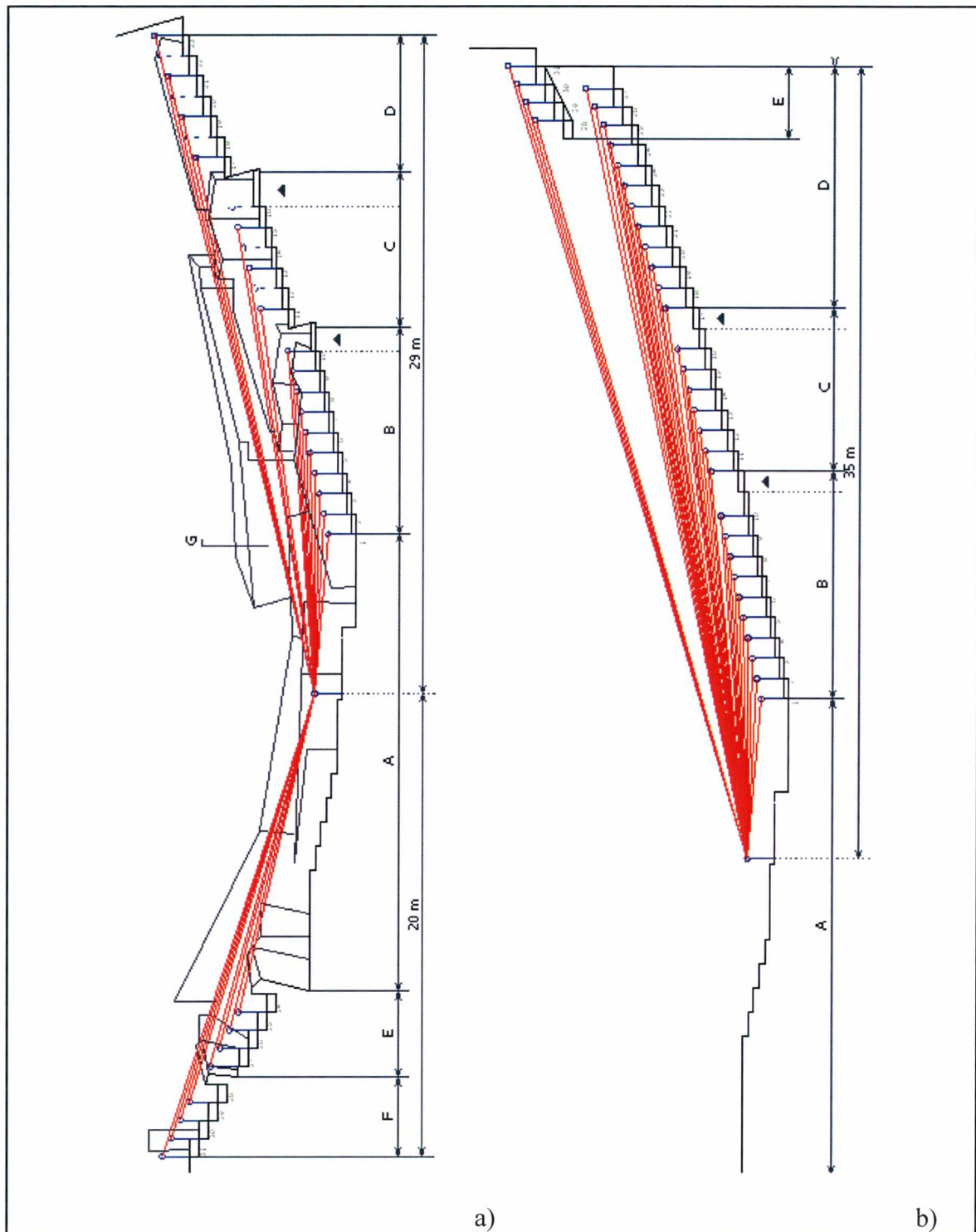
Stwierdzono, że 89% analizowanych sal o konfiguracji winnicowej i 18% analizowanych sal pudełkowych ma wielkości widowni powyżej 2000 osób (tab. 3 i 4). Projektanci obiektów koncertowych sięgają zatem chętniej do konfiguracji winnicowych w przypadku projektowania sal o dużych widowniach. Za przyczynę tego zjawiska należy uznać większe możliwości osiągnięcia przy takim rozwiązaniu, korzystniejszych parametrów akustycznych sal koncertowych, niż przy salach małych. Stwierdzenie to stanowi integralną część dowodu tezy pierwszej.

4.2.3. Odległość słuchaczy od źródła dźwięku i linie widoczności

Zmniejszanie odległości słuchaczy od źródła dźwięku jest korzystne, jeśli nie odbywa się to kosztem widoczności. Ponieważ centralne sytuowanie sceny jest ściśle związane ze stosowaniem tarasów, opisana poniżej analiza ma za zadanie zweryfikować, czy ich zastosowanie nie pogarsza parametrów wizualnych sali. Zachodziła bowiem obawa, że piętrzenie tarasów wpłynie na pogorszenie widoczności, tak jak to miało miejsce w rozwiązaniach z balkonami. Drugim celem analizy jest wykazanie, że w istniejącej sali centralnej tarasowej (nie tylko na schemacie teoretycznym) widzowie najbardziej oddaleni od sceny znajdują się bliżej niej, niż w konfiguracji pudełkowej, przy analogicznych parametrach ukształtowania rzutów i przekrojów wnętrza.

W celu przeprowadzenia analizy (rys. 78) przygotowano przekroje widowni tarasowej i klasycznej, w których każdy ze słuchaczy ma możliwość obserwacji sceny.

Schemat widoczności sali centralnej tarasowej został oparty na przykładzie filharmonii Hansa Scharouna w Berlinie, zaś – pudełkowej został wyprowadzony przy zachowaniu parametrów projektowych układu centralnego tarasowego.



Rys. 78. Wykresy widoczności – przekroje: a) sala o konfiguracji pudełkowej: A - scena, B – cz. I widowni frontowej, C – cz. II widowni frontowej, D – cz. III widowni frontowej, E – balkon, b) sala o konfiguracji winnicowej: A - scena, B – cz. I widowni frontowej, C – taras I widowni frontowej, D – taras II widowni frontowej, E – taras I widowni tylnej, F – taras II widowni tylnej [oprac. autorki]

Dla konfiguracji winnicowej przyjęto scenę otoczoną z czterech stron widownią, w jej części frontowej przyjęto głębokość rzędów – 90 cm, a ich wzniesienie 20 cm, z siedziskami ustawionymi jedno za drugim. Na pierwszym tarasie przyjęto głębokość rzędu – 90 cm, a jego wzniesienie – 25 cm, a siedziska ustawiono mijankowo. Dla drugiego tarasu, głębokość rzędu i ustawienie siedzisk pozostawiono bez zmian, natomiast zwiększono do 30 cm wartość wzniesienia rzędu. W obszarze widowni tylnej założono, że głębokości rzędów pierwszego i drugiego tarasu wynoszą 80 cm oraz ich przewyższenie 40 cm.

W przypadku analizy schematu układu pudełkowego, scenę usytuowano w sposób klasyczny – przy tylnej ścianie, a głębokości rzędów widowni frontowej przyjęto 90 cm, zaś wzniesienie rzędów – 20 cm. Boczne fragmenty widowni mają głębokości rzędów po 90 cm i wysokości kolejno: 25 i 30 cm, a w dwóch ostatnich rzędach – 40 cm. Salę pudełkową zaprojektowano z jednym balkonem, na którym usytuowano rzędy w odległości 80 cm z 40 cm przewyżką.

Usytuowanie muzyka na scenie wybrano centralnie i jednakowo dla obu przypadków, a scenę podniesiono w stosunku o 60 cm do parkietu widowni frontowej. Dla obu sal założono jednakową liczbę rzędów w przekroju – 31.

Na podstawie opisanych parametrów przygotowano przekroje sali i wykresy widoczności. Nie stwierdzono zacieniania linii widoczności w żadnym z przebadanych przypadków. Uzyskano odległość maksymalną od muzyka do ostatniego widza a) w sali winnicowej – 29 m, b) w sali pudełkowej – 35 m. Przybliżono w ten sposób ostatnich widzów o 6 m w kierunku źródła, co jest kolejnym potwierdzeniem postawionej tezy.

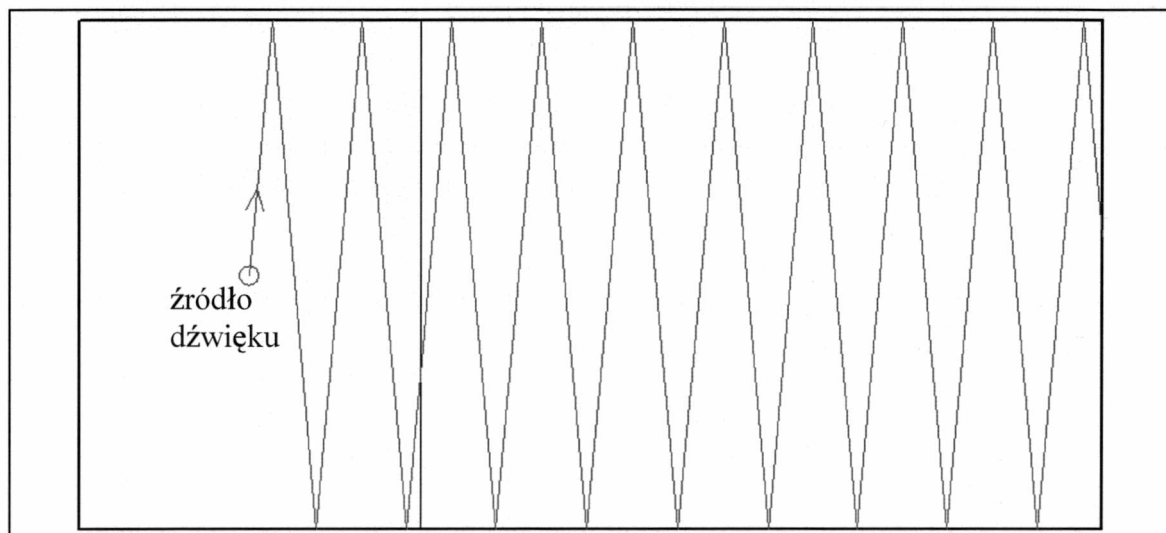
4.2.4. Układ powierzchni odbijających

Użycie tarasów w konfiguracji winnicowej pozwoliło na wprowadzenie nie tylko dodatkowych powierzchni odbijających, poprawiając tym samym akustykę wnętrza, ale także pozwoliło na uniknięcie równoległości płaszczyzn ścian, powodujących niekorzystne zjawisko akustyczne, tzw. *echo trzepoczące*²⁰⁰ (rys. 79).

W sali pudełkowej, w systemie tworzenia odbić bocznych, dominują zasadniczo dwie duże równoległe płaszczyzny – ściany boczne. Dodatkowe odbicia powstają na ścianie za orkiestrą i na ścianie tylnej, za widownią (przeważnie odbicia te są wytłumiane).

²⁰⁰ Echem trzepoczącym nazywamy zwielokrotnienie fali akustycznej, która – odbita od ściany bocznej – przemierza wnętrze wielokrotnie. Powoduje to nałożenie się tego samego dźwięku na siebie, odbierane jako zniekształcenie mowy i muzyki. [Barron, 1993, s. 26]

Czynny akustycznie jest również sufit, z którego fale akustyczne kierowane są na widownię, której posadzka, wraz z siedziskami, mocno absorbuje dźwięk. Opisany układ akustyczny sprzyja powstawaniu tzw. dźwięku twardego²⁰¹ i echa trzepoczącego.



Rys. 79. Zwielokrotnienie odbicia bocznego, tzw. echo trzepoczące [oprac. wg: Barron, 1993, s. 26, Fig. 2.24]

W celu uniknięcia tego niekorzystnego zjawiska echa trzepoczącego, wprowadza się do wnętrza dodatkowe podziały ścian na poziome lub pionowe pola, których powierzchnie ustawia się pod różnymi kątami i na różnych głębokościach wobec siebie. Sale pudełkowe wzbogaca się odpowiednimi panelami akustycznymi z różnorodnych materiałów (drewno, sklejką, szkło, akryl, płyta gipsowa etc.), których kąt i wysokość można dostosowywać, w zależności od rodzajów muzyki. W przeciwieństwie do opisanego przypadku sali o konfiguracji pudełkowej, w układach winnicowych ściany tarasów stanowią formę paneli akustycznych. Precyzyjne obliczanie kątów ich ustawienia w rzucie i nachylenia w kierunku widowni pozwala na uniknięcie echa trzepoczącego. Wykazywano zatem, że układ powierzchni odbijających w konfiguracji centralnej tarasowej jest korzystniejszy – niż w sali pudełkowej – ze względu na brak ścian równoległych do siebie. W przypadku wnętrza koncertowych dużych kubatury łatwiej jest wyeliminować zjawisko echa trzepoczącego za pomocą ścian tarasów niż za pomocą stosowania dodatkowych paneli akustycznych na ścianach bocznych. Stwierdzenie to należy również potraktować jako potwierdzenie tezy pierwszej.

²⁰¹ Dźwięk „twardy” – charakterystyczny dla sal pudełkowych, mający czyste, przejrzyste brzmienie, z wyraźnym rozdzieleniem poszczególnych linii melodycznych – powstaje w wyniku zmieszania dźwięku bezpośredniego z odbiciem od gładkich powierzchni ścian bocznych i sufitu.

4.2.5. „Przejrzystość dźwięku”

„Przejrzystością dźwięku” nazywamy *balans między odbieranym dźwiękiem bezpośrednim, a pogłosem, który może być szczególnie delikatny w czasie słuchania muzyki i wyrażamy za pomocą zależności logarytmicznej:*

$$10 \log \frac{\text{energia docierająca w ciągu 80 ms z dźwiękiem bezpośrednim}}{\text{energia docierająca po 80 ms po dźwięku bezpośrednim}}$$

gdzie, energia w ciągu pierwszych 80 ms obejmuje tę pochodzącą zarówno z dźwięku bezpośredniego, jak i wczesnych odbić²⁰².

Przekładając definicję na praktykę, stwierdza się, że jeśli dźwięki odbite dojdą do słuchacza w odpowiednio krótkim czasie, około 50–80 ms²⁰³, czystość dźwięku zostanie zachowana. Znaczenie ma też kierunek, z którego dochodzą odbicia fal, a najbardziej wartościowe są te ukierunkowane z boku głowy słuchacza, w płaszczyźnie poziomej do uszu [Kulowski, 2007, s. 94], co wynika z fizycznej budowy głowy ludzkiej [Barron, 1993, s. 40].

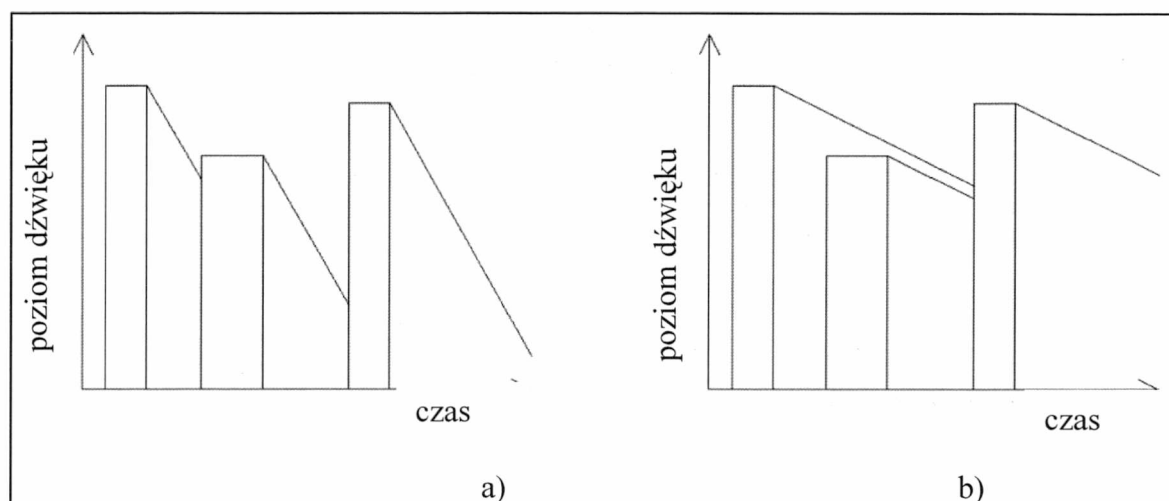
Układ odbić i czas ich dochodzenia do słuchaczy zależy od właściwego projektu kształtu wnętrza. Gdy odległość płaszczyzny odbijającej dźwięk od widza i od źródła dźwięku jest właściwa, czystość odbioru muzyki i mowy będzie zachowana. Jeśli dźwięk odbity dotrze za późno, nałoży się z nowym dźwiękiem bezpośrednim, a przekaz stanie się niezrozumiały. Duże płaszczyzny ścian bocznych, w sali pudełkowej, umożliwiają powstawanie odbić bocznych. Jeśli jednak widowni w sali przekroczy liczbę 1800-2000 miejsc, a jej szerokość wzrośnie, odbicia dźwięku od ścian bocznych będą miały do pokonania duże odległości i dojdą do słuchacza po czasie dłuższym od 80 ms – zakłócając dźwięk bezpośredni.

John O’Keefe [1998] podkreśla, że w utworach muzycznych nie zachowuje się przerw między dźwiękami rzędu 2 sek., w celu ich wybrzmienia. W rzeczywistości, nuty występują po sobie w czasie ułamków sekund. W języku angielskim czas ten zwany jest *Initial Time Delay Gap (ITDG)*, czyli opóźnienie dojścia pierwszego odbicia. Różnicę pomiędzy zanikaniem poziomu dźwięku w sali o odpowiednio krótkim czasie pogłosu i nadmiernie wydłużonym przedstawia poniższy schemat (rys. 80). W przypadku gdy czas

²⁰² Cytat nie wprost za Barron’em [1993, s. 24, 42], tłum. z ang. autorka.

²⁰³ W zależności od źródła.

trwania tych dźwięków we wnętrzu będzie za krótki, dźwięk wyda się suchy i płaski, bez należytą mu głębi, a gdy czas ten będzie za długi – nastąpi zanik wyrazistości artykulacji.



Rys. 80. Zanikanie poziomu dźwięków następujących po sobie w salach: a) z odpowiednim wczesnym czasem pogłosu, b) z za długim wczesnym czasem pogłosu. [oprac. wg: Barron, 1993, Figure 2.12 s. 18]

Zostało dowiedzione, że w sali o układzie winnicowym, słuchacze są usytuowani bliżej źródła dźwięku²⁰⁴, co powoduje skrócenie drogi dźwięku odbitego między powierzchnią odbijającą a słuchaczem. W związku z tym, zakłócenie przejrzystości dźwięku występuje tu zdecydowanie rzadziej niż w dużych salach pudełkowych. Co więcej, ściany tarasów, które wprowadzone są bezpośrednio w przestrzeń widowni – zapewniają dodatkowe odbicia boczne dźwięku. Lokalizacja ścian tarasów bezpośrednio przy słuchaczach jest bardzo korzystna akustycznie.

W trakcie przeprowadzania kolejnego dowodu częściowego tezy niniejszej dysertacji, stwierdzono, że przy wielkości widowni powyżej 1800 słuchaczy w salach o układzie centralnym tarasowym, „przejrzystość dźwięku”, można uzyskać łatwiej niż w salach o konfiguracji pudełkowej.

4.2.6. „Przestrzenność dźwięku”

Najprostszą definicją „przestrzenności dźwięku”,²⁰⁵ (wrażenia przestrzenności dźwięku), która określa subiektywne wrażenie słuchowe, mogą być słowa dyrektora Concertgebou w Amsterdamie, któremu przypisuje się stwierdzenie: *jest to różnica bycia zanurzonym w dźwięku, a patrzenia nań, jak gdyby przez okno* [O’Keefe, 1998]²⁰⁶.

²⁰⁴ Patrz: pkt. 4.1.2.

²⁰⁵ Przestrzenność dźwięku została po raz pierwszy opisana przez Marshalla w 1967 r. [Barron, 1993, s. 38].

²⁰⁶ Tłum. z ang. autorka.

Założyć można, że wrażenie przestrzenności dźwięku powstaje, gdy dźwięk dochodzi do słuchacza niemalże ze wszystkich kierunków²⁰⁷. Na podstawie zamieszczonych wcześniej ilustracji modelu wirtualnego sali o konfiguracji centralnej tarasowej dowiedziono, że dźwięk obija się wielokrotnie w sali, docierając do słuchacza nawet od tyłu.

Definicja wrażenia przestrzenności dźwięku jest jednak zdecydowanie bardziej skomplikowana. Powstawanie zjawiska *stereofoniczności* wiąże się z pojęciem *Interaural Cross Correlation*, czyli „współczynnikiem korelacji międzyuszej wzajemnej – IACC”²⁰⁸, i definiowane jest jako różnica pomiędzy sygnałami odbieranymi przez jedną osobę w obu uszach. Współczynnik IACC²⁰⁹ może przyjmować wartość w zakresie od +1 do -1. W przypadku, gdy wartość wynosi -1, sygnał jest identyczny dla obojga uszu, ale fale dźwiękowe dochodzą opóźnione względem siebie. Gdy wartość ta wynosi +1, sygnały są identyczne i docierają w tym samym czasie do słuchacza. W przypadku gdy IACC wynosi 0, sygnał dla każdego ucha jest zupełnie inny. Jeśli bezpośrednio przed lub za słuchaczem umieszone zostanie monofoniczne źródło dźwięku, to wartość współczynnika IACC będzie wynosić +1, a gdy źródło dźwięku zostanie przesunięte względem słuchacza w bok, współczynnik osiągnie wartości mniejsze niż +1. *Zalecane wartości tego parametru, dla dużych sal koncertowych, wynoszą od 0,14 do 0,5*²¹⁰, wtedy w sali koncertowej bardziej odczuwalna będzie przestrzenność i przyjemniejszy dźwięk dla ucha. Dowodzi to, że korzystny dla słuchacza jest asymetryczny rozkład dźwięków wokół jego głowy [Kulowski, 2007, s. 89], co łatwo uzyskać w salach o układzie centralnym tarasowym.

Według Marshalla i Barrona o stereofoniczności decyduje tzw. ułamek boczny²¹¹. W związku z rozbieżnościami na temat tego czynnika przyjęto, że za „przeźrenność dźwięku” odpowiada kilka zmiennych, nad którymi prowadzi się badania. Dlatego też trudno jest obecnie porównać przeźrenność sal pudełkowych z salami centralnymi tarasowymi.

W przypadku najprostszego rozumienia „przeźrenności”, jako „otoczenia

²⁰⁷ Píše o tym również Kulowski [1997, s. 89], jako o „słyszaniu stereofonicznym”.

²⁰⁸ Tłum. Krzysztof Rudno-Rudziński.

²⁰⁹ Pomiar IACC odbywa się na podstawie nagrania cyfrowego, wykonanego za pomocą małych mikrofonów, które umieszczane są na manekinie w miejscu wejścia do kanałów uszu ludzkich. Program komputerowy przetwarza ten dźwięk tak, aby uzyskać różnicę, jaka występuje między dwojgiem uszu tej samej osoby. IACC definiuje się w pasmie częstotliwości 100 – 8000 Hz, w czasie od 0 do 1 sek. [oprac. wg Dirac Delta Consultants Limited, 2001-2008].

²¹⁰ Szerzej o tym zagadnieniu :<http://www.4sound.pl/Artykuly-parametry%20akustyczne.php>, 2007.

²¹¹ Z ang. *lateral fraction*.

dźwiękiem”, można stwierdzić, że w sali winnicowej uzyskujemy takie otoczenie, w którym do uszu słuchaczy docierają dźwięki: bezpośredni, boczny odbity od różnych płaszczyzn, dochodzący z różnych kierunków i odległości, dźwięki odbite z tyłu i z góry, zatem efekt ten jest łatwiej uzyskać w salach centralnych tarasowych, niż pozostałych układach wnętrza koncertowych.

4.2.7. „Barwa i” „bogactwo” dźwięku

Kolejnymi ważnymi parametrami sal koncertowych są „barwa” i „bogactwo” dźwięku. Mimo subiektywności tych zjawisk, zostały one częściowo opisane przez akustyków.

Za cechę określaną „ciepłem” barwy dźwięków odpowiada ilość basów (fal o niskich częstotliwościach) obecna w dźwięku dochodzącym do słuchaczy. Wykazano zależność pomiędzy odbiorem „ciepła dźwięku” a siłą pola odbić niskich częstotliwości i jego relacji w stosunku do dźwięku bezpośredniego. Jest to energia o częstotliwościach poniżej 250 Hz, docierająca do uszu słuchaczy w czasie od 75 do 300 ms, po dźwięku bezpośrednim. Parametry te są niezależne od użytych materiałów²¹². Nie ma też prawidłowości, w których salach – klasycznych czy współczesnych – efekt ten jest łatwiej uzyskać. Wynika to między innymi z zastosowania dodatkowych przestrzeni, w których dźwięk może się rozwinąć (wybrzmieć). W omówionych przykładach sal o konfiguracji winnicy występuje projektowanie tego efektu, poprzez stworzenie dodatkowej przestrzeni w obrębie sufitu namiotowego w sali głównej Filharmonii w Berlinie, czy wprowadzenie komór rewerberacyjnych w Boettcher Concert Hall i Sali Nezahualcoyotl w Nowym Meksyku.

Subiektywne wrażenie zwane „bogactwem” dźwięku uzyskiwane jest wtedy, gdy we wnętrzu powstają tzw. odbicia późne. Są one słabsze niż odbicia wczesne, ale ich wpływ na dźwięk jest zauważalny. Odbicia późne powstają w wyniku wielokrotnego odbijania się fal akustycznych od przeszkód. W salach centralnych tarasowych różnorodność zastosowanych płaszczyzn refleksyjnych powoduje, że zwielokrotnienia odbić również mają zróżnicowany charakter. Dzięki temu uzyskiwane wrażenie „bogactwa tonu”, może być ciekawsze dla słuchacza niż w salach klasycznych.

²¹² Przekonanie, że użycie drewna zapewnia ciepłą barwę dźwięku we wnętrzu koncertowym, nie jest prawdziwe. Akustycy wskazują, że jest to jedynie efekt psychologiczny.

Podsumowując, w salach centralnych tarasowych – przy zastosowaniu dodatkowych komór rewerberacyjnych i w wyniku tworzenia się odbić późnych – powstaje „bogaty” i „ciepły” dźwięk, poprawiając jakość odbioru muzyki.

4.2.8. „Wymieszanie” pola akustycznego

Effekt „wymieszania” pola akustycznego²¹³ nie został jeszcze opisany w sposób matematyczny. Obecnie wyznacza się go za pomocą metod graficznych. Panuje ponadto przekonanie, że optymalnym rozwiązaniem dla uzyskania pożądanego „wymieszania” dźwięku jest zastosowanie w górnych częściach sali dużych nieregularnych powierzchni oraz małych nieregularności na tych powierzchniach²¹⁴. Zaobserwowano, że w salach o konfiguracji centralnej tarasowej, w których występuje duża liczba nieregularnych powierzchni (szczególnie w układach łukowych i modelowanych na krzywych Béziera), „wymieszanie” pola akustycznego jest większe niż w klasycznych układach pudełkowych.

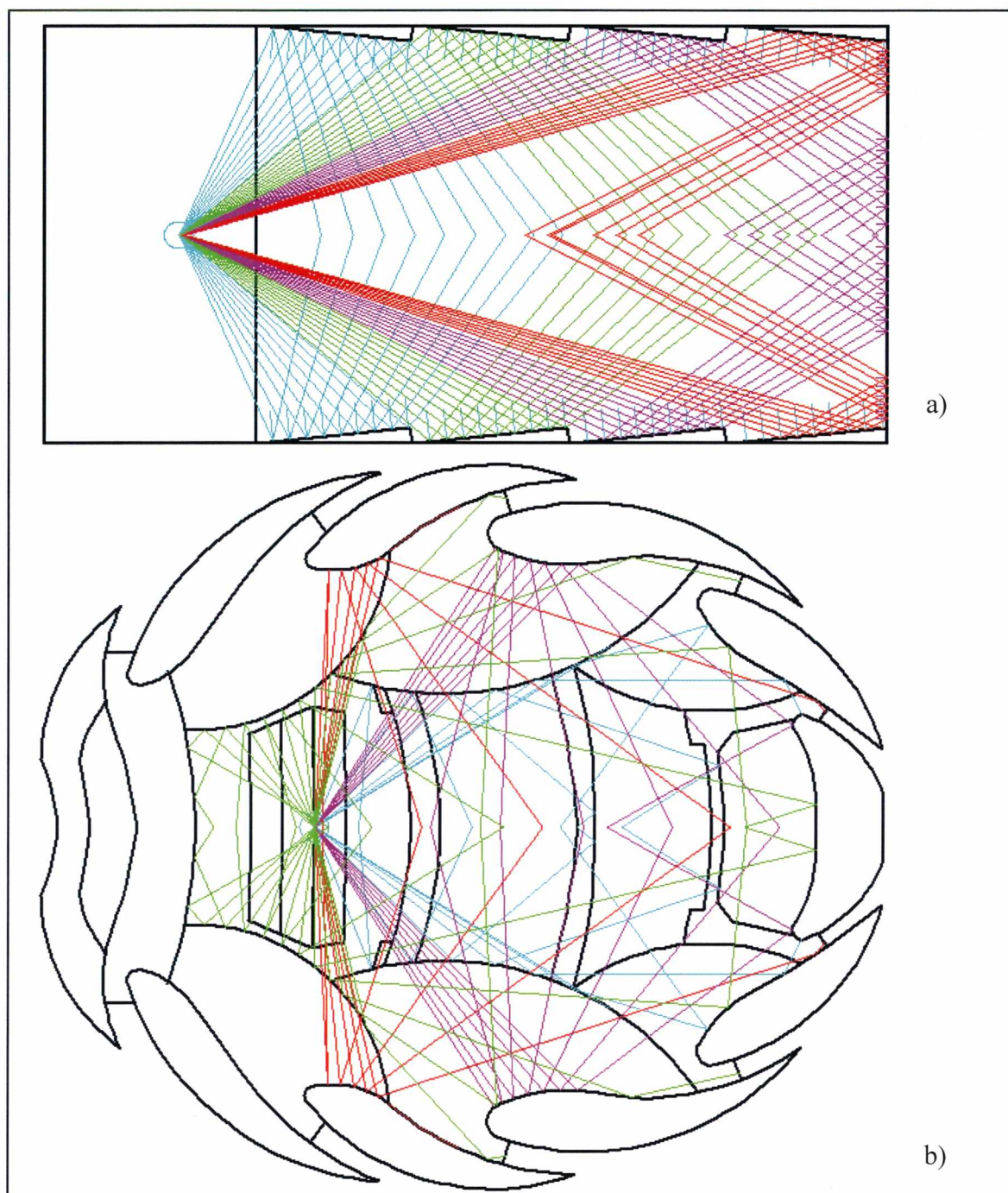
W celu zbadania tego zjawiska opracowano wykres rozpraszania fal na przykładzie schematu rzutu sali wymodelowanej w sposób „miękki”, w zestawieniu z prostym układem pudełkowym (rys. 81). Dla zachowania czytelności schematu wzięto pod uwagę jedynie idealne (lustrzane) odbicia wczesne. Na tej podstawie zaobserwowano: duży procent udziału fal pochodzących z różnych odbić w dowolnie obranym punkcie sali centralnej tarasowej i niewielki procent udziału fal pochodzących z różnych odbić w dowolnie obranym punkcie sali pudełkowej.

W sali tarasowej odbicia dźwięku tworzą różnorodne fale. Pochodzą one z różnych kierunków i są odbite z kilku płaszczyzn. Występuje tu również szereg odbić wielokrotnych. W sali pudełkowej pole odbić zawiera mniejszą liczbę odbić z różnych kierunków i o zróżnicowanej drodze przebytej. Mniejsze jest też prawdopodobieństwo powstawania odbić wielokrotnych²¹⁵. W związku z tym, w sali tarasowej pole dźwięku będzie lepiej „wymieszane”, a dźwięk będzie sprawiał wrażenie bardziej miękkiego, niż w sali pudełkowej.

²¹³ „Wymieszanie dźwięku” ma miejsce we wnętrzach, w których znajdują się elementy rozpraszające fale akustyczne. Przez rozpraszanie fal o różnych częstotliwościach uzyskuje się efekt „miękkiego” dźwięku, który działa korzystnie na ucho ludzkie, powodując subiektywne wrażenie łagodności brzmienia.

²¹⁴ Patrz: pkt. 4.6.4.

²¹⁵ W związku ze standardowo stosowanym w salach pudełkowych materiałem pochłaniającym na tylnej ścianie.



Rys. 81. Rzuty sal pokazujące „wymieszanie pola akustycznego” – rzuty: a) sali pudełkowej, b) sali winnicowej [oprac. autorki]

4.3. Wnioski

W punkcie 4.2. niniejszej dysertacji przeprowadzono dowód i potwierdzono poprawność tezy, w której założono, że: **najkorzystniejsze warunki akustyczne, wśród współczesnych sal koncertowych powyżej 1800 słuchaczy, zapewniają sale o układzie centralnym tarasowym.**

Stwierdzono m.in., że ekonomia kubatury w układach centralnych tarasowych, pozwala na stosowanie takiego rozwiązania w salach o widowniach dla ponad 1800 słuchaczy, ze względu na występowanie znacznej redukcji czasu pogłosu, w stosunku do sal pudełkowych. W przebadanych salach winnicowych o pojemnościach widowni od 1682 osób (St. David's Hall) do 2812 osób (Roy Thompson Hall), czas pogłosu zachowuje wartość od 1,9 do 2,5 sek. i jest to wartość optymalna.

Kolejne potwierdzenie tezy, uzyskano analizując stosowane w tych salach centralne położenie sceny. Położenie takie umożliwia uzyskanie większej liczby siedzisk, do których dociera mieszanka dźwięku bezpośredniego z dźwiękiem z pierwszego odbicia, niż w salach o innych konfiguracjach. Tym samym w dużych salach koncertowych, można osiągnąć optymalną „głośność” i „przejrzystość” brzmienia dźwięku.

Zbliżenie powierzchni odbijających (w postaci ścian tarasów) do słuchaczy, zapewnia uzyskanie krótszej drogi dźwięków odbitych – bocznych i tylnych, w porównaniu do odległości uzyskiwanych w układach klasycznych. Odbicia boczne uzyskiwane w konfiguracji winnicowej są mocniejsze i bardziej różnorodne niż w pozostałych konfiguracjach. W związku z tym osiągane są: „przestrzenność”, „miętkość”, „bogactwo”, „bliskość” i „ciepło” dźwięku oraz równomierne „wymieszanie” pola akustycznego, a w następstwie tego, odbiór muzyki jest przyjemniejszy dla słuchacza. Są to parametry bardzo istotne przy projektowaniu akustyki sal koncertowych o widowniach dla 1800 i więcej słuchaczy.

4.4. Akustyka układu centralnego tarasowego – zagadnienia szczegółowe. Teza II

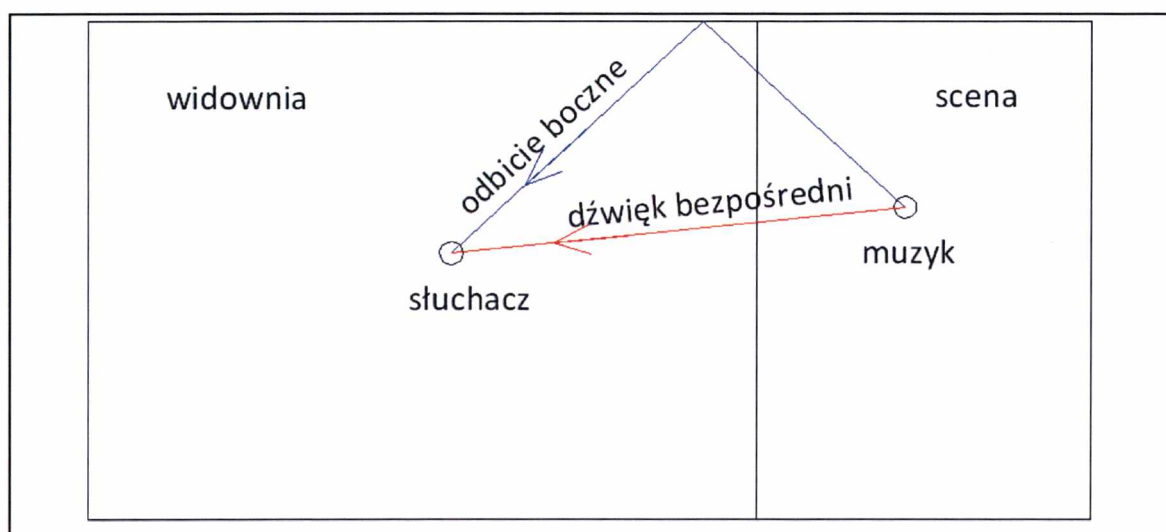
Teza druga niniejszej dysertacji brzmi „**Akustyka sali o konfiguracji tarasowej stanowi zbiór indywidualnych układów: źródła dźwięku i wybranego tarasu**” (zwanego w skrócie „**komórką**”). Zakreślona w tezie problematyka wiąże się bezpośrednio z omówionymi powyżej zagadnieniami oraz przedstawioną we wstępie niniejszego rozdziału zasadą działania akustyki układu centralnego tarasowego.

4.4.1. Akustyka sal pudełkowych a centralnych tarasowych

Na podstawie definicji można założyć, że układ centralny tarasowy nie działa w pełni jako jeden ustrój akustyczny, a raczej jako zbiór poszczególnych „gron”, zestawionych ze sobą w pożądaną przez architekta konfiguracji. W celu udowodnienia tego twierdzenia opracowane zostały dwa uproszczone schematy, przedstawiające

drogę dźwięku bezpośredniego i pierwszego odbicia w sali pudełkowej i winnicowej (rys. 82, 83).

Na przykładzie sali pudełkowej (rys. 82) zaobserwowano, że dźwięk bezpośredni przebywa drogę od źródła do słuchacza i jest wspomagany dźwiękiem pochodzącym z pierwszego odbicia od ściany bocznej. Należy podkreślić, że fala akustyczna porusza się najkrótszą z możliwych dróg. Taki schemat będzie realizowany w ten sam sposób dla wszystkich słuchaczy znajdujących się na widowni.

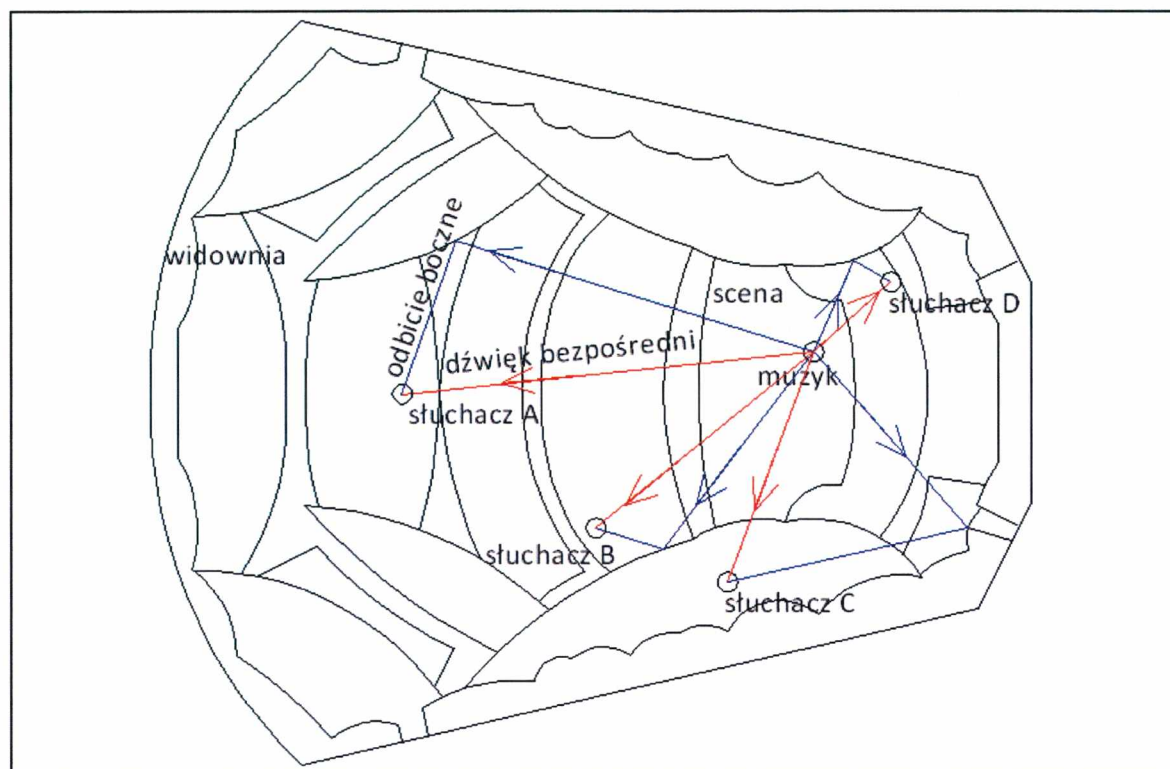


Rys. 82. Sala pudełkowa – droga dźwięku bezpośredniego i pierwszego odbicia [oprac. autorki]

Na przykładzie schematu sali o układzie centralnym tarasowym zaobserwowano, że fala akustyczna bezpośrednio docierająca do słuchacza ze źródła dźwięku, wspomagana jest dodatkowo przez pierwsze odbicie od najbliższej słuchaczowi ściany bocznej (rys. 83). Słuchacz A znajduje się na widowni frontowej, blisko linii symetrii widowni. Dla tego słuchacza dźwięk bezpośredni wspomagany jest pierwszym odbiciem od ściany tarasu, położonej najbliżej niego. Słuchacz B znajduje się na widowni frontowej, przy bocznym tarasie. Dla tego słuchacza dźwięk bezpośredni wzmocniony zostaje pierwszym odbiciem od ściany tarasu bocznego. Słuchacz C znajduje się na widowni bocznej – na tarasie. Dla tego słuchacza dźwięk bezpośredni wzmocniony zostaje pierwszym odbiciem od ściany zamykającej taras tylny. Słuchacz D natomiast znajduje się na widowni tylnej. Dla tego słuchacza dźwięk bezpośredni zostaje wzbogacony o pierwsze odbicie od ściany tarasu bocznego, znajdującego się nad nim i najbliżej niego.

Każda z przebadanych osób (rys. 83) została objęta osobnym schematem akustycznym, na który składał się dźwięk bezpośredni i jego odbicie boczne od najbliższej ściany. Rozpatrując tę zasadę, dla pierwszych odbić bocznych dźwięku, zaobserwowano,

że słuchacze nie musieliby znajdować się w tym samym wnętrzu, aby doświadczyć tego schematu akustycznego. Stwierdza się, że tarasy są osobnymi układami akustycznymi.



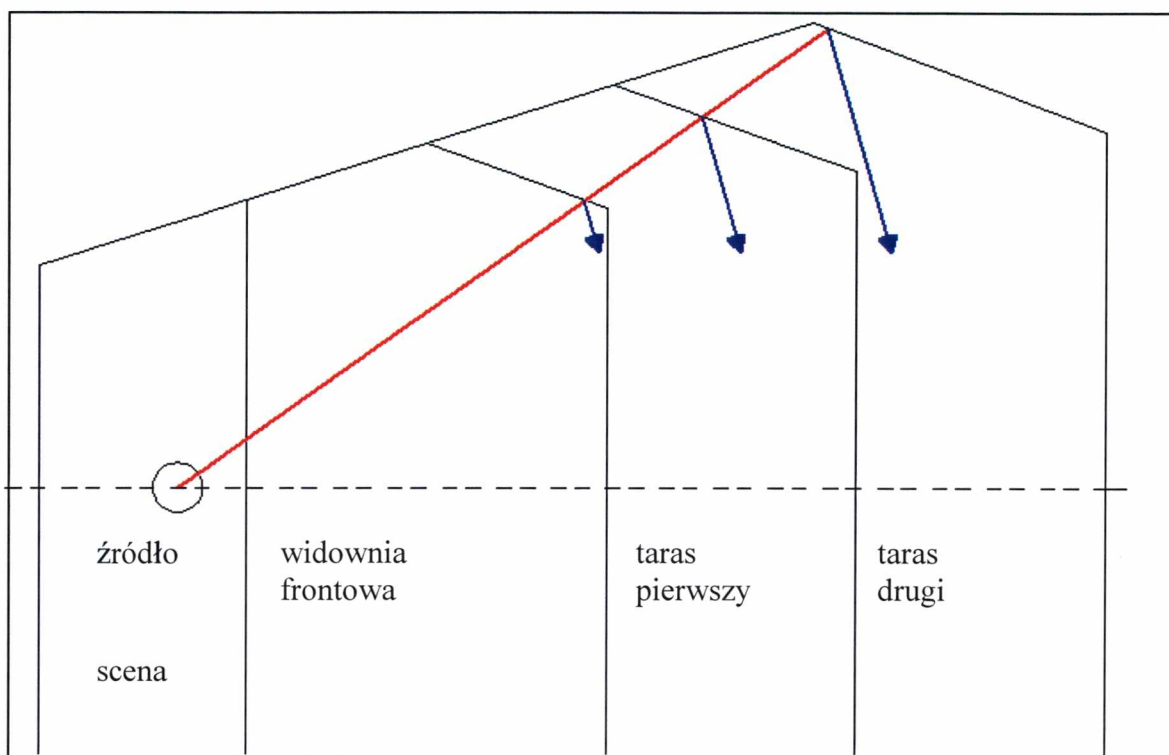
Rys. 83. Sala winnicowa – droga dźwięku bezpośredniego i z pierwszego odbicia [oprac. autorki]

Lothar Cremer [Barron, 1993], który pierwszy opisał funkcjonowanie tarasowej zbadał, że każdy z zespołów działa osobno (rys. 84). W teoretycznym schemacie tarasy oparto na układach trapezowych. W celu uzyskania właściwej drogi fali akustycznej, fronty zostały odchylone od pionu w kierunku widowni. Działanie zobrazowano na przykładzie trzech wybranych, wychodzących ze źródła fal akustycznych. Poruszają się one w tej samej pionowej płaszczyźnie ponad sobą. Pierwsza fala odbita od ściany tarasu najniższego kieruje się na widownię znajdującą się pod nią. Druga, poruszająca się pośrodku, zderza się z frontem tarasu drugiego i trafia na widownię tarasu pierwszego, trzecia (przebiegająca najwyższej) – odbija się od ściany tylnej sali i trafia na taras drugi. W związku z tym zaobserwowano, że każdy z tarasów ma własny ustrój akustyczny, utworzony przez ściany ograniczające.

Za teorią budowy komórkowej przemawiają również obserwacje poczynione przez Jaffe'a²¹⁶ twierdzącego, że [...] odbicia tworzą wzór energii dla każdego, indywidualnego siedziska, który akustycy nazywają „podpisem sali”. Naukowiec-akustyk rozpatruje zatem

²¹⁶ [Jaffe, w przygotowaniu do publikacji].

salę koncertową jako zbiór niejako wyodrębnionych siedzisk, a każdemu z nich przypisuje parametry akustyczne, charakterystyczne tylko dla niego.

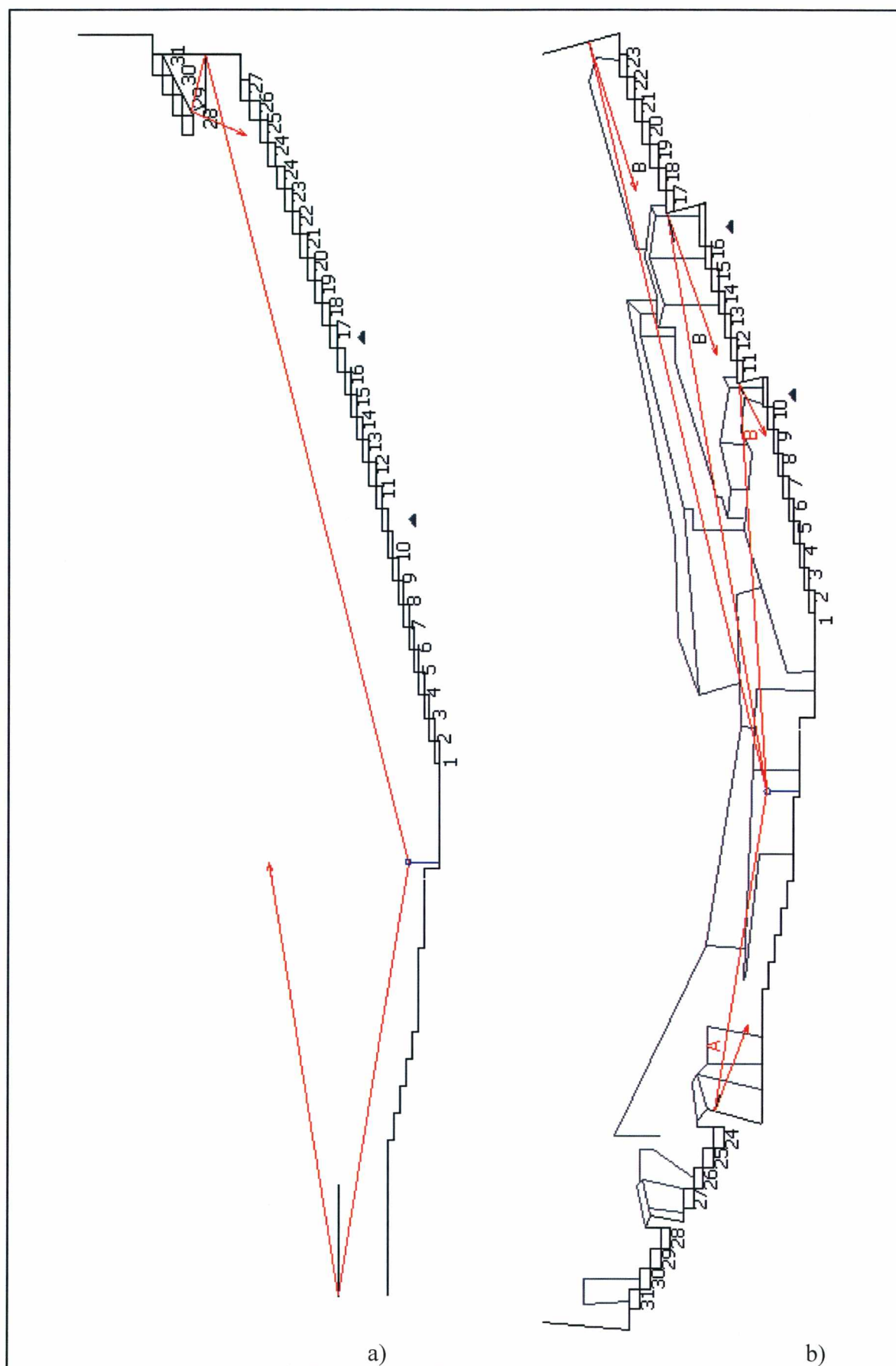


Rys. 84. Teoretyczny schemat rozchodzenia się dźwięku w sali z tarasami trapezowymi, wg L. Cremera [1986] [oprac. wg: Barron, 1993, s. 49, Fig. 3.17]

Cechą charakterystyczną ścian tarasów, zaproponowanych przez Cremera, jest ich pochylenie, dzięki czemu odbijająca się od nich fala, omija widownię w pobliżu sceny i biegnąc powyżej głów widzów nie traci swojej energii akustycznej²¹⁷. Jest to efekt trudny do osiągnięcia w układach pudełkowych, w których droga odbicia bocznego jest zacieniana przez słuchaczy siedzących obok siebie. Fale akustyczne, wychodzące ze źródła dźwięku ponad głowami słuchaczy mogą natomiast dotrzeć do nich jako odbicia z sufitu, które nie są już tak korzystne, jak odbicia boczne. Zjawisko to zostało przedstawione na schemacie graficznym (rys. 85).

W układzie centralnym tarasowym – ze względu jego architekturę, szczególnie dobrze widoczne jest potwierdzenie występowania teorii o komórkowej budowy sal – każdy z tarasów ma własny, wyodrębniony na poziomie pierwszych odbić dźwięku, schemat akustyczny.

²¹⁷ Takie rozwiązanie, oprócz efektów opisanych w dowodzie tezy I, jest dodatkowo korzystnym przy budowaniu obiektów o dużych pojemnościach widowni.



Rys. 85. Układ fal wychodzących ze źródła dźwięku wraz z ich odbiciem w salach: a) pudełkowej, b) winnicowej [oprac. autorki].

4.4.2. Działanie komórek akustycznych

Przez określenie „komórka akustyczna”, w układzie centralnym tarasowym, rozumie się jeden taras wraz ze znajdującymi się na nim siedziskami i otaczającymi go frontami sąsiadujących tarasów bądź ścian zamykających pomieszczenie (jeśli jest to np. taras tylny). Te elementy umożliwiają tworzenie różnorodnych układów przestrzennych, przez co służą poprawie jakości dźwięku we wszystkich miejscach widowni.

Pierwszy raz układ taki wzniesiono w 1956 roku w Mozartsaal w Liederhale, w Stuttgarcie (patrz rozdz. 2). Tarasy w tym wnętrzu miały kształt prostokreślny i były założone na planie asymetrycznych wieloboków. Ich ściany służyły generowaniu odbić dźwięku dla widowni znajdującej się pod nimi, zgodnie ze schematem opracowanym przez Cremera²¹⁸. Tarasy ograniczone były przez płaszczyzny ścian zewnętrznych sali, ustawione do siebie pod kątem (rys. 86 a). Widownia wznosiła się w kierunku korony, według zasady dobrej widoczności. Dźwięk bezpośredni i odbicia boczne tworzyły w sali zbalansowane pole akustyczne z niewielką tendencją do skupiania się dźwięku w narożniku tarasu.

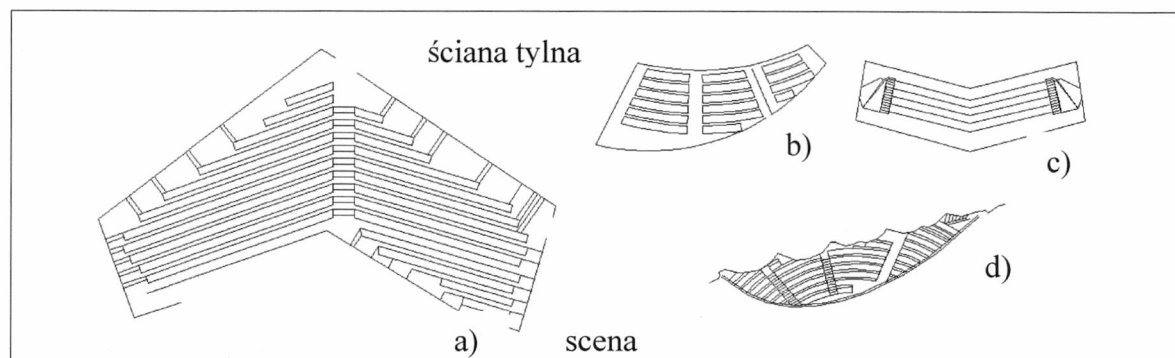
Taras (komórka akustyczna) sali w Boettcher (rys. 86 b) został zaprojektowany jako wklęsły i nie znalazł późniejszych zastosowań w układach centralnych tarasowych. Powstał w wyniku powtórzenia w jego rzucie, eliptycznego kształtu sali (patrz rozdz. 2). Dodatkowo rzut tarasu został ograniczony przez dwa łuki – frontu tarasu i ściany tylnej oraz łączące je odcinki proste – boki sąsiadujących z nim tarasów. Poprzez zastosowanie odpowiedniego profilowania balustrady uniknięto tworzenia się skupisk dźwięku. Ten swoisty ustrój akustyczny powstał ze stożków o ściętych czubkach, tj „przyklejonych” na płaszczyźnie ściany tarasu, które ustawiono naprzemiennie względem siebie, raz podstawą do góry, raz do dołu. W salach późniejszych tarasy kierowano już wypukłymi powierzchniami w stronę widowni, a tak skomplikowane rozwiązania nie były konieczne (rys. 86 d).

W klasycznych salach winnicowych najczęściej stosuje się wieloboczne tarasy prostokreślne (rys. 86 c), niekiedy asymetryczne. Ich środowisko akustyczne zamykają ściany tarasów znajdujących się nad nimi i z boków lub ściany ograniczające salę.

Obecnie preferowane są tarasy wypukłe w stronę widowni (rys. 86 d), uformowane za pomocą krzywej Béziera (wzorowane na sali Sapporo w Tokio). Tył tarasu tego typu ograniczony jest przez pofałdowaną strukturę ściany. Wypukłość tarasu zapewnia

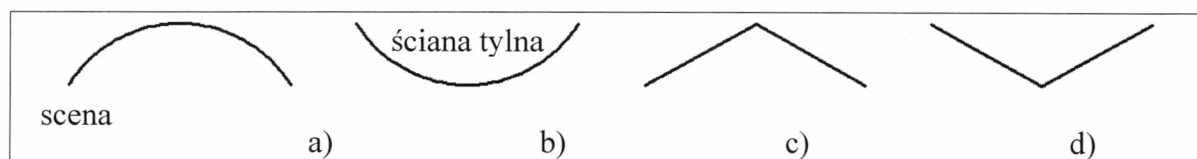
²¹⁸ Patrz pkt 4.3.1.

rozproszenie fal akustycznych i skierowanie ich ku widowni znajdującej się poniżej, natomiast jego ściana, która zapewnia dobre „wymieszanie pola akustycznego” na omawianym tarasie.

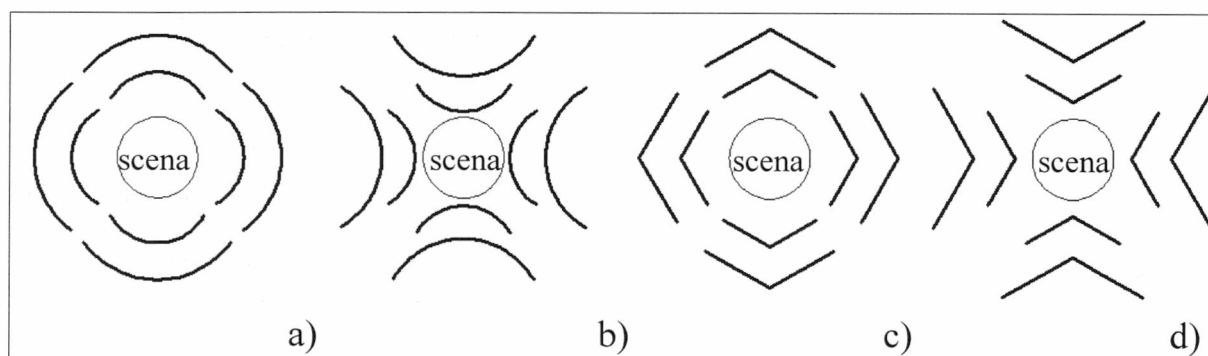


Rys. 86. Kształty tarasów, w stosunku do sceny: a) prostokreślny, wklęsły, b) łukowy wklęsły, c) prostokreślny wypukły d) łukowy wypukły [oprac. autorki]

Dzięki dokonanej analizie wykorzystującej teorię budowy komórkowej, wyróżnione zostały następujące typy ukształtowania tarasów: prostokreślny i łukowy (w tym w/g krzywych Béziera), a w ich obrębie wklęsły i wypukły. Na tej podstawie opracowano cztery teoretyczne modele budowy układów centralnych tarasowych (rys. 87). Typy tarasów podzielono na trzy grupy: a) łukowy wklęsły, b) łukowy wypukły, c) prostokreślny wklęsły, d) prostokreślny wypukły.



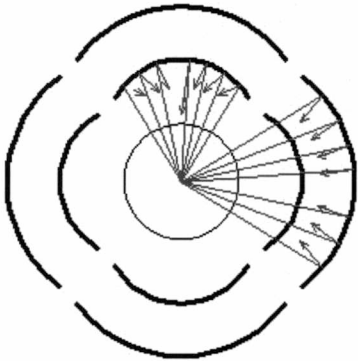
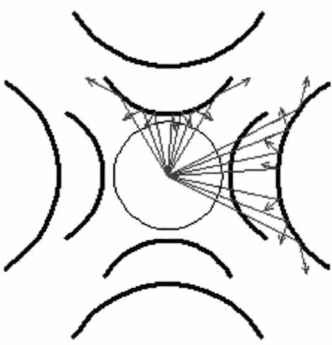
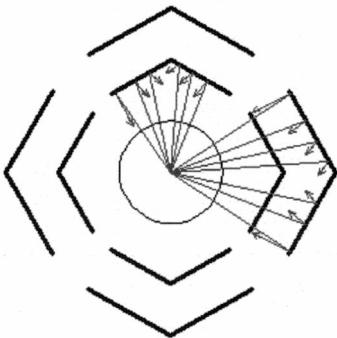
Rys. 87. Typy tarasów, w stosunku do sceny: a) łukowy wklęsły, b) łukowy wypukły, c) prostokreślny wklęsły, d) prostokreślny wypukły [oprac. autorki]

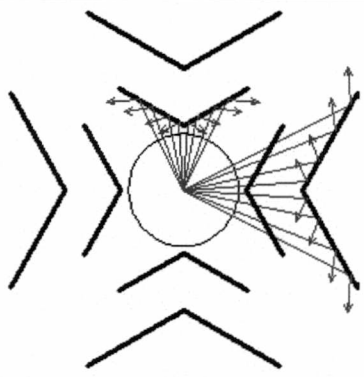
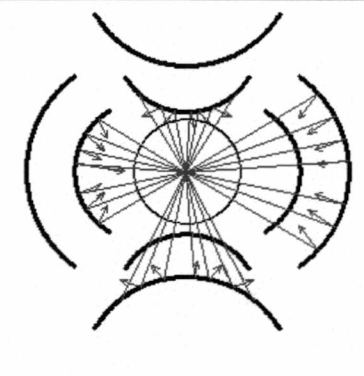
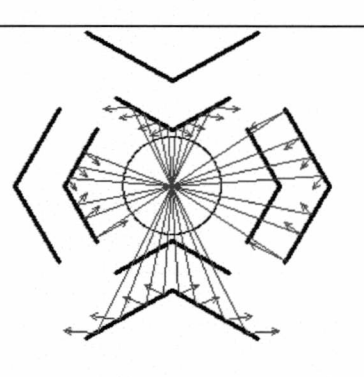


Rys. 88. Typy konfiguracji winnicowej ukształtowane z wyodrębnionych typów tarasów (komórek), w stosunku do sceny: a) łukowych wklęsłych, b) łukowych wypukłych, c) prostokreślnych wklęsłych, d) prostokreślnych wypukłych [oprac. autorki]

Otoczenie „tarasami-komórkami” teoretycznej sceny ze wszystkich stron utworzyło sześć typów konfiguracji winnicowych: układy łukowe – z tarasami wklęsłymi i wypukłymi, układy prostokątne – z tarasami wklęsłymi i wypukłymi, układy mieszane – z tarasami łukowymi wklęsłymi i wypukłymi, z tarasami prostokątnymi wklęsłymi i wypukłymi (rys. 88). W celu zbadania sposobu funkcjonowania otrzymanych układów przeprowadzono analizę układu odbić dźwięku w wyodrębnionych typach wnętrz (tab. 5).

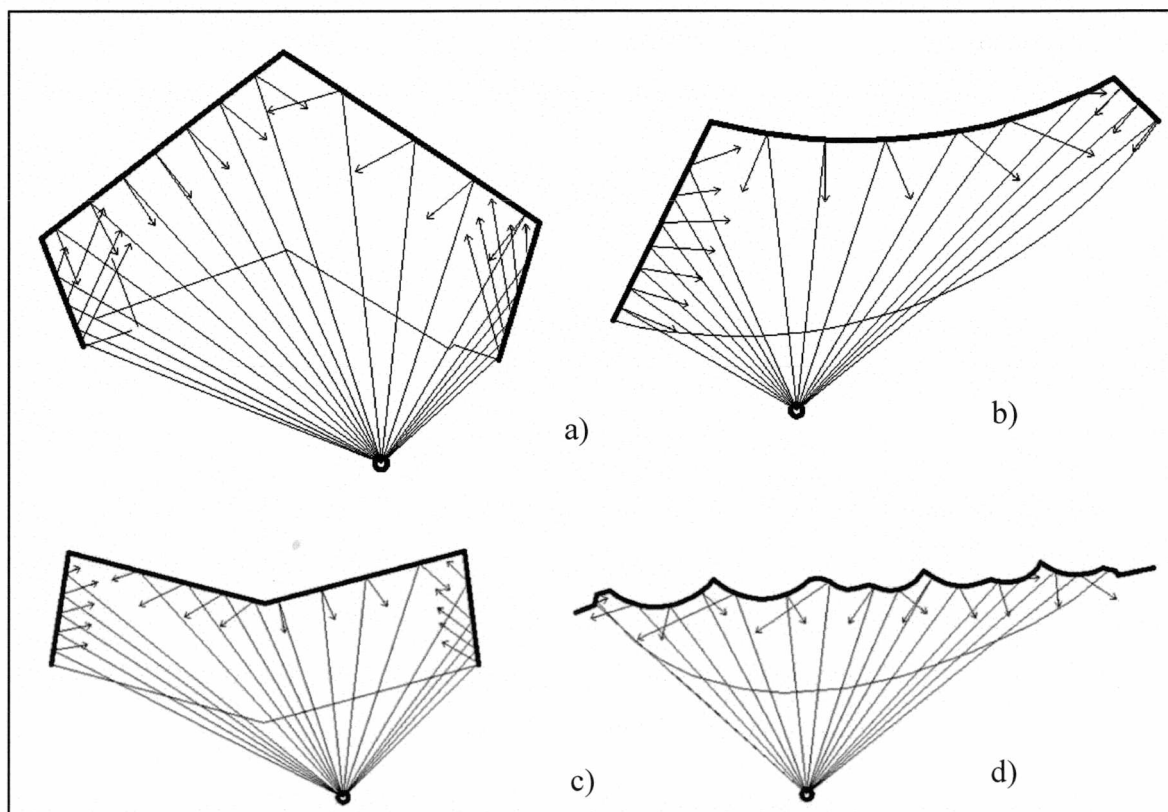
Tab. 5. Układ odbić w analizowanych typach sal (rys. 88) o konfiguracji winnicowej [oprac. autorki]

	Układ sali centralnej tarasowej	Rozkładem fal akustycznych w sali	Opis rozchodzenia się dźwięku
Układy łukowe	Z tarasami wklęsłymi		W układzie centralnym, z tarasami łukowymi wklęsłymi, występuje wyraźna tendencja do skupiania się dźwięku w centrum układu, jest to korzystne dla muzyków na scenie, którzy wzajemnie się słyszą. W przypadku górnej części widowni, która jest ograniczona przez taras o niewielkim kącie zakrzywienia – zapewnione są tylne odbicia dźwięku, ale w przypadku dolnej części widowni skupianie fal akustycznych całkowicie zakłóca odbiór muzyki. Stwierdzono także znaczny i bardzo niekorzystny brak odbić bocznych.
	Z tarasami wypukłymi		W układzie centralnym, z tarasami łukowymi wypukłymi, odbicia w kierunku sceny pochodzą ze ściany niższego tarasu, ale ulegną częściowemu rozproszeniu, co jest już efektem niepożądanym. Rozproszenie fal akustycznych, przez ściany tarasów górnych, wpływa na dobrą słyszalność dźwięku na tarasach do nich prostopadłych, poprzez odbicia boczne.
Układy łukowe	Z tarasami wklęsłymi		Opis rozchodzenia się dźwięku jest analogiczny do układu sali centralnej tarasowej z tarasami łukowymi wklęsłymi, z tą różnicą, że dźwięk wykazuje wyraźną tendencję do skupiania się w osiach symetrii tarasów.

	Z tarasami wypukłymi		Opis dźwięku jest analogiczny do układu w sali centralnej z tarasami łukowymi wypukłymi, ale pole odbić fal akustycznych nie jest równomierne – wzdłuż osi symetrii sali brakuje odbić dźwięku dochodzących do słuchaczy od tyłu, co zmniejsza wrażenie „przestrzenności” dźwięku.
układy mieszane	Z tarasami łukowymi wklęsłymi i wypukłymi		W układzie centralnym z tarasami mieszanymi łukowymi, tj. wklęsłymi i wypukłymi odbicia fal akustycznych kierowane ku scenie oraz odbicia fal tylne kierowane ku widowni – zapewniają tarasy skupiające. Korzystne odbicia boczne, mocno rozproszone, powstają na powierzchniach wypukłych. W sali o tym układzie otrzymujemy zbalansowane i równomierne pole akustyczne.
	Z tarasami prostokreślnymi wklęsłymi i wypukłymi		W układzie mieszanym – z tarasami prostokreślnymi, tj. wklęsłymi i wypukłymi – opis dźwięku jest podobny do układu mieszanego łukowego, z tą różnicą, że powstające odbicia boczne, na tarasach wypukłych, nie są tak rozproszone, jak w układzie łukowym i w związku z tym dźwięk będzie bardziej „twardy”.

Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że układ winnicy – złożony z tarasów – może być rozpatrywany jako system niezależnych komórek. Najkorzystniejsze pole dźwięku w salach tego typu uzyskiwane jest w przypadku zastosowania w ich obrębie tarasów wklęsłych z wypukłymi. Otrzymany wynik jest dużym uproszczeniem i jest jedynie przyczynkiem do przeprowadzenia dalszych rozważań.

W celu dokładniejszego zbadania tego zagadnienia dokonano kolejnych analiz graficznych rozchodzenia się dźwięku w obrębie tarasów (komórek akustycznych) (rys. 89). W tym celu przeprowadzono symulację odbić dźwięku w obrębie schematów tarasów występujących w istniejących salach koncertowych.



Rys. 89. Odbicia dźwięku pokazane na rzutach różnych typów tarasów –: a) prostokreślnym wklęsłym, b) łukowym wypukłym, c) prostokreślnym wypukłym, d) łukowym ze zwielokrotnionymi wypukłościami [oprac. autorki]

Zaobserwowano, że tarasy stosowane w winnicach mają – w obrębie przynależnego im ustroju akustycznego – płaszczyzny zapewniające odbicia boczne i tylne, skierowane ku widowni. W przypadku dwóch tarasów zaobserwowano jednocześnie występowanie zarówno płaszczyzn rozpraszających, jak i skupiających dźwięk. Właściwe rozłożenie tych płaszczyzn może zapewnić dobry balans dźwięku na scenie i widowni, bez konieczności stosowania układów mieszanych tarasów wklęsłych z wypukłymi. Stwierdza się, że tarasy mogą funkcjonować jako odrębne i niezależne ustroje akustyczne.

4.5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych w punkcie 4.4. analiz wyróżniono niezależną komórkę akustyczną układu centralnego tarasowego, złożoną z: tarasu i otaczających go ścian. W oparciu o taki obiekt można opracować różne typy sal winnicowych, tj.: podstawowy, semi-centralny, centralny i hybrydowy. Właściwe zestawianie ze sobą poszczególnych elementów układu, tj.: sceny i komórek (tarasów), pozwala na precyzyjne przeanalizowanie uzyskiwanego pola akustycznego oraz uzyskiwanie różnorodnych parametrów dźwięku.

Stwierdza się zatem prawdziwość tezy, która brzmi: „Akustyka sali o konfiguracji tarasowej stanowi zbiór indywidualnych układów: źródła dźwięku i wybranego tarasu”.

4.6. Szczegóły budowy i akustyki układu centralnego tarasowego

4.6.1. Ukształtowanie sceny

Położenie sceny w sali koncertowej ma zasadniczy wpływ na jej akustykę. Zasada ta jest szczególnie widoczna podczas porównywania układów centralnych tarasowych z pudełkowymi.

W salach pudełkowych scena przylega do tylnej ściany wnętrza. W związku z tym jest otoczona (od tyłu i z boków) ścianami, które wraz z sufitem tworzą tło umożliwiające powstawanie odbić dźwięku w kierunku widowni i muzyków (rys. 90 b). Dodatkowo stosuje się nad sceną mobilne panele refleksyjne, za pomocą których zmienia się kierunek odbić, w zależności od rodzaju występu i liczebności orkiestry.

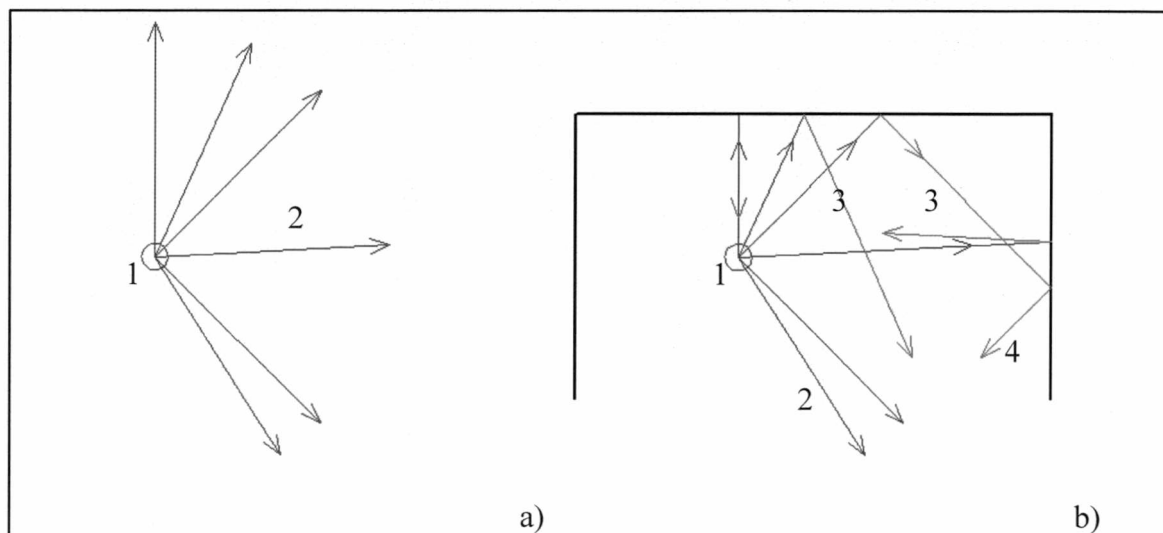
W sali centralnej tarasowej dźwięk z odsuniętej od ścian sceny mógłby się rozchodzić swobodnie we wszystkich kierunkach (rys. 90 a). Powodowałoby to wiele problemów, m.in.: brak dobrej słyszalności na scenie, skupianie dźwięku odbitego od ścian w centrum układu i zachwianie balansu dźwięku. Przy scenie na tarasie wypiętrzoną nad scenę sytuuje się zatem widownię boczną i tylną. Ściany tarasu tworzą zamykającą scenę, jak w klasycznej sali pudełkowej. W ten sposób zapewnia się odbicia dźwięku dla początku widowni frontowej i dobrą wzajemną słyszalność muzyków. Ściany w sali centralnej nie są jednak tak wysokie, jak ma to miejsce we wnętrzach sal pudełkowych, nie ma również klasycznego jej zamknięcia od góry. W związku z tym zaobserwowano problem pozornie gorszej słyszalności na scenie, m.in w Suntory Hall²¹⁹. W salach późniejszych zastosowano mobilne panele zawieszane nad sceną, umożliwiające generowanie odbić, tzw. „krzyżowych”²²⁰. W zależności od konfiguracji orkiestry ustawiane są one pod odpowiednim kątem, zapewniając prawidłową słyszalność w obrębie sceny.

Położenie sceny w centrum sali umożliwia stworzenie takiej samej perspektywy dla wszystkich widzów. W związku z tym, w salach typu winnicowego i typu arenowego scena

²¹⁹ Zwrócono się o pomoc do głównego akustyka Filharmonii Berlińskiej, w której problem ten został już wcześniej rozwiązany. Okazało się, że inaczej rozłożone odbicia od sufitu przeszkadzają muzykom, przyzwyczajonym do grania w salach klasycznych. Obiektywnie, pole akustyczne wokół sceny było poprawne, jednak orkiestra musiała przywyknąć do nowego otoczenia akustycznego.

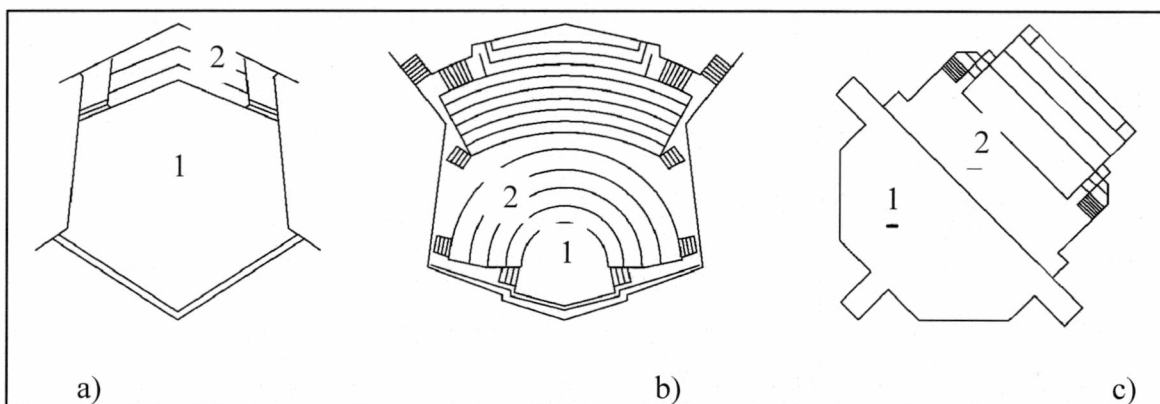
²²⁰ Odbiciami krzyżowymi dźwięku – nazywamy odbicia biegnące wzdłuż przekątnych sceny, które umożliwiają one wzajemne słyszenie się muzyków z orkiestry siedzących naprzeciw siebie.

przyjmuje formę wielokąta lub trapezu, niekiedy zniekształconych w niewielkim stopniu (rys. 91). Jak wskazuje Kulowski [2007], sceny sal typu arenowego ze względu na swoją centralną formę stwarzają problemy przy klasycznym rozmieszczeniu widowni. W tym przypadku korzystniejszy jest układ sceny stosowany w salach centralnych tarasowych o układzie hybrydowym.



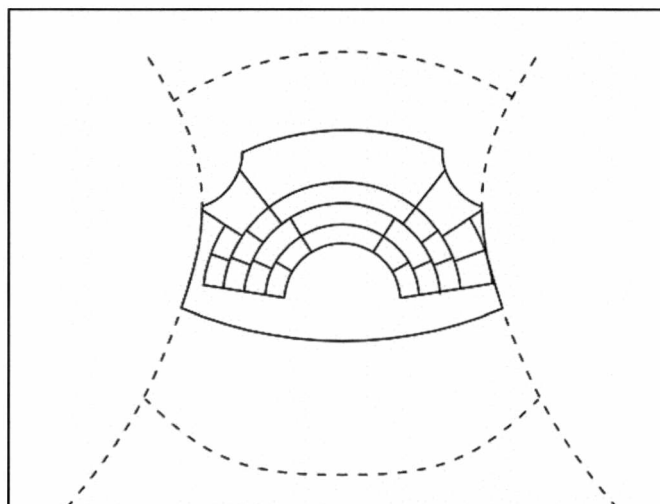
Rys. 90. Rozchodzenie się dźwięku: a) we wszystkich kierunkach – od centralnego źródła: 1 – źródło, 2 – dźwięk bezpośredni, b) ograniczone ścianami sceny w sali pudełkowej: 1 – źródło, 2 – dźwięk bezpośredni, 3 – odbite fale akustyczne zapewniające dobrą słyszalność na scenie, 4 – wczesne odbicia dźwięku w kierunku widowni [oprac. autorki]

Cześć omawianych sal ma stałe podwyższenia dla chóru, rzadziej dla orkiestry. Jednak obecnie rezygnuje się ze stałego aranżowania scen, wprowadzając ruchome podesty pozwalające na wielofunkcyjne użytkowanie sali (rys. 91).



Rys. 91. Kształty scen w salach o układach centralnych tarasowych: a) sala kameralna Filharmonii w Berlinie (1 – podest dla orkiestry, 2 – podesty dla chóru), b) sala główna Filharmonii w Berlinie (1 – podest dla pianisty i dyrygenta, 2 – ruchome podesty dla orkiestry), c) sala w Utrechcie (1 – podest dla widowni, zamykający się w teoretycznym obrysie sceny, 2 – podest dla orkiestry) [oprac. wg: a) Barron, 1993, s. 201, Fig. 6.7 (a), b) Wisniewski, 1993, s. 98, c) Auditoriums, 1990, s. 46]

W związku z wprowadzeniem elementów łukowych w projektowaniu sal centralnych tarasowych (Sapporo, 1997), zmianie uległ również schemat sceny. Boki, wielobocznej sceny, zostały zastąpione wklęsłymi i wypukłymi łukami, w zależności od wybranego kształtu widowni (rys. 92). Co raz częściej stosowano podesty mobilne, pozwalające na zmianę układu sceny.



Rys. 92. Scena sali w Sapporo – scena zaprojektowana przy zastosowaniu krzywych Béziera ²²¹
[oprac. wg: <http://www.nagata.co.jp/gyoseki/posters/sapporo.pdf>, 2004]

W salach o układzie centralnym tarasowym elementem, który w istotny sposób wpływa na akustykę sceny są organy, ze względu na ich usytuowanie, jest to trudne ponieważ nie ma klasycznej ściany zamykającej scenę. Historycznie, organy były sytuowane w prospekcie organowym kościoła. W salach koncertowych umieszczano je na ścianach nad scenami. W salach winnicowych ściany tylne nie zawsze mają odpowiednią długość, by osadzić na nich, organy np. w Walt Disney Hall zostały one zawieszone za sceną, w przestrzeni widowni tylnej. W Berlinie spiętrzone je nad widownią tylną, w miejscu, gdzie wysokość sali na to pozwoliła.

4.6.2. Ukształtowanie sufitu

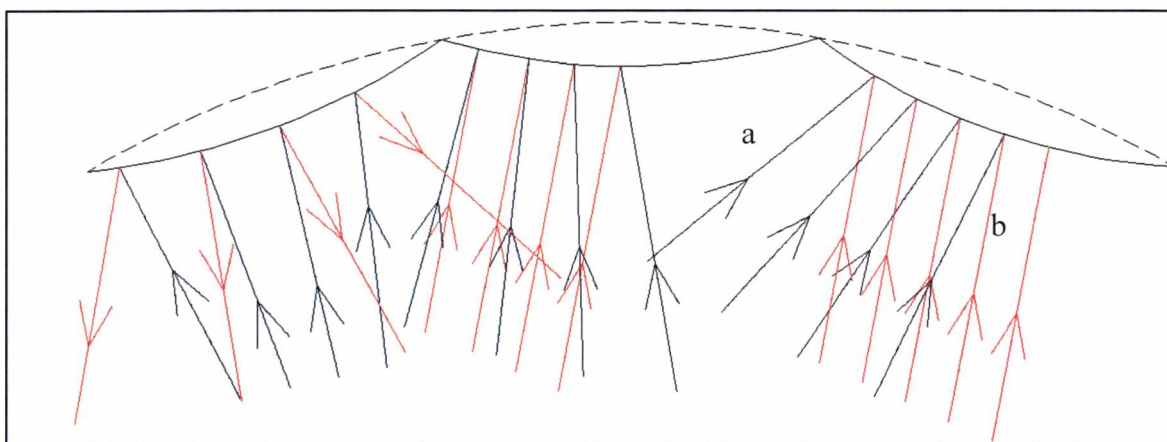
W salach centralnych tarasowych możemy wyróżnić trzy rozwiązania sufitów: namiotowy, baldachimowy (rys. 93) i hybrydowy. Sufit namiotowy (rys. 93 a) tworzony jest przez wypukłe płaszczyzny zamykające ściany sali, łączące się (w większości) w najwyższym punkcie wnętrza, zwykle nad centrum sceny. Takiemu rozwiązaniu towarzyszy układ zawieszonych paneli, a w przestrzeni pomiędzy wierzchem ustroju a stożkiem sufitu tworzy się przestrzeń komory rewerberacyjnej.

²²¹ Przerywaną linią zaznaczono układ sąsiadującego z widownią tarasu.

Po raz pierwszy takie rozwiązanie zastosowano w salach centralnych tarasowych w Berlinie. W sali w Nezahualcoyotl w Nowym Meksyku skorzystano z podobnego projektu, ale sufit składa się tam z płaskich tarcz. Sufity namiotowe stosowano również w salach japońskich.

Sufity w salach centralnych tarasowych typu hybrydowego (rys. 93 b) złożone są z wypukłych płaszczyzn, analogicznie jak w sufitach namiotowych, ale ich poszczególne powierzchnie stykają się wzdłuż prostej. Prosta ta jest położona niżej niż najwyższy punkt sufitu namiotowego.

Trzeci typ rozwiązania sufit baldachimowy (rys. 93 c) ma kształt, który przypomina materiał luźno narzucony na stelaż. Sufit taki składa się z łukowych powierzchni skierowanych wypukłą stroną ku wnętrzu sali, miękko łącząc się ze ścianami, bez wyraźnego rozgraniczenia pomiędzy nimi. Taki układ zastosowano m.in. w Walt Disney Hall.

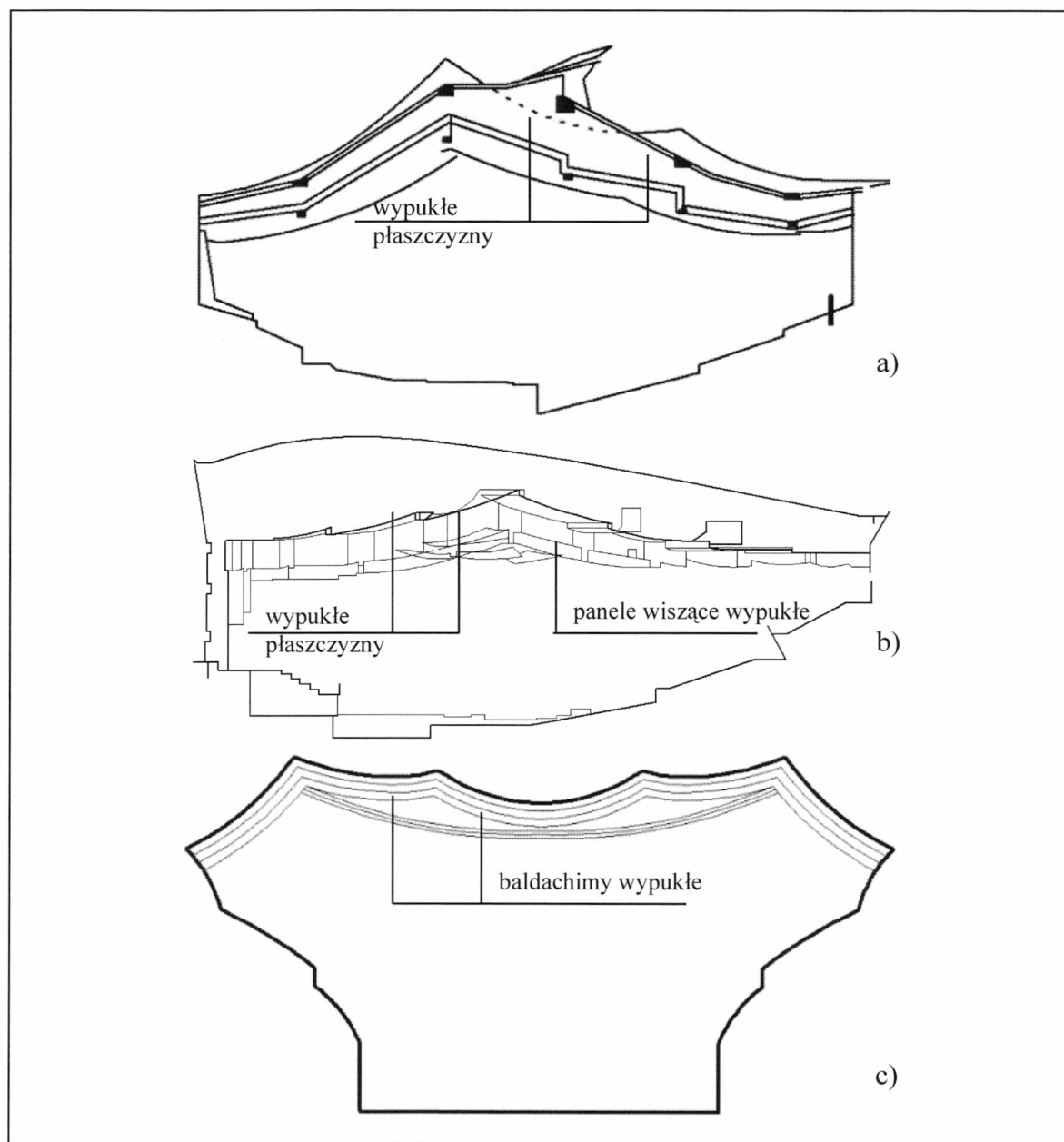


Rys. 93. Sufit baldachimowy – zasada rozpraszania dźwięku (a – linie czarne – dźwięk padający na sufit baldachimowy, b – linie czerwone – dźwięk odbity od sufitu baldachimowego) [oprac. autorki]

W sali koncertowej w Berlinie, aby nadać sufitowi namiotowemu powierzchnie wypukłe, nałożono tynk na siatki Rabitza²²², które pod wpływem działania fal akustycznych drgają i absorbują nadmiar energii akustycznej, o niskich częstotliwościach, wytwarzanej przez instrumenty dęte blaszane i perkusję. Dzięki tej absorpcji średnie częstotliwości są lepiej słyszalne, a dźwięki instrumentów dętych drewnianych, altówek, wiolonczel, nie ulegają zagłuszeniu. Tynk narzucony na siatki ma chropowatą powierzchnię, przez co dodatkowo potęguje efekt rozpraszania dźwięku. Basy

²²² Siatka została wykonana z 12 000 drutów, o minimalnej z możliwych grubości (tzn. między 15 i 25 mm) grubość [Wisniewski, 1993].

pochłaniane są także przez pokrywające sufit – ponad koroną widowni – ustroje akustyczne w kształcie piramid, działające jak rezonatory Helmholza²²³. W ten sposób skonstruowany sufit staje się czynnym elementem akustycznym wnętrza.



Rys. 94. Kształty sufitów: a) namiotowy, b) hybrydowy, c) baldachimowy [oprac. wg: a) Wisniewski 1993, s. 100, b) <http://www.nagata.co.jp/gyosek/posters/sapporo.pdf>, c) <http://www.nagata.co.jp/news/news0312-e.htm>]

Zarówno system namiotowy, hybrydowy, jak i baldachimowy pomagają w kierowaniu odbić ku widowni i sprzyjają „zmiękczeniu dźwięku”.

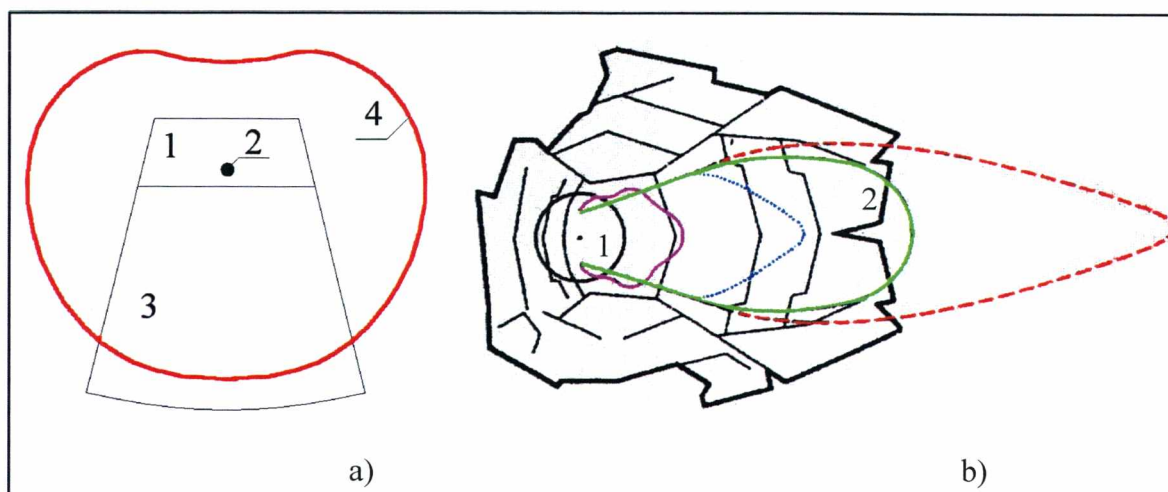
²²³ Patrz rozdz. 3.

4.6.3. Lokalizacja widowni za orkiestrą

Lokowanie publiczności za orkiestrą rodzi obawę, że kierunkowość dźwięku instrumentów sekcji dętej i wokalistów, a także swego rodzaju „zacienianie”²²⁴ dźwięku przez muzyków mogą wyraźnie pogorszyć akustykę za sceną. Istnieje również obawa, że głośność instrumentów perkusyjnych spowoduje brak balansu dźwięku za orkiestrą. Przy takich założeniach powstaje problem spóźniania się dźwięku smyczków, w stosunku do sekcji rytmicznej. Umieszczenie części widzów za orkiestrą powoduje specyficzną sytuację wizualną oraz lustrzane odbicie słyszanych instrumentów.

Jak stwierdza Michael Barron [Barron, 1993], większości instrumentów nie dotyczy problem kierunkowości, ponieważ mają małe powierzchnie rezonujące (powierzchnie z drewna, mosiądzu), a ich dźwięk rozchodzi się we wszystkich kierunkach. To muzycy zasłaniają dźwięk własnymi ciałami, zmniejszając udział energii pochodzącej z bezpośredniej fali akustycznej za orkiestrą. Kolejny problem to chór, ponieważ jest on wysoce ukierunkowany, ze względu na specyfikę rozchodzenia się głosu ludzkiego. Dźwięk odbity nie może w pełni zastąpić dźwięku bezpośredniego w sali koncertowej [Kulowski, 2007], w związku z czym zachodzi obawa, że za sceną wystąpią braki energii pochodzącej z bezpośredniej fali akustycznej. Zgodnie z charakterystyką źródła dźwięku, wg Kulowskiego [2007] energia ta obejmuje swoim oddziaływaniem mniejszy zakres za, niż przed sceną (rys. 95 a). Stąd też ograniczanie wielkości widowni tylnej, przeprowadzone m.in w sali głównej Filharmonii w Berlinie (rys. 95 b), czy w układach hybrydowych, ma swoje akustyczne uzasadnienie. W salach winnicowych, szczególnie o układzie arenowym, w celu dodatkowego zmniejszenia problemu kierunkowości i braku odbić dźwięku w stronę widowni pochodzących ze ścian z boków i z tyłu sceny, zastosowano powierzchnie refleksyjne już w obrębie samej widowni frontowej. Odbity od nich dźwięk „wraca” w miejsca, w których występuje problem kierunkowości. Zbyt duża głośność sekcji rytmicznej jest rozwiązywana przez starannie zaprojektowany układ elementów pochłaniających i odbijających dźwięk. Nadmiar energii akustycznej – pochodzącej z sekcji rytmicznej i dętej – absorbują zawieszone nad sceną ustroje, z materiałów pochłaniających, „dostrojonych” do właściwej częstotliwości. Zawieszone nad sceną panele odbijające dźwięk w kierunku widowni tylnej umożliwiają publiczności usłyszenie instrumentów smyczkowych we właściwym momencie.

²²⁴ „Zacienianiem” – określa się zjawisko, w którym przepływ dźwięku jest uniemożliwiony przez obiekt, przez który nie może przeniknąć.



Rys. 95. Schemat charakterystyki kierunkowej dźwięku: a) teoretyczny (1 – scena, 2 – źródło dźwięku, 3 – widownia, 4 – charakterystyka kierunkowa rozchodzenia się dźwięku), b) w Filharmonii Berlińskiej (1 – źródło dźwięku, 2 – charakterystyka kierunkowa) [oprac. wg: Kulowski 2007, a) s. 78, rys. 2.13 b) s. 79, rys. 2.15]

Zapytany o problem widowni umieszczonej za orkiestrą Chris Jaffe – akustyk – odpowiada: [...] *wrażenie słuchowe we wszystkich salach koncertowych różni się na różnych obszarach widowni... widownia obok sceny, widownia na tyłach sali, balkon pierwszy, balkon drugi itd. (ze względu na różnicę w proporcjach pomiędzy energią bezpośrednią a energią odbitą)... Tak, dźwięk jest inny za orkiestrą, ale ma dobry balans, ponieważ orkiestra dęta jest ściśle ukierunkowana, by jej dźwięk był dobrze słyszalny na widowni frontowej. Kotły mogą być głośniejsze, ale zysk z oglądania dyrygenta twarzą w twarz jest niepowtarzalny*²²⁵. Podobnie wypowiadają się Craig Webb (główny projektant Walt Disney Concert Hall) i Yasuhisa Toyota (główny akustyk Walt Disney Concert Hall).

4.6.4. Ściany

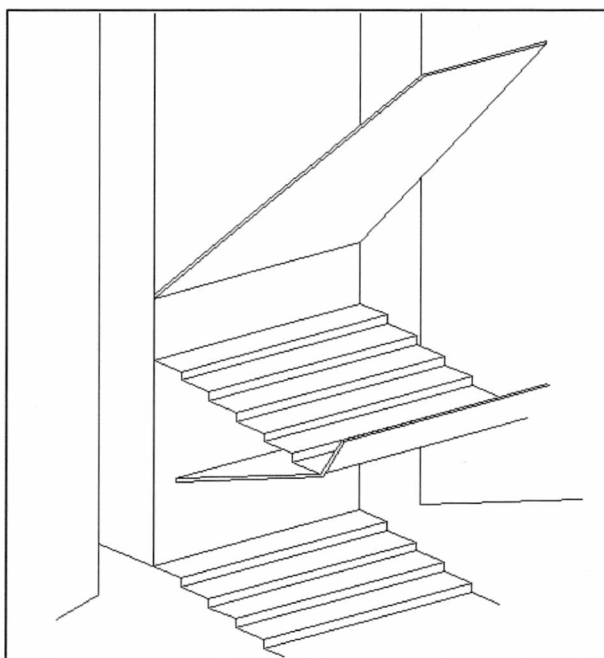
Ściany w projektowaniu sal koncertowych traktowane były jako integralne części ich ustrojów akustycznych. Zgodnie z ewolucją wszystkich elementów we wnętrzach koncertowych, również przeszły transformację.

We wczesnych koncepcjach (np. Christchurch i Wellington), zamknięcie sali zostało pogrupowane w osobne układy akustyczne. Ściany podzielono na odcinki (rys. 96), tj. na balkony z panelami odbijającymi, z frontem, nachylonym w kierunku widowni. W Christchurch skupiono się na kierowaniu odbić z wymienionych płaszczyzn na balkon i sąsiadujące z nim fragmenty widowni frontowej, co okazało się być niekorzystne akustycznie. W Wellington wykorzystano ten układ do kierowania odbić fal akustycznych na drugą stronę sali, zapewniając optymalny balans dźwięku w obrębie widowni frontowej.

²²⁵ [Z korespondencji autorki z Chrisem Jaffe] tłum. z ang. autorki.

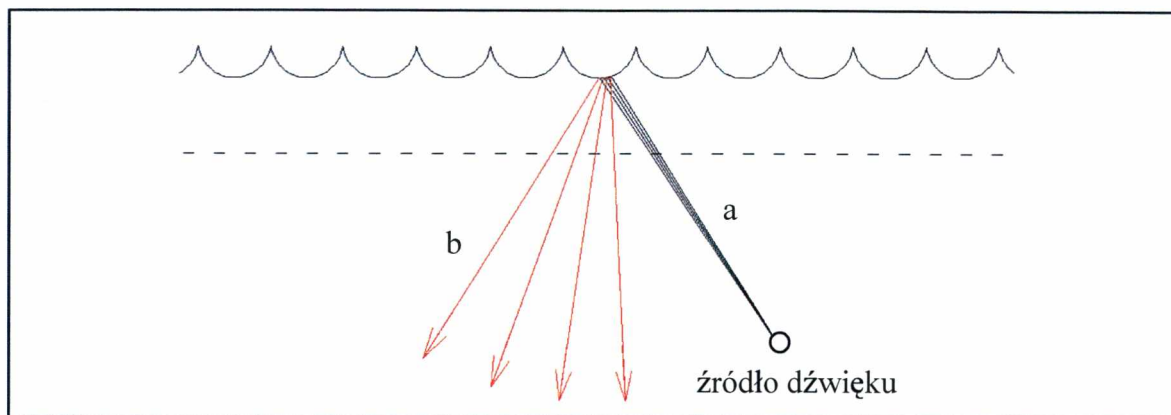
W Roy Thompson Hall ściany otaczające scenę mają wysokość 3,2 m i razem z balustradami balkonów, zapewniają obicia dźwięku wędrujące po przekątnych sali. Fronty balkonów pełnią również ważną funkcję w tworzeniu wczesnych odbić, kierując je w stronę widowni. W 1987 roku poprawiono akustykę sali, dodając panele odbijające (o wyraźnym „prążkowaniu”), dzięki czemu zwiększono liczbę odbić bocznych i rozpraszanie fali akustycznej.

W sali głównej Filharmonii w Berlinie ściany są wykonane w przeważnie, jako rezonatory tak, aby wyrównać straty wysokich częstotliwości powstające z powodu ubrań publiczności i poduszek siedzisk.



Rys. 96. Rozwiązanie akustyczne ściany sal koncertowych w Christchurch i Wellington – aksonometria układu, b) widok balkonów [oprac. wg: Barron, 1993, Fig. 4.33, s. 102]

Natomiast w Walt Disney Hall ustrój ścian został specjalnie opracowany dla tego obiektu. Płaszczyzna widziana przez słuchaczy, jest jedynie osłoną maskującą powierzchnię aktywną akustycznie znajdującą się pod spodem: pierwszą warstwę – stanowi drobna siatka przepuszczająca dźwięk, druga warstwa – to struktura, która wyglądem przypomina sztruks (rys. 97) (zestawione ze sobą półwalce, o niewielkich średnicach przekroju, zapewniające dokładne rozpraszanie dźwięku).

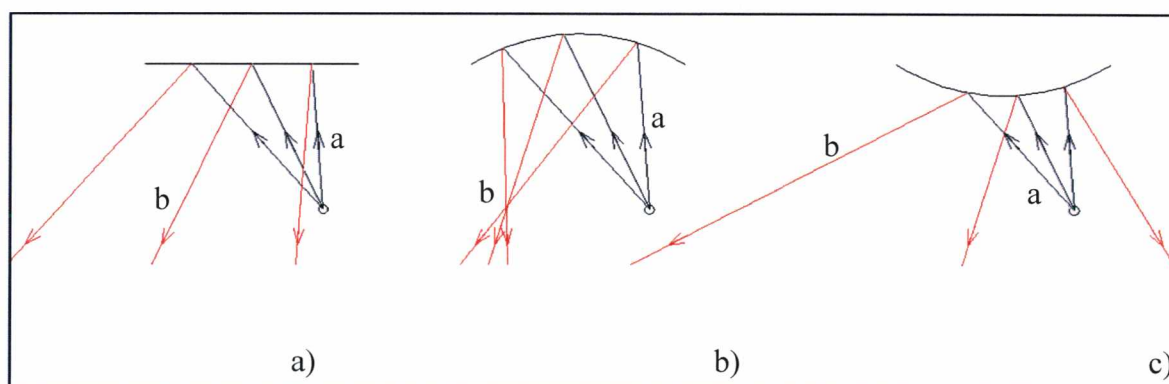


Rys. 97. Rozproszenie dźwięku na ścianie zaprojektowanej w Walt Disney Hall (a – linie czarne – dźwięk padający na ścianę, b – linie czerwone – dźwięk rozproszony w wyniku odbicia od ściany) [oprac. autorki]

Zauważalne jest dążenie projektantów sal koncertowych, do zmniejszania wymiarów stosowanych rozrzeźbień ścian i sufitów w salach, w celu dokładniejszego rozpraszania dźwięku.

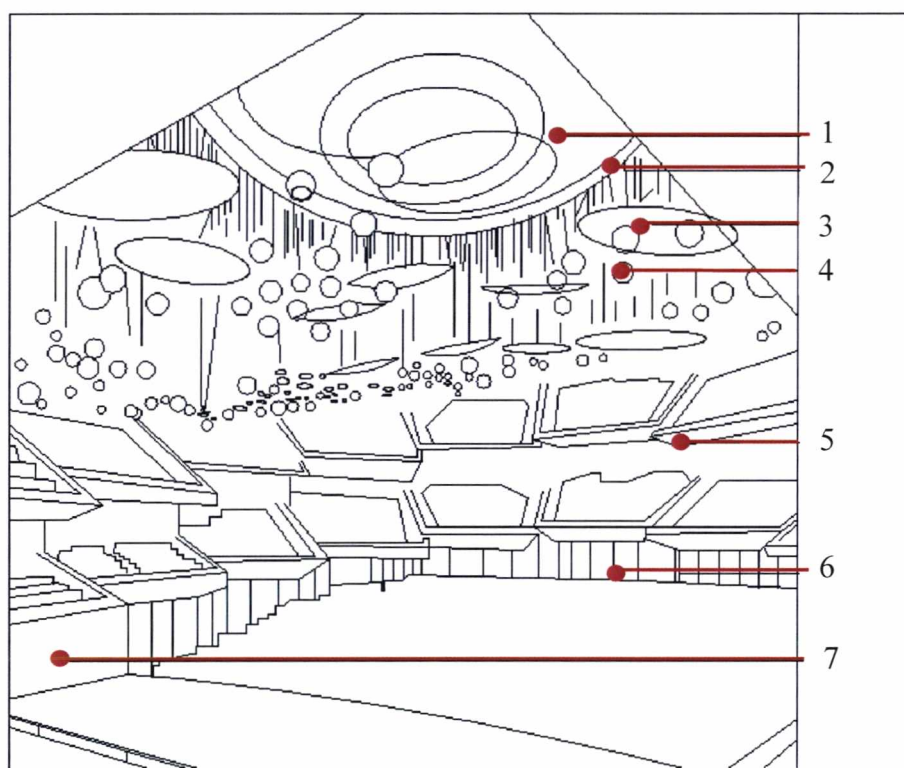
4.6.5. Ustroje akustyczne

Podwieszane ustroje akustyczne – stosowane w salach koncertowych o układzie centralnym tarasowym – są różnorodnie rozwiązywane i dostosowywane odpowiednio do pełnionych przez nie funkcji. Najczęściej kształtowane są w formie paneli, ustawianych pod odpowiednimi kątami i zawieszanych na dobranej wysokości. Projektowane są najczęściej jako elementy mobilne, umożliwiające zmianę kątów odbić dźwięku i wpływające na długość trwania czasu pogłosu. Panele wykonywane są jako elementy lekkie, np. ze sklejki lub akrylu lub masywne – ze szkła. Najczęściej nadaje się im formy: płaskie, wklęsłe lub wypukłe (rys. 98).



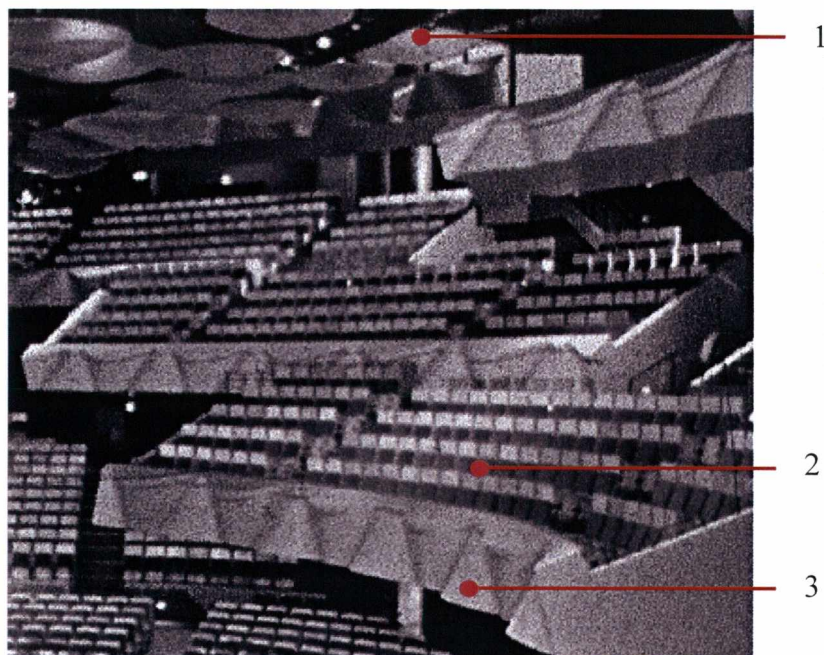
Rys. 98. Odbicia dźwięku od panelu stanowiącego element ustroju akustycznego: a) płaskiego, b) wklęsłego, c) wypukłego (a – linie czarne – dźwięk padający na panel, b – linie czerwone – dźwięk odbity od panelu) [oprac. autorki]

W Roy Thompson Hall pierwotnie sufit został wyposażony w 800 drewnianych paneli (zabezpieczonych ognioodpornymi środkami) o łącznej powierzchni 1200 metrów kwadratowych (rys. 99). Panele te były wysuwane z zapadni w suficie i opuszczane, w celu zmiany czasu pogłosu. Umożliwiało to modyfikacje tego parametru w zakresie od 1,5 do 2 sek. Dobra słyszalność i „przejrzystość” dźwięku na scenie zależała od okręgu akustycznego, złożonego z 31 dysków refleksyjnych wykonanych z akrylu. Ustrój był zawieszony 9 metrów nad sceną i chórem. Dyski miały średnice 2 m (nad chórem – 1,5 m) i pełniły różnoraką funkcję – zapewniały wzajemną słyszalność muzyków na scenie, balans pomiędzy instrumentami, a w rejonach publiczności, czystość dźwięku. Dyski otaczała bardzo duża liczba elementów wiszących (tubusów), które oprócz niespotykanych efektów wizualnych, odgrywały także ważną rolę w akustyce sali, ponieważ ich wypełnieniem był materiał pochłaniający dźwięk. Działały one na zasadzie teleskopów, które można było wysuwać (3 przeguby), zwiększając powierzchnię pochłaniającą dźwięk o 1100 m². Obecnie w sali Roy Thompson Hall znajduje się nowy ustrój akustyczny, zmieniony w trakcie remontu obiektu (zakończony w 2002 roku).



Rys. 99. Roy Thompson Hall – ustroje akustyczne: 1) pierścienie akrylowe, 2) tubusy z materiałem pochłaniającym, 3) dyski, 4) dyfuzory Schroedera, 5) wyprofilowane balustrady balkonów, 6) ściany żebrowane, 7) ściany boczne przy scenie odbijające dźwięk [oprac. wg: Beranek, 1996, s. 202]

W nowo projektowanej sali w Atlancie²²⁶ sufit planowany jest jako ruchomy, w celu dostosowania go do różnych rodzajów występów. Zmiany wysokości zawieszenia sufitu przewiduje się w zakresie od 14,5 do 32 m ponad sceną. Ponadto zostanie zaprojektowany odpowiedni „baldachim” akustyczny, który będzie wpływał na modulowanie dźwięku i poprawę słyszalności pomiędzy muzykami na scenie.



Rys. 100. Układ akustyczny na tarasach w Boettcher: 1) wiszący ustrój akustyczny, 2) siedziska z oparciami odbijającymi dźwięk, 3) stożki zawieszone na frontach balkonów [fot. z prywatnych zbiorów Chrisa Jaffe]

Zastosowanie wiszących ustrojów akustycznych pozwala również na wytworzenie komory rezonansowej, pomiędzy panelami a sufitem właściwym. Jest to szczególnie korzystne przy użyciu sufitu namiotowego i sprzyja tworzeniu się „pełniejszego” i „bogatszego” dźwięku w sali koncertowej.

4.6.6. Podsumowanie

Na podstawie analizy elementów architektonicznych wprowadzanych do sal o układzie centralnym tarasowym potwierdzono, że ukształtowanie przestrzenne (sceny, sufitu, czy ścian) ma bezpośredni wpływ na poszczególne parametry akustyczne wnętrza. Dodatkowo projektanci mają możliwość regulowania dźwięku za pomocą stosowanych ustrojów akustycznych: niezależnych – panele wiszące i zależnych od innych elementów sali – faktury ścian i sufitów. Zastosowanie odpowiedniego kształtu tych elementów, np.:

²²⁶ Sala ma być przeznaczona głównie dla repertuaru tradycyjnego XVIII– i XIX w., a także wczesnych lat XX w. Sala ma zapewnić również doskonałe warunki do wykonywania muzyki współczesnej.

wklęsłego, wypukłego, łukowego, czy prostokreślnego, wywołuje odbicie fali akustycznej w odpowiednim kierunku – rozproszone lub skupione, co zasadniczo zmienia parametry pola dźwięku w sali. Dodatkowe stosowanie rozrzeźbień i żebrowań o niewielkich wymiarach na ścianach i sufitach, sprzyja „zmiękczeniu” i „wzbogacaniu” dźwięku.

5. ARCHITEKTURA SAL CENTRALNYCH, TARASOWYCH

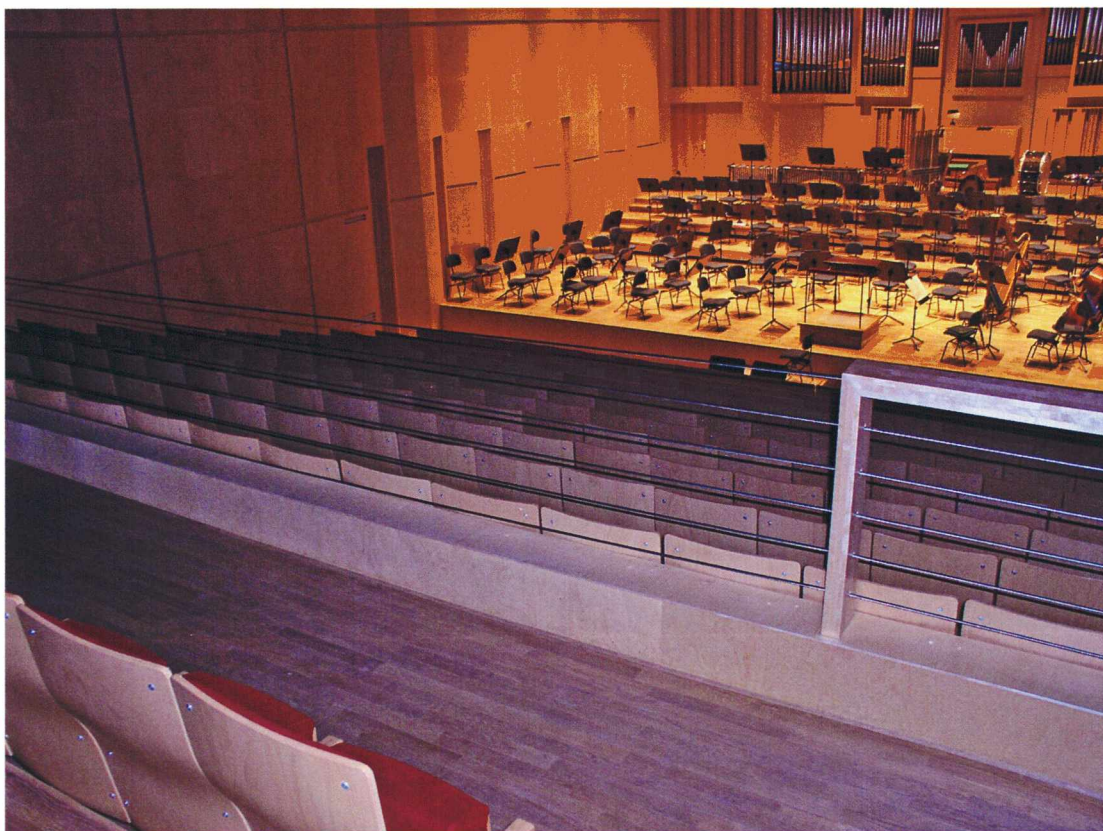
5.1. Aspekt wizualny

Sale koncertowe typu „winnica”, obok niewątpliwych zalet akustycznych, oferują interesujące przestrzenie wizualne, poprzez zwielokrotnienie płaszczyzn, ustawienie ich w wielu kierunkach, nachylenie nad widownią, zawieszanie ustrojów akustycznych lub zakrzywianie i pofalowanie sufitów. Jest to zgodne z trzecią tezą pomocniczą, która brzmi: „rozwiązania tarasowe – alternatywne w stosunku do sal o konfiguracji pudełkowej – stwarzają nowe możliwości architektonicznego kształtowania przestrzeni wnętrz koncertowych”.

Problem wizualnym pojawiającym się w układach centralnych tarasowych jest usytuowanie słuchaczy na widowni za sceną, z której widzą orkiestrę od tyłu. Rekompensatą tej niedogodności jest możliwość oglądania pracy dyrygenta od frontu²²⁷, co jest niespotykane w tradycyjnych układach sal. Dodatkową wartością dla publiczności siedzącej za orkiestrą jest możliwość obejrzenia całego układu sali, w szczególności widowni frontowej i podziwiania *doliny muzyki* [Forster, 2004], o której mówił Hans Scharoun, tłumacząc swoją ideę. Ulokowana za orkiestrą publiczność pod względem akustycznym równie dobrze odbiera koncert jak i pozostali słuchacze (patrz rozdz. 4), a kwestie wizualne mogą być rozwiązywane za pomocą mobilnych scen i telebimów (obecnie często stosowanych przy wielu rodzajach przedstawień), czy też zróżnicowania cen biletów.

W przypadku audytorium filharmonii berlińskiej – *doliny muzyki* i w Boettcher, której architektura była wynikiem ekspresyjnego kształtowania rzutu, kładziono duży nacisk na jego wyraz architektoniczny. Rozwiązania ekspresyjnego projektowania wnętrz koncertowych stosuje się również w salach najnowszych, jak np. Muza w Kawasaki, której widownia została poprowadzona po spirali. Oprócz powstałego w ten sposób, niezwykle oryginalnego rozwiązania przestrzennego, wynikającego z japońskiej tradycji projektowej, zyskano czysto funkcjonalne rozwiązanie, w którym dzięki łagodnemu wznoszeniu się poszczególnych podestów, w miarę narastania widowni, zrezygnowano całkowicie ze stosowania schodów, a osoby niepełnosprawne i starsze mogą zająć dowolne miejsce w sali, wedle uznania.

²²⁷ W przypadku, gdy orkiestrą dyrygują sławy świata muzycznego, bilety w obrębie widowni tylnej osiągają ceny wyższe niż na widowni frontowej. Tak było gdy do sali koncertowej Sapporo przyjechał Herbert von Karajan. Maestro przyjechał ze światowej sławy filharmonikami berlińskimi.



Rys. 101. Filarmonia w Opolu (A. Grudziński, 1957) – klasyczne ukształtowanie wnętrza [fot. autorka]



Rys. 102. Filarmonia w Berlinie (H. Scharoun, 1963) – ekspresyjne ukształtowanie wnętrza [fot. autorka]

Sale koncertowe można zatem podzielić na rozwiązane w sposób ideowy lub czysto funkcjonalny. Przeprowadzenie podziału, ze względu na wizję architektoniczną, wiąże się z wprowadzeniem subiektywnego poglądu. Istnieją jednak pewne przesłanki umożliwiające dokonanie próby takiego podziału. Są sale, w których bardzo silnie odznacza się pewna, założona przez architekta, wizja lub idea. Sala filharmonii w Berlinie, jest tego najlepszym przykładem. Jest wynikiem projektu-manifestu²²⁸, w którym podporządkowano względy przestrzenne, użytkowe, estetyczne i ekonomiczne idei - symbolizującej przejście Niemiec ze zgliszcz wojny do pełnej nadziei przyszłości.

Sale późniejsze, równie wizjonerskie, o dużym przekazie emocjonalnym, także można zaliczyć do grupy rozwiązań ideowych, jak np.: idea „wnętrza okrętu” [Ryan, 2005] widoczna – w Walt Disney Hall w Los Angeles, czy „miejsce, w którym gromadzą się ludzie²²⁹” – stworzone w Muza w Kawasaki. Obecnie tworzone są projekty w obu wyróżnionych grupach. Przykładem takiego rozwiązania ideowego może być sala w Hamburgu (patrz rozdz. 2) nawiązująca wyglądem do obszernej jaskini.

Można też wyróżnić sale będące kontynuacjami sprawdzonych, a przede wszystkim udanych rozwiązań sal wcześniejszych. Nie chodzi tu o naśladownictwo, ale o korzystanie z właściwych wzorców, jak np. w rozwiązaniach sale azjatyckich powstałych po sali koncertowej w Sapporo.

W salach winnicowych możliwe jest zrealizowanie wizji architekta bez utraty jakości akustycznej. Wszystkie sposoby podejścia do projektu mają swoje zalety i wady, jednak przy projektowaniu istotne jest znalezienie równowagi pomiędzy dążeniem architekta, akustyka i inwestora, do stworzenia udanego obiektu.

5.2. Komunikacja i rodzaje ewakuacji

Nietypowe ukształtowanie widowni i sceny sal centralnych tarasowych wymaga od projektantów starannego rozwiązania komunikacji i ewakuacji. W salach pudełkowych, o dużych kubaturach, publiczność wchodzi na widownię z przestrzeni ogólnodostępnych – holi, korytarzy i klatek schodowych zlokalizowanych poniżej sceny – przy pierwszych rzędach, na koronie i balkonach. Dodatkowo w dużych salach, wprowadza się pośrednią możliwość wejścia i ewakuacji – za pomocą womitoriów, które mogą zasłaniać widoczność sceny widzom siedzącym. Rozwiązania te komplikują ponadto one układ

²²⁸ Szczegółowy opis programu ideowego projektu filharmonii berlińskiej został przedstawiony w rozdz. 7.

²²⁹ [Http://www.chikada-design.com/english/bro05/01_muza/index.htm](http://www.chikada-design.com/english/bro05/01_muza/index.htm), 2008.

komunikacyjny, co może wywołać zamieszanie w trakcie ewakuacji. Wyjście widzów z sali pudełkowej odbywa się za pomocą systemu komunikacji opartej na przejściach i stopniach wewnętrznych sali. Zwykle przejścia ze schodami znajdują się przy ścianach lub przy rzędach bocznych, rzadziej są to przejścia centralne²³⁰. Poprzecznie audytorium łączy pośrednie przejście przed sceną, a czasem dodatkowe zlokalizowane w koronie widowni. Muzycy wchodzi na salę i ewakuują się najczęściej z wyjść bocznych lub tylnych zlokalizowanych w ścianach zamykających scenę.

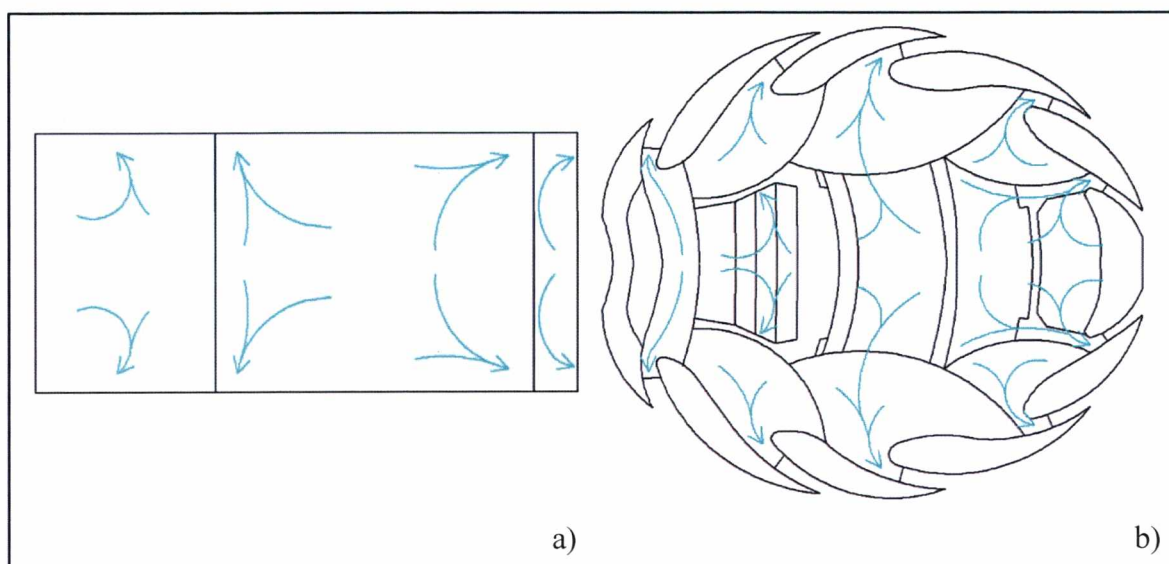


Rys. 103. Filaria w Opolu (A. Grudziński, 1957) – widok womitorium [fot. autorka]

W salach typu winnica dogodnym rozwiązaniem jest zaprojektowanie dla każdego z tarasów dróg ewakuacyjnych, prowadzących do klatek schodowych lub na antresole znajdujące się w strefie ogólnodostępnej. W ten sposób wykonano np. wyjścia w sali koncertowej Oriental Arts Center w Szanghaju. Taras środkowy zaprojektowano tak, aby za pomocą przynależnych do niego dróg ewakuacyjnych obsłużyć również widzów siedzących przy scenie, natomiast górny poziom, zlokalizowany za sceną tak, aby miał dwa wyjścia. W sali, otoczonej widownią z czterech stron, muzycy wchodzi wejściami umieszczonymi pod wypiętrzonymi widowniami bocznymi. Schemat ewakuacji tego

²³⁰ Ze względu na oś środkową sali, w której występuje najkorzystniejsza widoczność.

wnętrza został przedstawiony graficznie, w zestawieniu z salą pudełkową (rys. 104). Dzięki wprowadzeniu dwunastu wyjść ewakuacyjnych i ich dogodnemu zlokalizowaniu, ewakuacja sali koncertowej Oriental Arts Center w Szanghaju może odbywać się płynnie.



Rys. 104. Zestawienie dróg ewakuacji: a) w sali pudełkowej, b) w sali winnicowej²³¹ [oprac. autorki]

W zagadnieniach dotyczących komunikacji w sali koncertowej ważne jest też dostarczanie fortepianów na scenę. W salach pudełkowych, magazyn tych instrumentów najczęściej sytuuje się w pomieszczeniu wydzielonym za salą lub obok. W salach centralnych tarasowych magazyn jest sytuowany zwykle pod salą, a transport odbywa się za pomocą windy, która prowadzi bezpośrednio na centralny podest sceny. Także posadzka sceny może być podnoszona ku górze lub opuszczana do magazynu.

Podsumowując można zauważyć, że zastosowanie tarasów w salach winnicowych umożliwia dogodne wyprowadzenie w krótkim czasie dużej liczby widzów oraz nie powoduje konieczności stosowania womitoriów.

5.3. Interakcje między widownią a orkiestrą w salach winnicowych

W salach winnicowych, oprócz aspektów wizualno-akustycznych, ważne są interakcje zachodzące między widownią a orkiestrą. Ich znaczenie podkreślane jest w wielu wypowiedziach i publikacjach na temat omawianych obiektów. Aspekt ten był szczególnie istotny przy powstawaniu sali Walt Disney Hall i zaważył na wyborze konfiguracji winnicowej dla tego wnętrza.

²³¹ Rzut sali Oriental Arts Center oprac. wg : [http://www.e-architect.co.uk/shanghai/oriental_art_center_shanghai.htm, 2008].

Zakłada się, że interakcje powstają pomiędzy muzykami i słuchaczami oraz pomiędzy słuchaczami²³². Sprzyja temu zmniejszenie dystansu pomiędzy wykonawcami i odbiorcami, którzy są rozmieszczeni we wspólnym okręgu. Możliwość obserwacji reakcji innych uczestników koncertu wzbogaca wrażenia i wzmacnia zainteresowanie występem. Dodatkowo, osoby siedzące w tylnych rzędach widowni są bliżej orkiestry, niż miałyby to miejsce w sali pudełkowej. Lokalizacja na tylnym tarasie umożliwia obserwację orkiestry i pracy dyrygenta. Widzowie z tego tarasu mają przed sobą całą salę i dobrze słyszą. Zmienia to podejście widzów, z bycia jedynie „obserwatorem”, „słuchaczem” na bycie „uczestnikiem” koncertu.

O zjawisku interakcji psychologicznych pisze Michael Barron, w odniesieniu do sali kameralnej Filharmonii Berlińskiej [Barron, 1993, s. 203]. Dodatkowo autor ten stwierdza: *Prostokątny plan sali, choć podziwiany pod wieloma względami, nie może stworzyć uczucia skupienia, ponieważ ma proste rzędy, natomiast w miejscach, w których istnieje kontakt wizualny, pomiędzy członkami widowni, zwiększa się doświadczenie wspólnego przeżywania*²³³. Ciekawie opisuje również ten aspekt Laurent Bayle: [...] *kiedy scena jest w środku audytorium, łatwo wyczuć, że publiczność jest bardziej w sercu muzyki*²³⁴.

Osoby siedzące w koronie widowni sali pudełkowej nie są często w stanie dostrzec muzyków, a przed sobą mają jedynie innych widzów. Jeśli sala ma balkony, nad ich głowami znajduje się sufit, wywołujący często uczucie duszności i klaustrofobii, zdecydowanie zmniejszając przyjemność z odbioru koncertu. Natomiast siedzący

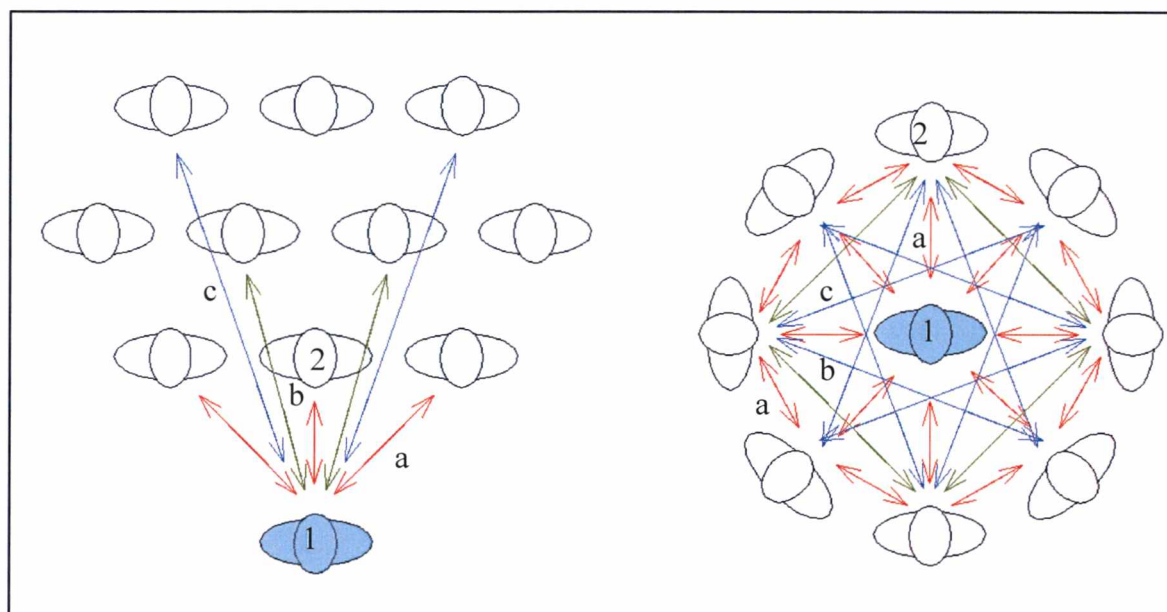
²³² Autorka zaobserwowała występowanie reakcji psychologicznych w układzie centralnym tarasowym – w Royal Glasgow Concert Hall i sprawdziła czy takie interakcje występują w salach pudełkowych filharmonii we Wrocławiu i w Rzeszowie. W Glasgow Royal Concert Hall zajęła miejsce na górnym frontowym tarasie. W Rzeszowie i Wrocławiu zajmowała różne miejsca na widowni. Widzowie, których dotyczyło badanie, nie byli znajomymi autorki, nie znajdowali się w podobnej do niej grupie wiekowej. Autorka starała się zachować podobnie w każdej z badanych sytuacji. W Glasgow Royal Concert Hall nawiązana została przyjazna rozmowa z widzami siedzącymi w najbliższym otoczeniu, sąsiadami z obu boków oraz z rzędu ponad, przed koncertem, w czasie przerw i po koncercie. W trakcie koncertu zostały zaobserwowane oznaki sympatii i uprzejmości pomiędzy widzami oraz ich ożywione zainteresowanie występem. Nastąpiło subiektywne odczucie wspólnoty z innymi osobami znajdującymi się na widowni. Mimo dużego dystansu pomiędzy autorką a muzykami, scena była doskonale widoczna, a występ miał charakter mniej formalny, niż miało to miejsce w salach pudełkowych. W salach w Rzeszowie i we Wrocławiu, podczas żadnego z koncertów nie zostały nawiązane rozmowy z widzami siedzącymi w sąsiedztwie. Nie było możliwości obserwacji reakcji większej liczby uczestników. Koncerty miały charakter formalny.

²³³ [Barron, 1993, s.198]; tłum. z ang. autorki.

²³⁴ Ang. [...] *when stage is in the middle of the auditorium, it is easy to feel that the audience is more in the heart of the music*. Laurent Bayle, od 2007, prezydent stowarzyszenia Filharmonii Paryskiej (franc. Philharmonie de Paris) [<http://www.philharmoniedeparis.com/en/philharmonie/vie-symphonique/la-philharmonie-de-paris-le-point-de-vue-de-laurent-bayle.html>, 2008].

w rzędach na koronie widowni sali winnicowej ma przed sobą rozległą panoramę sali. „Otoczają” go twarze innych widzów, a nad nim, wznosi się sufit. Słuchacze tak usytuowani znajdują się relatywnie bliżej orkiestry niż w sali pudełkowej.

Opisane powyżej zależności w sposób uproszczony przedstawia schemat (rys. 105), na którym wyróżniono trzy typy interakcji zachodzących między muzykami i publicznością oraz pomiędzy słuchaczami: bliską bezpośrednią, dalszą bezpośrednią, pośrednią. W salach pudełkowych, gdzie układy rzędów są szeregowo zaobserwowano występowanie wszystkich trzech typów interakcji między muzykami i publicznością, natomiast interakcje pomiędzy słuchaczami nie wystąpiły. W salach winnicowych, gdzie układy rzędów zaprojektowane są na okręgu zaobserwowano wszystkie wyróżnione typy interakcji między muzykami i publicznością oraz pomiędzy słuchaczami.



Rys. 105. Schemat interakcji między muzykami i publicznością oraz pomiędzy słuchaczami: a) w sali pudełkowej – układ szeregowy (1 – muzyk, 2 – słuchacz, a – linie czerwone – interakcja bliska bezpośrednia, b – linie zielone – interakcja dalsza bezpośrednia c – linie niebieskie – interakcja pośrednia), b) w sali centralnej tarasowej – układ okręgu (1 – muzyk, 2 – słuchacz, a – linie czerwone – interakcja bliska bezpośrednia, b – linie zielone – interakcja dalsza bezpośrednia c – linie niebieskie – interakcja pośrednia) [oprac. autorki]

Podsumowując orkiestra w układzie winnicy jest usytuowana w środku wnętrza i otoczona przez widzów, co za tym idzie muzycy mogą być zatem bardziej zaangażowani w swój występ. Dyrygent występujący przed publicznością tarasu tylnego również zachowuje się inaczej niż dyrygent, który ponad orkiestrą widzi jedynie ścianę. Publiczność, która w polu widzenia ma innych słuchaczy oraz okrąg sali, przeżywa koncert w pełni.

6. PODSUMOWANIE

Niniejszą dysertację poświęcono zbadaniu nowego zjawiska zaobserwowanego w projektowaniu sal koncertowych o widowniach powyżej 2000 miejsc, tj. układu centralnego tarasowego i opracowaniu definicji, która w sposób jednoznaczny układ ten opisuje.

Na podstawie analizy przykładów historycznych obiektów widowiskowych i współczesnych wewnątrz przeznaczonych do słuchania muzyki (od antyku po XX w.), sporządzono – pod kątem kształtu – typologię widowni i sceny, na podstawie której wyodrębniono układ winnicy z rozpatrywanej grupy.

W rozprawie określono, że najistotniejszym zabiegiem akustyczno-architektonicznym stosowanym w salach o konfiguracji winnicowej, jest odseparowanie sceny od ścian i użycie tarasów. Jedynie zastosowanie obu tych rozwiązań jednocześnie zapobiega niekorzystnym zjawiskom, związanym z promienistym rozchodzeniem się fal akustycznych od źródła dźwięku i sprzyja precyzyjnemu sterowaniu odbiciami fal dźwiękowych.

Ze względu na specyficzny układ przestrzenny w salach centralnych tarasowych, w początkowym okresie ich funkcjonowania pojawiło się kilka problemów, tj.: brak pełnego otoczenia ścianami sceny od tyłu i z boków, usytuowanie publiczności za orkiestrą, inny rodzaj słyszalności na scenie niż w układach klasycznych i trudność właściwego umieszczenia organów. Dzięki ewolucji kształtu poszczególnych elementów sal (tj. sceny, tarasów, sufitu i ustrojów akustycznych), można było uzyskać optymalną akustykę.

W salach o układzie centralnym tarasowym osiągnięto oryginalne i indywidualne brzmienie orkiestry, przestrzenność dźwięku, niecodziennosc architektury wnętrza, gdzie zawieszone nad sceną ustroje akustyczne stały się przedmiotem indywidualnych projektów i zaczęły pełnić funkcje współczesnych dekoracji.

6.1. Typologia sal centralnych tarasowych

Jednym z celów badawczych rozprawy było opracowanie aktualnej typologii wewnątrz centralnych tarasowych, co zrealizowano po przeanalizowaniu i opisanu przykładów obiektów z tego nurtu. W obrębie układu centralnego tarasowego, liczącego obecnie 22 sale, można wyodrębnić:

a) ze względu na kształt wnętrza – układy:

- winnicowe – 4 sale,
- semi-centralne – 3 sale,
- arenowe – 3 sale,
- hybrydowe – 12 sal.

b) ze względu na symetrię według osi podłużnej – układy (typ I):

- symetryczne – 16 sal,
- asymetryczne – 5 sal.

c) ze względu na zastosowaną krzywiznę ścian – układy (typ II:)

- postokreślne (14 sal),
- łukowe (8 sal).

d) ze względu na głębokość sali (wg Ch. Jaffe) – układy:

- wertykalne – 10 sal,
- płaskie – 12 sal.

Lokalizację sal koncertowych o układzie centralnym tarasowym na świecie, z uwzględnieniem liczebności miast, przedstawiono w poniższej tabeli (tab. 6).

Tab. 6. Lokalizowanie sal o konfiguracji winnicy w miastach z podaniem ich liczebności [oprac. autorki]

Lp.	Nazwa sali	Miasto	Liczebność miasta [mln]
1	Berliner Philharmonie	Berlin	3,5
2	Roy Thompson Hall	Toronto	5,7 (z 2004)
3	Christchurch Town Hall	Christchurch	0,34
4	Sydney Opera House	Sydney	4,2 (z 2001)
5	Boettcher Concert Hall	Denver	2,6
6	Sala Nezahualcoyotl	Nowy Meksyk	1,8
7	Music Centre Vredenburg	Utrecht	0,031
8	Leipzig Gewandhaus	Lipsk	0,5
9	St. David's Hall	Cardiff	0,3
10	Michael Fowler Centre	Wellington	0,56
11	Suntory Hall Tokyo	Tokio	12,8
12	Kammermusiksaal	Berlin	3,5
13	Glasgow Royal Concert Hall	Glasgow	0,57
14	Sapporo Concert Hall "Kitara"	Sapporo	1,9
15	Ryutopia Niigata City Performing Arts Center	Niigata	2,4
16	Walt Disney Hall	Los Angeles	16,4 (z 2002)
17	Kawasaki MuZa	Kawasaki	1,36
18	Shanghai Oriental Art Center	Szanghaj	20,6
19	Atlanta Symphony Center	Atlanta	0,48 (z 2006)
20	Elbphilharmonie Concert Hall	Hamburg	1,74
21	DR Koncerthuset	Kopenhaga	0,5
22	La Philharmonie de Paris	Paryż	2,15

Jak wynika z analizy danych przedstawionych w formie tabeli (tab. 6), sale o układzie centralnym tarasowym znajdują się w miastach o charakterze metropolitalnym, mających zapotrzebowanie na duże sale koncertowe będące w stanie pomieścić jednorazowo powyżej 2000 widzów. Liczba ludności w omawianych miastach wynosi od 0,5 miliona mieszkańców, aż do 20,6 milionów (w Szanghaju). Do tej pory w Polsce nie powstała sala o konfiguracji winnicowej. Biorąc pod uwagę liczbę ludności w miastach Polski, salę centralną tarasową można by zlokalizować: w Warszawie (1,7 miliona mieszkańców), w Krakowie (760 tysięcy), we Wrocławiu (630 tysięcy), czy Poznaniu (560 tysięcy).

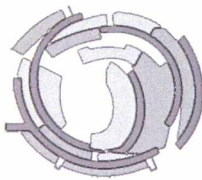
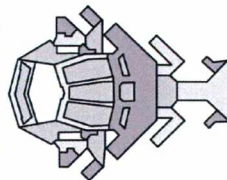
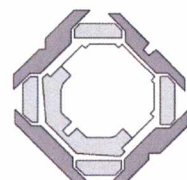
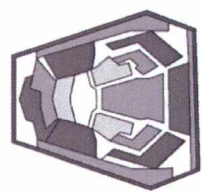
Sale koncertowe o układzie centralnym tarasowym, od roku 1963 do czasów współczesnych, powstawały:

Tab. 7. Sale o układzie centralnym tarasowym wzniesione w latach 1963 – 2009 [oprac. autorki]

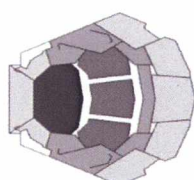
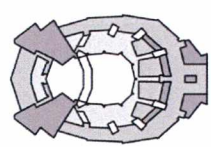
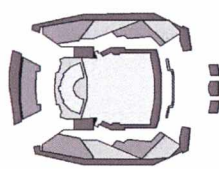
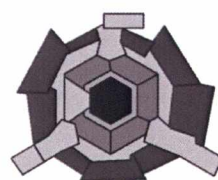
a) w latach 1963-1973

Data		1963	1972	1972	1973
Nazwa		Berliner Philharmonie	Roy Thomson Hall	Christchurch Town Hall	Sydney Opera House
Lokalizacja		Berlin	Toronto	Christchurch Town	Sydney
Proj. arch.		H. Scharoun	A. Ericson	M. Warren, M. Mahoney	J. Utzon
Schemat					
Układ	winnica				
	semi-centr.				
	arenowy				
	hybrydowy				
Typ I	symetryczny				
	asymetryczny				
Typ II	postokreślny				
	łukowy				
Typ III	wertykalny				
	płaski				

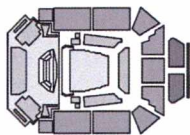
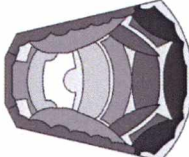
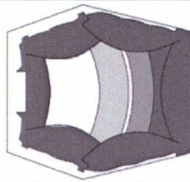
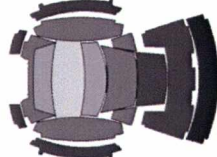
b) w latach 1978-1981

Data	1978	1978	1979	1981
Nazwa	Boettcher Concert Hall	Sala Nezahualcoyotl	Music Centre Vredenburg	Leipzig Gewandhaus
Lokalizacja	Denver	Nowym Meksyk	Utrecht	Lipsk
Proj. arch.	H. Holzman Pfeiffer Associates	Orso, Nunez, Ruiz-Velasco	H. Hertzberg	E. Goschel, H. Siegel, V. Sieg, R. Skoda, W. Sziegleit
Schemat				
Układ	winnica			
	semi-centr.			
	arenowy			
	hybrydowy			
Typ I	symetryczny			
	asymetryczny			
Typ II	postokreślny			
	łukowy			
Typ III	wertykalny			
	plaski			

c) w latach 1982-1987

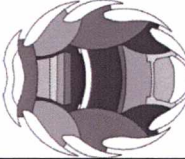
Data	1982	1983	1986	1987
Nazwa	St. David's Hall	Michael Fowler Centre	Suntory Hall	Kammermusiksaal
Lokalizacja	Cardiff	Wellington	Tokio	Berlin
Proj. arch.	Seymour Harris Partnership	H. Marshall	Yasui Architects & Engineers, Inc.	E. Wisniewski
Schemat				
Układ	winnica			
	semi-centr.			
	arenowy			
	hybrydowy			
Typ I	symetryczny			
	asymetryczny			
Typ II	postokreślny			
	łukowy			
Typ III	wertykalny			
	plaski			

d) w latach 1990-2003

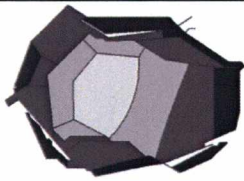
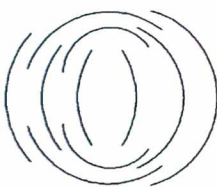
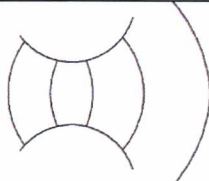
Data		1990	1997	1998	2003
Nazwa		Glasgow Royal Concert Hall	Sapporo Concert Hall „Kitara”	Walt Disney Hall	Muza
Lokalizacja		Glasgow	Sapporo	Los Angeles	Kawasaki
Proj. arch.		L. Martin i RMJM Scotland Ltd.	Hokkaido Engineering Consultanys Co., Ltd.	Itsuko Hasegawa Atelier	F. Gehry
Schemat					
Układ	winnica				
	semi-centr.				
	arenowy				
	hybrydowy				
Typ I	symetryczny				
	asymetryczny				
Typ II	postokreślny				
	łukowy				
Typ III	wertykalny				
	płaski				

Tab. 8. Sale o układzie centralnym tarasowym wzniesione w latach 2004-2005 i będące w fazie realizacji [oprac. autorki]

a) w latach 2004-2005

Data		2004	2005
Nazwa		Muza	Oriental Arts Center
Lokalizacja		Kawasaki	Szanghaj
Proj. arch.		ACT Planning	P. Andreu
Schemat			
Układ	winnica		
	semi-centr.		
	arenowy		
	hybrydowy		
Typ I	symetryczny		
	asymetryczny		
Typ II	postokreślny		
	łukowy		
Typ III	wertykalny		
	płaski		

b) będące w fazie realizacji

Data		2009	2009-2010	2012	2012
Nazwa		DR Koncerthuset	Elbphilharmonie Concert Hall	Atlanta Symphony Center	La Philharmonie de Pari
Lokalizacja		Kopenhaga	Hamburg	Atlanta	Paryż
Proj. arch.		J. Nouvel	J. Herzog, P. de Meuron	S. Calarava	J. Nouvel
Schemat					brak danych
Układ	winnica				
	semi-centr.				
	arenowy				
	hybrydowy				
Typ I	symetryczny				brak danych
	asymetryczny				
Typ II	postokreślny				
	łukowy				
Typ III	wertykalny				
	płaski				

Jak wynika z przedstawionych zestawień konfiguracja winnicowa cieszyła się szczególnym zainteresowaniem projektantów w latach od 1974 – 1983, a w czasie ostatnich 5 lat zaobserwowano znaczny wzrost popularności układu hybrydowego w projektowaniu sal o widowniach liczących powyżej 2000 miejsc (tab. 8.). Dodatkowo w tym okresie zaobserwowano tendencję do projektowania sal centralnych tarasowych z łukami i płaskich.

W latach 2004 – 2009 r. sale centralne tarasowe projektowane były najczęściej jako układy hybrydowe, w typie wertykalnym, z przewagą łukowego modelowania elementów wnętrza. Ostateczną systematykę i podsumowanie zawarto w katalogu, zawarty w aneksie do niniejszej dysertacji.

6.2. Wnioski końcowe

W rozprawie postawiono trzy tezy związane z problematyką układu centralnego tarasowego, które udowodniono.

Potwierdzono, że najkorzystniejsze warunki akustyczne współczesnym salom koncertowym, o widowniach powyżej 1800 słuchaczy, zapewniają sale o układzie centralnym tarasowym, w których występuje:

- otoczenie sceny słuchaczami, przez co skraca się drogę fali akustycznej bezpośredniej i odbitej, od nadawcy do odbiorcy,

- wprowadzenie do wnętrza większej liczby płaszczyzn, na których powstają wczesne i późne odbicia boczne,
- zredukowanie kubatury sali, a w związku z tym skrócenie czasu pogłosu,
- zwiększenie „przejrzystości” i „przestrzenności” muzyki,
- wzbogacenie „barwy” i zwiększenia „bliskości” dźwięku.
- znaczne poprawienie widoczności, przez grupowanie widowni na tarasach,

W przypadku projektowania nowego wnętrza koncertowego o pojemności widowni poniżej 1800 osób, różne układy sal w zależności projektowanego typu brzmienia muzyki. W przestrzeniach centralnych tarasowych uzyskuje się „miękkie”, „przejrzyste” i „wymieszane” pole akustyczne, podczas gdy w salach o konfiguracjach pudełkowych brzmienie „twarde” i „klarowne”.

Na podstawie analiz sal o konfiguracji winnicowej dowiedziono, że akustyka układów centralnych tarasowych powinna być rozpatrywana jako zbiór indywidualnych układów, tj. źródła dźwięku i wybranego tarasu. Każda z jednostek sali winnicowej funkcjonuje jako odrębny układ akustyczny, w którym występuje zarówno dźwięk bezpośredni, jak i rozproszone odbicia boczne fal akustycznych – wczesne oraz późne. „Gronowa” zasada budowy układu winnicowego pozwala na stosowanie różnorodnych zestawień poszczególnych komórek, w celu uzyskiwania oryginalnych efektów akustycznych i architektonicznych. Przykładami sal, w których z powodzeniem uzyskano indywidualny charakter wnętrza, przy bardzo korzystnych parametrach dźwięku są: Muza w Kawasaki, Oriental Arts Center w Szanghaju, Walt Disney Hall w Los Angeles, Boettcher Concert Hall w Denver i nowo projektowana Elbphilharmonie w Hamburgu.

Po trzecie stwierdzono, że rozwiązania tarasowe – alternatywne w stosunku do sal o konfiguracji pudełkowej – stwarzają nowe możliwości architektonicznego kształtowania przestrzeni wewnątrz koncertowych. Porównania dokonano w stosunku do układów pudełkowych i wykazano, że w konfiguracji winnicowej: łatwiej jest zaprojektować sprawny system ewakuacyjny, jak też ciekawy efekt wizualny oraz spowodować powstanie interakcji między muzykami a publicznością i słuchaczami między sobą.

6.3. Zakończenie

Współczesne sale koncertowe przestają pełnić jedynie funkcję filharmonii. Słucha się w nich również muzyki rockowej, jazzu, czy hip-hopu. Służą jako sale konferencje

i wykładowe, przez co do sal „wprowadzana jest mowa”. Takie rozwiązania wymagają możliwości szybkich zmian parametrów akustycznych. Dlatego też, konserwatywne podejście do projektowania dużych sal przestaje mieć swoje uzasadnienie.

W podsumowaniu, nasuwa się pytanie, dlaczego tego typu obiekty zaczęły powstawać dopiero od II połowy XX wieku? Przyczyna narodzenia i spopularyzowania konfiguracji winnicowej nie była jedynie trendem mody. Przed erą cyfrową projekty takich układów, ze względu na brak odpowiedniej „mocy obliczeniowej” komputerów, były praktycznie niemożliwe do wykonania. Projektanci bazowali na znanych im wzorcach, które przy wprowadzaniu nieznacznych modyfikacji doskonale odpowiadały spełnieniu bieżących potrzeb. Można wysnuć przypuszczenie, że w związku z rozwojem nauki i techniki powstały nowe kierunki projektowania sal koncertowych, centralnych z tarasami. Ich rozwój będzie zdeterminowany dalszym rozkwitem akustyki i technik komputerowych. Można już teraz także określić, że przyszłość rozwoju, tzw. winnic, jak również sal koncertowych w ogóle, będzie ściśle związana z tworzeniem interdyscyplinarnych zespołów projektowych i rozwijaniem specjalistycznych programów komputerowych, które ułatwią wzajemną komunikację pomiędzy różnorodnymi specjalistami.

Ze względu na popularność i ogólnoświatowy zasięg pojawiania się konfiguracji centralnej z tarasami, można zaryzykować stwierdzenie, że nurt ten w przyszłości będzie jednym z najważniejszych przy projektowaniu dużych sal koncertowych (tj. sal o widowniach powyżej 1800 miejsc).

7. KATALOG

7.1. Wstęp – przykłady sal centralnych tarasowych

Katalog opracowano w celu usystematyzowania informacji na temat sal koncertowych o układzie centralnym tarasowym omawianych w niniejszej dysertacji. Katalog prezentuje obiekty w kolejności ich powstawania. Dane zostały uszeregowane i przedstawione wg następującego schematu²³⁵.

Tab. 9. Schemat tabeli katalogowej [oprac. autorki]:

Nazwa obiektu		Schemat rzutu ²³⁶
Karta katalogowa Nr		
Czas powstania	Liczba miejsc	Czas pogłosu
Autorzy		Projekt architektoniczny Projekt akustyki
Lokalizacja		
Architektura i funkcja obiektu		
Wnętrze ²³⁷ sali koncertowej		
Uwagi i opinie o projekcie		
Bibliografia		

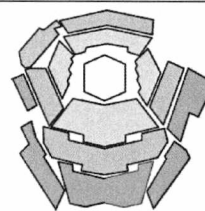
Uwaga: Zagadnienia związane z akustyką i architekturą omówionych w katalogu przykładów zostały potraktowane w formie streszczenia, szczegółowy opis tej problematyki zawarty został w rozdziale trzecim.

²³⁵ Tabela ulega modyfikacjom, w zależności od obiektu, który został w niej opisany.

²³⁶ Opracowanie autorki.

²³⁷ Zgodnie z typologią, opracowaną w rozdz. 3.

7.1.1. Filharmonia w Berlinie – sala główna



Karta katalogowa 01

Czas powstania: 1960-63

Liczba miejsc: 2440

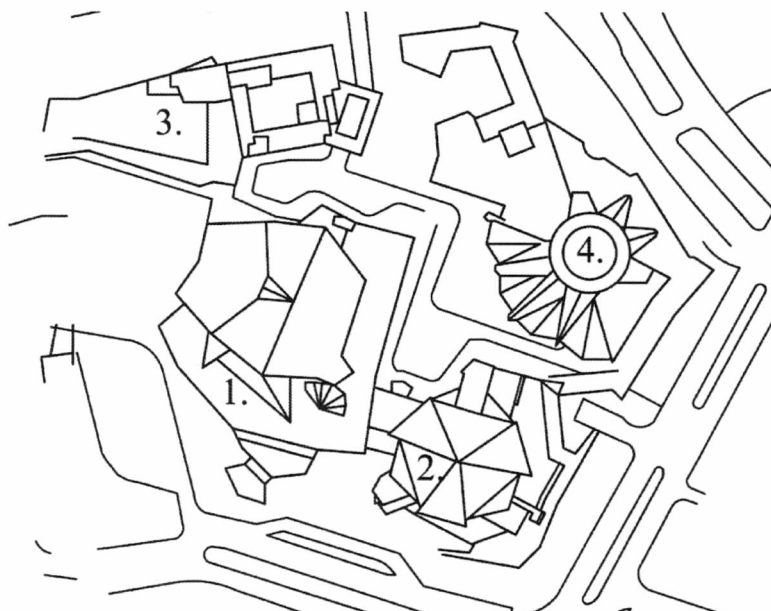
Czas pogłosu: 1,6-1,8 sek.

Autorzy

Projekt architektoniczny: Hans Scharoun, współpraca Edgar Wisniewski

Projekt akustyki: Lothar Cremer

Lokalizacja: Herbert-von-Karajan, Str. 1, 10785 Berlin, Niemcy



Rys. 106. Plan Forum Kultury: 1. Filharmonia Berlińska, 2. Sala Kameralna, 3. "Geplant" Centrum Audio-Wizualne 4. "Staatliches Institut für Musikforschung Musikinstrumenten Museum" [Oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 150]

Architektura i funkcja obiektu

Filharmonia w Berlinie jest częścią większego założenia urbanistycznego zwanego Kulturforum²³⁸ – położonego w centrum miasta, w pobliżu Potsdamer Platz i Tiergarten. W skład tego zespołu miały wchodzić: sala główna i sala kameralna filharmonii, kościół, teatr muzyczny i biblioteka. W projekcie przewidziany był również dom gościnny dla muzyków (do dziś niezrealizowany). Konkurs na nową Filharmonię w Berlinie²³⁹ został rozstrzygnięty w 1956 roku. Pierwsze miejsce zajął projekt Hansa Scharouna, wyróżniający się oryginalnym rozwiązaniem i nowatorskim podejściem do ukształtowania filharmonicznej sali koncertowej. Realizacja budynku i tarasowej sali rozpoczęły się dopiero w 1960 roku²⁴⁰.

Hans Scharoun zaprojektował Filharmonię w duchu ekspresyjnego, rzeźbiarskiego modernizmu.

²³⁸ Kulturforum – z niem. Forum Kultury.

²³⁹ Stara filharmonia została zniszczona w 1944 r. podczas bombardowania Berlina. Dawna sala cieszyła się dużym przywiązaniem berlińskich melomanów, chociaż nie spełniała wymagań stawianych obiektom koncertowym. Była ona bowiem adaptacją wrotkarni, na planie prostokąta znacznej długości. Sala była ozdobiona sztukateriami a drewniane krzesła przeszkadzały w odbiorze koncertu, zarówno skrzypieniem, jak i swą nieergonomicznością.

²⁴⁰ Do prac budowlanych przystąpiono za sprawą Herberta von Karajana²⁴⁰, który od początku był wielkim orędownikiem zwycięskiej koncepcji konkursowej, a w ostateczności zagroził wyjazdem z Berlina, jeśli ten projekt nie zostanie zrealizowany.

Zgodnie z zasadami tego stylu, zaproponował: dynamiczne, nieregularne, przecinające się bryły, proste, efektowne detale, grę faktur i materiałów, a także mocną i wyrazistą kolorystykę potęgującą emocje użytkowników. Stworzenie tej formy było możliwe dzięki zastosowaniu metody projektowania *inside-out*²⁴¹, tj. od wnętrza budynku, poprzez wszystkie jego elementy, aż do ukształtowania elewacji. W efekcie powstała zróżnicowana i odważna, jak na ówczesne czasy, fasada, która była wynikiem tarasowego zaaranżowania wnętrza sali koncertowej. dopełnieniem brył sali głównej i kameralnej jest przyziemie budynku w formie białych „tarasów”. To tu znajdują się wejścia dla publiczności i muzyków, a także wjazd gospodarczy. Fasady miały być pierwotnie wykończone blachą miedzianą, ale ze względu na brak funduszy, rozwiązania tego nie zrealizowano i dopiero w kolejnych latach elewację pokryto okładziną z wytłaczanych płytek w złotym kolorze.



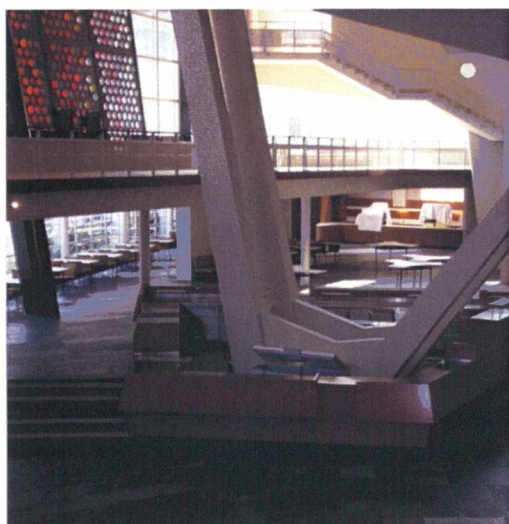
Rys. 107. Filharmonia w Berlinie – widok z lotu ptaka [fot. autorka]



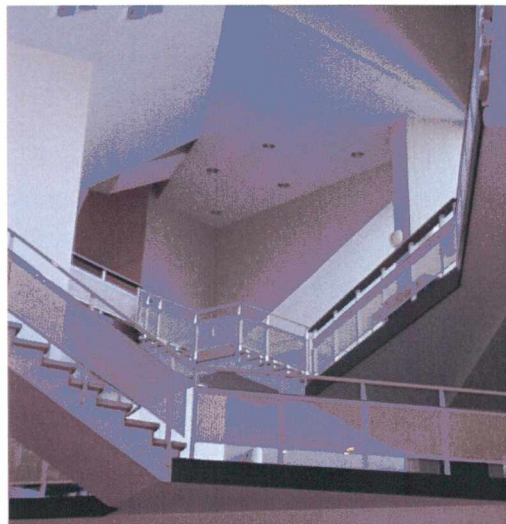
Rys. 108. Filharmonia w Berlinie - elewacja [fot. Elżbieta Trocka-Leszczyńska]

Przyziemie budynku obejmuje obszerne foyer sali głównej i mniejsze sali kameralnej, a także szatnię i węzeł sanitarny. Publiczność prowadzona jest do sal, na poszczególne kondygnacje, systemem klatek schodowych, tworzących skomplikowany, dynamiczny układ, w którym klatki i antresole przeplatają się ze sobą. Ważnym elementem strefy wejściowej jest też rozrzeźbiony sufit, stanowiący jednocześnie podłogę sali koncertowej, podpartą układem słupów. Słuchacze mają do dyspozycji obszerne i wygodne przestrzenie do oczekiwania i odpoczynku w przerwach koncertu, znajdujące się na parterze, antresolach, balkonach i tarasach.

²⁴¹ *Inside-out*, z ang. od wnętrza – na zewnątrz.



a)



b)

Rys. 109. Filharmonia w Berlinie: a) foyer sali głównej z witrażem²⁴², b) klatki schodowe [fot. autorka]

W części niedostępnej dla publiczności, na parterze, znajduje się strefa administracji, foyer dla muzyków, liczne sale prób oraz garderoby. Kondygnację podziemną zajmuje parking dla samochodów osobowych i zaopatrzenie filharmonii, a także pomieszczenia techniczne i składy instrumentów muzycznych. Mocno pofałdowana przestrzeń sali koncertowej nastęrcza duże problemy z rozwiązaniem zapleczy. Umieszczono je w przestrzeniach, powstających w wyniku rozrzeźbienia bryły i pięciokątnego rzutu sali, ale pomieszczeń pomocniczych jest mało, stąd garderoby pełnią jednocześnie funkcję sal prób²⁴³. Podczas licznie odbywających się tu festiwali, muzyk może ćwiczyć najwyżej 3 godziny. Przy dłuższej pracy, w dni powszednie, dokucza brak doświetlenia naturalnego²⁴⁴.

Magazyny fortepianów zlokalizowano pod sceną, z którą łączy je specjalna winda. Wiele problemów nastęrcza transport fortepianu pomiędzy salą główną, a kameralną - filharmonia korzysta z pomocy firmy transportującej instrumenty. Nie ma natomiast problemów z przechowywaniem instrumentów w magazynach, gdyż po ich zapelnieniu zajmowana jest przestrzeń foyer dla muzyków.

Wnętrze sali koncertowej

Typ: winnica, wertykalny, asymetryczny, prostokreślny²⁴⁵.
Długość wnętrza wynosi około 60 m, szerokość 55 m.

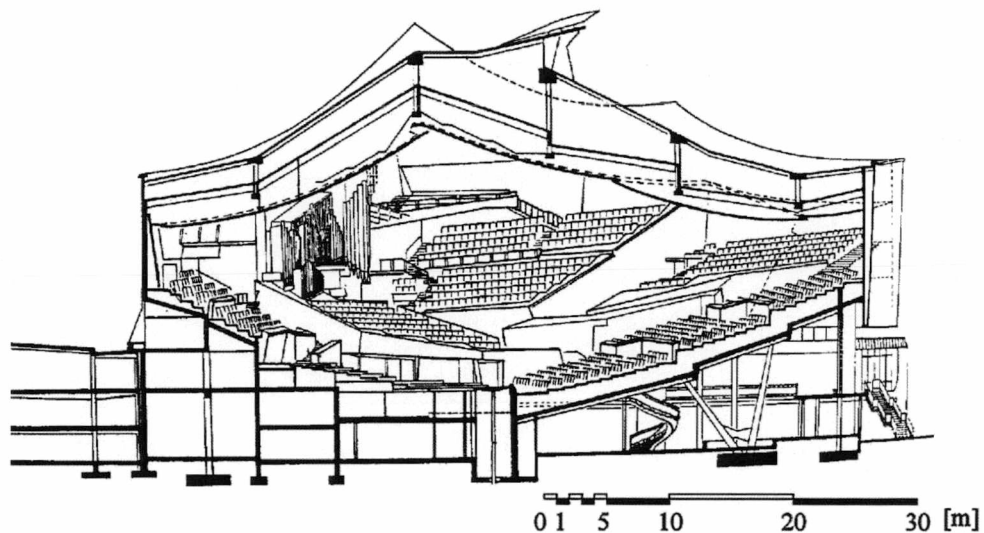
Widownia, w obrębie której największe oddalenie widza od sceny nie przekracza 30 m, złożona jest z części frontowej powiększonej w stosunku do części bocznych i tylnej. Około 1330 miejsc znajduje się przed sceną, ponad 300 miejsc po każdej z jej stron i około 250 miejsc za orkiestrą, 44 miejsca na trzech wypiętrzonych tarasach. Rozkład miejsc jest częściowo symetryczny do osi środkowej sali. Harmonia układu wewnętrznego zakłócona jest przez tzw.: łóżę honorową, która znajduje się w obrębie widowni bocznej. Bezpośrednio obok niej umieszczono łóżę dla osób niepełnosprawnych, w których mogą stać wózki inwalidzkie (22 miejsca). Do przestrzeni tej prowadzi winda. Nad łóżami usytuowano 4 reżyserki dla radia i nagrań płytowych.

²⁴² Witraż przy południowozachodnim ciągu schodowym – projekt Aleksandra Camaro [Jabłońska, 2007].

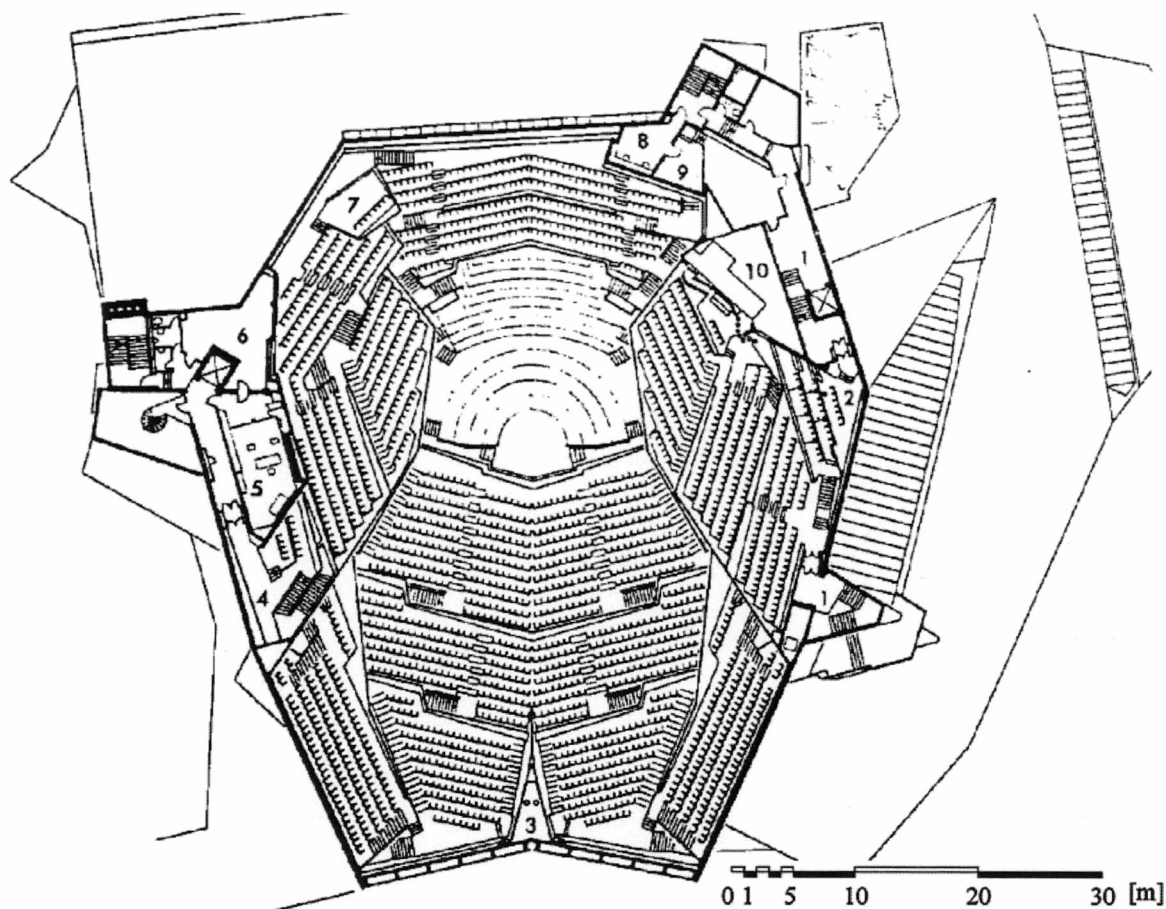
²⁴³ Muzycy muszą nieraz czekać w foyer na zwolnienie bądź to pomieszczeń, gdzie chcą ćwiczyć, bądź garderób, gdzie powinni przebrać się przed koncertem.

²⁴⁴ Światło dzienne dociera jedynie do garderób dyrygenta i koncertmistrza.

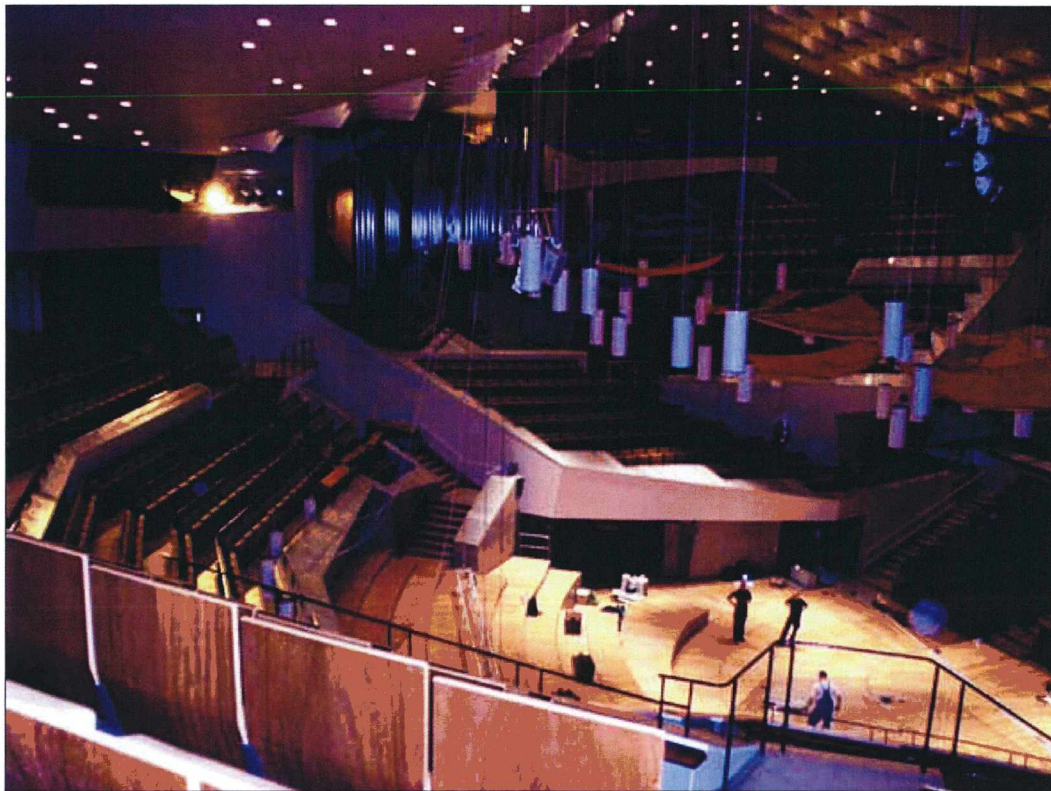
²⁴⁵ Wg typologii z rozdz. 3.



Rys. 110. Filharmonia w Berlinie (H. Scharoun, 1963) – sala główna, przekrój [oprac. wg Wisniewski 1993, s. 100]

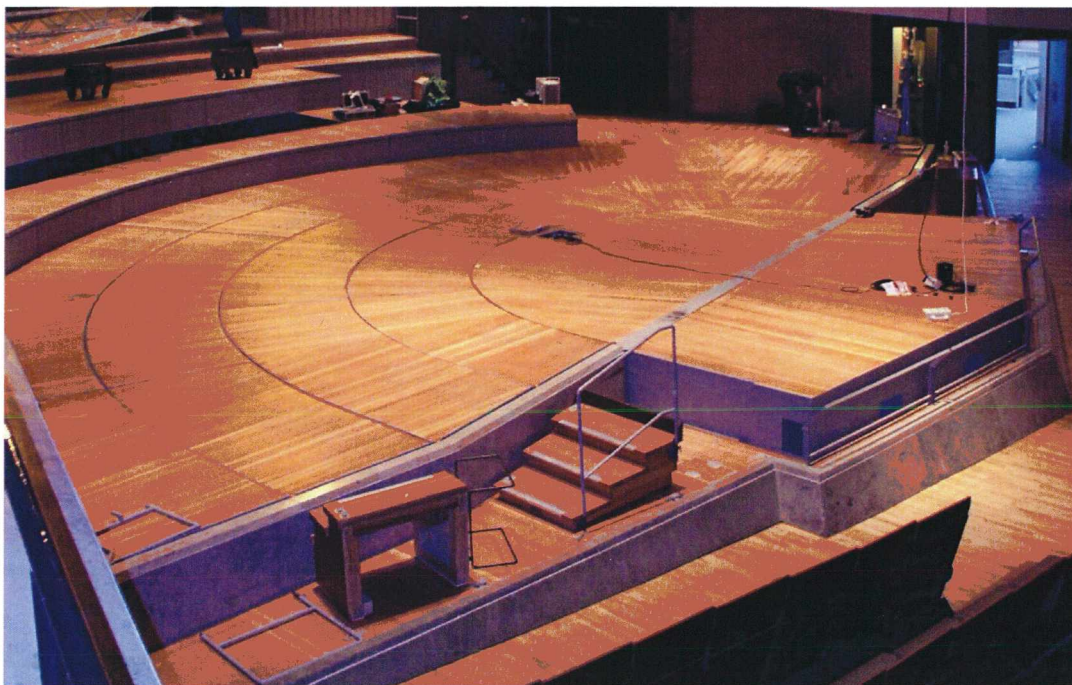


Rys. 111. Filharmonia w Berlinie (H. Scharoun, 1963) – sala główna, rzut [oprac. wg Wisniewski, 1993, s. 99]



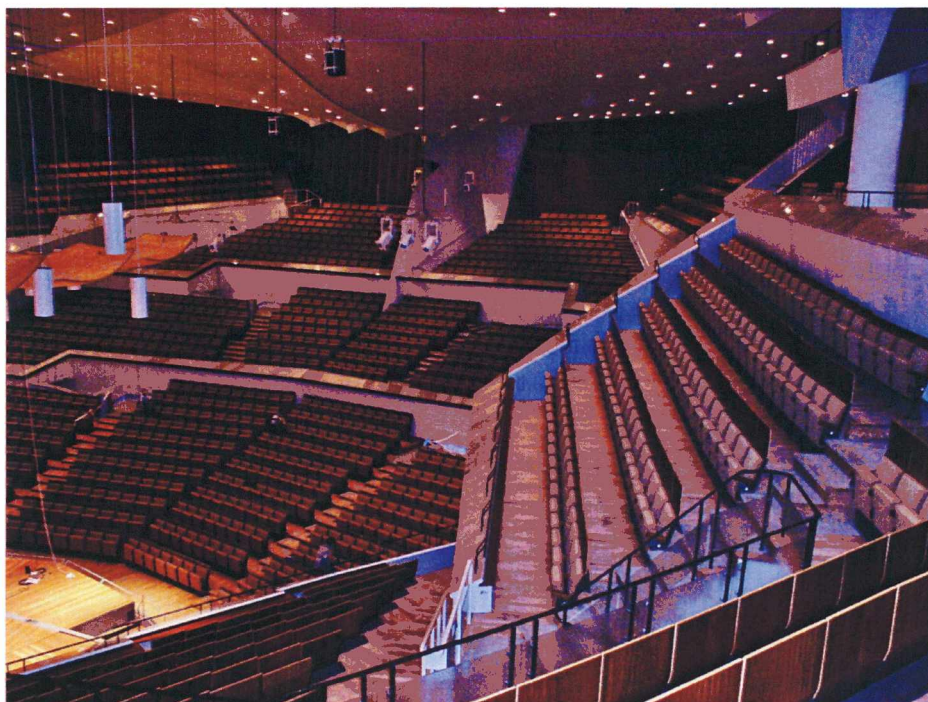
Rys. 112. Filharmonia Berlińska – widok na widownię tylną i boczną [fot. autorka]

Scena została usytuowana centralnie we wnętrzu sali. Nieznacznie przesunięto ją względem matematycznego środka w kierunku tylnej widowni. Rozplanowano ją na rzucie pięciokąta, jako symetryczną, z łukowymi, mobilnymi podestami dla orkiestry i z zapadnią dla fortepianu w części centralnej.



Rys. 113. Filharmonia w Berlinie – widok sceny [fot. autorka]

Rzuty tarasów zostały oparte na formach nieregularnych, asymetrycznych wielokątów. W przekroju podłużnym wykreślono je zgodnie z wykresem dobrej widoczności, a część ich frontów dodatkowo nachylono w kierunku widowni i wykończono „nadwieszeniami”.



Rys. 114. Sala główna Filharmonii Berlińskiej – widok tarasów widowni frontowej i bocznej [fot. autorka]

Ściany:

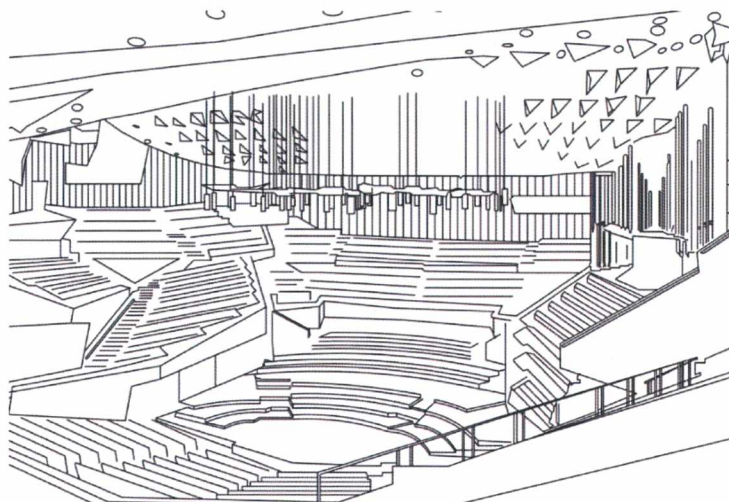
- ich powierzchnia jest niewielka, w stosunku do powierzchni sufitu i ścian tarasów,
- wykończono je odpowiednimi powierzchniami akustycznie czynnymi.

Sufit:

- nad sceną znajdują się wiszące panele odbijające dźwięk,
- elementy rozpraszające zaprojektowane w formie ostrosłupów zlokalizowanych bezpośrednio na suficie nad widownią.



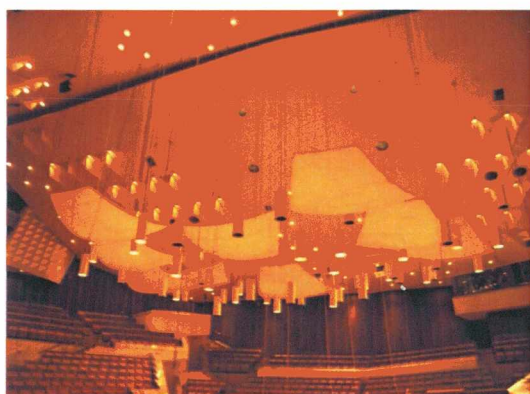
Rys. 115. Sala główna Filharmonii Berlińskiej – fragment sufitu [fot. autorka]



Rys. 116. Sala główna Filharmonii Berlińskiej – tarasy [oprac. wg: http://www.andreas-praefcke.de/carthalia/germany/berlin_philharmonie.htm, 2006]

Dodatkowe ustroje akustyczne:

- „nadwieszenia” ścian tarasów nad widownią,
- „dziób” wcinający się we frontową część widowni w formie ostrosłupa.



a)



b)

Rys. 117. Filharmonia w Berlinie – ustroje akustyczne: a) wiszący, b) tzw. „dziób” [fot. autorka]

Organy:

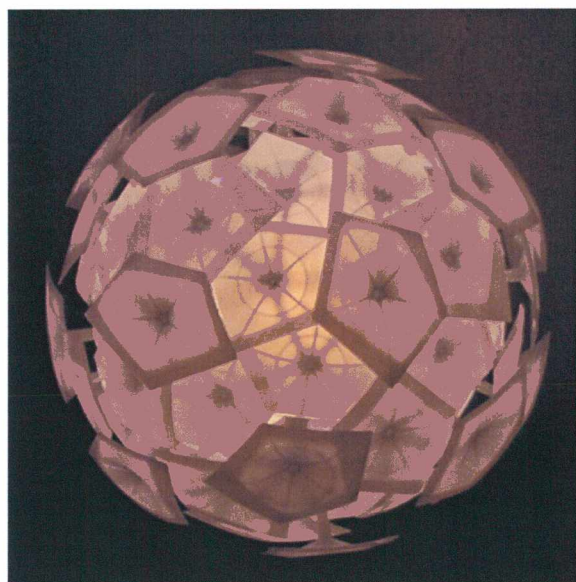


Rys. 118. Filharmonia w Berlinie – widok na prospekt organowy [fot. autorka]

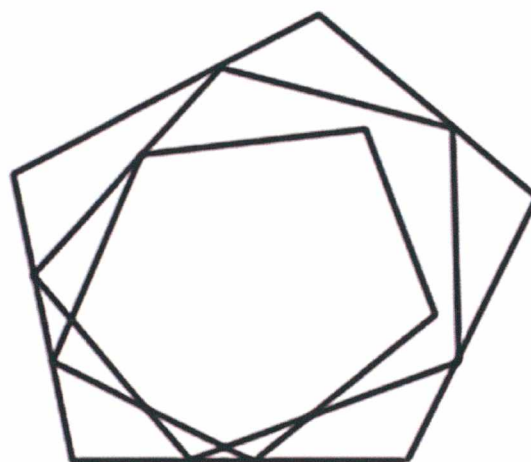
Uwagi i opinie o projekcie

- niewielka odległość słuchaczy od źródła dźwięku,
- doskonała akustyka, lubiana przez muzyków i słuchaczy,
- miękki, zmiksowany dźwięk, dobra słyszalność na widowni,
- występował problem braku wzajemnej słyszalności na scenie – miejscowy brak balansu, został on usunięty w trakcie remontu,
- zaplecza nie są wystarczające, na obecne potrzeby filharmonii.

Wzniesienie nowej Filharmonii stanowiło symbol podniesienia się społeczeństwa niemieckiego z ruin wojny: Trzykrotny pięciokąt, symbol jedności „przestrzeń – muzyka – człowiek” [rys. 3] jest, dla odwiedzających filharmonię, jak magiczny znak – na najwyższym miejscu sali w pobliżu sufitu – znany wielu ludziom, jest tajemniczym symbolem muzyki rozbrzmiewającej tam w wielkim ludzkim kole. Dla starszych był niebiańskim znakiem, może dającym nadzieję, „gwiazdą przewodnią”, wraz z nowo budowaną filharmonią, drogą z ciemności lat powojennych [...]. Nowa filharmonia była jednocześnie „muzyczną ojczyzną” i znakiem – pieczęcią, artystycznym postulatem, sprzysiężeniem w budowie wybitnej idei. Z tej tajemniczej graficznej gry linii wyrosła siła, gdy jego twórca Hans Scharoun, architekt tej budowy, dobitnie wysnuł wielką koncepcję filharmonii. [Wisniewski, 1993, s. 5]



a)



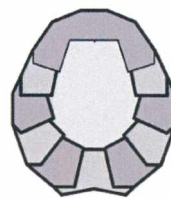
b)

Rys. 119. Symbol powielonego pięciokąta: a) w formie lampy w holu głównym, b) na suficie sali głównej. [a] fot. autorka, b) oprac. wg Wisniewski, 1993, s. 4]

Bibliografia

- Barron M. *Auditorium Acoustics and Architectural Design*, London (b.m.) 1993.
Beranek L. *Concert and Opera House. How they sound*, Acoustical Society of America, (b.m.) 1996.
Jabłońska J. *Nowatorska centralna sala tarasowa Filharmonii w Berlinie*, "Architectus", 2008, nr 1(23), WAPwr., s. 81-91
http://www.andreas-praefcke.de/carthalia/germany/berlin_philharmonie.htm, 2006.
<http://www.galinsky.com/buildings/Kammermusiksaal/index.htm>, 2004.
<http://www.galinsky.com/buildings/philharmonie/index.htm>, 2004.
http://www.greatbuildings.com/buildings/Berlin_Philharmonic_Hall.html, 2004.
Wisniewski E. *Die Berliner Philharmonie und Ihr Kammermusiksaal. Der Konzertsaal als Zentralraum*, Gebr. Mann Verlag, Berlin 1993.

7.1.2. Roy Thomson Hall



Karta katalogowa 02

Czas powstania: 1972

Liczba miejsc: 2812

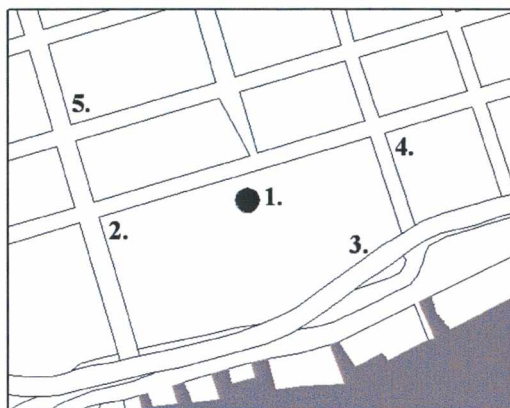
Czas pogłosu: 2 - 2,5 sek.

Autorzy

Projekt architektoniczny: Arthur Ericson/Mathers & Haldenby Associated Architects

Projekt akustyki: Richard Bolt, Leo Beranek, Robert Newman

Lokalizacja: 60 Simcoe Street; Toronto, ON, Canada



Rys. 120. Lokalizacja Roy Thomson Hall: 1. Roy Thomson Hall, 2. Spadina Ave, 3. Gardiner Expy 4. Yonge St
[Oprac. wg.: Tele Atlas, 2008]

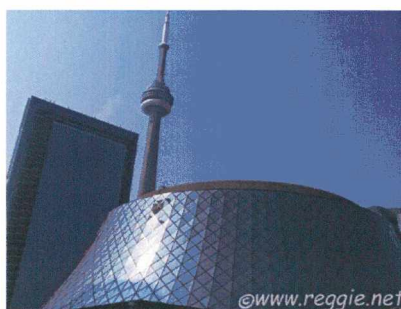
Architektura i funkcja obiektu

Obiekt koncertowy Roy Thomson Hall znajduje się w ścisłym centrum Toronto, w sąsiedztwie siedzib światowych banków, głównych węzłów komunikacyjnych oraz centrum komercyjnego. Jego stosunkowo niewysoka bryła stanowi przerwę w intensywnej i gęstej zabudowie miasta. Dodatkowo, obiekt otacza park.

Bryła budynku, mimo swojej nieznacznej wysokości, w stosunku do otoczenia, stanowi formę dominantę estetycznej. Rzut budynku oparto na okręgu, położonym na monumentalnym kwadratowym cokole. Tworzącą, definiującą ściany rotundy, jest hiperbola. Górne domknięcie bryły stanowi płaski dach. Masywny i ciężki cokół skonstruowano z przeszklonymi (szkłem refleksyjnym) ścianami bryły zasadniczej.



a)



b)

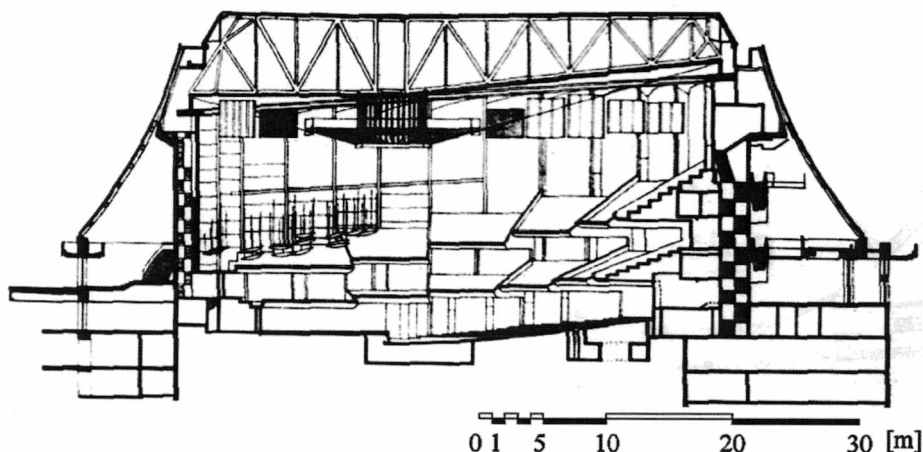
Rys. 121. Roy Thomson Hall: a) i b) elewacje [a) <http://www.bbcanada.com/771.html?showpage=3>, 2008, b) <http://www.reggie.net/album.php?albid=141>, 2008]

Za szklaną fasadą mieści się wielokondygnacyjne foyer, które wypełnia przestrzeń pomiędzy wewnętrzną stroną okręgu fasady a zewnętrzną elipsą sali. Dekorację holu stanowi potężna konstrukcja podtrzymująca fasadę. Foyer otwiera się na park, a ściany i podłogi są monochromatycznym, szarym, tłem dla widoku.

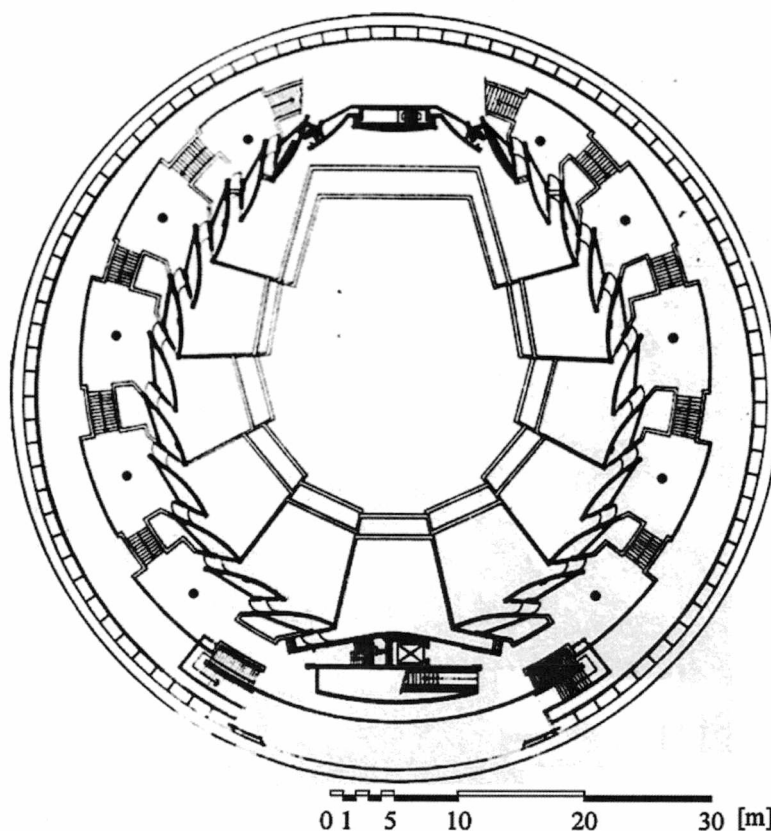
Wnętrze sali koncertowej

Typ: semi-centralny, wertykalny, symetryczny, z łukami.

Kubatura – 28 300 m³



Rys. 122. Roy Thomson Hall (A. Ericson, 1972) – przekrój [Lord, Templeton, 1986, s. 199]



Rys. 123. Roy Thomson Hall (A. Ericson, 1972) – rzut poziomu balkonów [Lord, Templeton, 1986, s. 201]

Pomiędzy salą a holami znajdują się specjalnie zaprojektowane przestrzenie. Ich zadaniem jest wyciszanie hałasów i zakłóceń, które mogłyby przeszkadzać w odbiorze muzyki. Sala koncertowa została zaprojektowana po zdefiniowaniu bryły zewnętrznej i jest niejako jej

wynikiem. Zgodnie z wymaganiami komitetu projektowego, za główną inspirację przyjęto klasyczny Massey Hall, który uznano za jedną z najlepszych sal koncertowych na świecie.

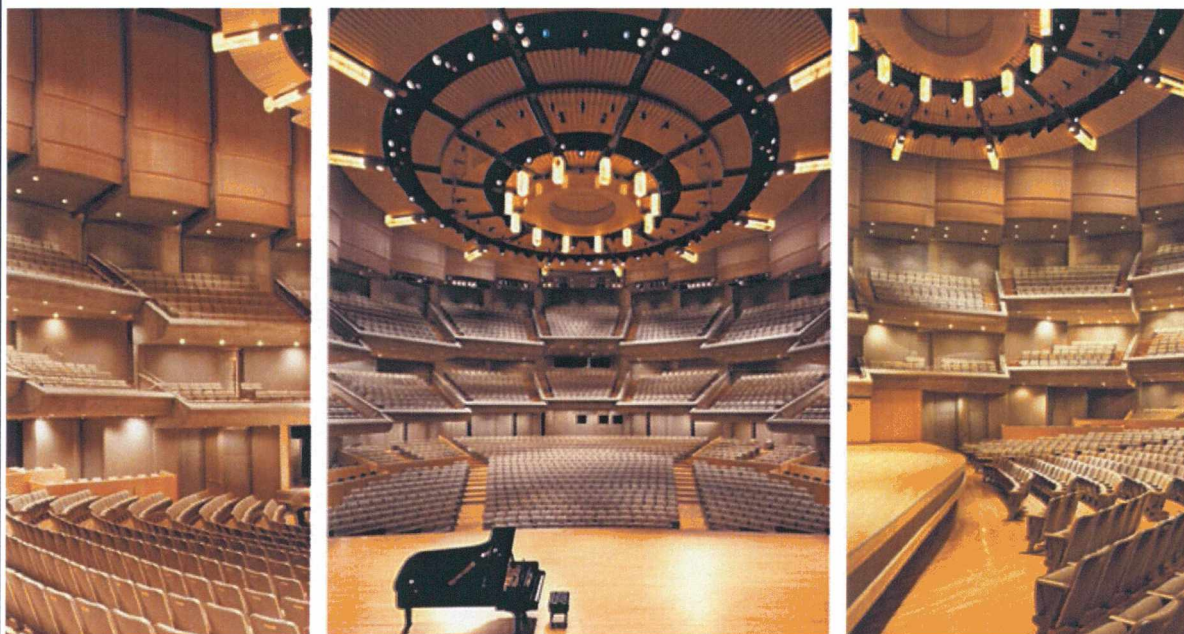
Widownia założona na planie owalu, składająca się z rozbudowanej i płaskiej części frontowej, dwukondygnacyjnych części bocznych oraz widowni tylnej, na której znajdują się jedynie dwa rzędy foteli, przeznaczone głównie dla chóru.

Sala ma dwa rzędy siedzisk po obu stronach sceny i trzy rzędy za sceną. Przestrzeń za orkiestrą przeznaczona jest dla chóru, ale gdy ten nie występuje, dodatkowe 119 miejsc sprzedaje się widzom. Siedziska te mają kształt ławek. Konstrukcja pozostałych siedzisk zapewnia niewielką różnicę akustyczną pomiędzy grą przy pełnej i pustej sali. Pod siedziskami wykonanymi ze sklejki i z winylowej poduszki, pokrytej materiałem, znajduje się perforowane drewno.

Sala jest przystosowana do potrzeb ludzi niepełnosprawnych ruchowo, w szczególności poruszających się na wózkach. Przeznaczono dla nich 28 miejsc, na wszystkich poziomach sali. Dostosowano też budki telefoniczne, windy i fontanny do picia wody.

Betonową posadzkę widowni wyłożono dywanem.

Scena została zaprojektowana na planie trapezu, zamknięta z boków i od tyłu ścianą znajdującą się pod widowniami bocznymi i tylnymi. Podniesiono ją ponad posadzkę widowni o 1 m. Powierzchnia sceny wykonana została z paneli drewnianych na drewnianej konstrukcji zawieszanej nad pustką powietrzną.



Rys. 124. Roy Thomson Hall – trzy perspektywy wnętrza z nowym ustrojem akustycznym. [http://www.kpmb.com/images/up_images/up-RTH1.jpg, 2008]

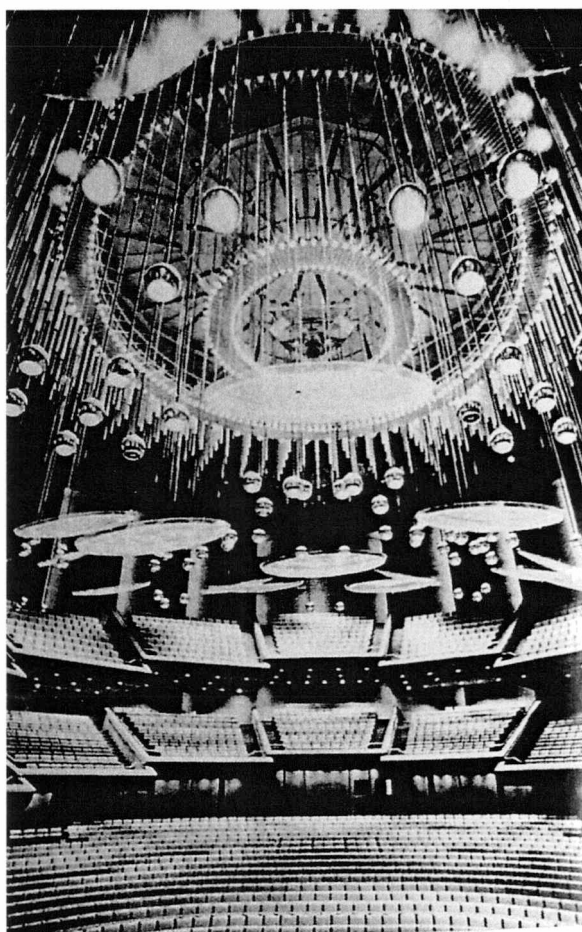
Tarasy zostały zaprojektowane jako kompilacja tarasu i balkonu. Ich fronty nachylono tak, aby odbijały dźwięk w kierunku widowni.

Ściany powstały w wyniku nałożenia na eliptyczny rzut prostych paneli (zmniejszenie ryzyka tworzenia się skupisk dźwięku). Uźebrowano je odpowiednio wysuniętymi, modulującymi dźwięk strukturami, wykończonymi gniesionym aksamitem.

Sufit wykonany został z drewna, a wzbogacono o 31 dysków akrylowych zawieszonych ponad orkiestrą, na wysokości 9 metrów, które odbijają dźwięk. Ustrój oryginalny uległ wymianie w trakcie renowacji (2002 rok). Dodatkowo, zastosowano panele odbijające, o zmiennej wysokości zawieszenia, które zmieniają czas pogłosu od 1,5 do 2 sek.

Dodatkowe ustroje akustyczne - układ akustyczny został wzmocniony systemem elektroakustycznym, używanym zwykle podczas mniejszych koncertów, wykładów itp. Głośniki umieszczono nad sceną, w układzie pierścienia. Dodatkowe głośniki mają odpowiednio opóźniony dźwięk, tak aby symulować przemieszczanie się fali akustycznej we wnętrzu.

Organy zawieszone zostały nad tylną widownią/chórem.



Rys. 125. Roy Thomson Hall – oryginalny ustrój akustyczny [Wisniewski 1993, s. 230]

Uwagi i opinie o projekcie

Sala jest dostosowana do potrzeb osób niepełnosprawnych.

Dzięki podwójnie szklonej fasadzie ze szkła refleksyjnego, pompie ciepła i systemie przechowywania ciepła, budynek wykazuje dużą oszczędność energii. Zimą system ten pokrywa 88% zapotrzebowania na energię, a latem 100%.

Bibliografia

<http://www.bbc.canada.com/771.html?showpage=3>, 2008.

http://www.kpmb.com/images/up_images/up-RTH1.jpg, 2008.

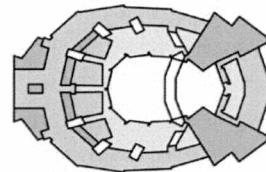
<http://www.reggie.net/album.php?albid=141>, 2008.

Lord P., Templeton D. *The Architecture of Sound. Design Places of Assembly*, Architectural Press, London 1986.

Tele Atlas, 2008, www.teleatlas.com, 2008

Wisniewski E. *Die Berliner Philharmonie und Ihr Kammermusiksaal. Der Konzertsaal als Zentralraum*, Gebr. Mann Verlag, Berlin 1993.

7.1.3. Christchurch Town Hall



Karta katalogowa 03

Czas powstania: 1972

Liczba miejsc: 2338 +324 (chór)

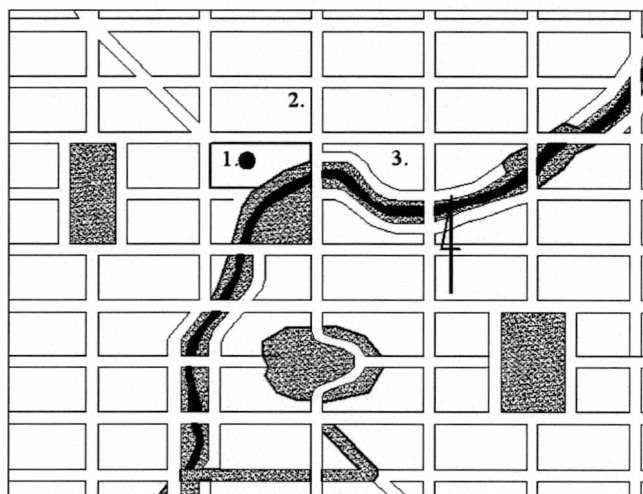
Czas pogłosu: 2,3 sek.

Autorzy

Projekt architektoniczny: Miles Warren i Maurice Mahoney

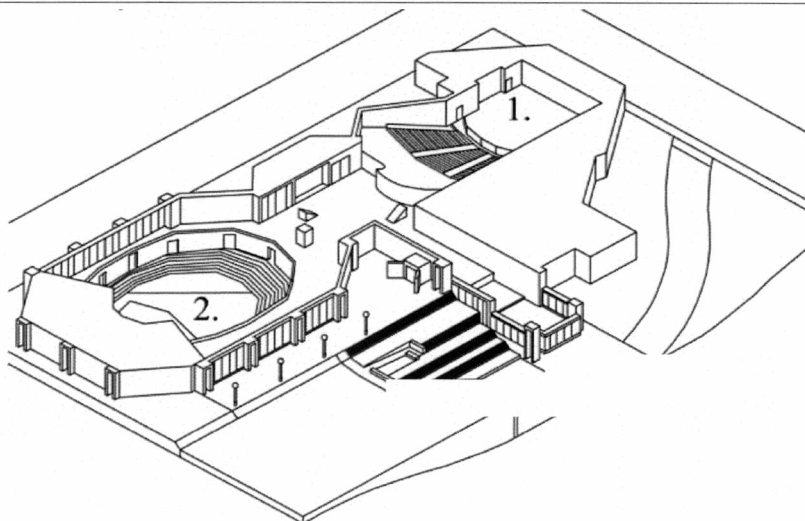
Projekt akustyki: Harold Marshall, W.A. Allen

Lokalizacja: Christchurch Town Hall, 86 Kilmore Street, Christchurch



Rys. 126. Christchurch Town Hall – lokalizacja, 1. Christchurch Town Hall, 2. Colombo Street, 3. Kilmore Street [Oprac. wg: <http://www.christchurch.org.nz/Maps/CityCentre.asp>, 2007]

Architektura i funkcja obiektu

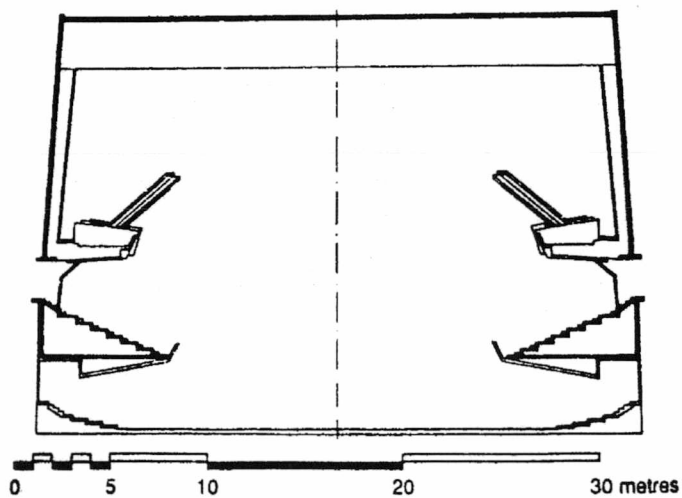


Rys. 127. Christchurch Town Hall w zespole: 1. – James Hay Theatre, 2. – Christchurch Town Hall for Performing Arts [oprac. wg: http://www.convention.co.nz/town_hall_for_performing_arts/floor_plan, 2007]

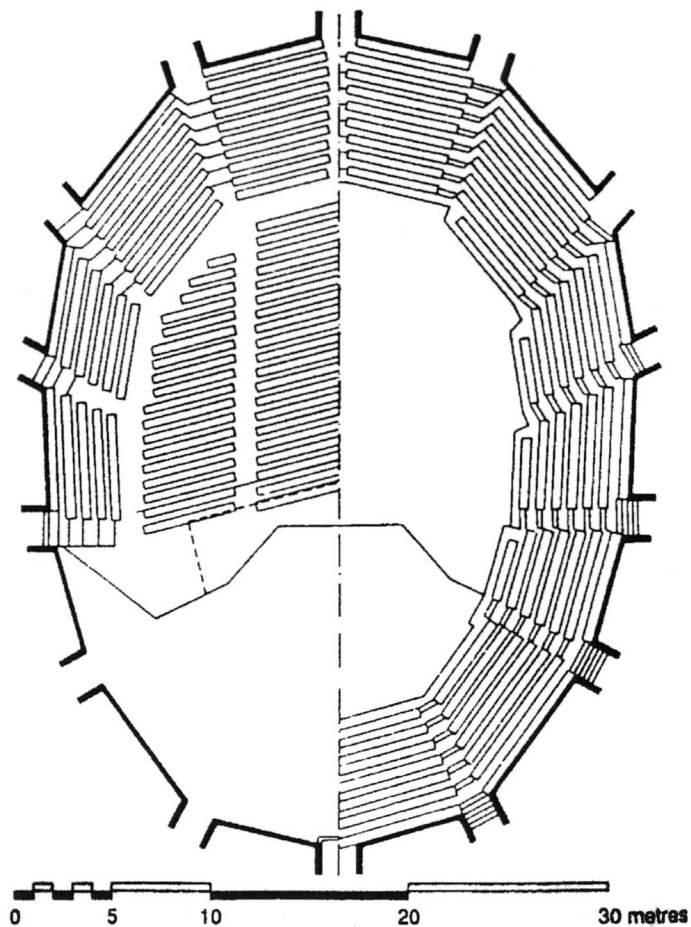
Sala koncertowa Christchurch Town Hall wraz z teatrem im. Jamesa Hay'a wchodzi w skład kompleksu widowiskowego miasta Christchurch.

Wnętrze sali koncertowej

Typ: semi-centralny, płaski, symetryczny, prostokreślny.



Rys. 128. Christchurch Town Hall – przekrój [Barron, 2007, s. 100]



Rys. 129. Christchurch Town Hall – rzut [Barron, 2007, s. 100]

Widownia, której rzut rozplanowano na elipsie (zabieg wizualny osiągalny w perspektywie, gdzie patrząc z końca sali – elipsa zamienia się w okrąg), liczy 2338 miejsc dla widzów i 324 siedzisk dla chóru, które służą okazjonalnie słuchaczom. Sala ma układ klasyczny w części frontowej i budowę komórkową w strefie balkonów – 14 komórek. Żaden z widzów nie siedzi w większej odległości od sceny niż 28 metrów.

Scenę zaprojektowano na rzucie wielobocznym i otoczono ją widownią i chórem.



Rys. 130. Christchurch Town Hall – widok widowni [<http://www.nzorgan.com>, 2008]



Rys. 131. Christchurch Town Hall – widok sceny

[http://www.convention.co.nz/town_hall_for_performing_arts/venue_overview, 2007]

Tarasom nadano formę przejściową pomiędzy tarasem a balkonem, a każdemu z nich przypisano odrębny układ akustyczny:

- każdy balkon ma swoją własną ścianę, nachyloną nad nim tak, aby odbijać dźwięk w jego stronę
- front balkonu jest nachylony w kierunku widowni położonej pod nim

Ustrój akustyczny nad sceną zawieszono zespół płaskich paneli odbijających fale akustyczne w kierunku widowni frontowej.

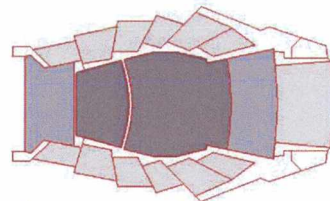
Ściany zostały podzielone na segmenty i związane z balkonem, przy którym występują (szczegółowy opis działania patrz rozdział 3 i 4).

Sufit zawieszono na wysokości 21 metrów nad sceną.

Bibliografia

- Barron M., *Auditorium Acoustics and Architectural Design*, London 1993.
[Http://www.christchurch.org.nz/Maps/CityCentre.asp](http://www.christchurch.org.nz/Maps/CityCentre.asp), 2007.
[Http://www.convention.co.nz/town_hall_for_performing_arts/floor_plan](http://www.convention.co.nz/town_hall_for_performing_arts/floor_plan), 2007.
[Http://www.convention.co.nz/town_hall_for_performing_arts/venue_overview](http://www.convention.co.nz/town_hall_for_performing_arts/venue_overview), 2007.

7.1.4. Sydney Opera House



Karta katalogowa 04

Czas powstania: 1960-1973

Liczba miejsc: 2700

Czas pogłosu: 2 sek.

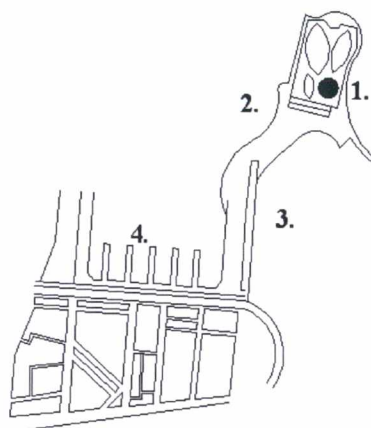
Autorzy

Projekt architektoniczny:

Jorn Utzon I i II etap, Hall, Todd & Littlemore III etap

Projekt akustyki: Vilhelm Lassen Jordan

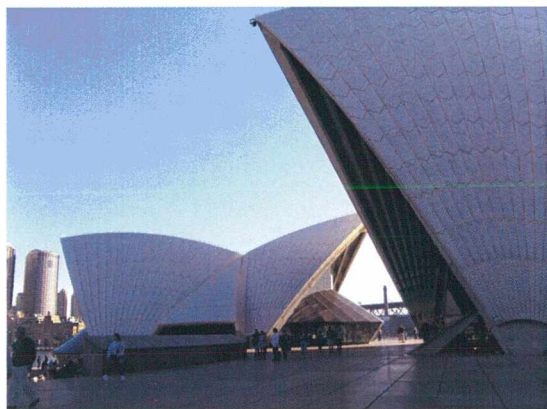
Lokalizacja: Bennelong Point, Sydney 2001 NSW



Rys. 132. Sydney Opera House – lokalizacja: 1. Sydney Opera House – Bennelong Point, 2. The Rocks, 3. Royal Botanic Garden, 4. Circular Quay. [oprac. wg: <http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/customhouse/visiting/gettingthere.html>, 2007]

Architektura i funkcja obiektu

Sala koncertowa w Sydney jest częścią większego kompleksu kulturalnego, którego oryginalna forma w bardzo krótkim czasie stała się symbolem miasta, a później kontynentu australijskiego. Forma elewacji, symbolizująca białe żagle rozpostarte nad zatoką, do dziś stanowi ważny element w kanonie współczesnej architektury.



a)



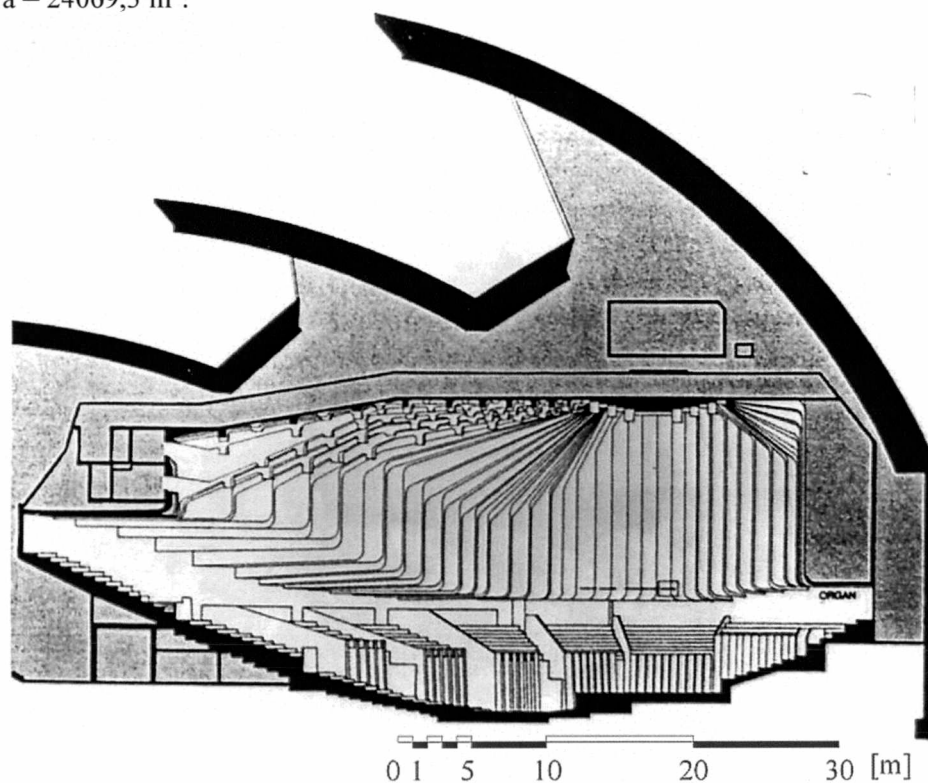
b)

Rys. 133. Sydney Opera House: a) i b) elewacje zespołu [fot. Maria Wójtowicz]

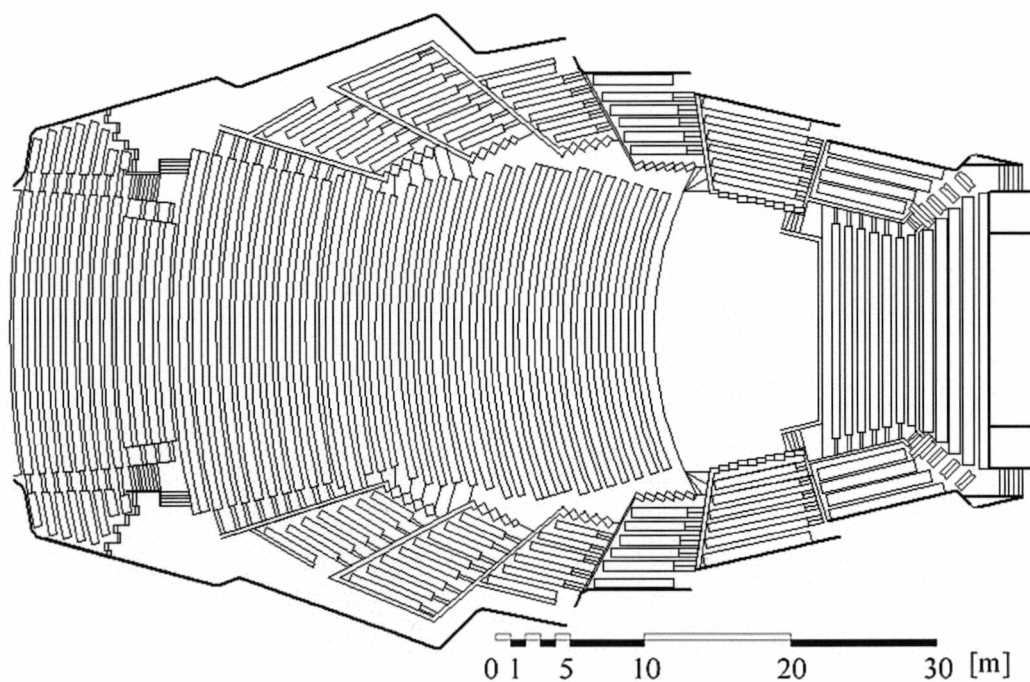
Wnętrze sali koncertowej

Typ: hybrydowy, wertykalny, symetryczny, prostokreślny.

- Powierzchnia całkowita – 88257,9 m²,
- Kubatura – 24069,3 m³.



Rys. 134. Sydney Opera House (J. Utzon, 1973) – przekrój [Beranek, 1996, s. 175]



Rys. 135. Sydney Opera House (J. Utzon, 1973) – rzut [oprac. wg: Beranek, 1996, s. 175]

Widownia frontowa została zdecydowanie rozbudowana w klasycznym układzie łukowym i otoczono ją tarasami z czterech stron. Dodatkowo zastosowano zredukowany taras z boku i tyłu sceny oraz niepełne formy balkonów w obrębie widowni frontowej. Elementy wykończeniowe sali wykonano z lokalnego drewna.

Rzut **sceny** zaprojektowano na planie trapezu, o znacznej szerokości w stosunku do głębokości.

Rzuty **tarasów** oparto na planach trapezowych i umieszczono je ponad widownią właściwą na znacznej wysokości, co daje duże powierzchnie boczne, umożliwiające tworzenie się silnych odbić bocznych.

Ściany podzielono na – wysunięte w kierunku wnętrza – pasy o zmiennych wymiarach, umożliwiające rozpraszanie dźwięku.



Rys. 136. Sydney Opera House – widok wnętrza [http://adamdoesaustralia.blogspot.com/2007_05_01_archive.html, 2008]

Sufit podwieszony, na wysokości 25 m nad sceną, stanowi ważną część układu akustycznego, zapobiegając nadmiernemu wzrostowi czasu pogłosu. Nad sceną zawieszono 21 pierścieni akrylowych, w celu odbijania dźwięku.

Uwagi i opinie o projekcie

Bryła zewnętrzna opery w Sydney jest oryginalna i stała się symbolem miasta.

We wnętrzu sali koncertowej „kominy” stanowiły poważną przeszkodę dla dogodnego rozchodzenia się dźwięku, ale po zastosowaniu sufitu podwieszonego zniwelowano ich zły wpływ na akustykę. Sala stanowi ciekawy przykład rozwiązań pokrewnych salom centralnym tarasowym.

„Jorn Utzon stworzył w Australii budowę piękną i niezwykłą, która stała się narodowym symbolem, znanym na całym świecie.”²⁴⁶

„[...] jeden z najwspanialszych budynków na świecie”²⁴⁷

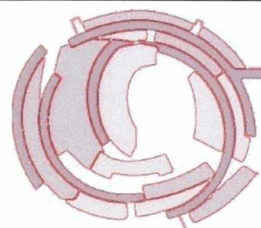
Bibliografia

- Beranek L. *Concert and Opera House. How they sound*, Acoustical Society of America, (b.m.) 1996.
http://adamdoesaustralia.blogspot.com/2007_05_01_archive.html, 2008.
<http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/customshouse/visiting/gettingthere.html>, 2007.
http://www.tripadvisor.com/LocationPhotos-g255060-d257278-Sydney_Opera_House-Sydney_New_South_Wales.html#18021319, 2008.

²⁴⁶ Thomas J. Prtizker, prezes The Haytt Foundation, 2003 [Gnoiński, Januszkiewicz, 2003, s. 12]

²⁴⁷ [Beranek, 1996, s. 173]

7.1.5. Boettcher Concert Hall



Karta katalogowa 05

Czas powstania: 1978

Liczba miejsc: 2750

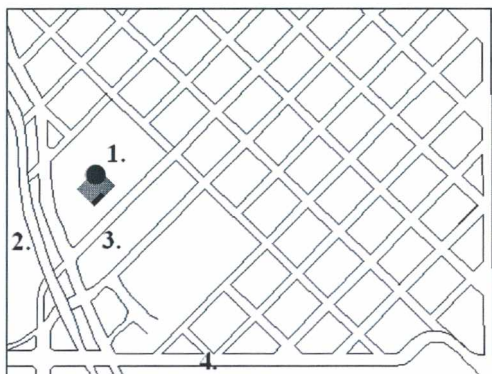
Czas pogłosu: brak danych

Autorzy

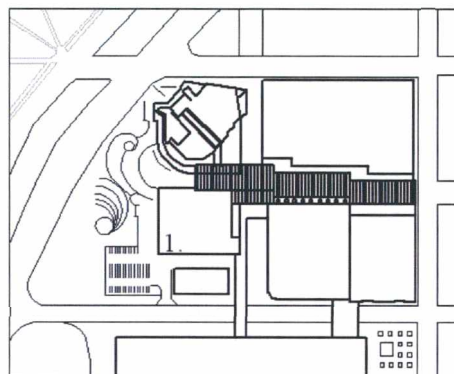
Projekt architektoniczny: Hardy Holzman Pfeiffer Associates,
konsultant teatralny: Robert Davis

Projekt akustyki: Chris Jaffe, główny projektant

Lokalizacja: 1000 14th Street, #15 Denver, CO 80202, Colorado



a)

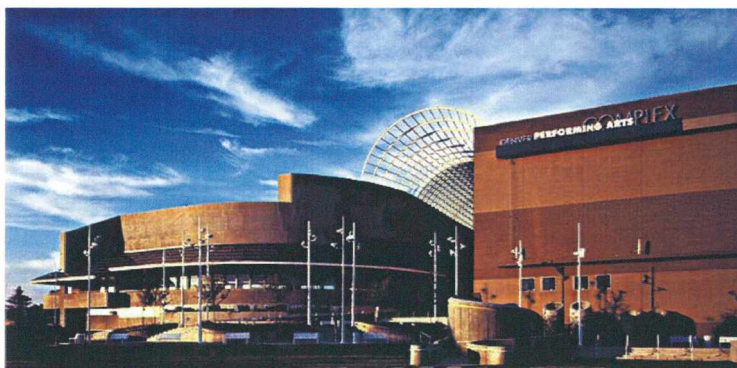


b)

Rys. 137. Boettcher Concert Hall : a) lokalizacja, 1. Boettcher Concert Hall, 2. Speer Blvd., 3. Champa Str., 4. W. Colfax Ave., b) sytuacja: 1. Boettcher Concert Hall, [Oprac. wg: http://denverinfill.com/lower_downtown.htm, 2008]

Architektura i funkcja obiektu

Budowę obiektu rozpoczęto w 1974 roku, wraz z całym kompleksem poświęconym sztuce w Denver, tzw.: Denver Performing Arts Complex. W skład zespołu wchodzi: Quigg Newton Denver Municipal Auditorium, budynek z kilkoma salami teatralnymi, The Bonfils Theatre Complex, Temple Hoyne Buell Theatre oraz Donald R. Seawell Grand Ballroom i budynek parkingowy. Całość łączą przestrzenie komunikacyjne, zwieńczone łukowatym szklanym przekryciem, zwanym galerią.



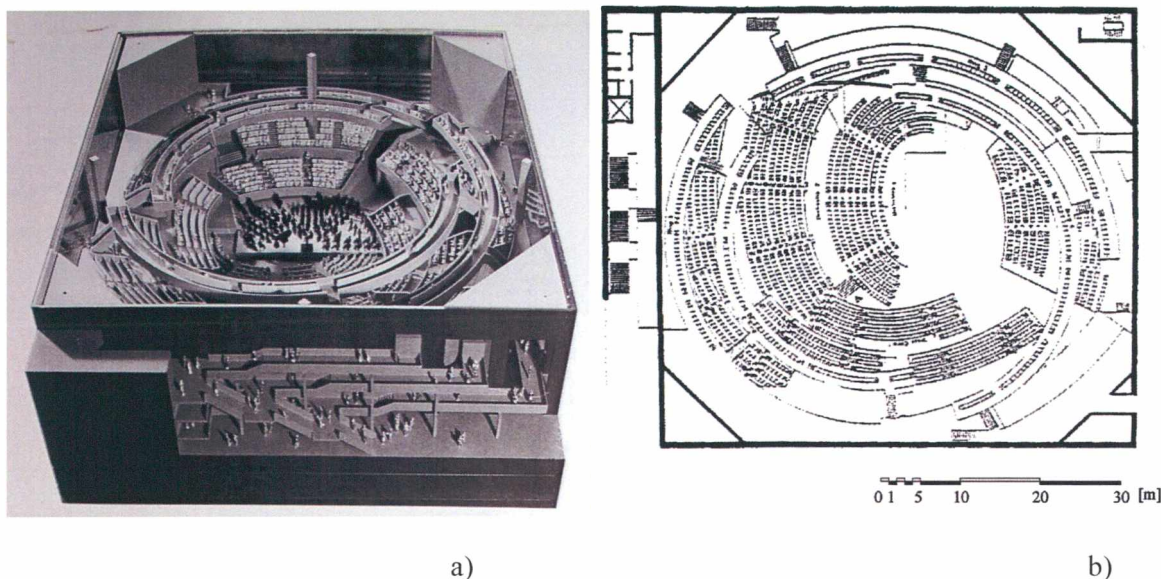
Rys. 138. Boettcher Concert Hall – elewacja [<http://www.cdironworks.com/structure/struct1.htm>, 2008]

Wnętrze sali koncertowej

Typ: winnicowy, wertykalny, asymetryczny, łukowy.

Salę zaprojektowano z myślą o orkiestrze symfonicznej Denver, która nie miała własnej siedziby, dlatego też, wnętrze dostosowano do potrzeb wykonywania muzyki symfonicznej. Było to pierwsze wnętrze, o układzie centralnym, wertykalnym, w Stanach Zjednoczonych.

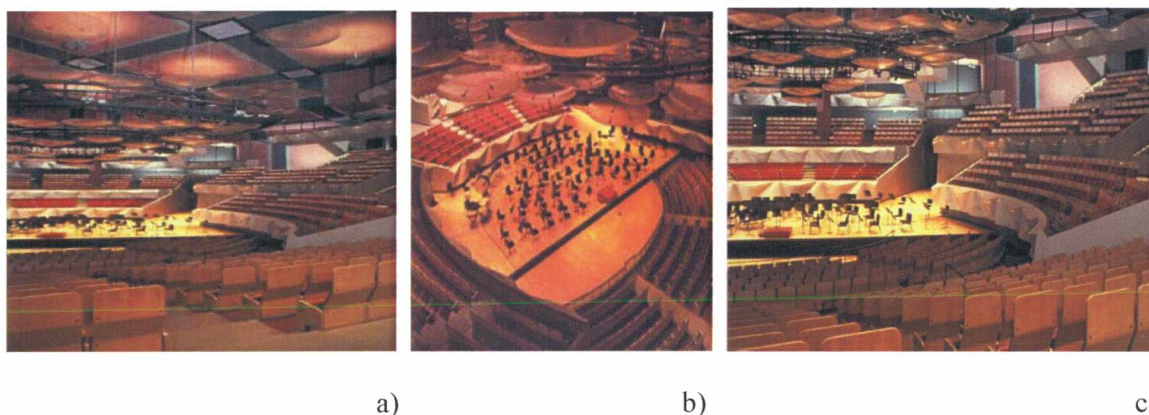
Zastosowano dużą ilość drewna i tynków gipsowych, w celu osiągnięcia efektu dźwięku sal tradycyjnych.



Rys. 139. Boettcher Concert Hall: a) model wnętrza sali, b) rzut [Wisniewski, 1993, s. 221]

Asymetryczną **widownię** złożono z tarasów, przy czym największa jest jej część frontowa, a najmniejsza tylna. Widownie boczne są różnej wielkości, co jest bardzo rzadko spotykane w salach koncertowych.

Rzut **sceny** oparto na planie elipsy, o powierzchni ok. 240 m². Dodatkowo scena ma 18 ruchomych podestów, dzięki którym można dowolnie aranżować przestrzeń dla muzyków.



Rys. 140. Boettcher Concert Hall: a) i c) scena w otoczeniu widowni, b) widok sceny [<http://www.fda-online.com/pdfs/boettcher.pdf>, 2008]

Taras o rzutach łukowych, wklęsłych, stromo wznoszą się ku koronie widowni (układ wertykalny).

Ściany tarasów mają stosunkowo niewielkie powierzchnie w związku ze znacznym wypiętrzeniem sali, mając tym samym, stosunkowo niewielki wpływ na akustykę obiektu.

Pod **sufitem** zawieszono ustrój akustyczny składający się z 108 dysków odbijających dźwięk w kierunku widowni i sceny.

Dodatkowo w sali znajduje się **komora rezonansowa** (z ang. *acoustical moat*), a na frontach tarasów – balkonów zamontowano przestrzenne ustroje dyfuzyjne.



Rys. 141. Boettcher Concert Hall – ustrój akustyczny nad sceną [fot. ze zbiorów Chrisa Jaffe]



Rys. 142. Boettcher Concert Hall – widok sali [http://www.denverpost.com/news/ci_11201169, 2009]

Bibliografia

<http://www.edironworks.com/structure/struct1.htm>, 2008.

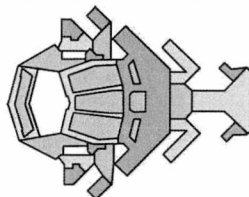
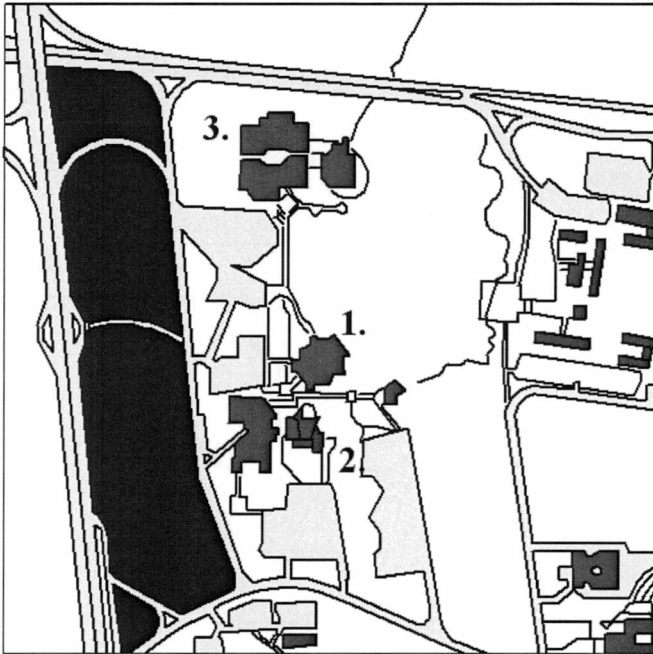
http://denverinfill.com/lower_downtown.htm, 2008.

http://www.denverpost.com/news/ci_11201169, 2009.

<http://www.fda-online.com/pdfs/boettcher.pdf>, 2008.

Jaffe, Chris, zbiory prywatne, 2007.

Wisniewski E. *Die Berliner Philharmonie und Ihr Kammermusiksaal. Der Konzertsaal als Zentralraum*, Gebr. Mann Verlag, Berlin 1993.

7.1.6. Sala Nezahualcoyotl		
Karta katalogowa 06		
Czas powstania: 1978	Liczba miejsc: 2436	Czas pogłosu: brak danych
Autorzy	Projekt architektoniczny: Orso, Nunez, Ruiz-Velasco	
	Projekt akustyki: Christopher Jaffe ²⁴⁸ (projektant główny)	
Lokalizacja: Insurgentes Sur no. 3000, Centro Cultural Universitario, Nowy Meksyk		
		

Rys. 143. Sala Nezahualcoyotl – lokalizacja: 1. Sala Nezahualcoyotl, 2. Uniwersyteckie Centrum Kultury, 3. Biblioteka Narodowa [Oprac. wg: <http://www.superpages.com/cities/mtg/45361/>, 2006]

Architektura i funkcja obiektu

Sala Nezahualcoyotl jest pierwszą i jedyną w swoim regionie salą centralną tarasową, w układzie płytkim. Inwestorem tej sali jest Universidad Nacional Autonoma de Mexico. Jest ona pierwszym elementem centrum kulturalnego uniwersytetu, które będzie się składać z dwóch teatrów, dwóch kin, sali kameralnej, widowni na wolnym powietrzu i biblioteki. Obiekt postawiony został na wzniesieniu z lawy wulkanicznej. W najbliższym otoczeniu sali znajdują się: wioska olimpijska, budynki apartamentowe, masyw górski z obecnie wygasłym wulkanem.

Budowla została wzniesiona w zaledwie 11 miesięcy. W nawiązaniu do otoczenia, elewacja składa się z płyt z surowego betonu. Bryła obiektu wyrasta ze skał, nawiązując do nich swoim kształtem. Rzut budynku zaprojektowano na planie sześciokąta.

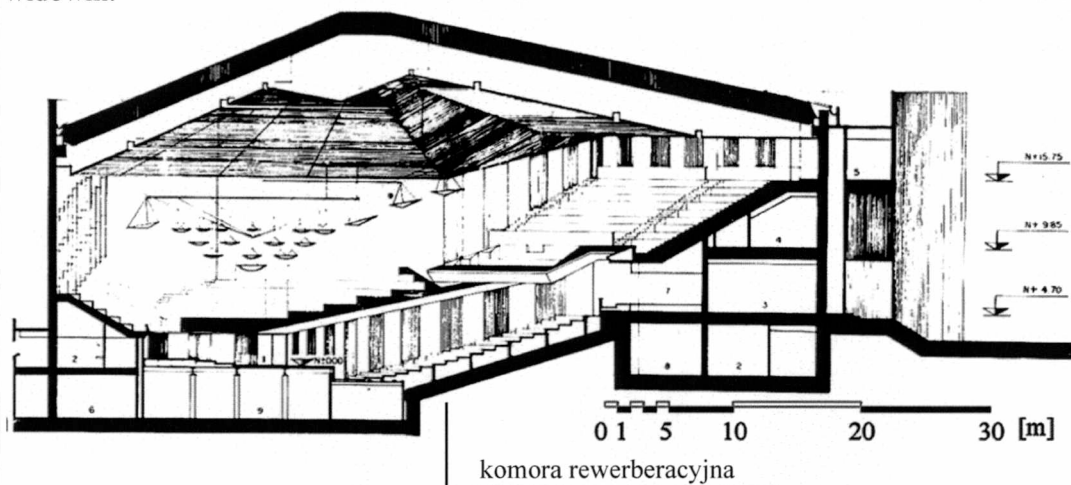
Strefę foyer wykończono w sposób stonowany i elegancki. Zastosowano lokalne marmury i duże połączenie okien, w kontraście do szarego, chropowatego wyglądu zewnętrznego budynku. Przeszklenia zapewniają kontakt wzrokowy z otaczającymi krajobrazem.

Wnętrze sali koncertowej

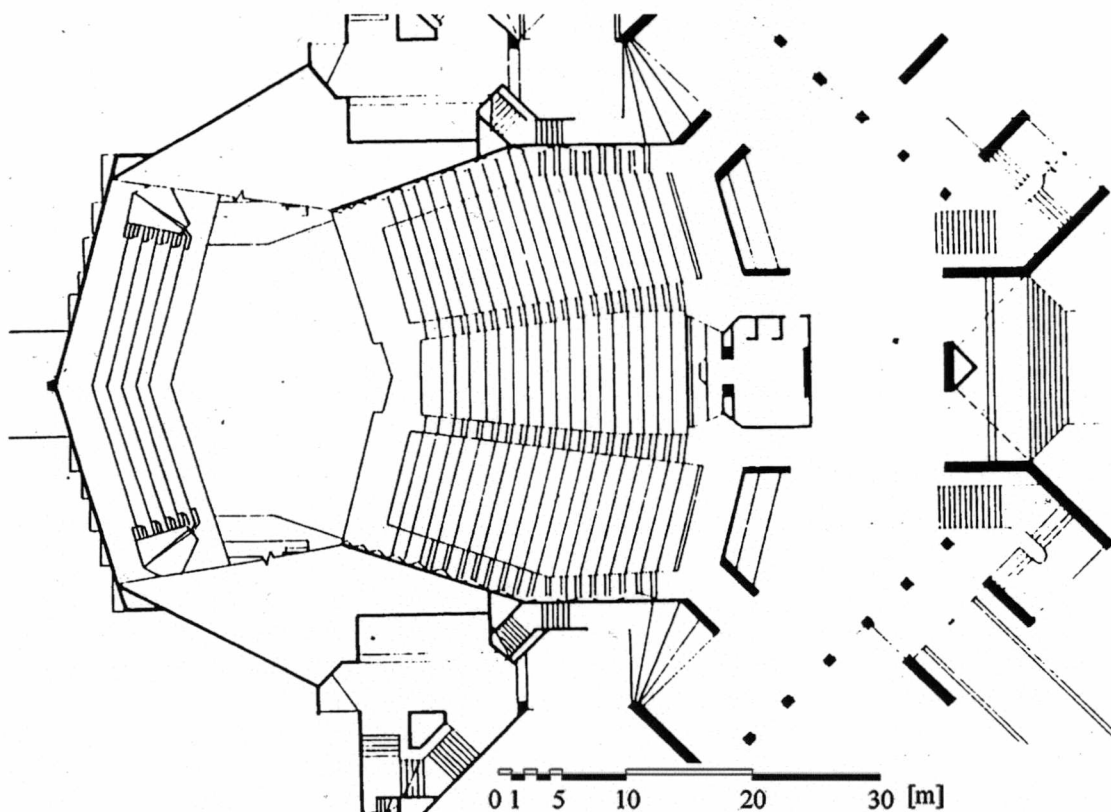
Typ: winnicowy, płaski, symetryczny, prostokreślny.

Widownia została zaplanowana jako symetryczna i otaczająca scenę z czterech stron. Wyraźnie rozbudowano część frontową o wyraźnym wzniesieniu.

Scena została założona na rzucie wielokąta i zamknięto ją z boków i od tyłu frontami tarasów widowni.



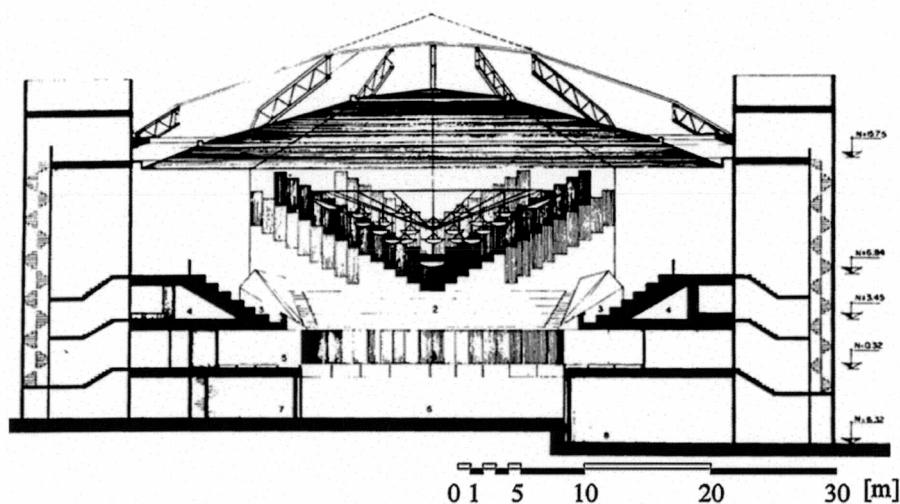
Rys. 144. Sala Nezahualcoyotl (Orso, Nunez, Ruiz-Velasco, 1978) – przekrój [ze zbiorów Chrise Jaffe]



Rys. 145. Sala Nezahualcoyotl (Orso, Nunez, Ruiz-Velasco, 1978) – rzut [ze zbiorów Chrise Jaffe]

W części frontowej widowni zlokalizowano **tarasy-balkony** nadwieszane nad widownią. Tarasy właściwe występują na widowni bocznej i tylnej, mają one niewielkie nadwieszenia w formie elementów odbijających dźwięk w kierunku widowni i sceny. Wielopłaszczyznowe,

neokubistyczne bryły balkonów-tarasów ułatwiają rozpraszanie i mieszanie dźwięku. Pokryte zostały okładziną drewnianą (struktura „harmonijki”), która sprzyja powstawaniu subiektywnego wrażenia miękkości dźwięku.



Rys. 146. Sala Nezahualcoyotl – przekrój [ze zbiorów Chrisa Jaffe, 2007]

Nad salą zawieszono układ wypukłych dysków i pierścieni, zapewniający rezonans, balans i czystość dźwięku. Dodatkowe zwielokrotnione płaszczyzny na trasach i balkonach zapewniają wymieszanie oraz rozproszenie dźwięku. Pod sceną znajduje komora rezonansowa (około 3,35 metra głębokości), a za sceną zaprojektowano pionowe, drewniane panele refleksyjne. Akustyka sali została dostosowana do prób orkiestry, granie przy pustej i pełnej widowni niewiele różni się od siebie. Takie zaaranżowanie wnętrza pozwala na odstępianie od konieczności budowy dodatkowej sali prób dla pełnej orkiestry.

Uwagi i opinie o projekcie

Salę cechuje bogaty, ciepły i czysty dźwięk.

Otwarcie tej sali uświetniła orkiestra miasta Cleveland, wykonując IX Symfonię Beethovena. Po koncercie owacjom nie było końca. „Sala” dostała doskonałe recenzje. Były dyrektor muzyczny orkiestry w Cleveland, Lorin Maazel, powiedział: *najlepsza nowa sala, jaką znam, została zbudowana dla Uniwersytetu w Nowym Meksyku, przez Christopher'a Jaffe* [Maazel, Vaughan, 1979]. Ernest Fleischmann²⁴⁹ podkreśla: *niezwykłą czystość, bogactwo i piękno dźwięku* [Fleischmann, korespondencja z Chrisem Jaffe, 1979]. Było to niejako drugie, oficjalne otwarcie sali. Pierwsze było nieudane. Wynikało to głównie z faktu, że otwarta została przed zakończeniem prac wykończeniowych, na życzenie nowo wybranego rządu. Dwie trzecie systemów akustycznych nie było jeszcze aktywnych. Dlatego za oficjalne, uznano otwarcie drugie, po wykończeniu wnętrza. Oryginalna nazwa, która w pełni brzmi: Sala de Conciertos Nezahualcoyotl, od imienia azteckiego króla – poety.

²⁴⁹ Ernest Fleischmann – menadżer muzyczny, pochodzący z Niemiec, zasłynął na świecie umiętnym kierownictwem nad orkiestrami: London Symphony Orchestra i Los Angeles Philharmonic, którą prowadził przez 29 lat [Oprac. wg: <http://www.georghirsch.com/summaries/eng/1998/ghfleime.html>, 2008].

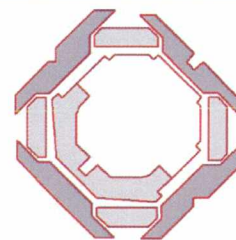


Rys. 147. Sala Nezahualcoyotl – widok sceny [<http://www.skyscraperlife.com/city-versus-city/14623-universidades-ciudad-universitaria-unam-vs-u-de-buenos-aires-2.html>, 2009]

Bibliografia

- [Http://www.skyscraperlife.com/city-versus-city/14623-universidades-ciudad-universitaria-unam-vs-u-de-buenos-aires-2.html](http://www.skyscraperlife.com/city-versus-city/14623-universidades-ciudad-universitaria-unam-vs-u-de-buenos-aires-2.html), 2009.
[Http://www.superpages.com/cities/mtg/45361/](http://www.superpages.com/cities/mtg/45361/), 2006.
 Jaffe, Ch. zbiory prywatne, 2007.

7.1.7. Music Centre Vredenburg



Karta katalogowa 07

Czas powstania: 1973-1979

Liczba miejsc: 1700

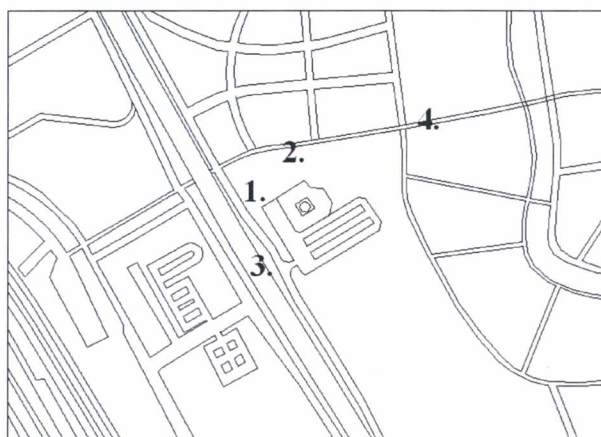
Czas pogłosu: 1,9 sek.

Autorzy

Projekt architektoniczny: Herman Hertzberger

Projekt akustyki: Institute of Applied Acoustics (TNO)
(P.A. de Lange, L.G. Booy)

Lokalizacja: Vredenburgpassage 77 w Utrechcie, w Holandii



Rys. 148. Music Centre Vredenburg – lokalizacja: 1. Music Centre Vredenburg, 2. Vredenburgpassage, 3. Catharijnebaan, 4. Lange Viestraat [oprac. wg: Googleearth, <http://earth.google.com/intl/pl/index.html>, 2009]

Architektura i funkcja obiektu

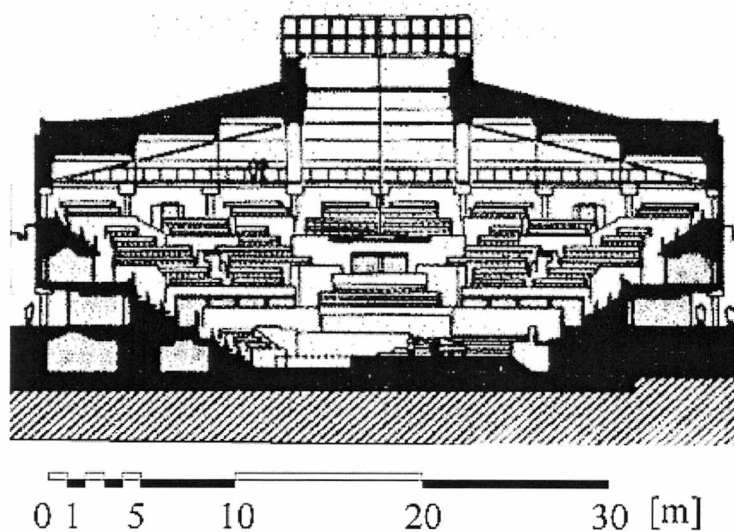


Rys. 149. Music Centre Vredenburg – elewacja [<http://eng.archinform.net/projekte/1479.htm>, 2009]

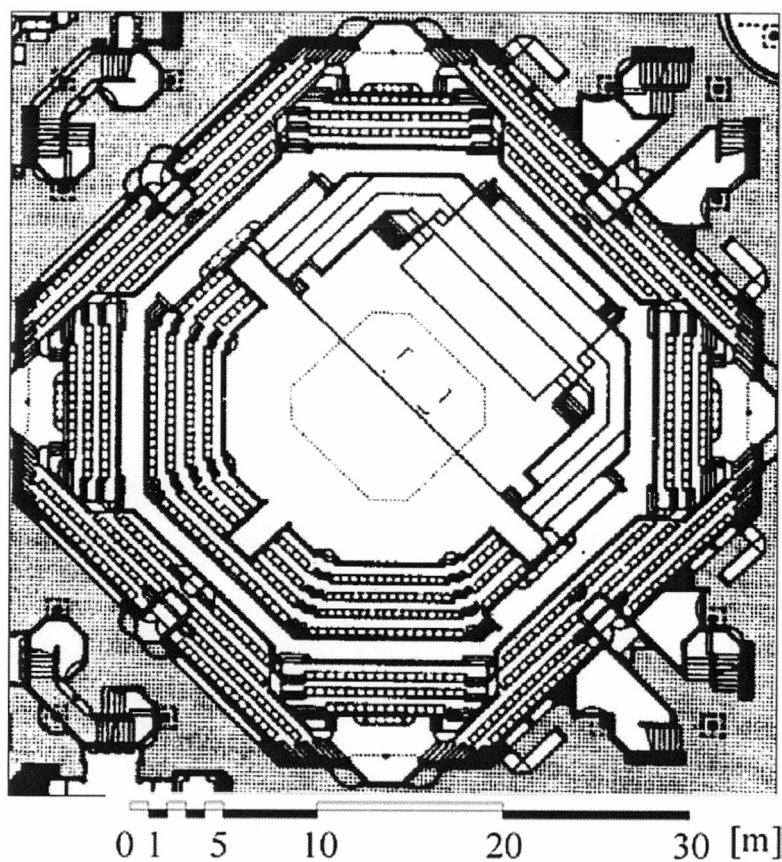
Bryła zewnętrzna budynku nawiązuje budową do arenowego ukształtowania sali. Całość monumentalna, surowa, a dekorację stanowią jedynie podziały i rozrzeźbienie okien.

Wnętrze sali koncertowej

Typ: arena, płaski, symetryczny, prostokreślny.



Rys. 150. Music Centre Vredenburg (H. Hertzberg, 1979) – przekrój [Lord, Templeton, 1986, s. 151]



Rys. 151. Music Centre Vredenburg, (H. Hertzberg, 1979): a) rzut, b) widok wnętrza [a) Lord, Templeton, 1986, s. 153, fig. 4.49]

Widownia otacza scenę ze wszystkich stron. Oparta została na planie ośmiokąta i usytuowana na tarasach. Układ jest symetryczny względem czterech osi.



Rys. 152. Music Centre Vredenburg – widok wnętrza [Lord, Templeton, 1986, s. 151]

Scena, z kolei - oparta na planie połowy ośmiokąta [pozostałą część zajmuje widownia] i wyposażona w podesty dla orkiestry.

Rzuty **tarasów** zaprojektowano na wielokątach, a rzędy siedzisk stromo wznoszą się w kierunku korony widowni.

Ściany zamykające wnętrze mają niewielkie powierzchnie odbijające, a ich funkcje przejmują fronty tarasów i platformy, umożliwiające odbijanie i rozpraszanie dźwięku.

Nad sceną zawieszono sześć paneli odbijających [na wysokości 10 m] oraz jeden o znacznej wielkości [na wysokości 9 m].



Rys. 153. Music Centre Vredenburg –widok sali [<http://rateyourmusic.com/venue/vredenburg>, 2009]

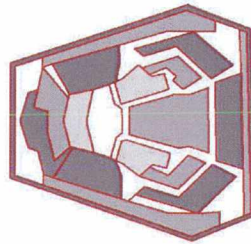
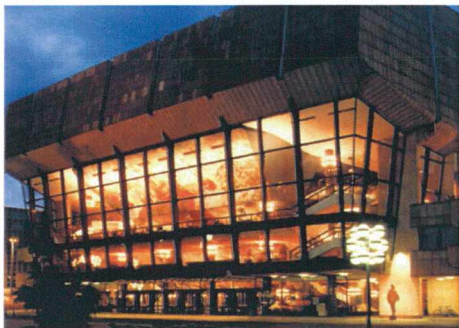
Uwagi i opinie o projekcie

Sala sprawdza się przy przedstawieniach teatralnych ze znacznym udziałem mowy, wymagających dużej ekspresji, jednocześnie oferując niższe parametry dla wykonywania muzyki.

Sala została doświetlona światłem dziennym, co jest istotne w trakcie prób orkiestry.

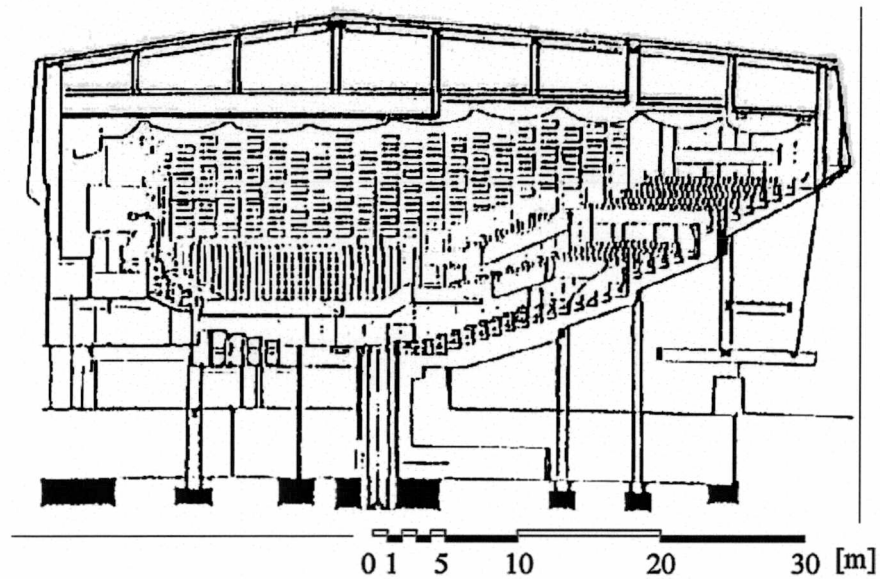
Bibliografia

- [Http://earth.google.com/intl/pl/index.html](http://earth.google.com/intl/pl/index.html), 2009.
- [Http://eng.archinform.net/projekte/1479.htm](http://eng.archinform.net/projekte/1479.htm), 2009.
- [Http://rateyourmusic.com/venue/vredenburg](http://rateyourmusic.com/venue/vredenburg), 2009.
- Lord P., Templeton D. *The Architecture of Sound. Design Places of Assembly*, Architectural Press, London 1986.

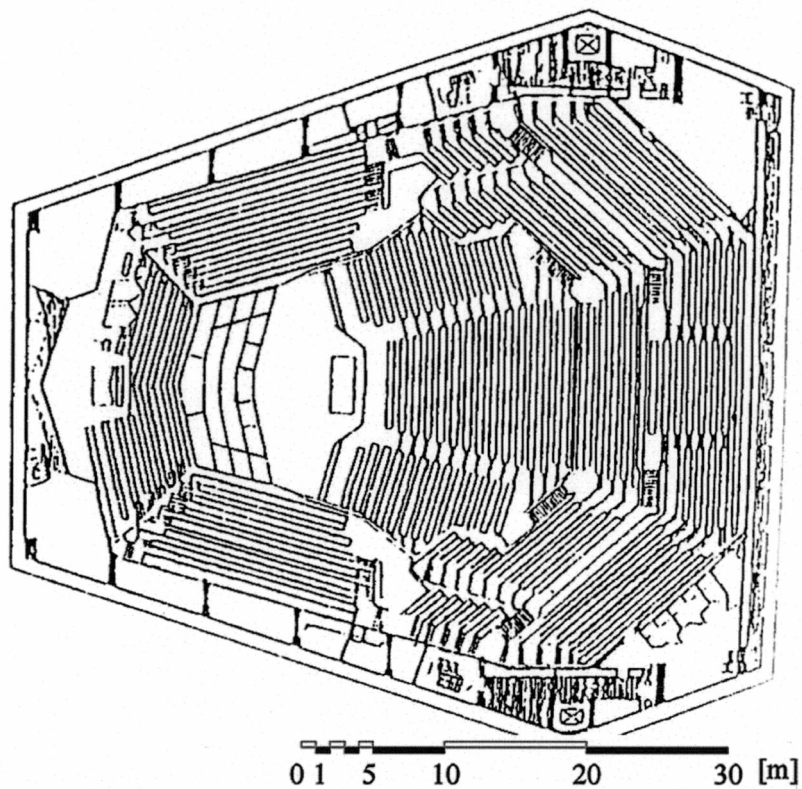
7.1.8. Leipzig Gewandhaus		
Karta katalogowa 08		
Czas powstania: 1981	Liczba miejsc:1900	Czas pogłosu: 2 sek.
Autorzy	Projekt architektoniczny: Eberhard Goschel, Horst Siegel, Volker Sieg, Rudolf Skoda, Winfried Sziegeleit Projekt akustyki: Lothar Cremer	
Lokalizacja: na południowej stronie Augustusplatz 8, Leipzig		
		
Rys. 154. Leipzig Gewandhaus – lokalizacja: 1. Leipzig Gewandhaus, 2. Augustusplatz, 3. Goethestrasse, 4. Georginig [oprac. wg: GoogleEarth, http://earth.google.com/intl/pl/index.html , 2009]		
Architektura i funkcja obiektu		
 a) b)		
Rys. 155. Leipzig Gewandhaus: a) i b) elewacje [a) http://www.ostrei.de/pageID_4654327.html , 2008, b) http://www.bitctrl.de/leipzig/musik/neues_gewandhaus.html , 2009]		
Obiekt powstał na miejscu tzw. Altes Gewandhaus, istniejącego tu pomiędzy 1781 a 1894 rokiem oraz Neues Gewandhaus, którego budowa została ukończona w 1884, a który został zniszczony podczas II wojny światowej. Oba obiekty koncertowe znane były na całym świecie, wyróżniały się dobrą akustyką i zostały zaprojektowane w układzie pudełkowym. Elewacja frontowa kubistycznego budynku Leipzig Gewandhaus od strony holu głównego została w pełni przeszklona, otwierając widok na plac znajdujący się przed wejściem do filharmonii.		

Wnętrze sali koncertowej

Typ: hybrydowy, płaski, symetryczny, prostokreślny.
Kubatura wnętrza – 21 000 m³



Rys. 156. Leipzig Gewandhaus – przekrój [oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 232]



Rys. 157. Leipzig Gewandhaus (E. Goschel, H. Siegel, V. Sieg, R. Skoda, W. Sziegeleit, 1981) – rzut [oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 232]



Rys. 158. Leipzig Gewandhaus – widok wnętrza [<http://www.gewandhaus.de>, 2008]

Rzut **widowni** oparto na planie wieloboku, a siedziska usytuowano na tarasach. Widownia frontowa została znacznie rozbudowana w stosunku do części tylnej. Podłogę wykończono parkietem ułożonym na betonie. Fotele wykonano ze sklejki i tapicerki, których proporcje dobrano tak, aby współczynnik ich pochłaniania był taki sam przy siedziskach zajętych i wolnych.



Rys. 159. Leipzig Gewandhaus – widok sceny [<http://www.sights-and-culture.com/Germany/Leipzig-Gewandhaus-concerthall-0257.jpg>, 2008]

Scenę o powierzchni 180 m^2 założono na planie wieloboku. Wyodrębniono w niej 20 mobilnych platform dla orkiestry (wysokość każdej z nich można niezależnie ustawić) i ruchome podium dla fortepianu. Scena, której podłogę wykonano z dwóch warstw drewna (każda, o grubości 4 cm) została wyniesiona powyżej posadzki widowni ok. 70 cm.

Rzuty **tarasów** oparto na formie wieloboku, w przekroju lekko wysunięto w kierunku widowni i sceny. Rzędy siedzisk, wznoszą się stromo – zgodnie z wykresem dobrej widoczności. Fronty tarasów nachylono i ustawiono pod różnymi kątami, tak aby odbicia boczne docierały do słuchaczy z różnych kierunków. Przy scenie zastosowano tarasy z frontami lekko wysuniętymi i nachylonymi w kierunku środka sceny, w celu zapewnienia muzykom dobrego balansu dźwięku i słyszalności. Fronty tarasów wykonano ze sztucznego kamienia grubości 3 cm.

Powierzchnię **ścian**, od stron widowni bocznych, wzbogacono panelami odbijającymi dźwięk

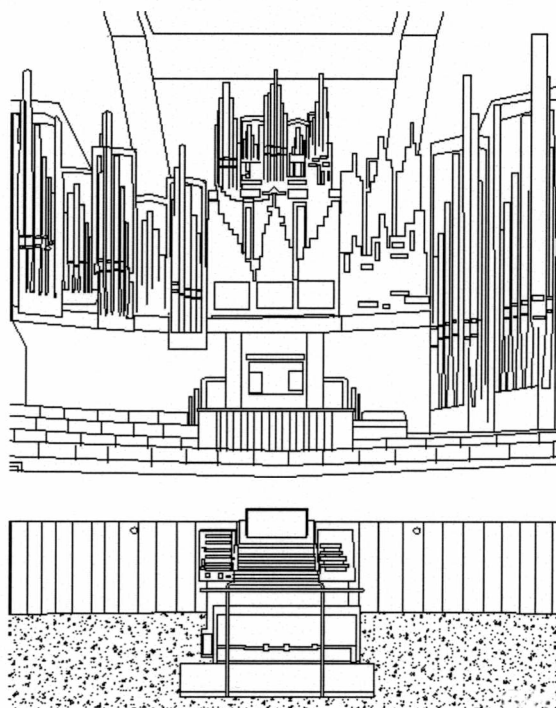
w odpowiednio ustalonych kierunkach, aby uniknąć zakłóceń wynikających z kształtu wachlarzowego sali.

Ściany wokoło sceny wykonano ze sklejki, którą umieszczono na stalowej blasze grubości 0,3 centymetra. Ściany widowni mają podobną konstrukcję, ale blacha nie występuje na tyłach sali i we fragmentach ścian bocznych, dzięki czemu umożliwiono rezonowanie częstotliwości od 63-110 Hz. Ściany właściwe sali eliminują hałas zewnętrzny.

Sufit został ukształtowany tak, aby tworzyły się na nim wczesne odbicia docierające do większości słuchaczy. Zastosowano tu różnorodne łukowe przekroje, których promień oscyluje w okolicy 8 metrów. Wykonany jest z giętej płyty gipsowej grubości 3,5 cm. Nad sufitem znajduje się dach zaprojektowany tak, aby zapewniał wytłumienie dźwięków spoza sali.

Nad sceną zawieszono wypukłe panele, które odbijają dźwięk w kierunku muzyków i widowni frontowej.

Organy dopełniają projektu wnętrza dominując w przestrzeni sali.



Rys. 160. Leipzig Gewandhaus – widok prospektu organowego [oprac. wg: <http://www.gewandhaus.de>, 2008]

Uwagi i opinie o projekcie

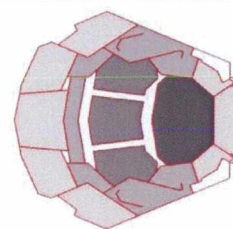
Wnętrze zostało pozbawione elementów ozdobnych, a dzięki skonstruowaniu białych płaszczyzn balkonów z ciemnymi ścianami i czerwonymi materiałami pokrywającymi ustroje akustyczne, otrzymano oryginalny efekt wizualny. Ukształtowanie przekrojów elementów akustycznych zamontowanych na ścianach, pełni funkcję graficznego, współczesnego ornamentu.

Architekci z biura projektowego Leipziger Architekten Gemeinschaft, podjęli duże ryzyko, projektując nową salę w układzie winnicy.

Bibliografia

- <http://earth.google.com/intl/pl/index.html>, 2009.
- http://www.bitctrl.de/leipzig/musik/neues_gewandhaus.html, 2009.
- <http://www.gewandhaus.de>, 2008.
- http://www.ostrei.de/pageID_4654327.html, 2008.
- <http://www.sights-and-culture.com/Germany/Leipzig-Gewandhaus-concerthall-0257.jpg>, 2008.
- Wisniewski E. *Die Berliner Philharmonie und Ihr Kammermusiksaal. Der Konzertsaal als Zentralraum*, Gebr. Mann Verlag, Berlin 1993.

7.1.9. St. David's Hall



Karta katalogowa 09

Czas powstania: 1982

Liczba miejsc: 1682 + 270 (chór)

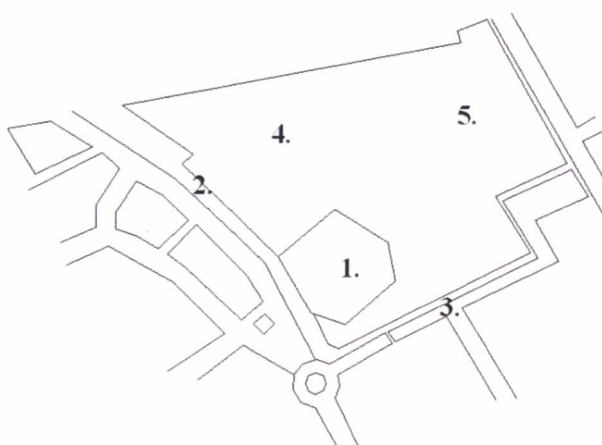
Czas pogłosu: 2 sek.

Autorzy

Projekt architektoniczny: Seymour Harris Partnership

Projekt akustyki: Sandy Brown & Associates

Lokalizacja: The Hayes, Cardiff, South Glamorgan CF10 1SH



Rys. 161. St. David's Hall – lokalizacja: 1. St. David's Hall, 2. Working Street, 3. Hills Street, 4. Queen Arcade Center, 5. St David's Center, [oprac. wg: <http://www.cardiffwalesmap.com/StDavidsHall.htm>, 2008]

Architektura i funkcja obiektu

Sala St. David's Hall jest częścią większego centrum konferencyjno-koncertowego. Mieści się ona w budynku, którego projekt był ograniczony prostokątną działką i stosunkowo niewielką dopuszczalną wysokością zabudowy, stąd też nietypowy kształt zarówno obiektu, jak i wnętrza sali.



a)

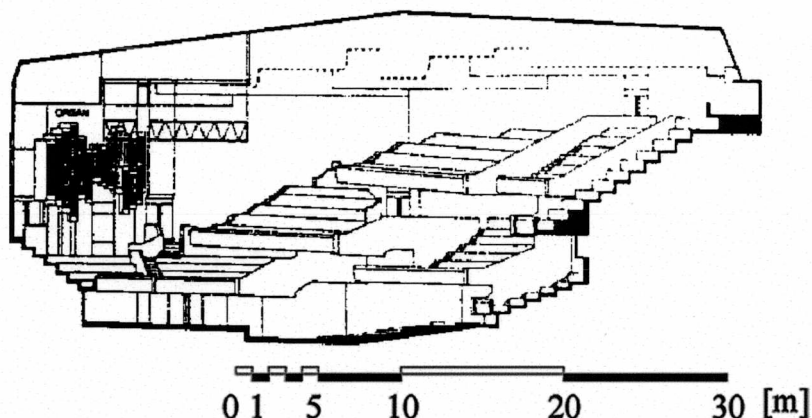


b)

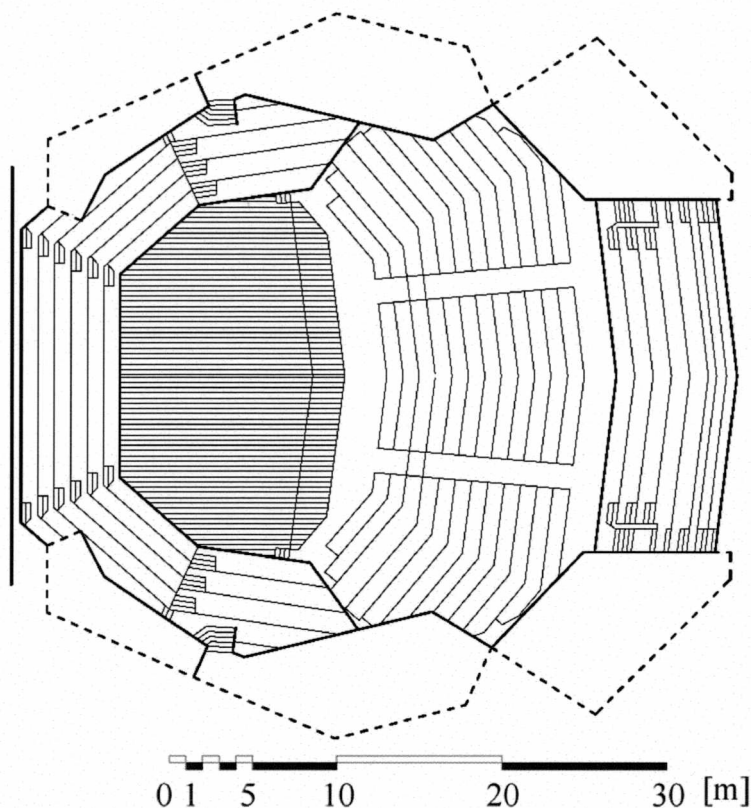
Rys. 162. St. David's Hall – elewacja [a) http://en.wikipedia.org/wiki/St_David's_Hall, 2008 b) http://www.stayinwales.co.uk/wales_picture.cfm?p=1727, 2008]

Wnętrze sali koncertowej

Typ: hybrydowy, płaski, symetryczny, prostokreślny.



Rys. 163. St. David's Hall – przekrój [oprac. wg: Beranek, 1996, s. 287]



Rys. 164. St. David's Hall (Seymour Harris Partnership, 1982) – rzut [oprac. wg: Beranek, 1996, s. 286]

Na **widowni** o szerokości dominującej nad długością i wysokością, uzyskano maksymalny dystans 38 metrów widzów od sceny.

Podłogi widowni zostały wykonane z drewna i sklejki. Ułożono je na konstrukcji nośnej z betonowych ramp. W celu uniknięcia skrzypienia posadzek zastosowano podkładki sprężynujące. Siedziska wykonano ze sklejki, z dwuwarstwową tapicerką.

Rzut **sceny** w kształcie wieloboku, o znacznej szerokości w stosunku do głębokości.

W obszarze widowni zastosowano 16 **tarasów**, o rzutach wielobocznych.

Ściany tarasów wyłączono z tworzenia odbić bocznych dźwięku, a wymurowano je z cegły

grubości 20 centymetrów i wykończono tynkami. Ścianę otaczającą scenę wykonano z bloczków betonowych i pokryto okładziną ze sklejki.

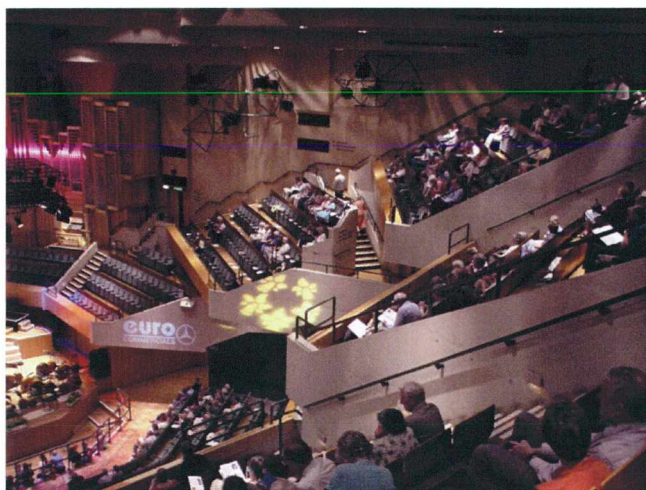
Zrezygnowano z klasycznego **sufitu** podwieszonego, na rzecz zwiększenia kubatury sali – ograniczenie od góry stanowi dach i jego wyeksponowana konstrukcja (betonowe elementy prefabrykowane o grubości 20 cm). Masywność tego elementu zapewnia ciepłą barwę dźwięku powstającego w sali. W skład ustrojów akustycznych wchodzi: przestrzeń instalacyjne otwarte do wnętrza sali, pomosty techniczne (stalowe z podłogą ułożoną z drewna), ustroje wentylacyjne (obłożone materiałem pochłaniającym). Dodatkowo zastosowano tu dyfuzor pasmowy za chórem, który uzyskano w postaci reliefu wykonanego z okładziny tynkowej.



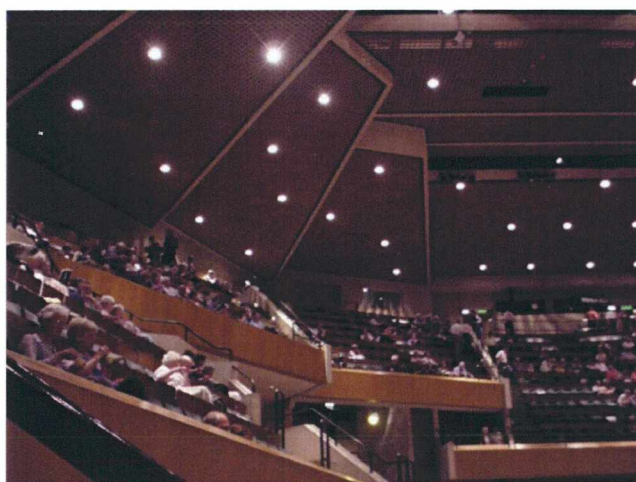
Rys. 165. St. David's Hall – widok wnętrza [<http://hintofsarcasm.com/2006/01/>, 2008]



Rys. 166. St. David's Hall – widok sceny [<http://acoustics.hanyang.ac.kr>, 2008]



Rys. 167. St. David's Hall – układ tarasów [<http://acoustics.hanyang.ac.kr>, 2008]



Rys. 168. St. David's Hall – widok sufitu [<http://acoustics.hanyang.ac.kr>, 2008]

Uwagi i opinie o projekcie

Wybór konfiguracji centralnej tarasowej, motywowały wymagane przez inwestora: doskonałość akustyki, teatralność przestrzeni oraz zaangażowanie publiczności w występ.

Sala jest zbyt szeroka, w stosunku do innych wnętrz o konfiguracji winnicowej. Od pozostałych obiektów tego typu różni ją też zastosowany układ akustyczny.

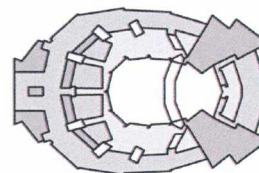
Sala wyposażona została w sprzęt wymagany w trakcie konferencji, z odpowiednim oświetleniem włącznie. Ma system nagłaśniający oraz znajduje się tu też opuszczany ekran o wymiarach kinowych.

Sala St David's Hall jest dobrze dostosowana do potrzeb osób niepełnosprawnych (windy, toalety i pochylnie). Dodatkowo ma system podczerwieni, który umożliwia odsłuchanie koncertu osobom z uszkodzeniami słuchu. Dla osób niewidzących, są drukowane informacje o koncertach w alfabecie Braille'a. Widownia przewiduje również miejsca dla osób przychodzących z psami przewodnikami.

Bibliografia

- Beranek L. *Concert and Opera House. How they sound*, Acoustical Society of America, (b.m.) 1996.
[Http://acoustics.hanyang.ac.kr](http://acoustics.hanyang.ac.kr), 2008.
[Http://hintofsarcasm.com/2006/01/](http://hintofsarcasm.com/2006/01/), 2008.
[Http://en.wikipedia.org/wiki/St_David's_Hall](http://en.wikipedia.org/wiki/St_David's_Hall), 2008.
[Http://www.stayinwales.co.uk/wales_picture.cfm?p=1727](http://www.stayinwales.co.uk/wales_picture.cfm?p=1727), 2008.

7.1.10. Michael Fowler Centre, Wellington



Karta katalogowa 10

Czas powstania: 1983

Liczba miejsc: 2566

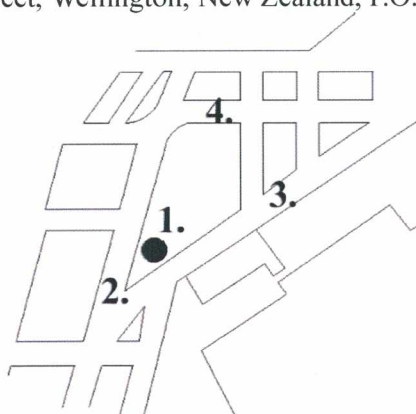
Czas pogłosu: 2 sek.

Autorzy

Projekt architektoniczny: Harold Marshall

Projekt akustyki: wykorzystanie projektu sali w Christchurch Town

Lokalizacja: 111 Wakefield Street, Wellington, New Zealand, P.O.Box 2199, Wellington



Rys. 169. Michael Fowler Centre – lokalizacja: 1. Michael Fowler Center, 2. Wakefield Street, 3. Jervois Quay, 4. Victoria [oprac. wg: <http://www.wellingtonconventioncentre.com/about-us/location/location-map.html>, 2008]

Architektura i funkcja obiektu

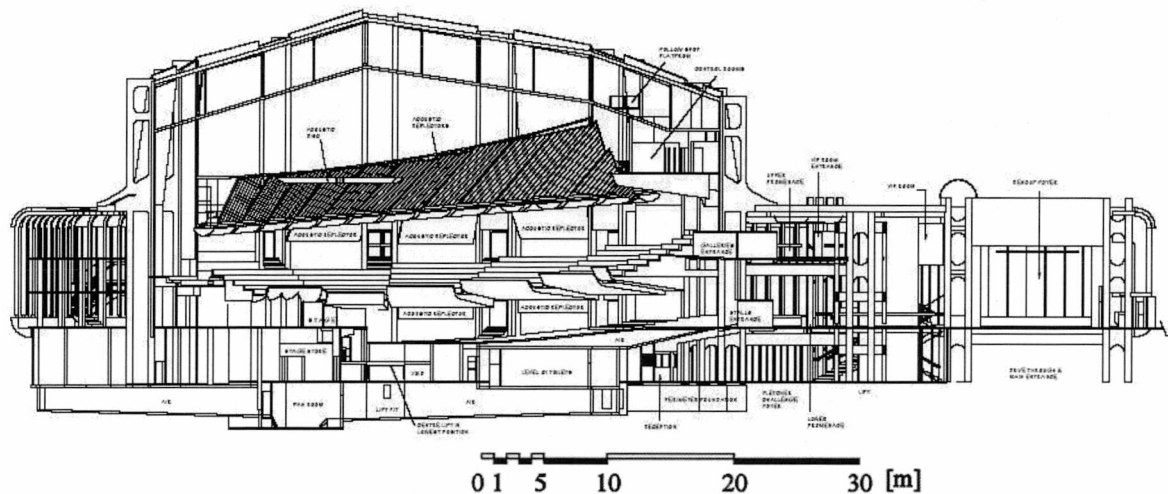


Rys. 170. Michael Fowler Center– elewacja [<http://www.dayout.co.nz/public-files/pictures/34760.jpg>, 2008]

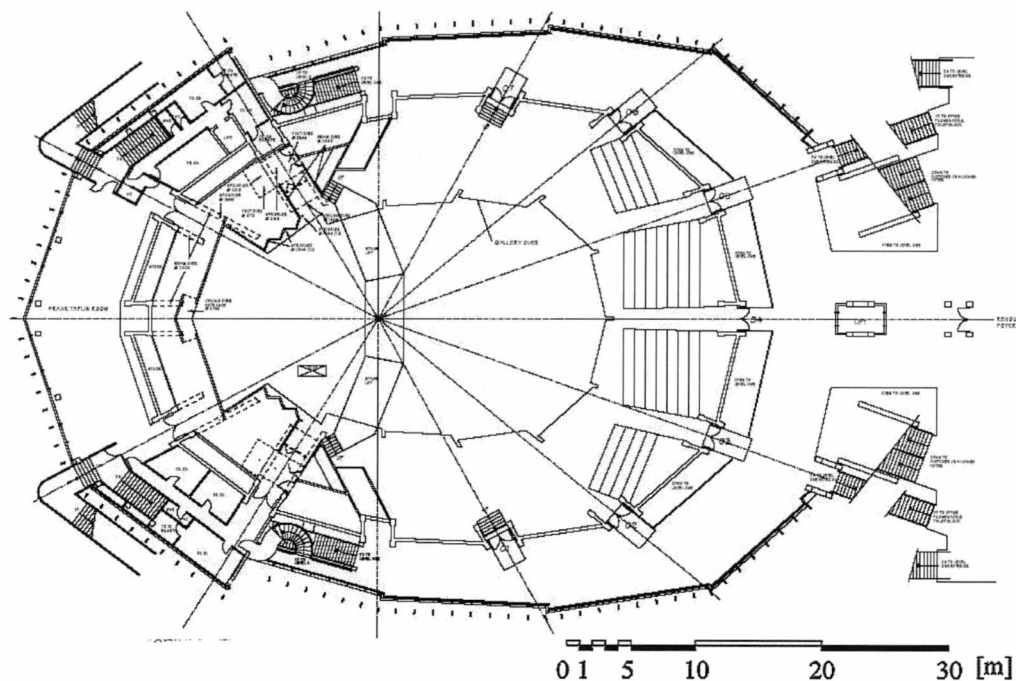
W zespole architektonicznym Michael Fowler Centre w Wellington wyraźnie wyodrębniono bryłę sali koncertowej, która dominuje nad przeszkloną strefą foyer i pomieszczeń pomocniczych. Monumentalizm i wertykalizm budynku złagodząco przez zastosowanie mocnych pionowych podziałów elewacyjnych, które nadają wizualnej lekkości.

Wnętrze sali koncertowej

Typ: semi-centralny, płaski, symetryczny, prostokreślny.



Rys. 171. Michael Fowler Centre (M. Warren, M. Mahoney, 1972) – przekrój podłużny [http://www.venueweb.co.nz/wcc_mfc/aud/mfc_aud.htm, 2007]



Rys. 172. Michael Flower Centre, Wellington (M. Warren, M. Mahoney, 1972) – rzut [http://www.venueweb.co.nz/wcc_mfc/aud/mfc_aud.htm, 2007]

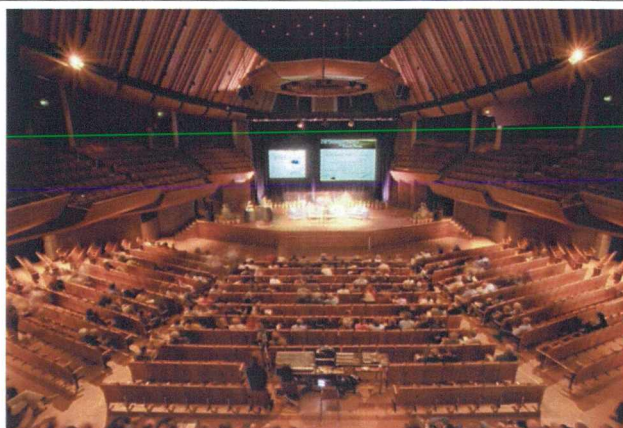
Widownia zaprojektowana została na rzucie elipsy, o układzie mieszanym, klasycznym (o niewielkiej przewyżce) z balkonami-tarasami (o znacznej przewyżce), na której widzowie znajdują się w odległości nie większej niż 28 m od sceny.

Scena została zaplanowana jako symetryczna, na rzucie wielobocznym.

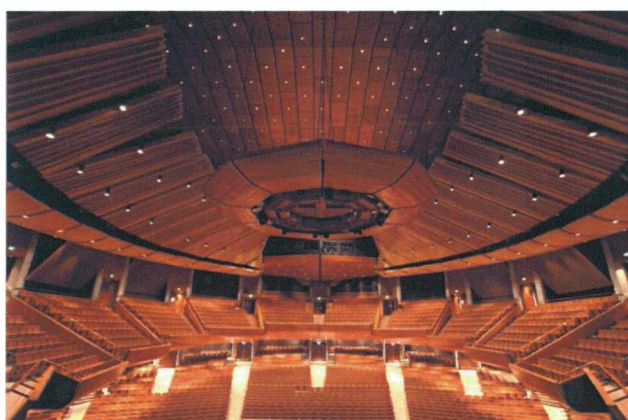
Każdy z **tarasów-balkonów** ma przynależny mu układ akustyczny.

Ściany sali podzielono na segmenty, z których każdy jest powiązany z balkonem-tarasem.

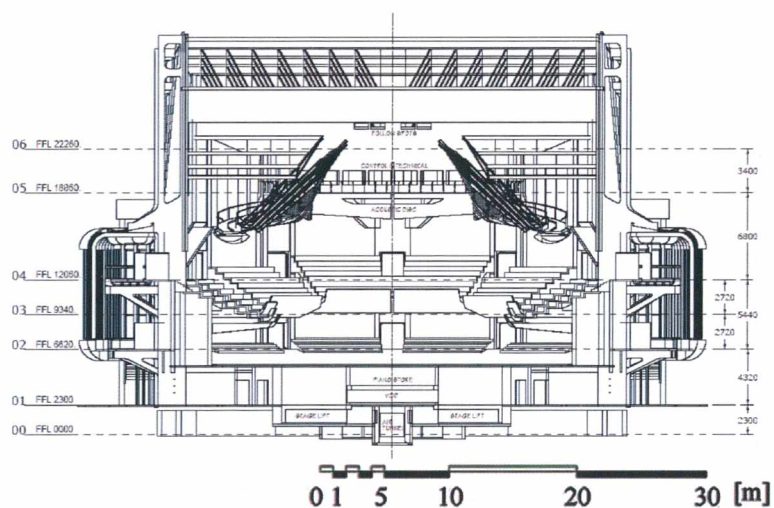
Wszystkie pozostałe elementy analogiczne do sali w Christchurch.



Rys. 173. Michael Fowler Centre – wnętrze [<http://www.wellingtonconventioncentre.com/gallery/mfcc>, 2008]



Rys. 174. Michael Fowler Centre – widok widowni [<http://www.wellingtonconventioncentre.com/gallery/mfcc>, 2008]

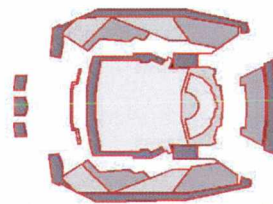


Rys. 175. Michael Fowler Centre – przekrój poprzeczny [http://www.venueweb.co.nz/wcc_mfc/aud/mfc_aud.htm, 2007]

Bibliografia

- [Http://www.dayout.co.nz/public-files/pictures/34760.jpg](http://www.dayout.co.nz/public-files/pictures/34760.jpg), 2008.
- [Http://www.wellingtonconventioncentre.com/about-us/location/location-map.html](http://www.wellingtonconventioncentre.com/about-us/location/location-map.html), 2008.
- [Http://www.wellingtonconventioncentre.com/gallery/mfcc](http://www.wellingtonconventioncentre.com/gallery/mfcc), 2008.
- [Http://www.venueweb.co.nz/wcc_mfc/aud/mfc_aud.htm](http://www.venueweb.co.nz/wcc_mfc/aud/mfc_aud.htm), 2007.

7.1.11. Suntory Hall, Tokio



Karta katalogowa 11

Czas powstania: 1986

Liczba miejsc: 2006

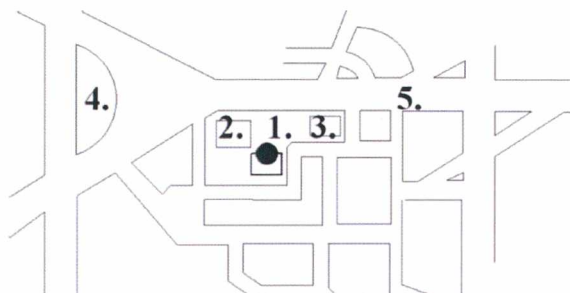
Czas pogłosu: 2,1 sek.

Autorzy

Projekt architektoniczny: Yasui Architects & Engineers, Inc.

Projekt akustyki: Nagata Acoustic

Lokalizacja: 1-13-1 Akasaka, Tokyo, 13 107-0052 Japan



Rys. 176. Suntory Hall Tokyo – lokalizacja: 1. Suntory Hall Tokyo, 2. Ark Hotel, 3. Ana Hotel, 4. Roppongi, 5. Roppongi Dori (Ave.) [<http://www.suntory.com/culture-sports/suntoryhall/location/index.html>, 2008]

Architektura i funkcja obiektu



Rys. 177. Suntory Hall Tokyo – elewacja [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/0/0f/Suntory_Hall_Outside.jpg, 2007]

Elewacja Suntory Hall Tokyo jest monumentalna i powściągliwa, a kubistyczna bryła otrzymała monochromatyczne wykończenie.

Wnętrze sali koncertowej

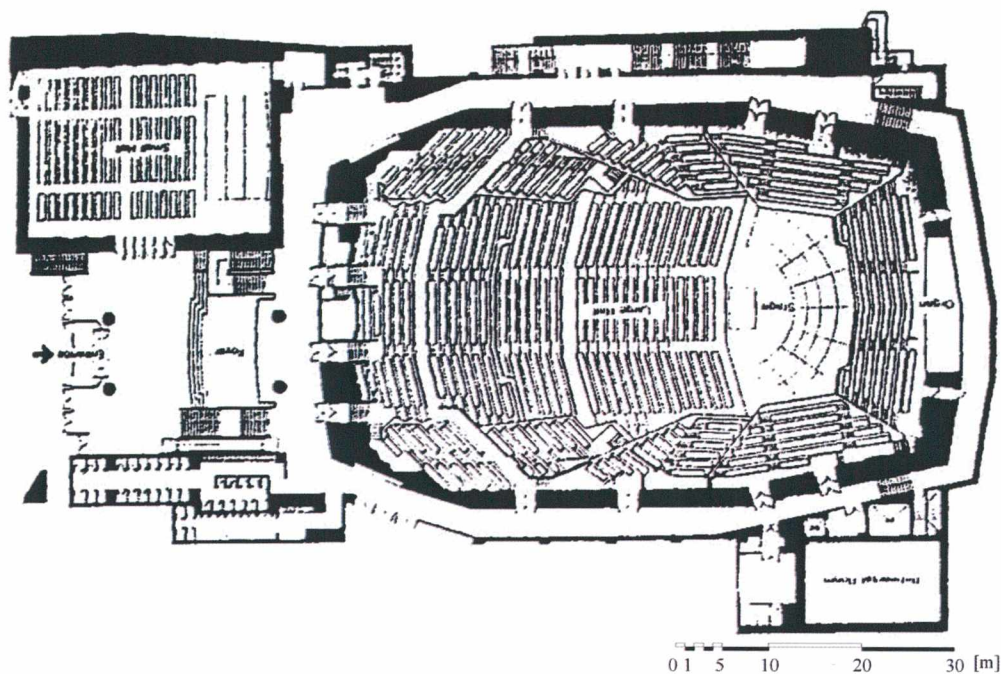
Typ: hybrydowy, płaski, symetryczny, prostokreślny.

– Kubatura – 21 000 m³

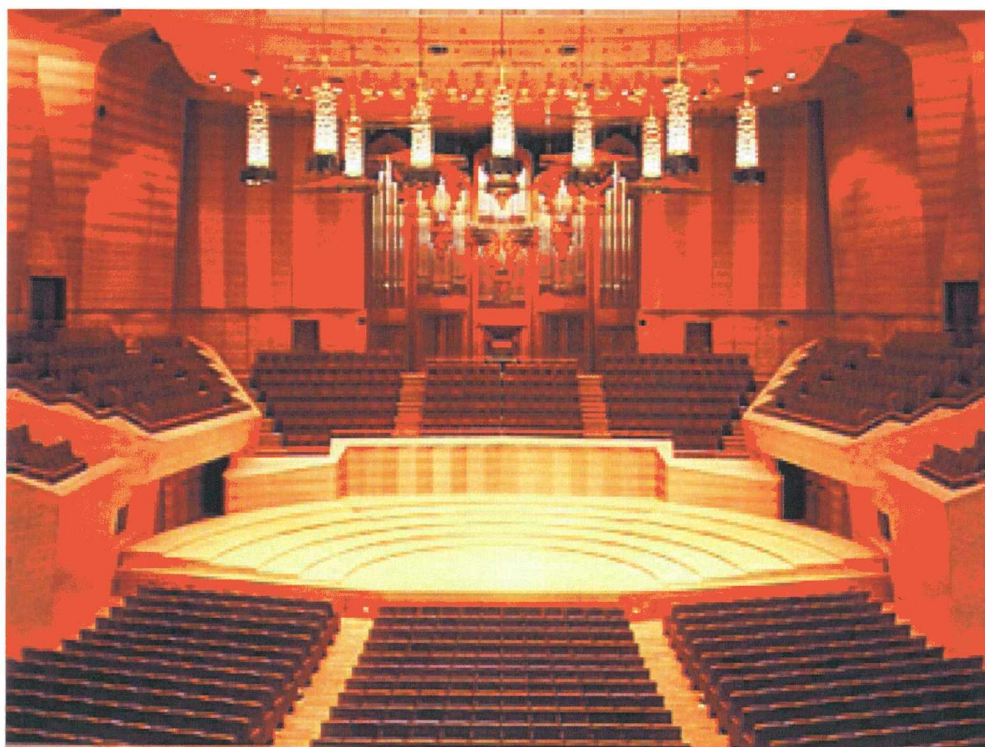
Widownię zaprojektowano jako symetryczną, a wielkość jej części bocznych i tylnej zredukowano w stosunku do widowni frontowej.

Scenę, rozszerzającą się nieznacznie w kierunku widowni frontowej, przesunięto względem matematycznego centrum sali w stronę widowni tylnej.

Rzuty **tarasów** zostały oparto na nieregularnych formach wieloboków, złożonych z odcinków prostych i łuków. Fronty nieznacznie nadwieszono nad sceną i widownią. Siedziska ustawiono zgodnie z wykresem dobrej widoczności.



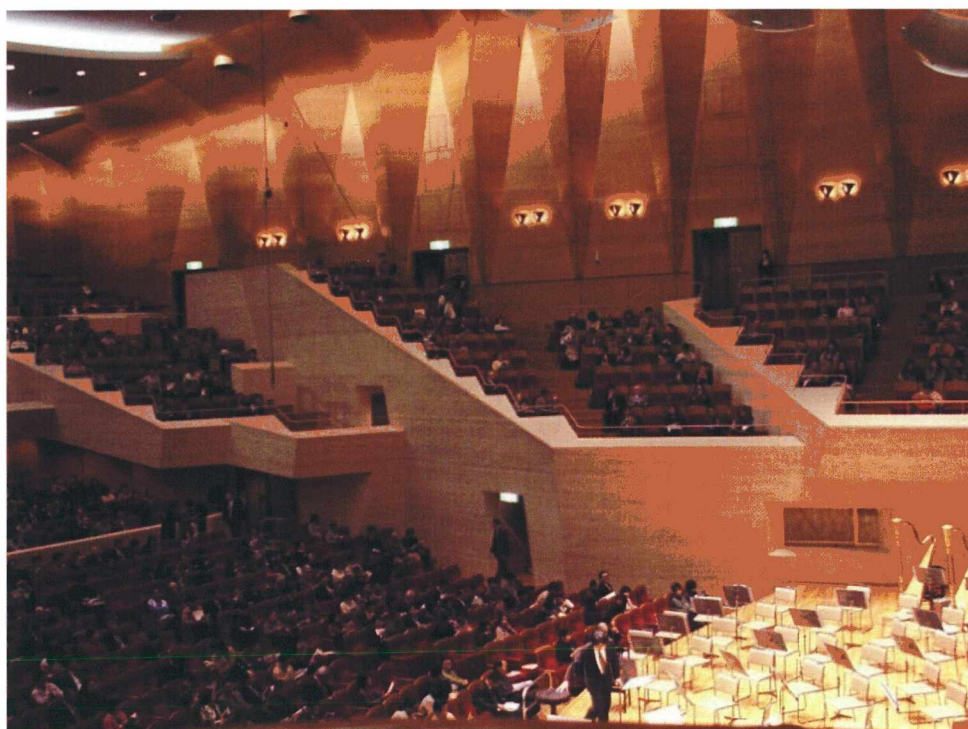
Rys. 178. Suntory Hall Tokyo – rzut [oprac. wg Wisniewski, 1993, s. 231]



Rys. 179. Suntory Hall Tokyo – widok sceny [<http://www.suntory.com/culture-sports/suntoryhall/facilities/index.html#here>, 2008]



Rys. 180. Suntory Hall Tokyo – widok tarasu tylnego i bocznego [<http://gaijinbash.blogspot.com/2007/03/israel-philharmonic-orchestra.html>, 2009]



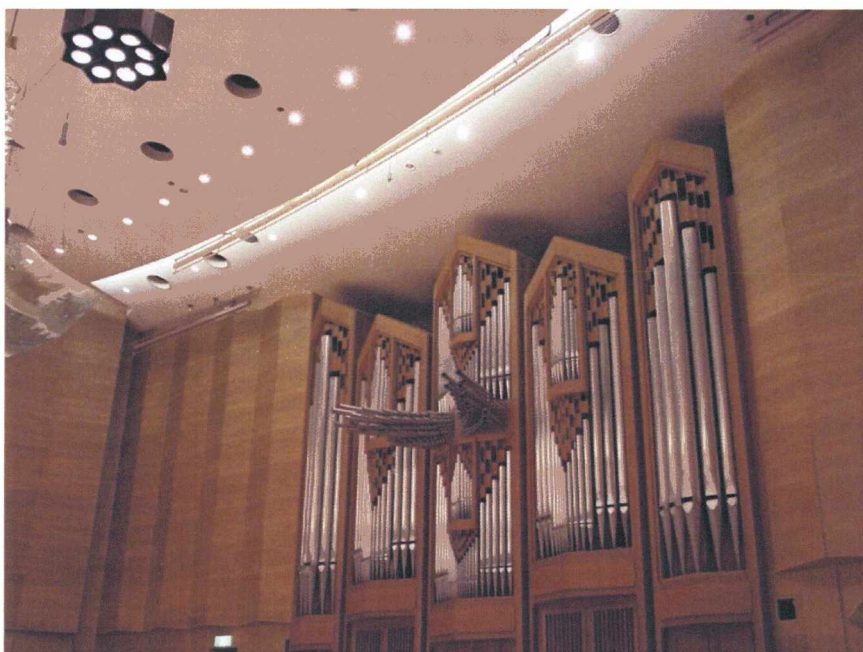
Rys. 181. Suntory Hall Tokyo – widok tarasów [<http://acoustics.hanyang.ac.kr/>, 2008]

Ściany mają duże powierzchnie, różnorodnie rozróżnione.

Sufit został wymodelowany w postaci „żagli”, o przekrojach łukowych. Ich wypukła strona została zwrócona do wnętrza sali. Nad sceną zawieszono zawieszono ustroje akustyczne złożone z dysków odbijających dźwięk.



Rys. 182. Suntory Hall Tokyo – widok sufitu i tarasów tylnych [<http://acoustics.hanyang.ac.kr/>, 2008]



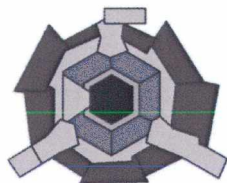
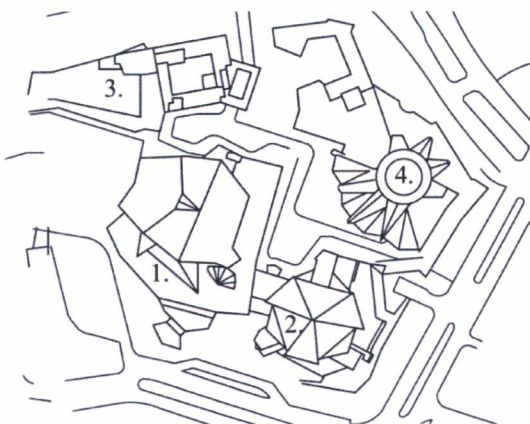
Rys. 183. Suntory Hall Tokyo – widok prospektu organowego [<http://acoustics.hanyang.ac.kr/>, 2008]

Uwagi i opinie o projekcie

Jest pierwszą salą o układzie centralnym tarasowym w Japonii.

Bibliografia

[Http://acoustics.hanyang.ac.kr/](http://acoustics.hanyang.ac.kr/), 2008.
[Http://gaijinbash.blogspot.com/2007/03/israel-philharmonic-orchestra.html](http://gaijinbash.blogspot.com/2007/03/israel-philharmonic-orchestra.html), 2009
[Http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/0/0f/Suntory_Hall_Outside.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/0/0f/Suntory_Hall_Outside.jpg), 2007.
[Http://www.suntory.com/culture-sports/suntoryhall/facilities/index.html#here](http://www.suntory.com/culture-sports/suntoryhall/facilities/index.html#here), 2008.
 Wisniewski E. *Die Berliner Philharmonie und Ihr Kammermusiksaal. Der Konzertsaal als Zentralraum*, Gebr. Mann Verlag, Berlin 1993.

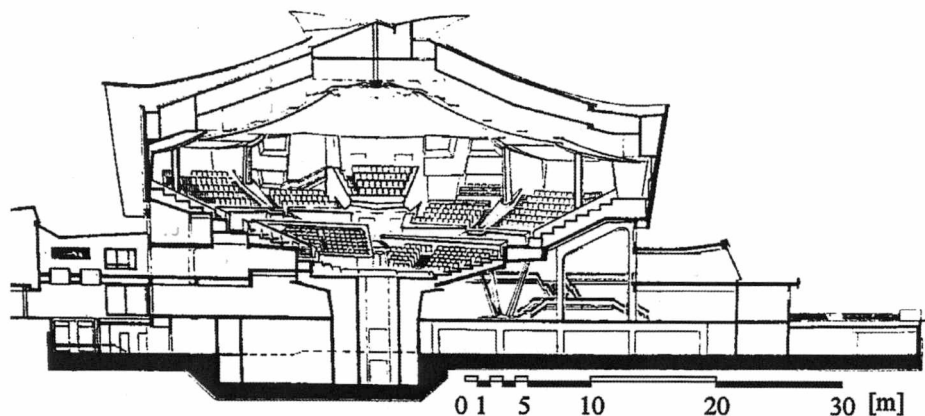
7.1.12. Kammermusiksaal w Berlinie		
Karta katalogowa 12		
Czas powstania: 1987	Liczba miejsc: 1038	Czas pogłosu: 1,8 sek.
Autorzy	Projekt architektoniczny: Edgar Wisniewski Projekt akustyki: Lothar Cremer i Thomas Fuetterer	
Lokalizacja: Stiftung Berliner Philharmoniker, Herbert-von-Karajan Str. 1, 10785 Berlin, Niemcy		
		
Rys. 184. Plan Forum Kultury: 1. Filharmonia Berlińska, 2. Sala Kameralna, 3. „Geplant” Centrum Audio -Wizualne 4. „Staatliches Institut für Musikforschung Musikinstrumenten Museum” [oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 150]		
Architektura i funkcja obiektu		
Elewacja formą i materiałami nawiązuje do projektu sali głównej wzniesionej wg Scharouna. Sala kameralna ma dwie kondygnacje podziemne, w jednej z nich mieści się parking, w drugiej m.in. pomieszczenia techniczne (klimatyzatornia, kotłownia, przyłącza). Na najwyższej kondygnacji znajdują się pomieszczenia obsługi sali, reżyserka dźwięku, światła, pokoje tłumaczy itp.		
		
Rys. 185. Sala Kameralna Filharmonii Berlińskiej – fragment tylnej elewacji [fot. autorka]		

Wnętrze sali koncertowej

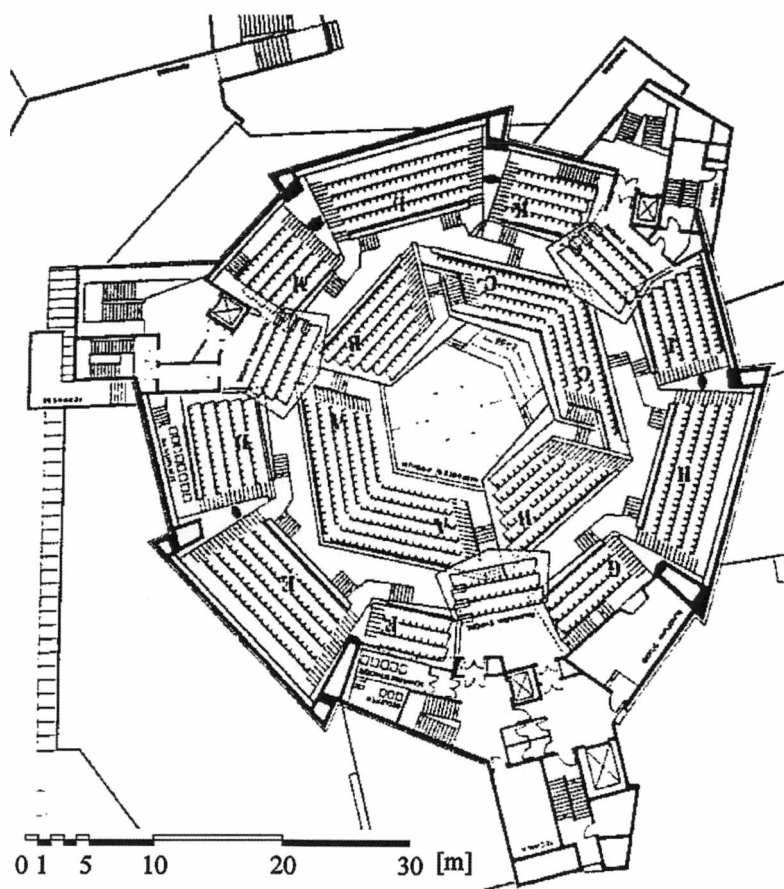
Typ: arenowy, wertykalny, symetryczny (względem 3 osi), prostokreślny.

Widownia została zaprojektowana w formie dwóch pierścieni: symetrycznego i asymetrycznego. Rzędy siedzisk są stromo wypiętrzone w kierunku ścian zewnętrznych sali.

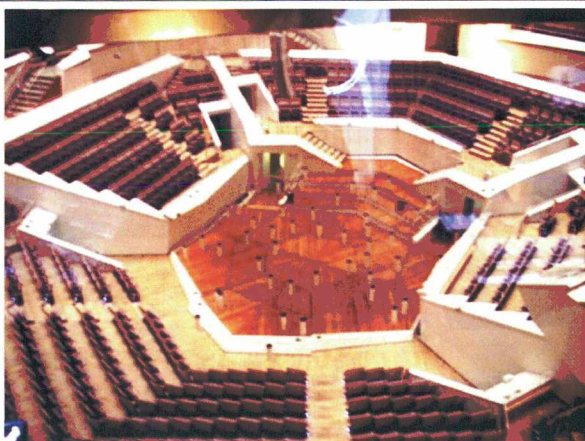
Salę kameralną Filharmonii w Berlinie cechuje bardziej przejrzysty i logiczny układ przestrzenny niż sali głównej.



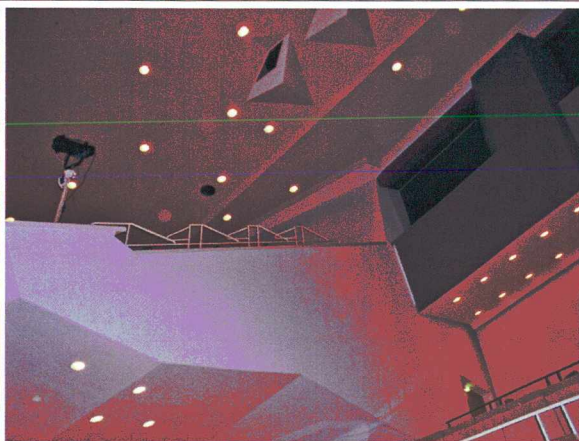
Rys. 186. Sala kameralna Filharmonii Berlińskiej (E. Wisniewski, 1987) – przekrój [oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 192]



Rys. 187. Sala kameralna Filharmonii Berlińskiej (E. Wisniewski, 1987) – rzut [a) oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 168]



a)

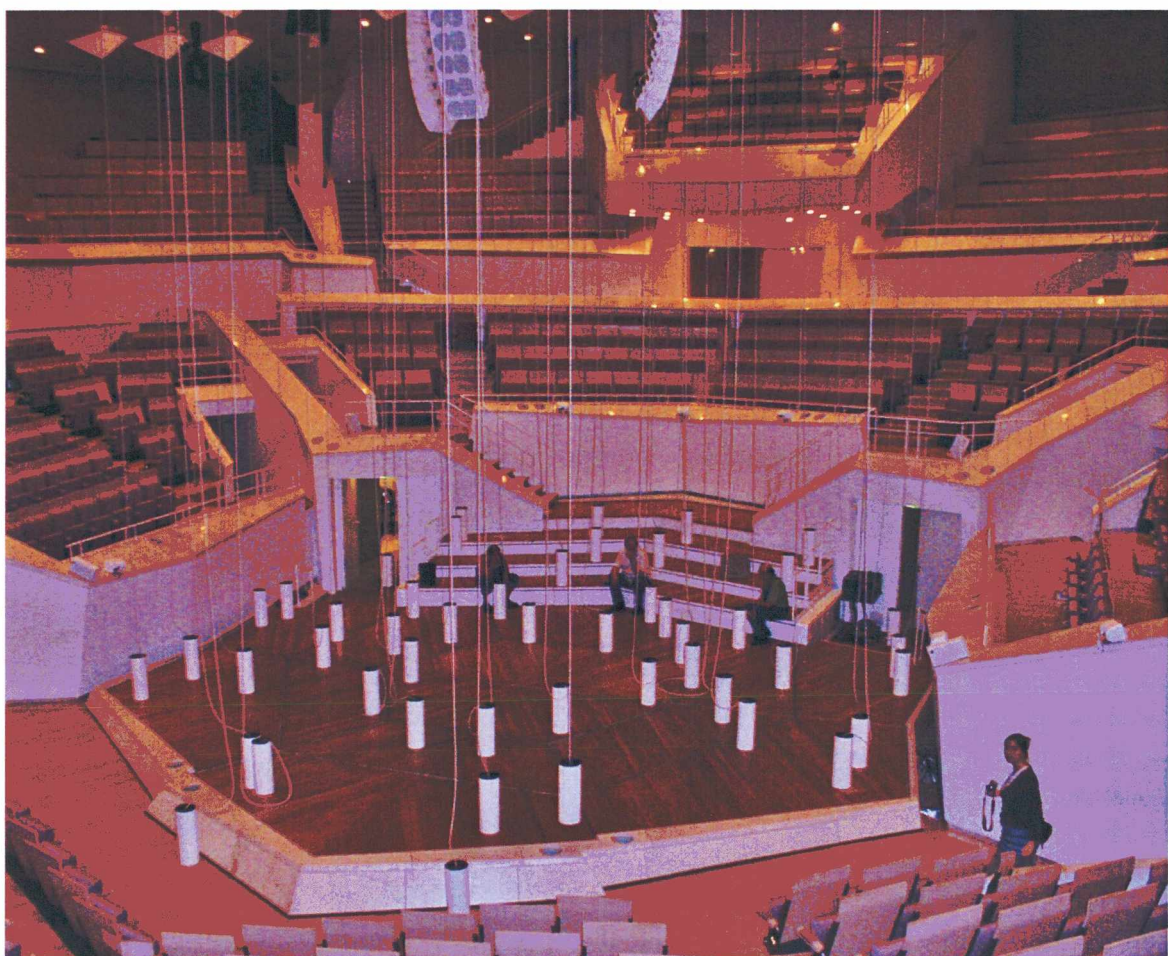


b)

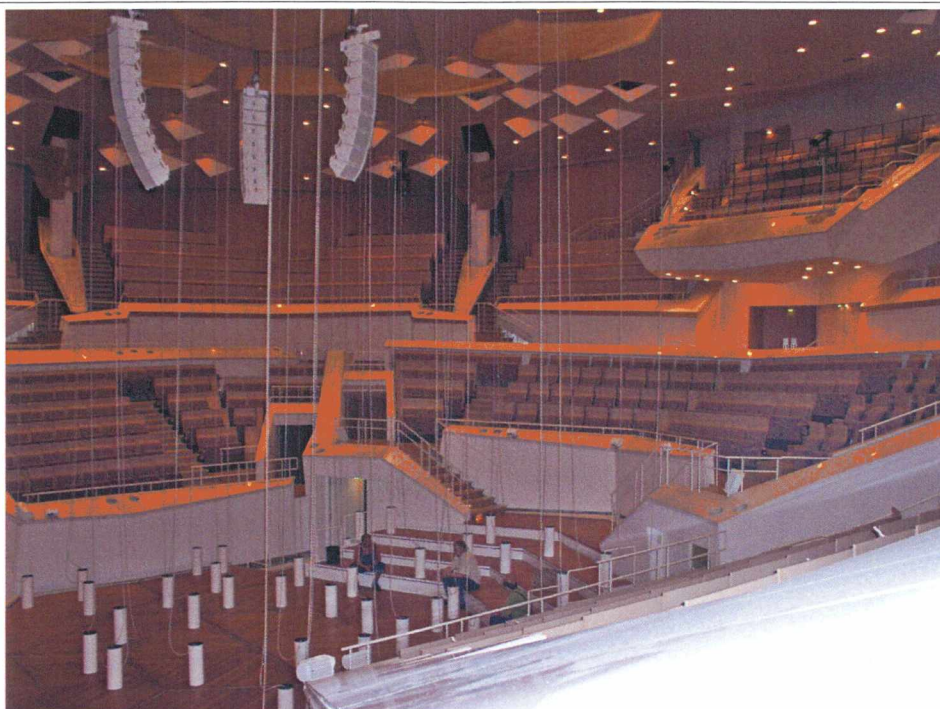
Rys. 188. Sala kameralna Filharmonii Berlińskiej: a) widok wnętrza, b) reżyserka dźwięku [fot. autorka]

Scena została zaplanowana na rzucie sześciokąta i położona centralnie we wnętrzu.

Tarasy, ściany i sufit rozwiązano analogicznie do sali głównej Filharmonii Berlińskiej. Nad sceną zawieszono wypukłe panele odbijające o kształtach sześciokątnych. W części sufitu znajdującej się nad widownią tylną umieszczono piramidy służące do rozpraszania dźwięku. Dodatkowo w sali zastosowano system nagłośnienia.



Rys. 189. Sala kameralna Filharmonii Berlińskiej – widok sceny [fot. autorka]



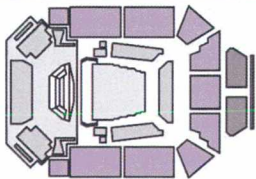
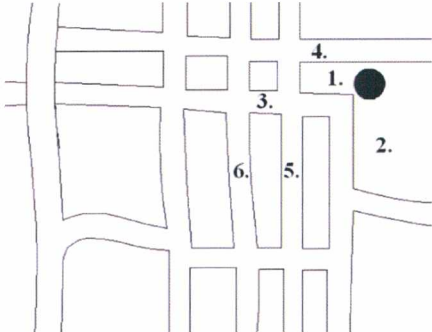
Rys. 190. Sala kameralna Filharmonii Berlińskiej – tarasy boczny i tylny [fot. autorka]



Rys. 191. Sala kameralna Filharmonii Berlińskiej – ustroje nad sceną [fot. Małgorzata Czapińska]

Bibliografia

Wisniewski E. *Die Berliner Philharmonie und Ihr Kammermusiksaal. Der Konzertsaal als Zentralraum*, Gebr. Mann Verlag, Berlin 1993.

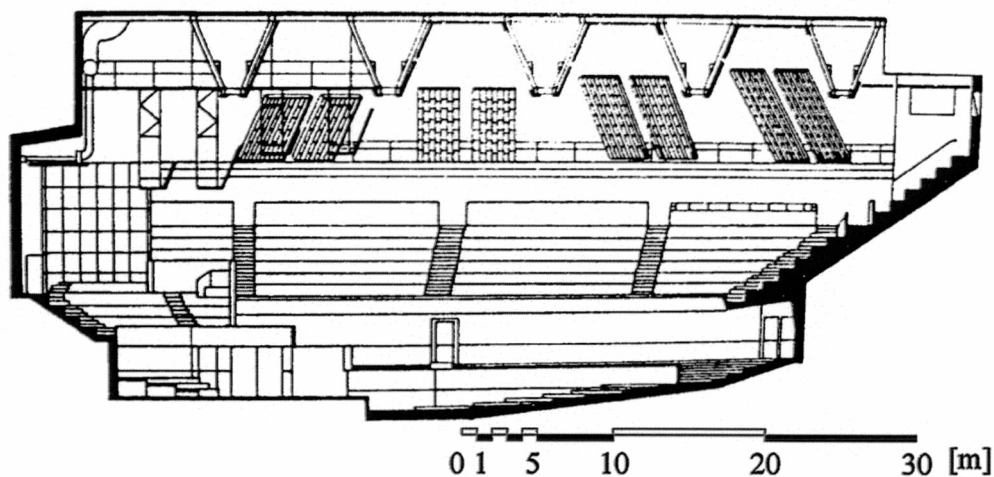
7.1.13. Glasgow Royal Concert Hall		
Karta katalogowa 13		
Czas powstania: 1990	Liczba miejsc: 2475	Czas pogłosu: 1,75 – 2 sek.
Autorzy	Projekt architektoniczny: Sir Leslie Martin i RMJM Scotland Ltd. Projekt akustyki: Fleming & Barron i Sandy Brown Associates	
Lokalizacja: 2 Sauchiehall Street Glasgow G2 3NY		
		
Rys. 192. Glasgow Royal Concert Hall – lokalizacja: 1. Glasgow Royal Concert Hall, 2. Queen Street Station, 3. Sauchiehall Street, 4. Kilmont Street, 5. West Nile Street, 6. Renfield Street [oprac. wg: http://www.grch.com/grch/index.cfm?&pid=104, 2008]		
Architektura i funkcja obiektu		
Obiekt zlokalizowany został w centrum Glasgow. Znajduje się on na skrzyżowaniu jednego z głównych traktów pieszych – przy dużej arterii komunikacyjnej, w pobliżu: dworca autobusowego i kolejowego, galerii sztuk, banków oraz strefy komercyjno-rozrywkowa miasta. Tu koncentruje się ruch turystyczny oraz ogniskuje wieczorne życie mieszkańców. Ze względu na specyficzne położenie, obiekt ma dwie elewacje frontowe, monumentalne i pozbawione dekoracji. W elewacji zastosowano proste formy, przeskalowane do znacznych rozmiarów, m.in.: schody, kwadratowe słupy, podcienia. Dzięki temu uzyskano współczesny i dostojny charakter.		
 a) b)		
Rys. 193. Glasgow Royal Concert Hall – elewacje: a) zamykająca ciąg, b) od strony ulicy Sauchiehall Street [fot. autorka]		

Dostęp do sali koncertowej z obu stron, zaowocował obszernym foyer, z którego publiczność dostaje się do wnętrza sali kilkoma wejściami, prowadzącymi do poszczególnych sektorów i na tarasy, reprezentacyjnymi schodami.

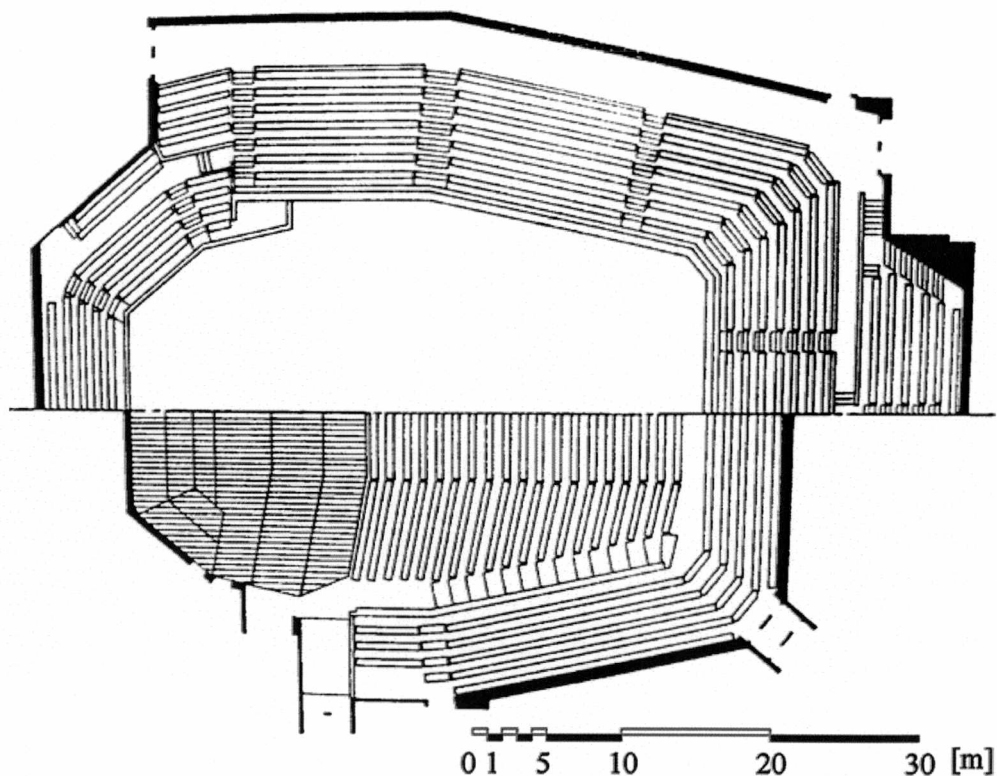
Wnętrze sali koncertowej

Typ: hybrydowy, wertykalny, symetryczny, prostokreślny.

Widownia ma kształt prostokąta, w którym 1174 miejsc, usytuowano na tarasach, pozostałą część rozmieszono klasycznie. Niektóre z tych miejsc mogą zostać usunięte lub ustawione w różnych konfiguracjach.



Rys. 194. Glasgow Royal Concert Hall – przekrój [oprac. wg: Beranek, 1996, s. 297]



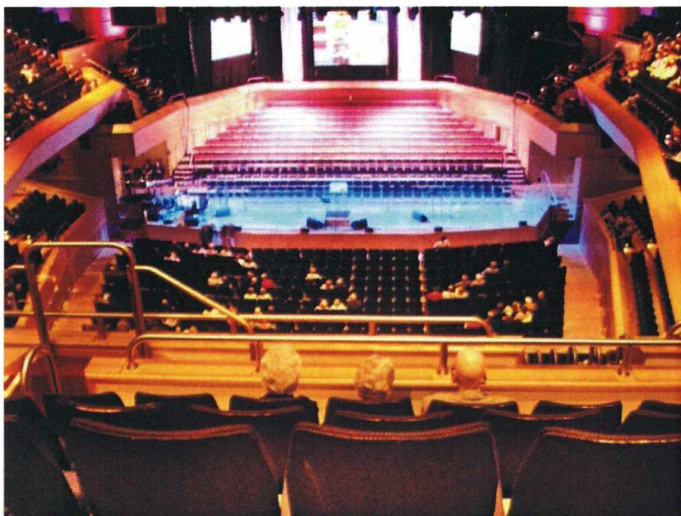
Rys. 195. Glasgow Royal Concert Hall – rzut [oprac. wg: Beranek, 1996, s. 297]

Scena dostosowywana jest do rodzaju występu za pomocą podnośników hydraulicznych.

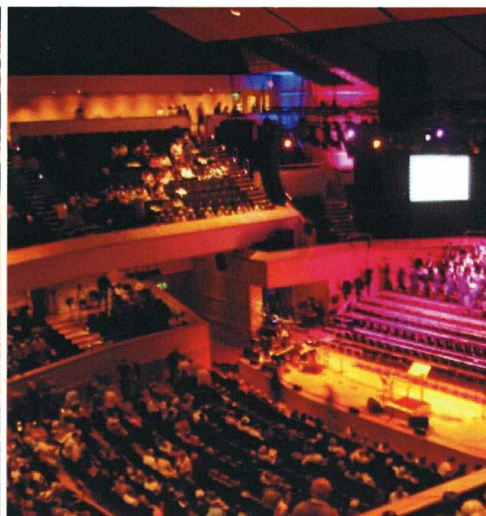
Tarasy zaprojektowano na rzutach wielokątów, a ich fronty częściowo wysunięto w kierunku sceny i widowni.

Sala została wyposażona w system nagłośnienia.

Sufit jest ustrojem akustycznym złożonym z paneli o różnorodnych właściwościach (pochłaniające, rozpraszające, odbijające).

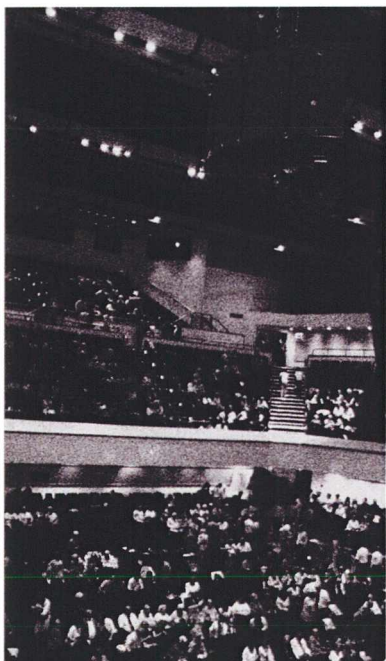


a)



b)

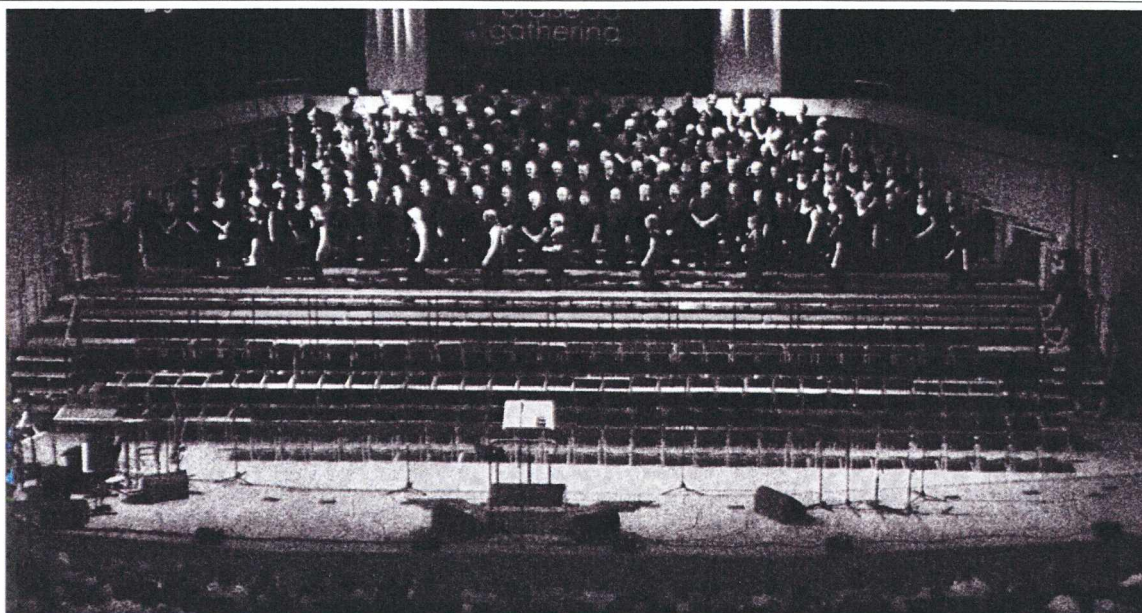
Rys. 196. Glasgow Royal Concert Hall: a) i b) wnętrze sali [fot. autorka]



a)

b)

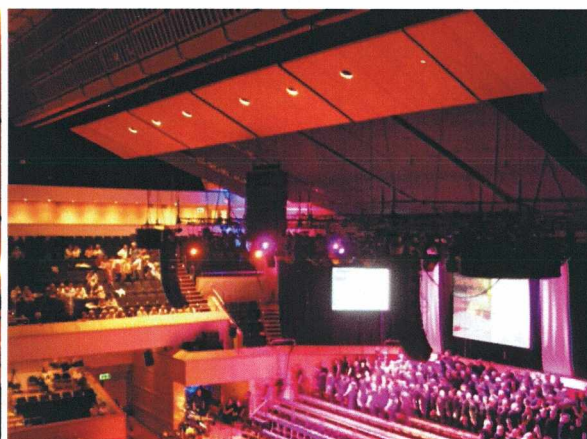
Rys. 197. Glasgow Royal Concert Hall – a) i b) widownia tylna i boczna [fot. autorka]



Rys. 198. Glasgow Royal Concert Hall – scena [fot. autorka]



a)



b)

Rys. 199. Glasgow Royal Concert Hall – ustroje akustyczne: a) nad widownią tylną, b) nad sceną [fot. autorka]

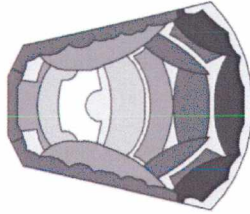
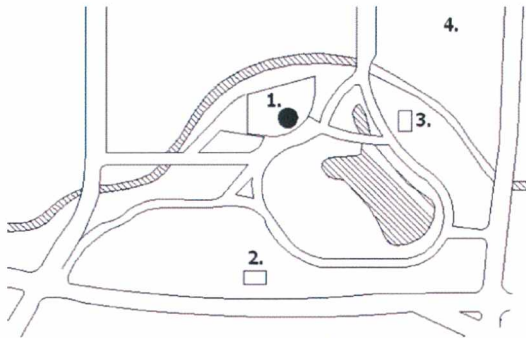
Uwagi i opinie o projekcie

Salę cechuje bardzo dobra słyszalność nawet w najwyższych i najbardziej oddalonych od sceny partiach widowni.

Subiektywne wrażenia autorki z pobytu na koncercie w omawianej sali były dobre w zakresie słyszalności, czystości dźwięku, wrażeniu otoczenia przez dźwięk oraz czytelności mowy.

Bibliografia

Beranek L. *Concert and Opera House. How they sound*, Acoustical Society of America, (b.m.) 1996.
[Http://www.grch.com/grch/index.cfm?&pid=104](http://www.grch.com/grch/index.cfm?&pid=104), 2008.

7.1.14. Sapporo Concert Hall „Kitara”		
Karta katalogowa 14		
Czas powstania: 1997	Liczba miejsc: 2008	Czas pogłosu: pusta 2,2 s, pełna 2,0 s
Autorzy	Projekt architektoniczny: Hokkaido Engineering Consultanys Co., Ltd. Projekt akustyki: Nagata Acoustic, Inc.	
Lokalizacja: 1-15 Nakajimakoen, Chuo-ku, Sapporo 064-8649, Japan		
		
Rys. 200. Sapporo Concert Hall „Kitara” – lokalizacja: 1. Sapporo Concert Hall, 2. Hokkaido-Museum of Literature, 3. Hoheikan, 4. Kamo kamo River [Oprac. wg: http://www.kitara-sapporo.or.jp/contents/english/access.html , 2008]		
Architektura i funkcja obiektu		
Budynek, w którym mieści się sala koncertowa, zlokalizowany został w Nakajima Park, a przydomek, jaki nadano sali „Kitara”, pochodzi od nazwy starożytnego instrumentu greckiego²⁵⁰. Wskazuje się również, że <i>kita</i> oznacza kierunek północny w języku japońskim²⁵¹. Obiekt składa się z dwóch kondygnacji podziemnych i trzech nadziemnych, mieszcząc główną salę koncertową, salę kameralną, przestrzeń do prób i restaurację. Elewacja frontowa została w całości przeszklona, a strefę wejścia podkreślono formą nawiązującą do portali kamiennych.		
		
Rys. 201. Sapporo Concert Hall „Kitara” – elewacja [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Kitara.jpg , 2009]		

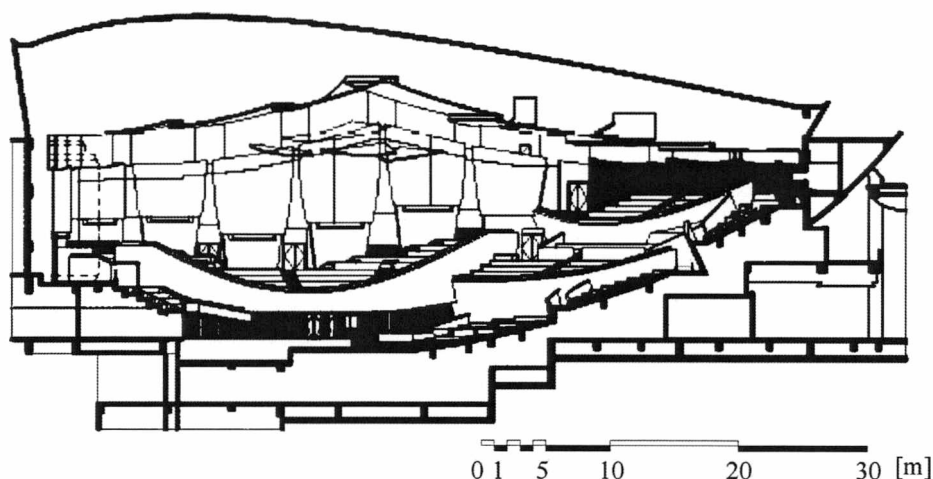
²⁵⁰ [<http://www.kitara-sapporo.or.jp/contents/english/access.html>, 2008], patrz rozdz. 2.

²⁵¹ Szerzej o nazwie: <http://www.kitara-sapporo.or.jp/contents/english/access.html>, 2008.

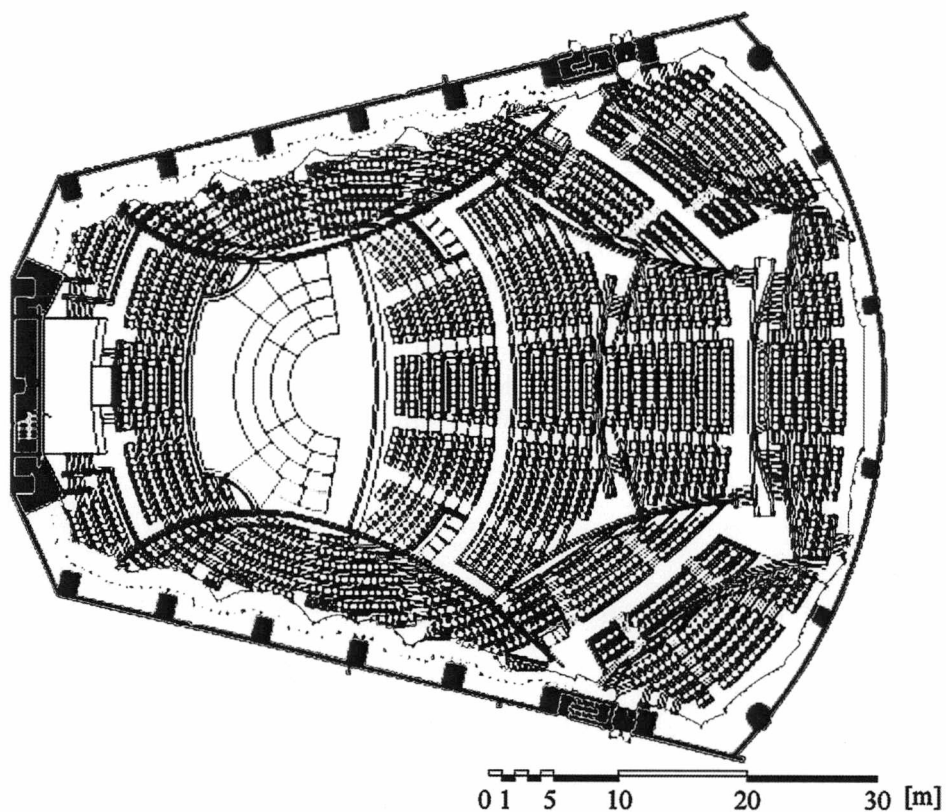
Wnętrze sali koncertowej

Typ: hybrydowy, płaski, symetryczny, łukowy.

– Kubatura sali: 28 800 m³



Rys. 202. Sapporo Concert Hall „Kitara” (Hokkaido Engineering Consultants, 1997) – przekrój, [a] oprac. wg: <http://www.nagata.co.jp/gyosek/posters/sapporo.pdf>, 2006]

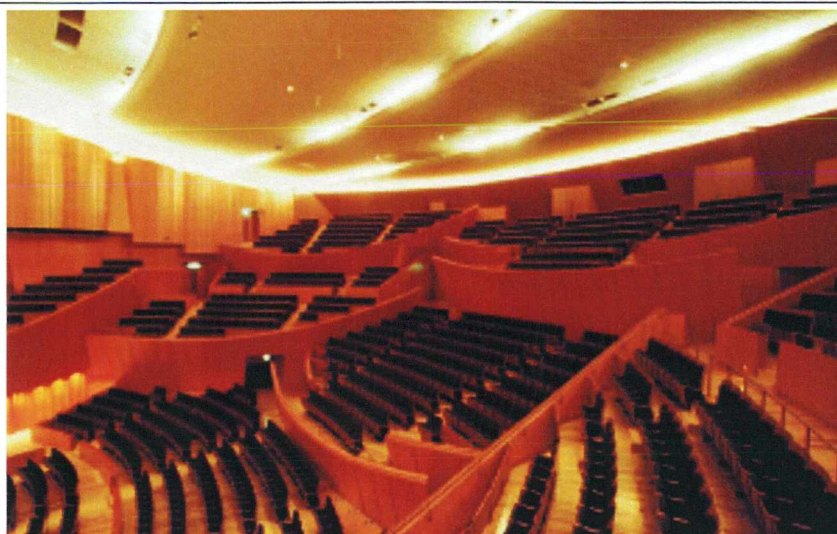


Rys. 203. Sapporo Concert Hall „Kitara” (Hokkaido Engineering Consultants, 1997) – rzut, [oprac. wg: <http://www.nagata.co.jp/gyosek/posters/sapporo.pdf>, 2006]

Widownia została podzielona tarasami, a jej część frontową mocno rozwinięto, zaś boczną i tylną zredukowano.

Scena ma powierzchnię 237 m², a jej rzut ograniczają otaczające ją tarasy.

Rzuty **tarasów** zaprojektowano w oparciu o krzywe Béziera, a zlokalizowane na nich rzędy siedzisk stromo się wznoszą.



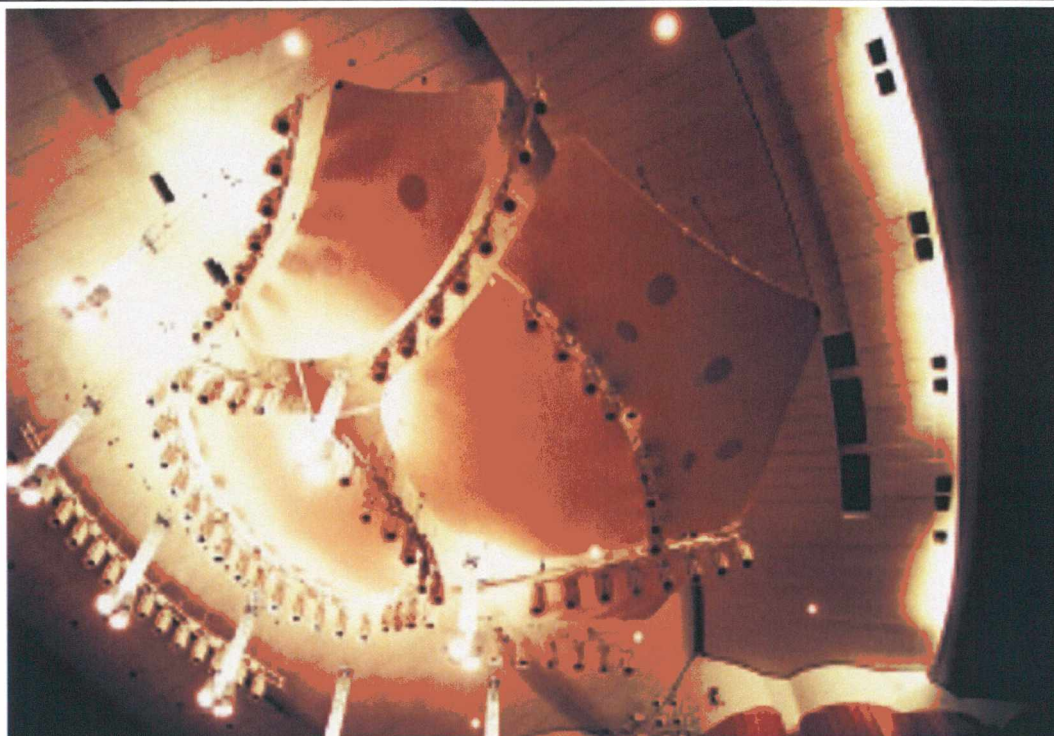
Rys. 204. Sapporo Concert Hall „Kitara” – widownia [<http://www.nagata.co.jp/gyosek/posters/sapporo.pdf>, 2006]

Ściany obłożono pofałdowanymi panelami, opartymi w przekrojach poprzecznych na różnych promieniach łuków i krzywych Béziera. Na ścianie tylnej zawieszono organy zrealizowane według projektu Alfreda Kerna i Fils Manufacture D’Orgues.

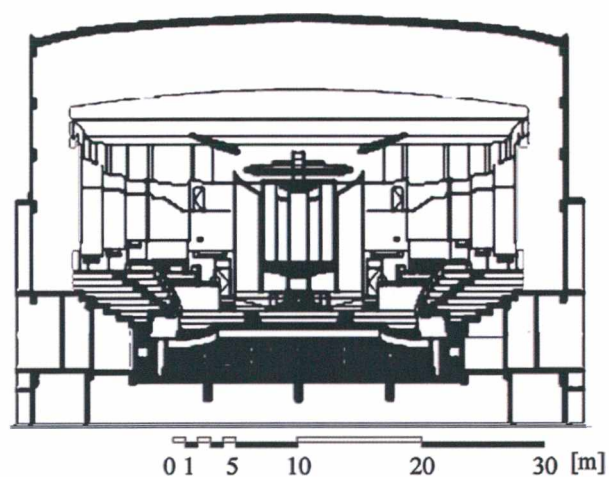
Salę zamyka **sufit** baldachimowy, zaplanowany na różnych przekrojach łuków, a nad sceną zawieszono zespół paneli odbijających z włókna szklanego i wzmocniono go płytą gipsową.



Rys. 205. Sapporo Concert Hall „Kitara” – widownia [<http://www.nagata.co.jp/gyosek/posters/sapporo.pdf>, 2006]



Rys. 206. Sapporo Concert Hall „Kitara” – lokalizacja [<http://www.nagata.co.jp/gyosek/posters/sapporo.pdf>, 2006]



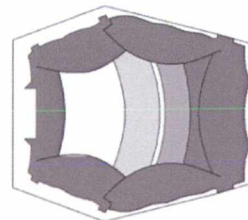
Rys. 207. Sapporo Concert Hall „Kitara” – lokalizacja organów w przekroju poprzecznym [Oprac. wg.: <http://www.nagata.co.jp/gyosek/posters/sapporo.pdf>, 2006]

Bibliografia

- [Http://en.wikipedia.org/wiki/File:Kitara.JPG](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Kitara.JPG), 2009.
- [Http://www.kitara-sapporo.or.jp/contents/english/access.html](http://www.kitara-sapporo.or.jp/contents/english/access.html), 2008.
- [Http://www.nagata.co.jp/gyosek/posters/sapporo.pdf](http://www.nagata.co.jp/gyosek/posters/sapporo.pdf), 2006.

7.1.15. Niigata City Performing Arts Center „Ryutopia”

Karta katalogowa 15



Czas powstania: 1998

Liczba miejsc: 2000

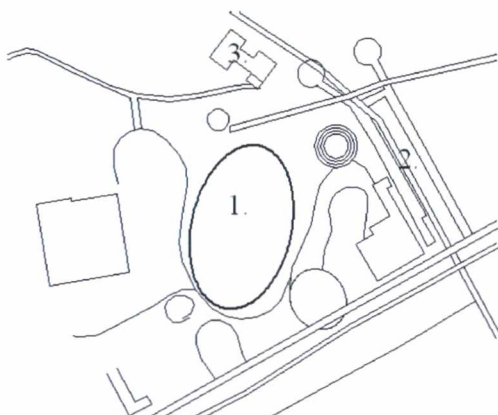
Czas pogłosu: brak danych

Autorzy

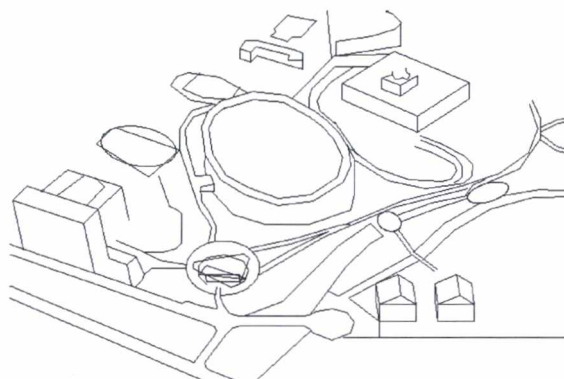
Projekt architektoniczny: Itsuko Hasegawa Atelier

Projekt akustyki: brak danych

Lokalizacja: nad ujściem rzeki Shinano w pasie Hakusan Park



a)



b)

Rys. 208. Niigata City Performing Arts Center „Ryutopia”: a) lokalizacja, 1. Niigata City Performing Arts, 2. Droga 164, 3. Niigata 1988, b) aksonometria [oprac. wg: a) <http://earth.google.com/intl/pl/index.html>, 2009 b), <http://www.hecarfoundation.org/itsukohasegawa.html>, 2008]

Architektura i funkcja obiektu



Rys. 209. Niigata City Performing Arts Center „Ryutopia” – elewacja [<http://www.flickr.com/photos/9160678@N06/sets/72157601028333958>, 2008/]

Rzut obiektu Niigata City Performing Arts Center zaprojektowano na elipsie, z której podniesiono przeszklone ściany zewnętrzne, a ich górną krawędź ścięto asymetrycznie. Projekt pozbawiono elementów dekoracyjnych, a rytm fasady wyznaczają regularne podziały szkła.

Wnętrze sali koncertowej

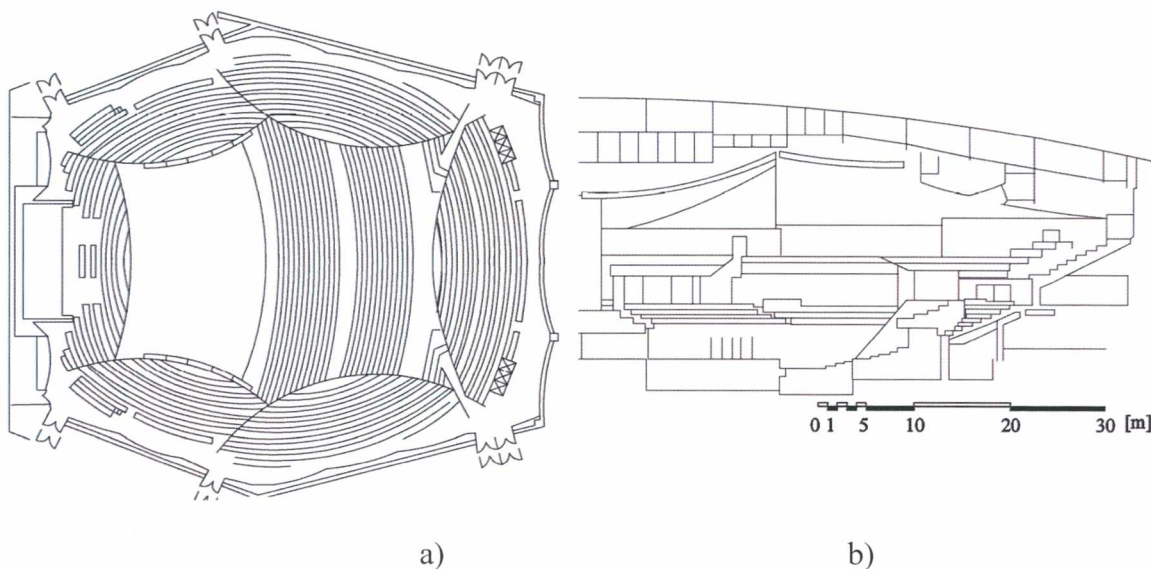
Typ: hybrydowy, płaski, symetryczny, łukowy.

Scena, której rzut rozszerza się nieznacznie w kierunku widowni frontowej, jest przesunięta względem centrum sali w kierunku tylnej ściany, otoczona ze wszystkich stron widownią.

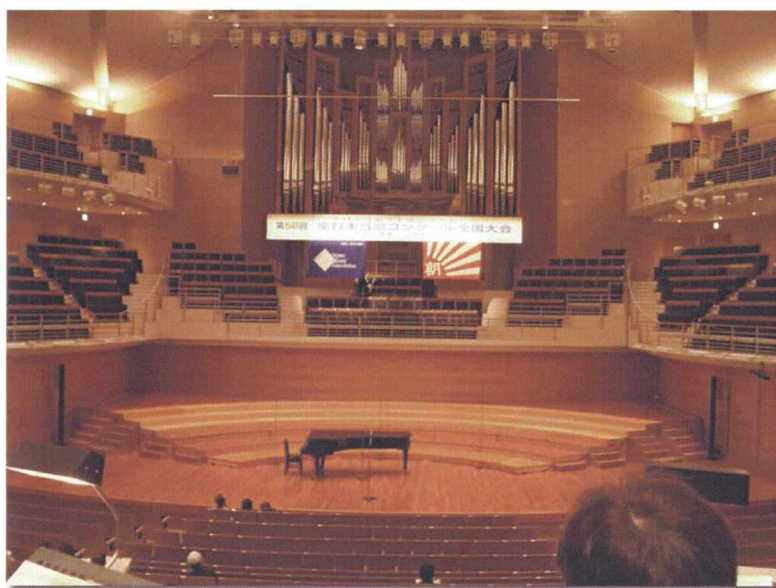
Rzuty tarasów oparte zostały na formach łukowych i krzywych Béziera, a ich fronty mają niewielkie nadwieszenie w kierunku widowni i sceny. Rzędy siedzisk mocno się wznoszą.

Powierzchnie ścian właściwych zostały przesłonięte przez strop.

Sufit został ukształtowany w zespół konch, które odbijają dźwięk w kierunku widowni. Nad sceną został zawieszony dodatkowy układ paneli odbijających.



Rys. 210. Niigata City Performing Arts Center „Ryutopia” (Tsuko Hasegawa Atelier, 1998): a) rzut, b) przekrój [oprac. wg: a) Jodidio, 1999, s. 208, b) oprac. wg: http://www.architectureweek.com/2001/0613/design_1-2.html, 2009]



Rys. 211. Niigata City Performing Arts Center „Ryutopia” – widok wnętrza [http://www.brancostarc.com/japan05_eng.htm, 2009]

Organy zamknięto w prostym prospekcie, zlokalizowanym za sceną, na ścianie nad tylnym tarasem.

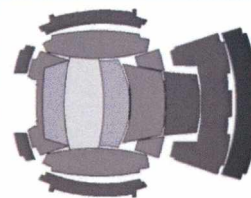


Rys. 212. Niigata City Performing Arts Center „Ryutopia” – organy
[<http://www.antenna.nl/matteo.imbruno/Niigata.jpg>, 2008]

Bibliografia

- [Http://www.antenna.nl/matteo.imbruno/Niigata.jpg](http://www.antenna.nl/matteo.imbruno/Niigata.jpg), 2008.
[Http://www.architectureweek.com/2001/0613/design_1-2.html](http://www.architectureweek.com/2001/0613/design_1-2.html), 2009.
[Http://www.brancostarc.com/japan05_eng.htm](http://www.brancostarc.com/japan05_eng.htm), 2009.
[Http://www.hecarfoundation.org/itsukohasegawa.html](http://www.hecarfoundation.org/itsukohasegawa.html), 2008.
Jodidio P., *Building a New Millennium*, Taschen Verlag GMBH, Cologne 1999.

7.1.16. Walt Disney Hall

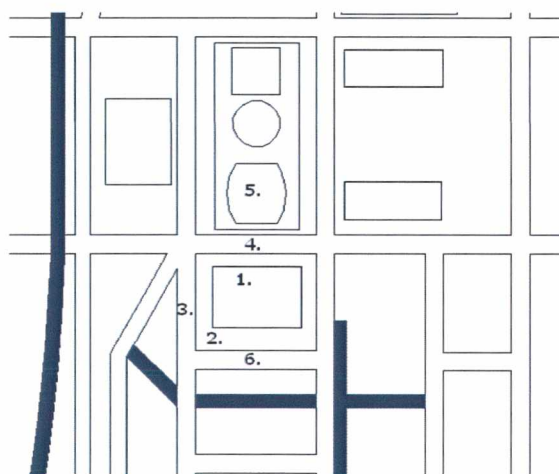


Karta katalogowa 16

Czas powstania: 2003 **Liczba miejsc:** 2265 **Czas pogłosu:** 2 sek.

Autorzy **Projekt architektoniczny:** Frank Gehry – współprojektant; James Glymph – współprojektant; Terry Bell – menadżer projektu; Craig Webb – projektant; David Pakshong, William Childers, David Hardie i Kristin Woehl – architekci
Projekt akustyki: Nagata Acoustics; Los Angeles, California (siedziba w Tokio, Japonia)

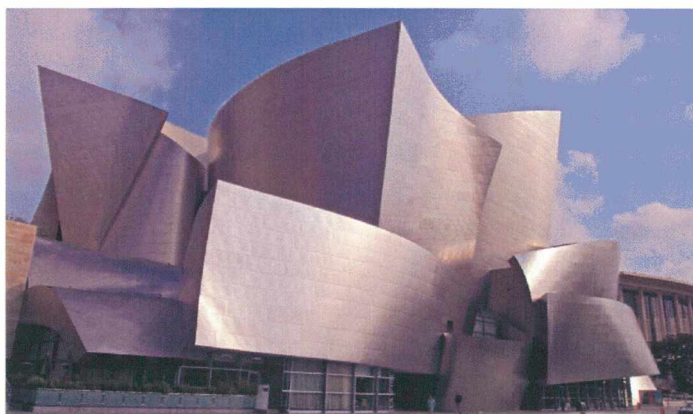
Lokalizacja: Skrzyżowanie First Street i Grand Avenue, 111 S. Grand Ave. Los Angeles, 90012



Rys. 213. Walt Disney Hall – lokalizacja: 1. Walt Disney Hall, 2. Redcat, 3. S Hope Street 4. 1st Street, 5. Dorothy Chandler Pavilion, 6. 2nd Street [oprac. wg: http://www.laphil.com/visit/visit_parking.cfm, 2007]

Architektura i funkcja obiektu

Obiekt jest częścią większego zespołu widowiskowego, w którego skład wchodzi: sala koncertowa, dwa amfiteatry na wolnym powietrzu, teatr dziecięcy na 300 osób, audytorium na 120 osób i duży park. Elewację zaprojektowano w charakterystyczny sposób z elementów wypiętrzonych i pofalowanych blach, zakomponowanych w sposób rzeźbiarski.



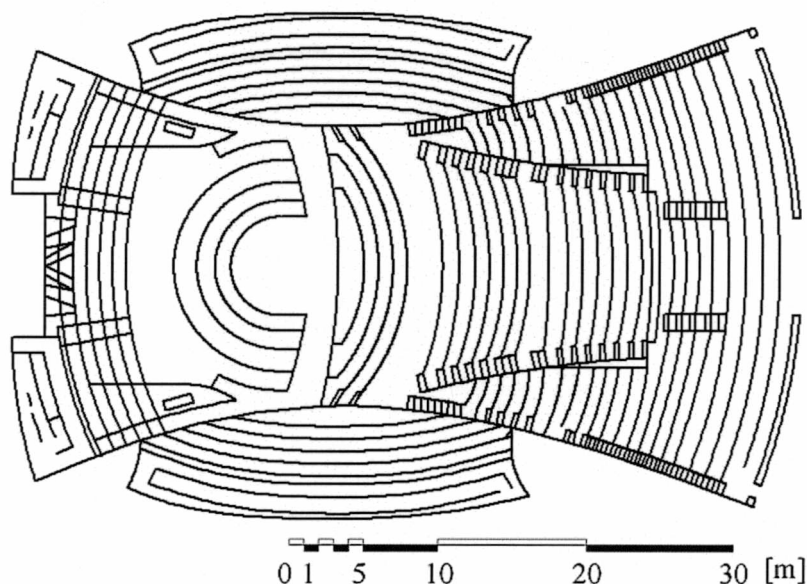
Rys. 214. Walt Disney Hall – elewacja [<http://www.audioease.com/Pages/Press/DisneyHall.html>, 2008]

Sali towarzyszy bogate zaplecze wyposażone w przestrzenie wystawiennicze, sale prób, bibliotekę muzyczną, czytelnię i magazyny na instrumenty filharmoników z Los Angeles. Ponadto, w skład Walt Disney Hall wchodzi REDCAT – czyli Roy and Edna Disney/CalArts Theater, mający wielofunkcyjną salę na 250 osób i galerię sztuki. Audytorium REDCAT jest dostępne z niezależnego wejścia. Biura, sale konferencyjne i recepcja zlokalizowane zostały po południowej stronie Walt Disney Hall i nazywają się: Alfred E. Mann Los Angeles Philharmonic Association Center. Wnętrze zaprojektowali Chu + Cooding Architects, Los Angeles.

Wnętrze sali koncertowej

Typ: hybrydowy, płaski, symetryczny, łukowy.
 – Kubatura – 32 000 m³

Kształt sali zainspirowany został wnętrzem barki, a sufit wykrojono tak, aby nawiązywał do żagli na wietrze. W kontraście do stalowych, chłodnych elewacji wnętrza sal są wykończone drewnem, którego użyto do wykonania podłóg, ścian i sufitów. Zarówno tarasy, ściany, jak i wspomniany już sufit zostały zaprojektowane w sposób miękkki, zaokrąglony, dzięki czemu następuje rozpraszanie dźwięku we wszystkich kierunkach i mieszanie się różnorodnych dźwięków ze sobą, co zapewnia równomierność i balans pola akustycznego w całej sali.



Rys. 215. Walt Disney Hall – rzut [oprac. wg Beranek, 2007, s. 16]

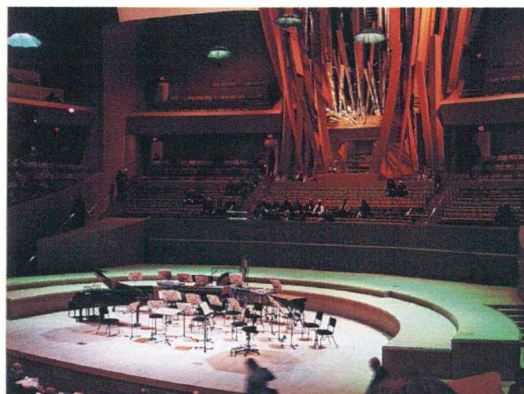
Widownię ukształtowano symetrycznie, a jej części boczne i tylną, zredukowano w stosunku do widowni frontowej.

Scena zaprojektowana jako rozszerzająca się nieznacznie w kierunku widowni frontowej, została otoczona publicznością ze wszystkich stron. Scenę przesunięto względem matematycznego centrum, w kierunku tyłu sali.

Tarasy zaprojektowano na rzutach nieregularnych złożonych z odcinków prostych, łuków i krzywych Béziera. Ustawione na nich są rzędy siedzisk, wznoszą się zgodnie z wykresem dobrej widoczności.

Okładziny wewnętrzne **ścian** zrealizowano w unikatowej technologii. Pierwsza warstwa widziana przez słuchaczy – jest jedynie osłoną maskującą ustrój akustyczny znajdujący się w ścianie. Warstwa ta, to bardzo drobna siatka, przez którą przechodzi dźwięk, aby dotrzeć i odbić się od specjalnej struktury – drugiej warstwy ściany, którą można porównać do sztruksu (patrz rozdz. 4).

Sufit - w przekroju poprzecznym i podłużnym wykreślono zespoły łuków o różnych promieniach (na kształt żagli), które w sposób płynny przechodzą w łukowe formy ścian. Powierzchni sufitu nadano strukturę żebrowaną.



Rys. 216. Walt Disney Hall – scena [http://en.wikipedia.org/wiki/Image:WD_concert_hall_stage.jpg, 2008]

Sala ma organy wykonane według projektu Manuela Rosalesa (projekt dźwięku) i Gehry'ego (projekt artystyczny formy organów). Złożone są one z 6125 piscołek, które zawieszono w przestrzeni pomiędzy sceną a widownią tylną.



Rys. 217. Walt Disney Hall – organy [http://www.die-orgelseite.de/disp/USA_LosAngeles_DisneyConcertHall.htm, 2008]

Uwagi i opinie o projekcie

Do zalet sali należy: miękki, wymieszany dźwięk i dobra słyszalność na widowni.

Projektant z zespołu Gehry'ego, Craig Webb, wskazuje²⁵² na inspiracje przy planowaniu Walt Disney Hall salami koncertowymi w Berlinie, Bostonie, Amsterdamie i Wiedniu oraz architekturą barokową Borrominiego. Odniesienia te widać w dekoracyjności i modelunku architektonicznym wnętrza sali: ścian, sufitów, ale także i tarasów.

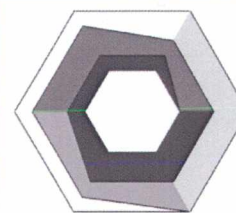
Do sporządzenia i realizacji projektu wykorzystano technologię komputerową. Modele sali koncertowej były użyte do zdefiniowania kształtu i form architektonicznych. Stalowa struktura nośna budynku została wymodelowana i przetestowana w trójwymiarowej wirtualnej rzeczywistości. Podobnie powłoka zewnętrzna obiektu i drewno użyte do wykończenia wnętrza sali, zostały uwzględnione w tym modelu.

Bibliografia

- Beranek L., *Aspects Of Concert Hall Acoustics*, 23rd Kongres AES, Nowy Jork, 5–8 października 2007, maszynopis, 2007 <http://www.audioease.com/Pages/Press/DisneyHall.html>.
- http://en.wikipedia.org/wiki/Image:WD_concert_hall_stage.jpg, 2008.
- http://www.die-orgelseite.de/disp/USA_LosAngeles_DisneyConcertHall.htm, 2008.
- http://www.laphil.com/visit/visit_parking.cfm, 2007.
- <http://www.nagata.co.jp/news/news0312-e.htm>, 2007.

²⁵² [z korespondencji autorki z Craigiem Webbem]

7.1.17. Muza Kawasaki



Karta katalogowa 17

Czas powstania: 2004

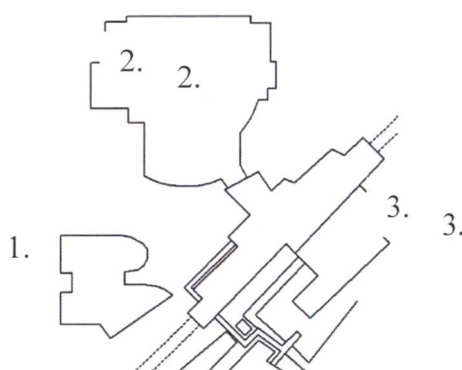
Liczba miejsc: 1997

Czas pogłosu: brak danych

Autorzy

Projekt architektoniczny kompleks: Architects&Engineers
sala koncertowa: ACT Planning
Projekt akustyki Nagata Acoustics Group

Lokalizacja: 1310 Omiya-cho Saiwai-ku, 212-8557 Kawasaki-City



Rys. 218. Muza Kawasaki – lokalizacja: 1. Muza Kawasaki Tower Central Tower, 2. Lazona Kawasaki Plaza
3. JR Kawasaki Station [oprac. wg: <http://www.nedo.go.jp/english/introducing/kawasaki.html>, 2008]

Architektura i funkcja obiektu



Rys. 219. Muza Kawasaki – lokalizacja [<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%94%BB%E5%83%8F:Muza.jpg>, 2008]

Filharmonia w Kawasaki, zwana „Muza”, otwarta została koncertem tokijskiej orkiestry symfonicznej pod batutą Kazuyoshi Akiyamy. Oryginalna nazwa obiektu pochodzi od połączenia słowa muzyka z japońskim słowem „za”, które oznacza „miejsce, w którym gromadzą się ludzie”. Jest to określenie trafne, albowiem filharmonia jest częścią większego kompleksu, który składa się z centrum handlowego i budynku biurowego, mającego bezpośrednie połączenie z dworcem kolejowym JR Kawasaki. Główna sala koncertowa tego zespołu, kontynuuje tradycję popularnych tu układów centralnych tarasowych.

Strefę dla publiczności otwiera: hol, za którym znajduje się sala wystawowa i kawiarnia, z plazmowym ekranem, na którym prezentowany jest koncert.

Sali głównej towarzyszy sala kameralna na 150 osób. Rzut o wymiarach 13 x 10,5 m i wysokości 2,7–3,9 m, jest wypełniony siedziskami, które w razie potrzeby można usunąć.

Obiekt wyposażono w: 12 garderób (7 indywidualnych i 5 wspólnych), pokoje do ćwiczeń, studia nagrań i sale spotkań.

Wnętrze sali koncertowej

Typ : arenowy, wertykalny, asymetryczny, prostokreślny.



Rys. 220. Muza Kawasaki – wnętrze [<http://tokyo-concert.blogspot.com/2007/12/muza-kawasaki-symphony-hall.html>, 2009]

Widownia, otaczająca scenę ze wszystkich stron, została zaprojektowana w oparciu o spiralę. Najdalej siedzący widzowie, są oddaleni o 37 m od muzyków.

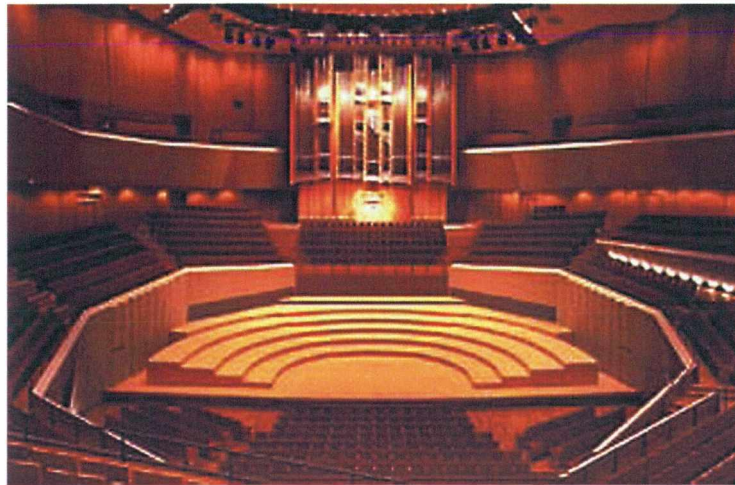
Scena ma 22 m szerokości i 14 m długości, a sufit nad nią znajduje się na wysokości 22 metrów. Posadzka wyposażona została w mechanizm podnoszący poszczególne moduły, dzięki temu łatwo dostosować aranżację do zmiennej liczby muzyków, rodzaju koncertu i specyfiki brzmienia poszczególnych instrumentów.

Tarasy wznoszą się ku górze zgodnie z zasadą spirali. Poszczególne grupy siedzisk połączono ze sobą za pomocą pochylni komunikacyjnych.

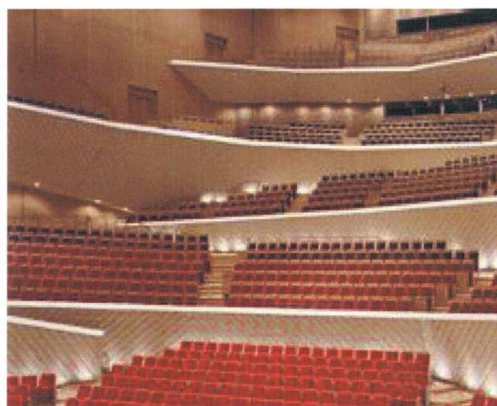
Ściany wykończono cienkimi warstwami drewna, położonymi na właściwej strukturze betonowej, dzięki czemu ułatwiają odbicie fal o niskich częstotliwościach (japońskie przepisy przeciwpożarowe nie pozwalają na użycie większej ilości drewna).

Na **ustrój akustyczny** sali składają się: panele odbijające dźwięki, ściany tarasów i ściany (ustawione w asymetrycznym, spiralnym układzie), sufit, siedziska i kurtyny akustyczne. Najważniejszym ustrojem akustycznym jest kształt sali. Przez precyzyjne obliczenia kątów

nachylenia powierzchni odbijających ścian i frontów tarasów otrzymano optymalny czas pogłosu. Duże panele akustyczne znajdują się nad frontową częścią sceny i widowni, a ich położenie można zmieniać, w zależności od potrzeb. Dodatkowo sufit ma obszary odbijające dźwięk.



Rys. 221. Muza Kawasaki – scena [<http://www.john-robert-brown.com/muza-kawasaki-symphony-hall.htm>, 2008]



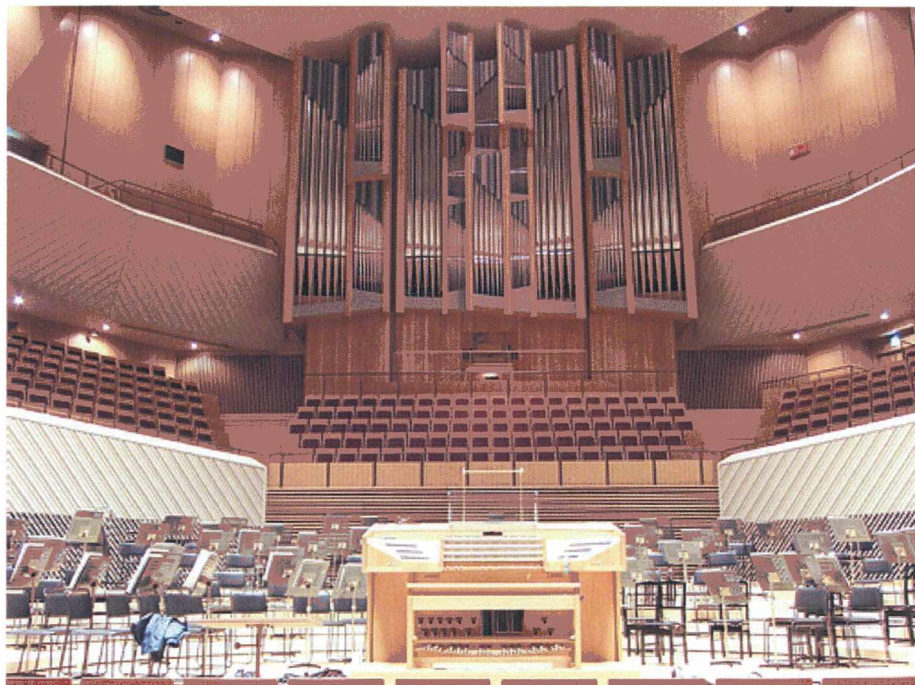
Rys. 222. Muza Kawasaki – tarasy [<http://www.nagata.co.jp/news/news0509-e.htm>, 2008]

Na tyłach widowni zainstalowano kurtyny akustyczne, które opuszczane są na czas koncertów kameralnych i wystąpień ze znacznym udziałem mowy. W ten sposób skracany jest czas pogłosu, co zapobiega zlewaniu się słów. Do wzmocnienia zapowiedzi, gdy w trakcie koncertów nie można opuścić kurtyn, zastosowano układ głośników, które wpisano we wnętrze sali tak, aby były jak najmniej widoczne. Ponad sufitem znajdują się głośniki, których obecność została ukryta za pomocą siatki. Ich działanie wzmacniane jest przez zamocowane na stałe głośniki po bokach sceny, na jej froncie i pod tarasami-balkonami. Oprócz wzmacniania dźwięku słyszalnego na widowni, zapewniają wzajemną słyszalność osób znajdujących się na scenie. Jeśli w sali odbywa się wykład, dodatkowo opuszczane są z sufitu duże głośniki, które co dzień chowane są ponad oświetleniem i pomostami technicznymi. W sali można również nagrywać koncerty i je z niej transmitować.

W sąsiedztwie obiektu znajduje się dworzec kolejowy, co stanowiło jeden z większych problemów, z którymi musieli się zmierzyć projektanci. W miejscach, gdzie budynek zbliżony jest na odległość 30 m do szyn kolejowych, **drgania** wywołane przez przejeżdżające pociągi, mogłyby z łatwością przenieść się na konstrukcję budynku, zakłócając tym samym odbiór muzyki. W celu zapobieżenia temu efektowi, podziemna część budynku została „obłożona” panelami wykonanymi z gumy. Kolejne wyzwanie postawili sobie już sami projektanci, ponieważ w celu zaoszczędzenia miejsca w podziemiach, zastosowano parking z mechanicznym podestami na samochody, umożliwiając parkowanie samochodów piętrowo. W związku z tym, dodatkowo wyciszono salę.

Pomiary drgań w sali koncertowej wykazały, że ani drgania, ani dźwięki, od wymienionych zakłóceń nie są odczuwalne, ani słyszalne przez człowieka.

Organy złożone są z 5248 piszczałek, które zostały wykonane w Szwajcarii przez Orgelbau Kuhn AG.



Rys. 223. Muza Kawasaki – widok sceny z organami [<http://scottshaw.wordpress.com/category/organ-%E3%82%AA%E3%83%AB%E3%82%AC%E3%83%B3%E9%96%A2%E4%BF%82/>, 2009]

Uwagi i opinie o projekcie

Dzięki zastosowaniu pochylni jako elementu komunikacyjnego i wyeliminowaniu schodów sala ma dziesięć różnorodnie zlokalizowanych miejsc dla osób niepełnosprawnych.

Premierowy występ orkiestry tokijskiej w nowym wnętrzu okazał się sukcesem. Zarówno nietypowy układ sali, wrażenia wizualne, jak i akustyka, spotkały się z dużym uznaniem specjalistów oraz publiczności. Dźwięk w sali został określony jako bogaty i harmonijny.

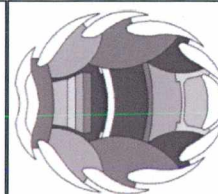
W pierwotnych założeniach, w procesie projektowania, wielofunkcyjna sala miała być siedzibą orkiestry „Yomiuri Nippon Symphony Orchestra”. Oczekiwania orkiestry symfonicznej co do programu funkcjonalno-przestrzennego i akustyki były zgoła różne od stawianych sali wielofunkcyjnej, stąd pojawiła się koncepcja konfiguracji winnicowej. Orkiestra ostatecznie zrezygnowała z tej siedziby, ale w krótkim czasie jej miejsce zajęła orkiestra tokijska.

W sali zostały ustawiono białe tablice do graffiti, na których każdy sławny muzyk, dyrygent lub solista, może zostawić swój autograf.

Bibliografia

- <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%94%BB%E5%83%8F:Muza.jpg>, 2008.
- <http://tokyo-concert.blogspot.com/2007/12/muza-kawasaki-symphony-hall.html>, 2009.
- <http://www.john-robert-brown.com/muza-kawasaki-symphony-hall.htm>, 2008.
- <http://www.nagata.co.jp/news/news0509-e.htm>, 2008.
- <http://www.nedo.go.jp/english/introducing/kawasaki.html>, 2008.

7.1.18. Shanghai Oriental Art Center



Karta katalogowa 18

Czas powstania: 2005

Liczba miejsc: 1979

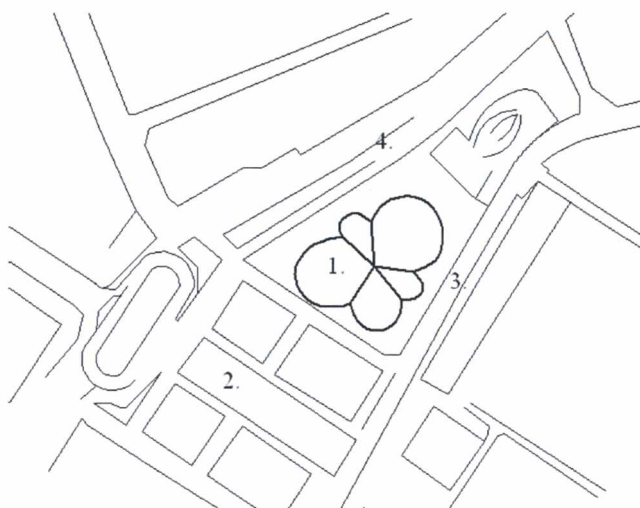
Czas pogłosu: brak danych

Autorzy

Projekt architektoniczny Paul Andreu we współpracy z ADPi oraz ECADI

Projekt akustyki: M. Vian (CSTB)

Lokalizacja: Classical Music Extravaganza, 425 Dingxing Rd, Pudong, Shanghai, China (PRC)



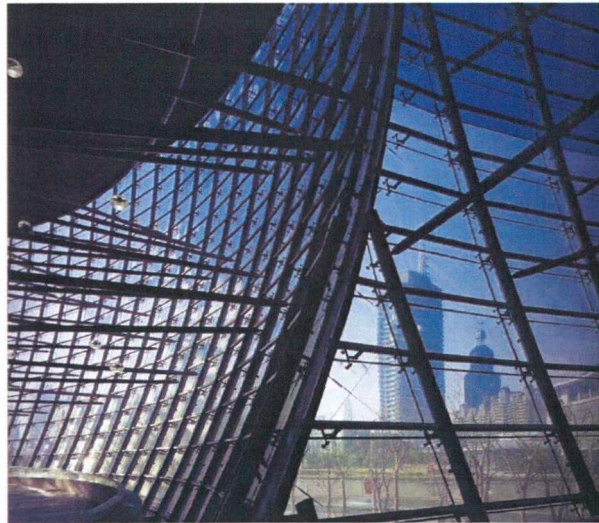
Rys. 224. Shanghai Oriental Art Center – lokalizacja: 1. Shanghai Oriental Art Center, 2. Shi Ji Avenue, 3. Weifang Lu, 4. Zhangyang Lu [oprac. wg: <http://earth.google.com/intl/pl/index.html>, 2009]

Architektura i funkcja obiektu

Shanghai Oriental Art Center jest zespołem kulturalnym, w którego skład wchodzi: teatr liryczny na 1054 miejsc, sala kameralna na 330 miejsc, przestrzeń wystawowe, sklepy muzyczne, restauracja, biblioteka i centrum edukacyjne. Bryła budynku składa się z pięciu szklanych elementów, które złożone ze sobą tworzą kwiat.



Rys. 225. Shanghai Oriental Art Center – elewacja
[http://www.e-architect.co.uk/shanghai/oriental_art_center_shanghai.htm, 2008]



Rys. 226. Shanghai Oriental Art Center – przestrzeń publiczne
 [http://www.e-architect.co.uk/shanghai/shanghai_oriental_art_centre.htm, 2008]

Wnętrze sali koncertowej

Typ: hybrydowy, płaski, symetryczny, z łukami.

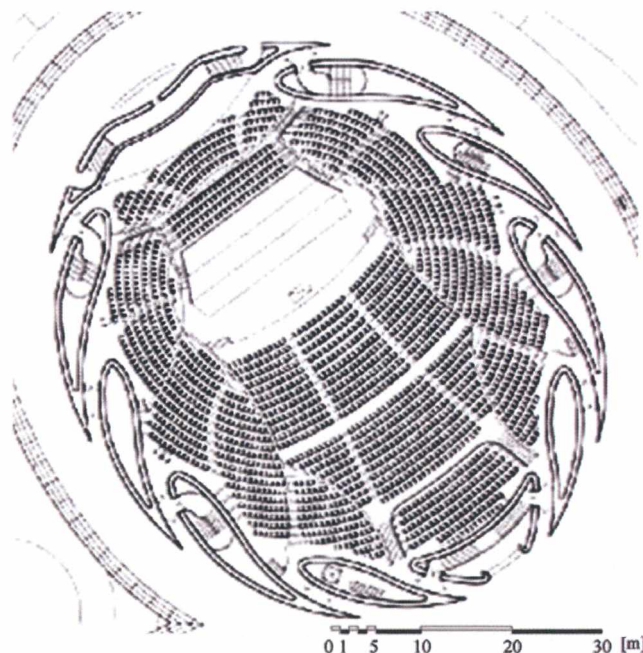
Widownia zaplanowana na elipsie otacza scenę ze wszystkich stron, a jej część tylna została znacznie zredukowana w stosunku do widowni frontowej i bocznych. Rzędy widowni frontowej zaprojektowane są w układzie klasycznym.

Scena w rzucie oparta na łukach, jest symetryczna względem środkowej osi i zamknięta od tyłu frontem tarasu.

Rzuty tarasów rozplanowano na łukach i krzywych Béziera.

Ściany w rzucie oparto na krzywych Béziera. Ich płaszczyzny stanowią czynny element w tworzeniu akustyki sali.

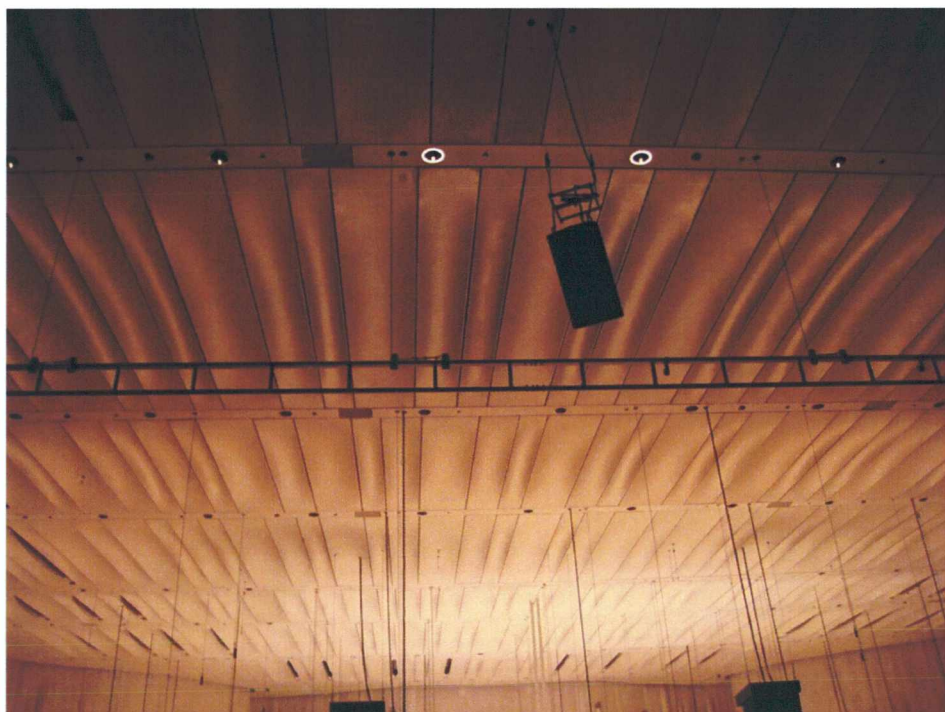
Sufit został zaprojektowany jako ustrój akustyczny.



Rys. 227. Shanghai Oriental Art Center – rzut [http://www.e-architect.co.uk/shanghai/oriental_art_center_shanghai.htm, 2008]



Rys. 228. Shanghai Oriental Art Center – wnętrze [http://www.e-architect.co.uk/shanghai/shanghai_oriental_art_centre.htm, 2008]

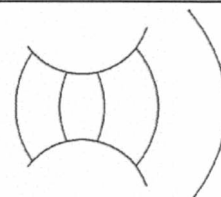


Rys. 229. Shanghai Oriental Art Center – układ sufitu [<http://acoustics.hanyang.ac.kr/>, 2008]

Bibliografia

[Http://earth.google.com/intl/pl/index.html](http://earth.google.com/intl/pl/index.html), 2009.
[Http://www.e-architect.co.uk/shanghai/oriental_art_center_shanghai.htm](http://www.e-architect.co.uk/shanghai/oriental_art_center_shanghai.htm), 2008.
[Http://www.e-architect.co.uk/shanghai/shanghai_oriental_art_centre.htm](http://www.e-architect.co.uk/shanghai/shanghai_oriental_art_centre.htm), 2008.

7.1.19. Atlanta Symphony Center

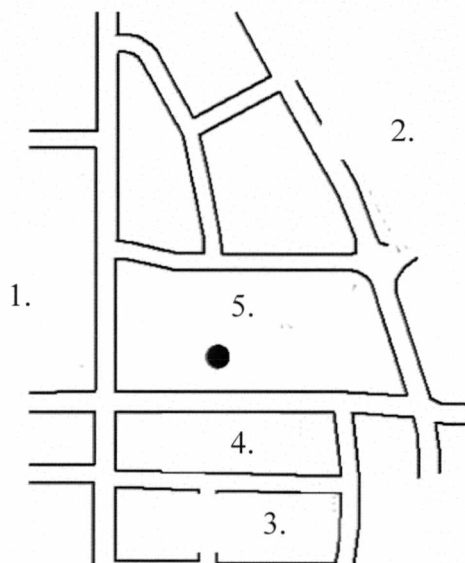


Karta katalogowa 19

Planowane otwarcie: 2012 przesunięte z 2008	Liczba miejsc: 2200	Czas pogłosu: brak danych
---	----------------------------	----------------------------------

Autorzy	Projekt architektoniczny: Santiago Calarava Projekt akustyki: Kirkegaard Associates, Inc.
----------------	--

Lokalizacja: w kwartale Peachtree Street i 14th Street, Atlanta



Rys. 230. Atlanta Symphony Center – lokalizacja: 1. Atlanta Symphony Center, 2. 14th St NE, 13th St NE, Peachtree St NE, W Peachtree St NW [oprac. wg: <http://maps.google.com/maps>, 2008]

Architektura i funkcja obiektu

Jedną z sal, które dopiero mają zostać wybudowane w konfiguracji winnicy, będzie Centrum Symfoniczne w Atlancie. Filharmonia jest przeznaczona na siedzibę orkiestry symfonicznej Atlanty. Budynek ma być częścią większego kompleksu: Woodruff Arts Center. Towarzyszyć mu będzie Centrum Nauki. Zajmie się ono kształceniem muzycznym przez Internet i w rzeczywistych klasach. Dodatkowo, będzie służyło studentom do testów i przeprowadzania badań w dziedzinie sztuki, nauki oraz technologii muzycznej.

Zaprojektowano tu dwupoziomową komunikację: plac dolny przeznaczony jest dla osób przybywających samochodami, plac górny dla pieszych. Ten drugi łączy budynek z „ceremonialną aleją drzew”. W maju 2004 wybrano projektantów zieleni – firmę Sasaki Associates. Elewacja ma charakterystyczny dla twórczości Calatravy wygląd. Wyposażona została w dwie „kratownice” z demontowanymi, stalowymi skrzydłami, które mają za zadanie chronić wnętrze przed słońcem. Wyższa kratownica wznosi się i wyznacza oś centralną budynku, niższa zaznacza wejście do obiektu. Misterna struktura ze stali i szkła, spowija całą bryłę od zewnątrz. Dzięki przezroczystości tej powłoki przestrzenie foyer otwierają się na rzeźbę terenu zielonego, urozmaiconego pasażami i placami zlokalizowanymi wokół budynku.

W zespole znajdują się dwie sale kameralne Rehearsal Hall i Studio Hall – dla kolejno 350 osób i 300 osób, ponadto: zaplecze administracyjne, sale prób i tereny zielone.

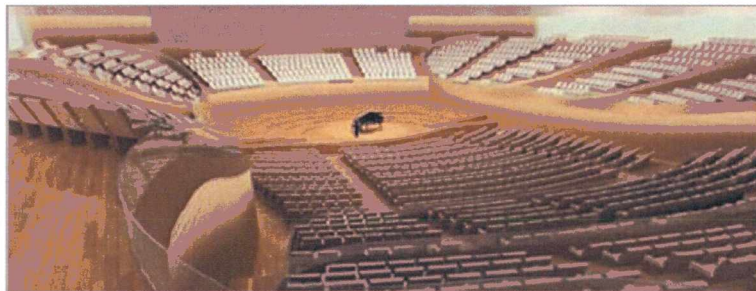


Rys. 231. Atlanta Symphony Center – elewacja [<http://www.atlantasymphony.org/symphonycenter/default.aspx>, 2008]

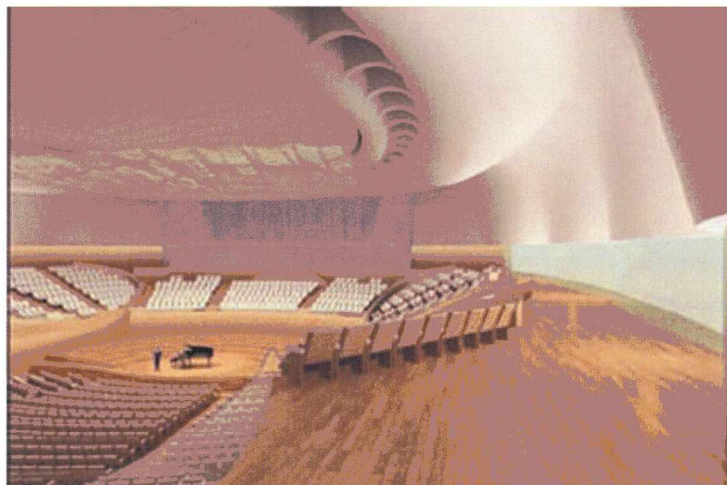
Wnętrze sali koncertowej

Typ: hybrydowy, płaski, symetryczny, z łukami.

W projekcie głównej sali koncertowej zastosowano metodę planowania budynku od wnętrza w kierunku zewnętrznym, tj. „inside-out”, jak w Filharmonii Berlińskiej. Widownię zaprojektowano tak, aby w całości otaczała scenę, która ma być jej częścią, bez wyraźnego rozdzielania.



Rys. 232. Atlanta Symphony Center - wnętrze [<http://www.atlantasymphony.org/symphonycenter/thedesign/concerthall.aspx>, 2008]



Rys. 233. Atlanta Symphony Center – widownia [<http://www.atlantasymphony.org/symphonycenter/images/chamber02.aspx>, 2008]

Widownię zaprojektowano symetrycznie względem podłużnej osi wnętrza i wymodelowano w oparciu o krzywe Béziera. Frontowa część widowni przeważająca ponad pozostałymi częściami, została ukształtowana klasycznie.

Scena nieznacznie wyróżniająca się od widowni połączona została z platformą dla dużego chóru i stopniami dla orkiestry. Atlanta ma swoją wyjątkową tradycję chóralną, a w związku z tym, dodatkowo zostanie stworzone połączenie pomiędzy sceną a chórem, podobnie jak to miało miejsce w teatrach antycznych, w których nie rozdzielano chóru od aktorów i muzyków.

Rzuty **tarasów** rozplanowano na łukach i krzywych Béziera z frontami odbijającymi dźwięk.

Ściany, przez odpowiednie wyrzeźbienie, są również ustrojem akustycznym.

Sufit zaprojektowano jako ruchomy, z „baldachimem akustycznym” nad sceną.

Uwagi i opinie o projekcie

Projektowi postawiono trzy główne wymagania: ma mieć wybitną akustykę, zapewniać poczucie wspólnoty widowni z muzykami i scenę przystosowaną do różnorodnych prezentacji. Do konkursu na salę przygotowywano się bardzo szczegółowo: odwiedziono wiele sal koncertowych o doskonałej akustyce, rozmawiano z muzykami, personelem i profesjonalnymi projektantami.

Zespół projektowy został wybrany w lutym 2002 roku i byli to: Kirkegaard Associates – akustyka, Auerbach, Pollack, Friedlander – konsultanci teatralni, Cesar Pelli&Associates – planowanie, a nazwisko architekta – Santiago Calatravy – ogłoszono w czerwcu 2002.

Calatrava określił Orkiestrę Symfoniczną Atlanty, jako *klienta z wizją, który żąda nie tylko wspaniałej sali koncertowej, ale budynku, który stanie się symbolem indywidualności i tożsamości regionu*²⁵³.

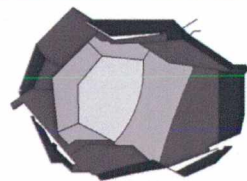
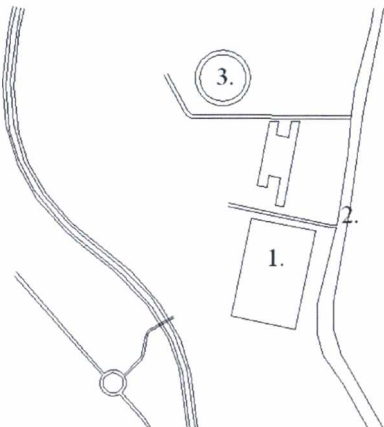


Rys. 234. Atlanta Symphony Center – model obiektu [<http://www.arcspace.com/architects/calatrava/atlanta/atlanta.html>, 2009]

Bibliografia

- [Http://maps.google.com/maps](http://maps.google.com/maps), 2008.
- [Http://www.arcspace.com/architects/calatrava/atlanta/atlanta.html](http://www.arcspace.com/architects/calatrava/atlanta/atlanta.html), 2009.
- [Http://www.atlantasympphony.org/symphonycenter/images/chamber02.aspx](http://www.atlantasympphony.org/symphonycenter/images/chamber02.aspx), 2008.
- [Http://www.atlantasympphony.org/assets/pdf/AtlantaSymphonyCenterDesignRelease.pdf](http://www.atlantasympphony.org/assets/pdf/AtlantaSymphonyCenterDesignRelease.pdf), 2008.
- [Http://www.atlantasympphony.org/symphonycenter/default.aspx](http://www.atlantasympphony.org/symphonycenter/default.aspx), 2008.
- [Http://www.atlantasympphony.org/symphonycenter/thedesign/concerthall.aspx](http://www.atlantasympphony.org/symphonycenter/thedesign/concerthall.aspx), 2008.
- [Http://www.w-a.pl/new/images/calatrava.htm](http://www.w-a.pl/new/images/calatrava.htm), 2008.

²⁵³ Cytat „nie wprost” za Santiago Calatravą zamieszczony na stronie internetowej: [<http://www.atlantasympphony.org/assets/pdf/AtlantaSymphonyCenterDesignRelease.pdf>, 2008].

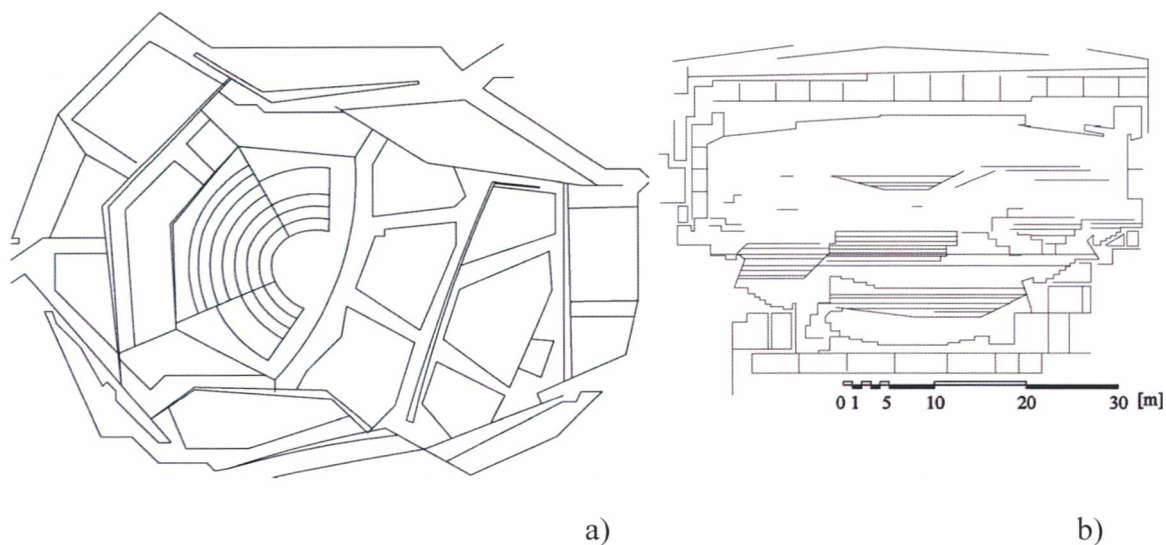
7.1.20. DR Koncerthuset w Kopenhadze		
Karta katalogowa 20		
Czas powstania: planowany na 2009	Liczba miejsc: 1800	Czas pogłosu: brak danych
Autorzy	Projekt architektoniczny: Jean Nouvel Projekt akustyki: Yasuhisa Toyota	
Lokalizacja: Emil Holms kanal 20, Copenhagen C, DK-0999, Denmark		
		
Rys. 235. DR Koncerthuset w Kopenhadze – lokalizacja: 1. Sala Koncertowa w Kopenhadze, 2. Amagerfælledvej, 3. Tietgenkollegiet [oprac. wg: http://earth.google.com/intl/pl/index.html , 2009]		
Architektura i funkcja obiektu		
Na elewacji obserwowane jest dążenie do maksymalnego <i>zmultimedializowania</i> rozwiązania. Prostokątną bryłę pokrywa ekran, który pozwala na wyświetlanie dowolnych obrazów na fasadzie, o której już mówi się, że wkrótce stanowić będzie główny symbol miasta. Sali koncertowej, znajdującej się we wnętrzu multimedialnego pudełka, nadano formę przypominającą meteor. Część większego kompleksu: zespołu, który pomieści zarówno: DR Radio i DR TV.		
		
Rys. 236. DR Koncerthuset w Kopenhadze – elewacja w trakcie realizacji [http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=650747 , 2008]		

Wnętrze sali koncertowej

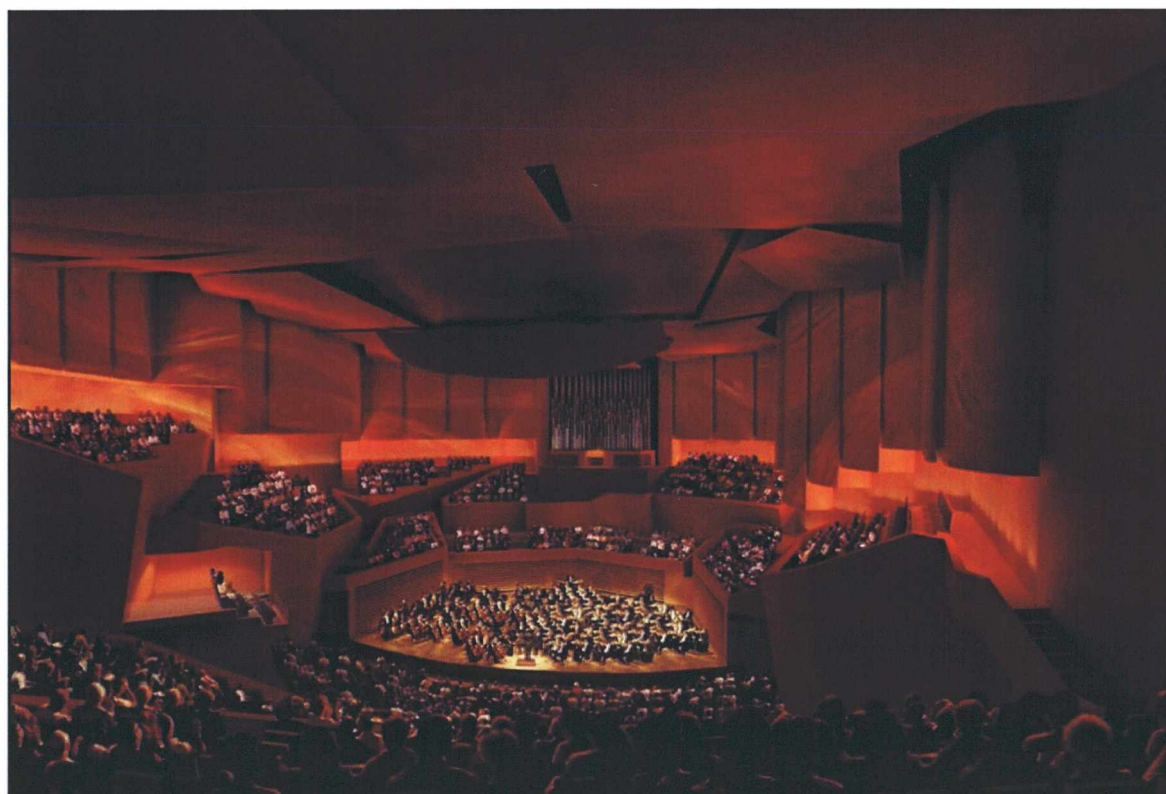
Typ: winnicowy, wertykalny, asymetryczny, prostokreślny.

– Kubatura: 26 000 m²

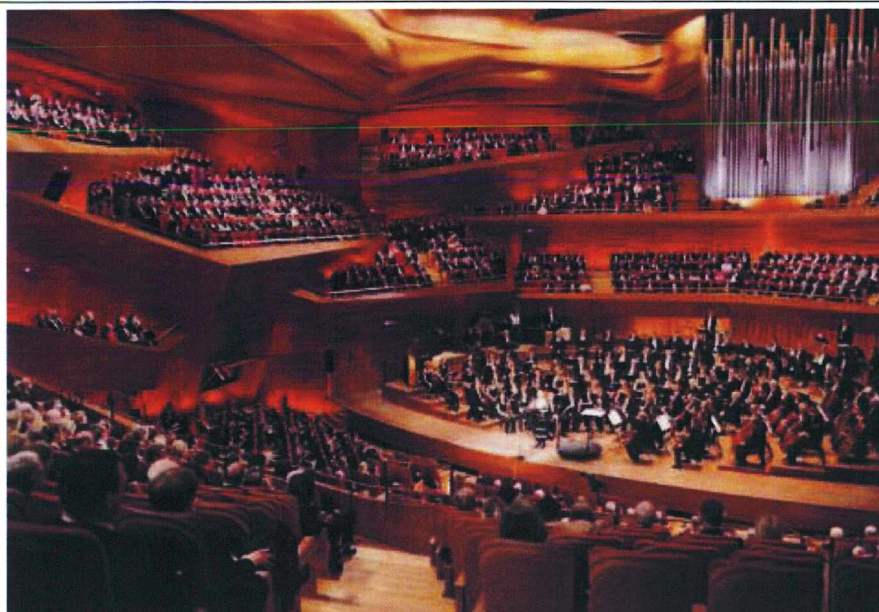
Widownia - w ogólnej liczbie 1800 miejsc w sali, 225 zostało przeznaczone dla chóru.



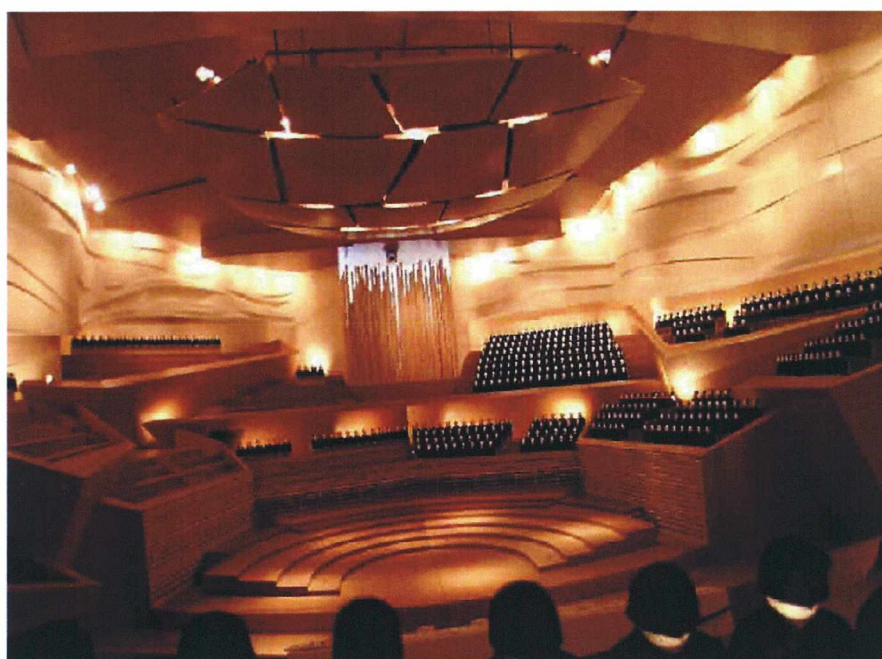
Rys. 237. DR Koncerthuset w Kopenhadze (J. Nouvel, w realizacji): a) rzut, b) przekrój poprzeczny – schematy [oprac. wg: http://www.bicau.ro/static/uauim/noulbicauc_files/concerthallpresentation.pdf, 2008]



Rys. 238. DR Koncerthuset w Kopenhadze – wizualizacja wnętrza [<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=650747>, 2008]



Rys. 239. DR Koncerthuset w Kopenhadze – wizualizacja wnętrza [<http://www.magle.dk/music-forums/8368-large-symphonic-work-first.html>, 2009]



Rys. 240. DR Koncerthuset w Kopenhadze – wizualizacja sceny [http://www.bicau.ro/static/uauim/noulbicau_files/concerthallpresentation.pdf, 2008]

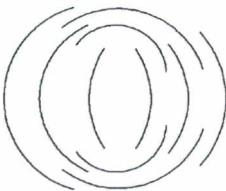
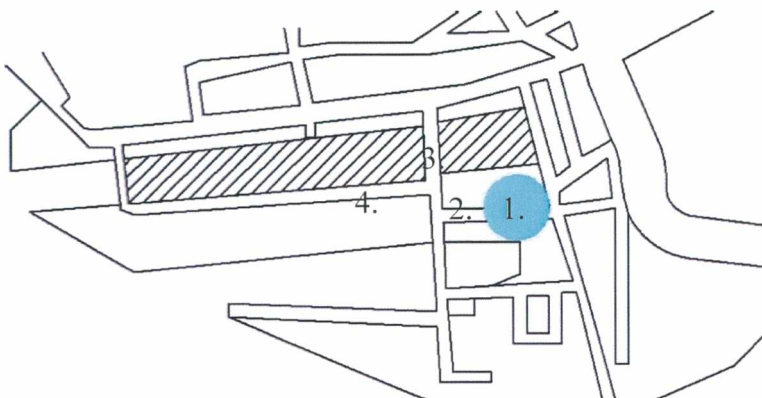
Uwagi i opinie o projekcie

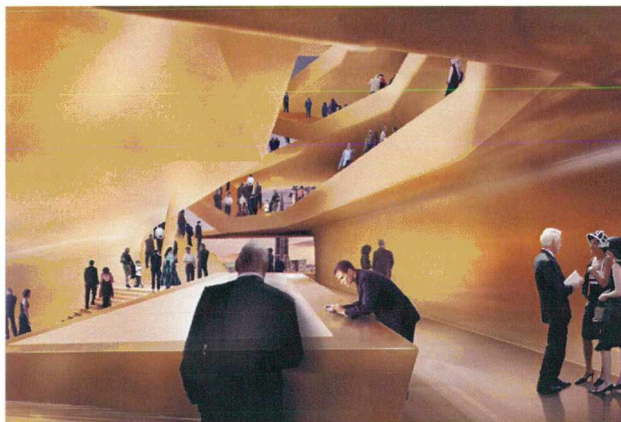
Sala zaprojektowana została dla Duńskiej Symfonicznej Orkiestry Narodowej²⁵⁴.

Bibliografia

- [Http://earth.google.com/intl/pl/index.html](http://earth.google.com/intl/pl/index.html), 2009.
- [Http://www.bicau.ro/static/uauim/noulbicau_files/concerthallpresentation.pdf](http://www.bicau.ro/static/uauim/noulbicau_files/concerthallpresentation.pdf), 2008.
- [Http://www.magle.dk/music-forums/8368-large-symphonic-work-first.html](http://www.magle.dk/music-forums/8368-large-symphonic-work-first.html), 2009.
- [Http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=650747](http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=650747), 2008.

²⁵⁴ Z ang. Danish National Symphony Orchestra

7.1.21. Elbphilharmonie Concert Hall, Hamburg		
Karta katalogowa 21		
Czas powstania: otwarcie planowane na 2009-2010	Liczba miejsc: około 2200	Czas pogłosu: brak danych
Autorzy	Projekt architektoniczny: Jacques Herzog, Pierre de Meuron Projekt akustyki: Nagata Group	
Lokalizacja: Dalmannkai, 20457 Hamburg		
		
Rys. 241. Elbphilharmonie w Hamburgu – lokalizacja: 1. Elbphilharmonie, 2. Am Dalmannkai, 3. Grosser Grasbrook, 4. Am Kaiserkai [oprac. wg: http://mapy.google.pl , 2009]		
Architektura i funkcja obiektu		
Elbphilharmonie w Hamburgu jest częścią kompleksu kulturalnego, który powstał w ramach rewitalizacji doków zlokalizowanych na wybrzeżu. W skład zespołu oprócz sali głównej, wejdą: sala kameralna na 500-600 miejsc, audytorium, pokoje hotelowe, apartamenty itp. Kompleks zostanie zbudowany na dachu jednego z magazynów: „Kaispeicher A”. Połączenie dwóch form ma się odbyć na zasadzie kontrastu: przeszklonej, dynamicznej bryły projektowanej z ciężką kubistyczną bryłą istniejącą.		
		
Rys. 242. Elbphilharmonie w Hamburgu – elewacja [http://www.elbphilharmonie.de , 2008]		



Rys. 243. Elbphilharmonie w Hamburgu – foyer [<http://www.elbphilharmonie.de>, 2008]

Wnętrze sali koncertowej

Typ: hybrydowy, wertykalny, asymetryczny, z łukami.

Dodatkowo w układzie wnętrza silnie zaznaczają się elementy inspirowane naturą, co jest nowością w salach centralnych tarasowych. Ukształtowanie sali zostało zainspirowane wnętrzem jaskini.

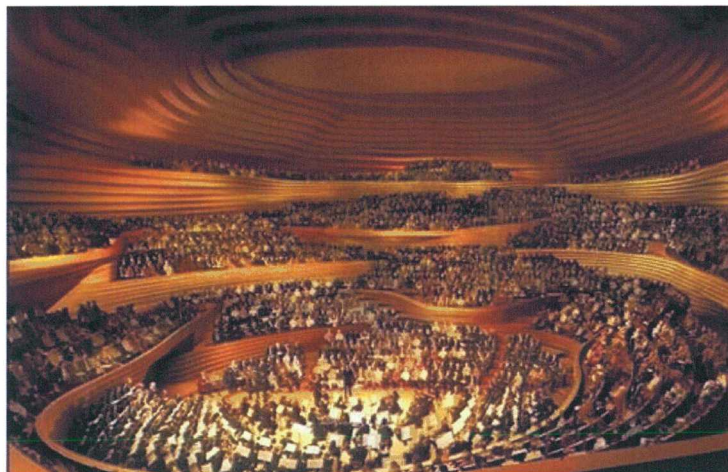
Widownia podzielona za pomocą pasowo prowadzonych ścian tarasów.

Scenę zaprojektowano asymetrycznie, na rzucie przypominającym soczewkę i otoczono ze wszystkich stron widownią. Asymetryczne rozwiązania w obrębie rzutu sceny są nowatorskie w projektowaniu sal koncertowych.

Tarasy przenikające się ze sobą, bez wyraźnych rozdzielen między nimi i kondygnacjami.

Ściany w całości pokryte tarasami, a w związku z tym powierzchnie ścian nie mają czynnego udziału w powstawaniu akustyki sali.

Sufit podzielono w sposób pasowy, oparto go na miękkich, płynnych liniach.



Rys. 244. Elbphilharmonie w Hamburgu – wnętrze [<http://www.designbuild-network.com/projects/elbe-philharmonic/elbe-philharmonic5.html>, 2008]

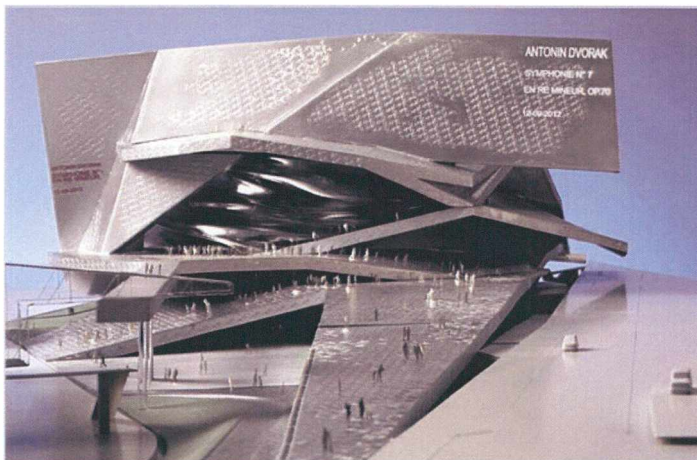
Bibliografia

[Http://mapy.google.pl](http://mapy.google.pl), 2009.

[Http://www.architekci.pl](http://www.architekci.pl), 2009.

[Http://www.designbuild-network.com/projects/elbe-philharmonic/elbe-philharmonic5.html](http://www.designbuild-network.com/projects/elbe-philharmonic/elbe-philharmonic5.html), 2008.

[Http://www.elbphilharmonie.de](http://www.elbphilharmonie.de), 2008.

7.1.22. Filharmonia w Paryżu		brak danych
Karta katalogowa 22		
Czas powstania: planowany na 2012	Liczba miejsc: 2400	Czas pogłosu: brak danych
Autorzy	Projekt architektoniczny Jean Nouvel	
	Projekt akustyki Marshall Day Acoustics w porozumieniu z Yasuhisa Toyota z Nagata Acoustics of Japan	
Lokalizacja: Parc de la Villette		
		
Rys. 245. Filharmonia w Paryżu – lokalizacja: 1. Parc de la Villette, 2. Zenith, 3. Canal de l'Ourcq, 4. Place du Charolais, 5. la Villette, 6. Grande Halle, 7. Place de la Fontaine aux Lions [oprac. wg: http://www.beyond.fr/map/m2villette.html , 2008]		
Architektura i funkcja obiektu		
Filharmonia zostanie wyposażona w dodatkowe pomieszczenia i funkcje: biura, biblioteki, przestrzenie ekspozycyjne, sale prób, sale edukacyjne, restaurację, pomieszczenia techniczne i parking. Fasada zewnętrzna budynku będzie pokryta aluminiowym pancerzem, a bryła ukształtowana zostanie w sposób dynamiczny i ekspresyjny.		
		
Rys. 246. Filharmonia w Paryżu – wizualizacja elewacji [http://www.designbuildnetwork.com/projects/philharmonieparis/philharmonieparis2.html , 2008]		

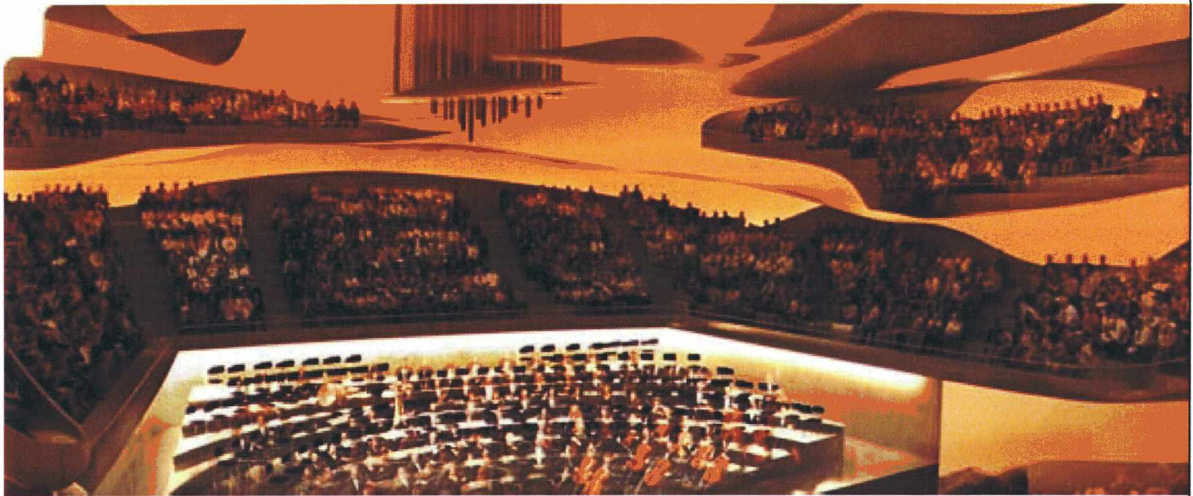
Wnętrze sali koncertowej

Typ: hybrydowy, wertykalny, asymetryczny, z łukami.

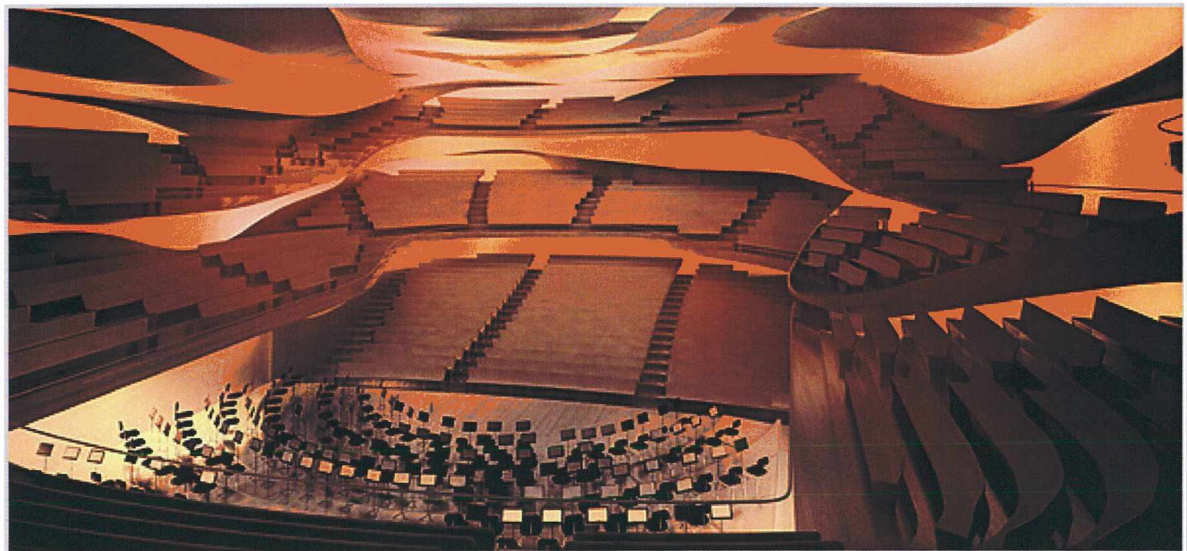
Projektanci sali dążą do zapewnienia widzom odległości nie większej niż 30 m od dyrygenta i nadania sali koncertowej oryginalnego charakteru. Wg Nouvela wnętrze jego filharmonii ma przypominać *liście, które za chwilę odfruną*²⁵⁵. Planuje się uzyskać akustykę sal porównywalną do Filharmonii w Berlinie, Musikverein w Wiedniu, Concertgebouw w Amsterdamie.

Tarasy rozwiązane w sposób nowatorski, zostały „zawieszone” w przestrzeni sali i otoczone muzyką ze wszystkich stron.

Nad audytorium powstanie **ustrój akustyczny** w postaci zawieszonych, mobilnych paneli zapewniających zmienność parametrom akustycznym sali.

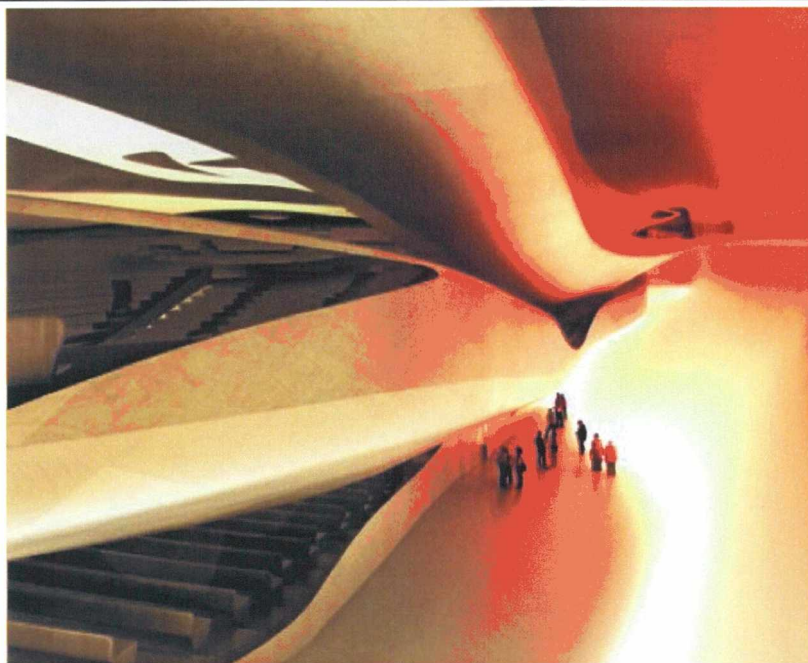


Rys. 247. Filharmonia w Paryżu – wnętrze [Bayle, L., 2008]



Rys. 248. Filharmonia w Paryżu – wnętrze [<http://www.nytimes.com/2007/04/14/arts/design/14hall.html>, 2008]

²⁵⁵ (Z ang.) *leaves about to fly away*, tłum. autorka – [<http://www.nytimes.com/2007/04/14/arts/design/14hall.html>, 2008].



Rys. 249. Filharmonia w Paryżu – ustroje nad audytorium [<http://www.designbuildnetwork.com/projects/philharmonieparis/philharmonieparis3.html>, 2008]

Uwagi i opinie o projekcie

Orkiestrą rezydującą ma być Orchestre de Paris.



Rys. 250. Filharmonia w Paryżu – model obiektu [<http://www.artscape.fr/jean-nouvel-gagne-le-projet-de-construction-de-la-philharmonie-de-paris/>, 2009]

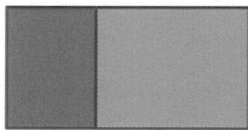
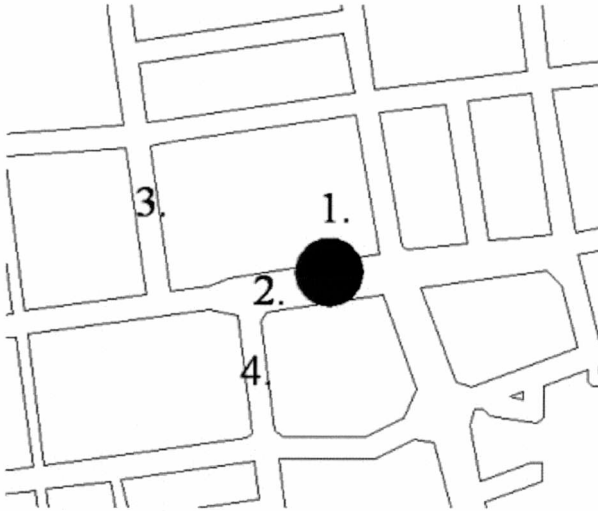
Bibliografia

- <http://www.artscape.fr/jean-nouvel-gagne-le-projet-de-construction-de-la-philharmonie-de-paris/>, 2009.
<http://www.beyond.fr/map/m2villette.html>, 2008.
<http://www.designbuild-network.com/projects/philharmonieparis/philharmonieparis2.html>, 2008.
<http://www.designbuild-network.com/projects/philharmonieparis/philharmonieparis3.html>, 2008.
<http://www.nytimes.com/2007/04/14/arts/design/14hall.html>, 2008.
Wywiad z Bayle L., *The Philharmonie De Paris, Laurent Bayle 'S Point Of View*,
<http://www.philharmoniedeparis.com/en/philharmonie/vie-symphonique/la-philharmonie-de-paris-le-point-de-vue-de-laurent-bayle.html>, 06.11.2008.

7.2. Przykłady sal o konfiguracji pudełkowej

Sale o konfiguracji pudełkowej w niniejszym katalogu zostaną omówione na przykładach polskich, ze względu na przewagę tego układu wśród projektów realizowanych w naszym kraju.

Schemat tabeli katalogowej pozostaje bez zmian.

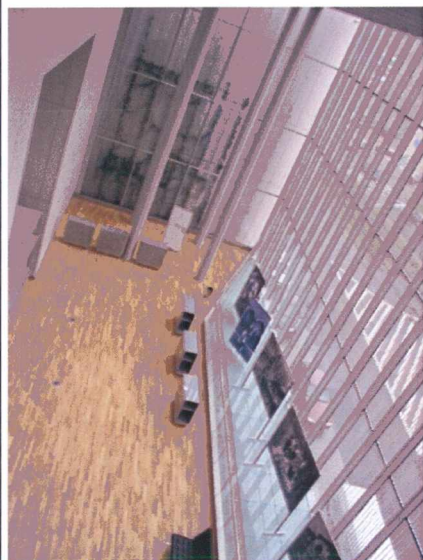
7.2.1. Państwowa Filharmonia im. Artura Rubinsteina w Łodzi			
Karta katalogowa 23			
Czas powstania: 2004		Liczba miejsc: 658 (w tym 38 w łóżach)	Czas pogłosu: 1 s
Autorzy	Projekt architektoniczny: Atelier Loegler Projekt akustyki: Jan Dodacki		
Lokalizacja: ul. Narutowicza 20/22, 90-135 Łódź, Polska			
			
Rys. 251. Filharmonia w Łodzi – lokalizacja: 1. Filharmonia w Łodzi, 2. ul. Narutowicza, 3. ul. Wschodnia, 4. ul. Sienkiewicza [oprac. wg: http://mapy.google.pl/ , 2008]			
Architektura i funkcja obiektu			
Filharmonia została zlokalizowana w ścisłym centrum Łodzi, na ulicy Narutowicza, w pobliżu dworców: PKP i PKS. Sąsiedztwo filharmonii stanowią dziewiętnastowieczne kamienice, tworzące ścisłą zabudowę pierzejową. Naprzeciw obiektu znajduje się niewielki skwer otoczony zabudową z okresu socrealizmu. Fasada budynku jest kompozycją asymetryczną, nawiązującą do poprzedniej siedziby Filharmoników Łódzkich – Domu Koncertowego Ignacego Vogla ²⁵⁶ , znajdującego się kiedyś w tym miejscu i wyburzonego ze względu na zły stan techniczny. Charakterystyczny dla tego obiektu łuk, został odtworzony w koncepcji pracowni Romualda Loeglra. Pierwotnie miał			

²⁵⁶ Dom Koncertowy Ignacego Vogla został wzniesiony w latach 1884–1886 roku. Od 1915 roku stanowił siedzibę filharmoników łódzkich. Grali w nim m.in: Artur Rubinstein i Ignacy Paderewski. W trakcie II wojny światowej został zdewastowany, a w 1984 ponownie oddany do użytku. Ponieważ w 1987 roku, stwierdzono, że budynek grozi zawaleniem, filharmonicy musieli przenieść się do siedziby zastępczej. W 1999 roku rozpoczęto prace rozbiórkowe gmachu [oprac. wg Kraus, 2006].

zostać wykorzystany oryginalny łuk, ale w trakcie prac budowlanych uległ on zniszczeniu. Ostatecznie do odtworzenia tego elementu „nie wprost” zastosowano metodę sitodruku za pomocą, której rysunek historycznej dekoracji naniesiono na szkło. W ten sposób powstały również charakterystyczne „taśmy” zdobiące pozostałe elementy fasady. Oprócz czysto estetycznego znaczenia, „taśmy” mają także inne – redukują nasłonecznienie wysokiego, w pełni przeszklonego holu. Przeciwwagę dla asymetrycznie zlokalizowanego łuku stanowi otwarcie, będące jednocześnie wjazdem do garażu podziemnego, dojazdem do znajdującego się na tyłach filharmonii kina „Bałtyk” i drogą przeciwpożarową. Ponadto, droga ta stanowi formę „wewnętrznego traktu”, na który wychodzą okna z garderób i z pomieszczeń administracji. Przejazd dzieli budynek na dwie niesymetryczne części połączone wielopoziomową przewiązką.



Rys. 252. Filharmonia w Łodzi – elewacja [fot. autorka]



a)



b)

Rys. 253. Filharmonia w Łodzi – hol: a) widok z balkonów, b) widok na balkony [fot. autorka]

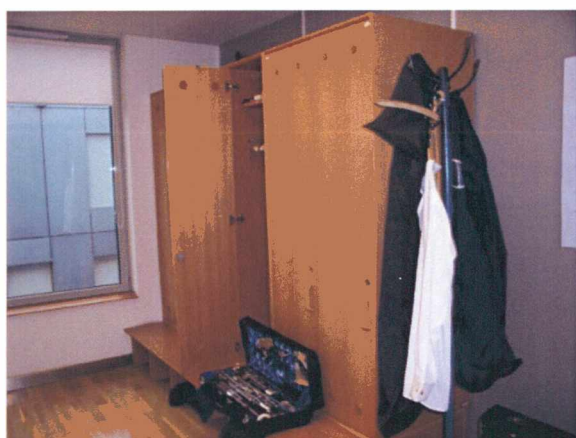
Filharmonia ma 13 poziomów. Poziom najniższy to garaż podziemny przeznaczony dla gości. W przyziemiu zlokalizowano hol recepcyjny z kasami, za którym zaprojektowano drugi, znacznie większy, z szatnią i klatkami schodowymi. Z tej przestrzeni, o wysokości czterech kondygnacji, publiczność przechodzi do sali kameralnej i sali głównej. Otwarte, eliptyczne klatki schodowe, dwie przeszklone windy, stanowią również dekorację architektoniczną. Jedna z wind

zaprojektowana została z myślą o osobach niepełnosprawnych. Mogą one za jej pomocą oraz za pomocą kładki przewieszanej nad holem dostać się do sali głównej, na dostosowane dla nich miejsca. Dekorację holu stanowi, pomalowana na biało, stalowa konstrukcja przeszkleń fasady, jak również konstrukcja szklanego dachu i bufet z tafli szklanych.

Sala główna zajmuje poziom pierwszy, natomiast sala kameralna jest zagłębiona w stosunku do gruntu. Sali koncertowej towarzyszą wielopoziomowe garderoby, foyer oraz miejsca spotkań. W części mniejszej budynku znajdują się garaże naziemne, pracownia lutnika i sklep muzyczny, pomieszczenia administracji oraz pokoje hotelowe.

Fortepiany dostarczane są ze specjalnie przeznaczonego dla nich magazynu zlokalizowanego za sceną sali kameralnej, bezpośrednio na scenę sali kameralnej i głównej. Do sali głównej doprowadzono specjalną windę, umożliwiającą wjazd fortepianu na scenę.

Filharmonia ma ponadto salę prób. Wnętrze to wspomaga system głośników i mikrofonów, które mogą zostać uruchomione podczas konferencji lub na życzenie muzyków.



a)



b)

Rys. 254. Filharmonia w Łodzi – a) garderoba b) korytarz przy garderobach [fot. autorka]

Wnętrze sali koncertowej

Salę zaprojektowano w sposób tradycyjny w układzie pudełkowym, dla ponad 700 miejsc, jednak w wyniku zmiany przepisów przeciwpożarowych liczba ta musiała ulec zmniejszeniu do 658 miejsc, co nie jest wystarczające na potrzeby filharmonii. Salę zamykają łóże, które składają się z „boksów”, zawieszonych nad główną częścią widowni. Nad poziomem łóż znajdują się miejsca dla reżyserii dźwięku i światła oraz kabiny tłumaczy.

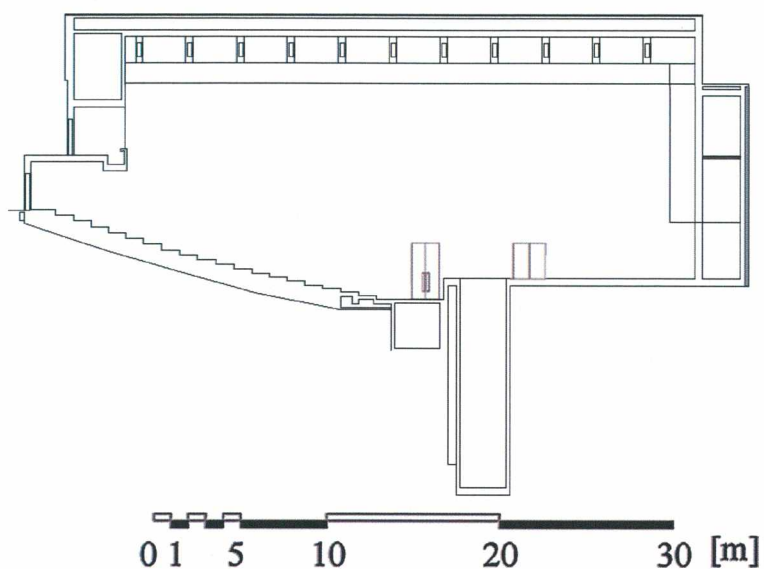
Widownia zaprojektowana na rzucie prostokąta, została podzielona wzdłuż na trzy sektory za pomocą przejść; część środkowa – najszersza, dwa przejścia środkowe – szerokie, dwa boczne przy ścianach – wąskie. Drewniane fotele pokryto pochłaniającą dźwięk tapicerką, dzięki czemu różnica pomiędzy czasem pogłosu w sali wypełnionej widzami i pustej jest niewielka. Umożliwia to próby orkiestry w pustej sali. W suficie nad siedziskami umieszczono nawiewy powietrza, a pod siedziskami wyciągi.

Scena, zajmująca ponad 2/3 rzutu sali, została zaprojektowana na prostokacie z podestem schodkowym dla chóru. Muzycy wchodzi na scenę dwiema parami drzwi, symetrycznie umieszczonych z dwóch jej boków.

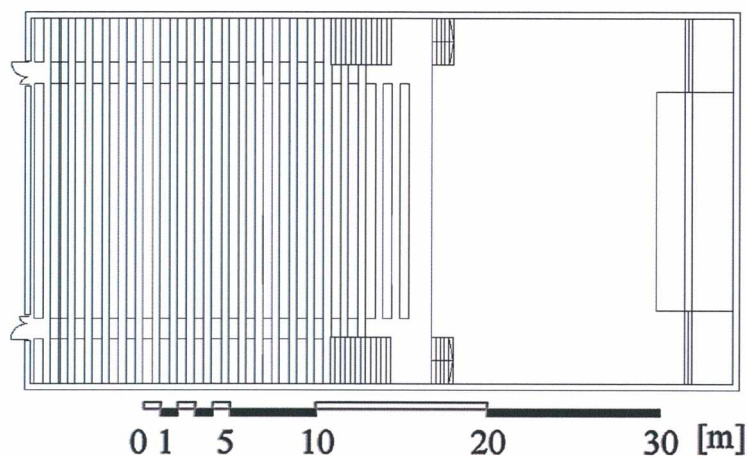
Ściany boczne są równoległe do siebie i obudowane płytami granitowymi. W rzucie ustawiono je na wykresie sinusoidy, której amplituda zmniejsza się w miarę zbliżania to końca sali, w celu zapobiegania powstawaniu echa trzepoczącego.

Ściana tylna została wykonana z pasów granitu, za którym znajduje się gąbczasty materiał dźwiękochłonny. Ustroje akustyczne ścian bocznych, mają za zadanie odbijanie dźwięku, zaś ściana tylna generuje słabsze odbicia późne i pochłania nadmiar energii akustycznej. Sinusoidalne

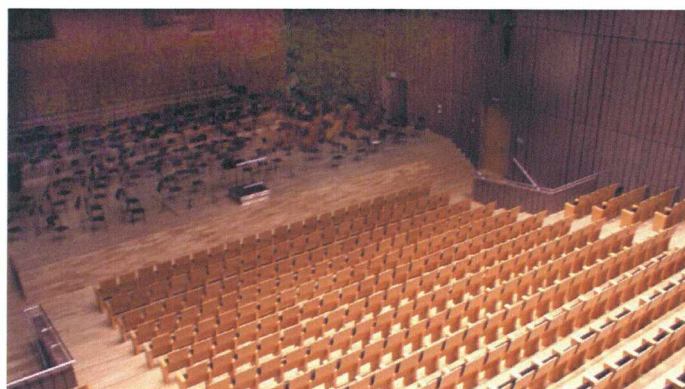
falowanie ścian zapobiega odbiciom wielokrotnym, równoległym. Zastosowanie dużej ilości twardych, gładkich płaszczyzn powoduje, że dźwięk odbija się bez rozproszeń w jednym kierunku. Stosunkowo niewielka ilość energii akustycznej jest pochłaniana w trakcie odbić, dlatego „wyłapywanie” jej przez ścianę tylną jest niezwykle ważne.



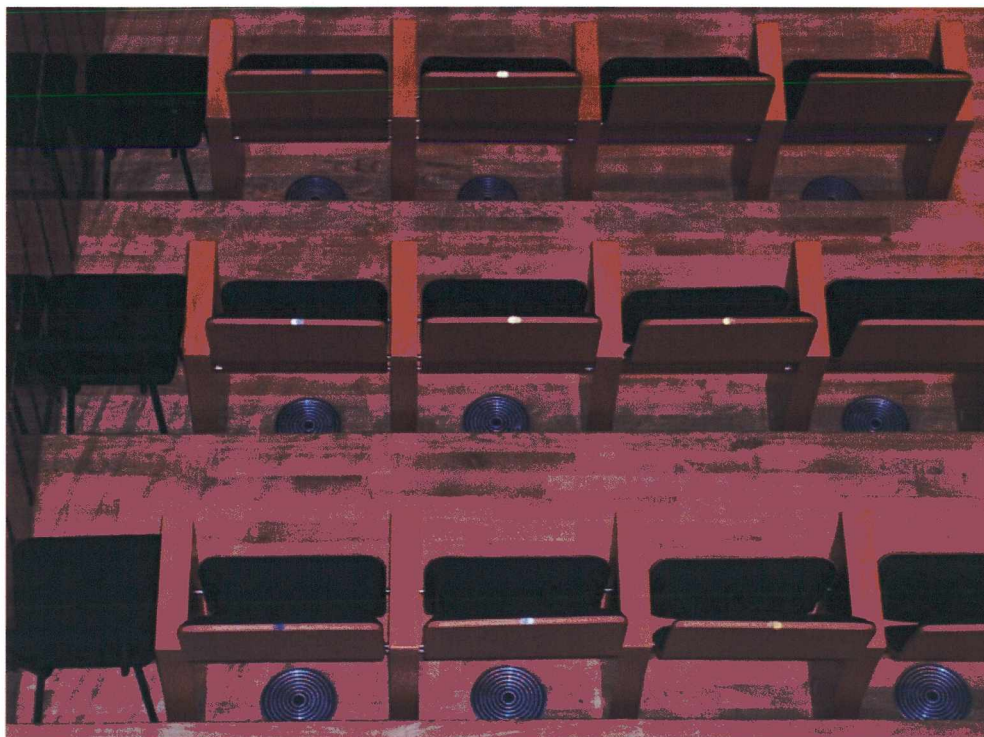
Rys. 255. Filharmonia w Łodzi – przekrój [oprac. wg: Kraus, 2006, s. 126]



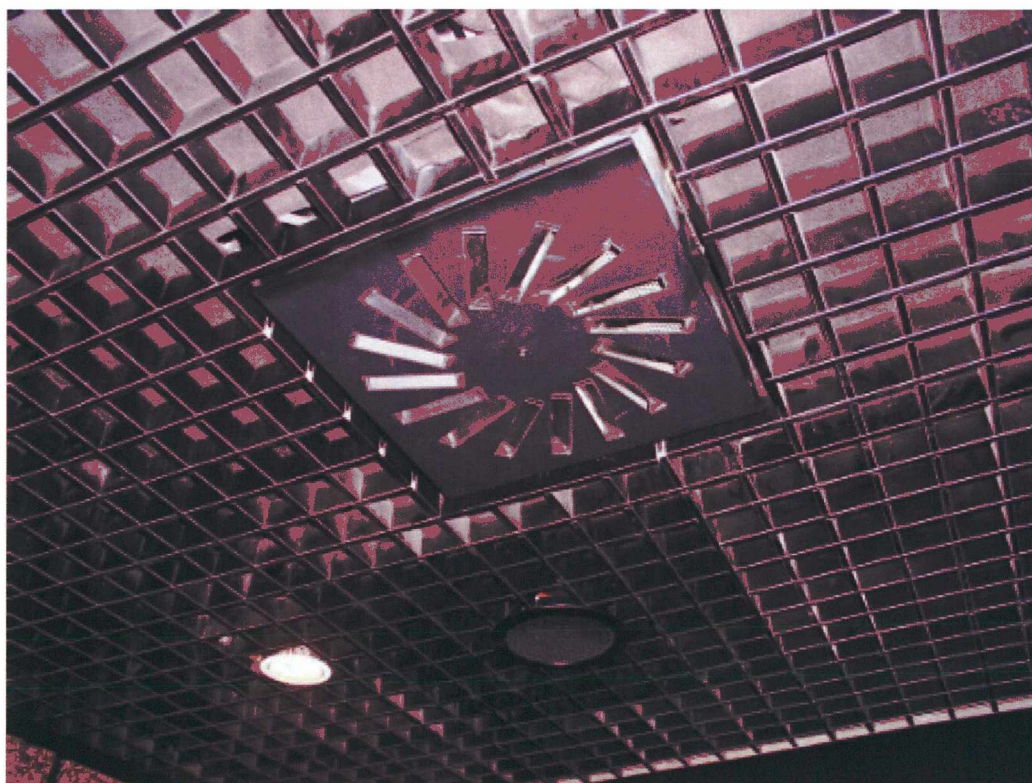
Rys. 256. Filharmonia w Łodzi – rzut sali [oprac. wg: Kraus, 2006 s. 115]



Rys. 257. Filharmonia w Łodzi – wnętrze sali [fot. autorka]



Rys. 258. Filharmonia w Łodzi – fragment widowni [fot. autorka]



Rys. 259. Filharmonia w Łodzi – sufit nad balkonami [fot. autorka]

Nad sceną zawieszono ustrój akustyczny złożony z paneli szklanych, których położenie może być sterowane ze sceny. W ten sposób modyfikowalny jest czas pogłosu oraz kąt odbijania dźwięku, co zapewnia dobrą akustykę sali podczas występów wymagających różnych czasów pogłosu.

W sali wykonany został już prospekt organowy, piszczałki zostaną umieszczone w terminie późniejszym.

Salę cechuje dobra akustyka i współczesna architektoniczna estetyka.

Uwagi i opinie o projekcie

Dużą zaletą filharmonii jest to, że zostały w niej przewidziane miejsca na zaplecze dla muzyków przyjezdnych, takie jak w pełni wyposażone pokoje hotelowe. Ułatwia to pracę gościnnym solistom, śpiewakom i chórom.

Z powodu niewielkiej działki zarówno sala koncertowa, jak i zaplecze, nie są wystarczające na obecne potrzeby filharmonii.

Symbolika fasady na stałe wpisuje się w oblicze nowej Łodzi.

W dni, w których filharmonicy łódzcy nie koncertują, sala jest wynajmowana na konferencje oraz inne formy aktywności kulturalnej. Sala kameralna ma mobilną ścianę, która umożliwia całkowite połączenie jej z przyległą do niej kawiarnią, co daje większe możliwości wykorzystania przestrzeni.

Na uwagę zasługuje konsekwencja w projekcie elewacji i wnętrzu. Przeplatają się tu ze sobą transparentne płaszczyzny szkła, szlifowane odbijające płyty marmurowe w kilku kolorach, betonowe ściany malowane na jasnoszary kolor oraz przyjazne, jasne drewno i sklejka, którymi wykończone są meble i różne elementy wyposażenia.

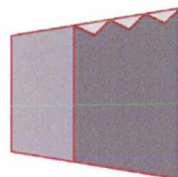
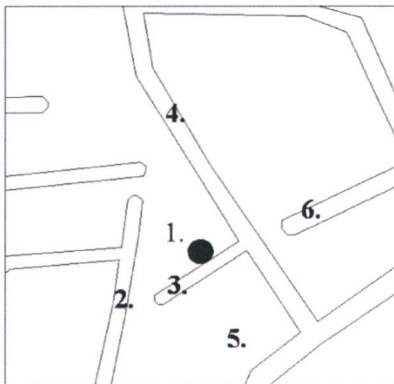


Rys. 260. Filharmonia w Łodzi – fragment konstrukcji szklanego dachu [fot. autorka]

Bibliografia

[Http://mapy.google.pl/](http://mapy.google.pl/), 2008.

Kraus P. *Architektura dźwięku. Państwowa Filharmonia im. Artura Rubinsteina w Łodzi*, „Ram”, Kraków 2006.

7.2.2. Filharmonia w Rzeszowie im. Artura Malawskiego			
Karta katalogowa 24			
Czas powstania: 1967-1973	Liczba miejsc: 800	Czas pogłosu: brak danych	
Autorzy	Projekt architektoniczny: inż. Tadeusz Majewski – kierownik zespołu projektowego Projekt akustyki: brak danych		
Lokalizacja; ul. Chopina 30, 35-959 Rzeszów			
			
Rys. 261. Filharmonia w Rzeszowie – lokalizacja: 1. Filharmonia w Rzeszowie, 2. PCK, 3. ul. Chopina, 4. ul. Słowackiego, 5. Plac Grotkowskiego, 6. ul. Słoneczna [oprac. wg: http://mapy.google.pl/ , 2008]			
Architektura i funkcja obiektu			
Filharmonia Rzeszowska zlokalizowana została w centrum miasta i ma dogodne połączenia komunikacyjne z innymi jego rejonami. Zbudowano ją w latach 70. XX wieku w stylu socrealizmu. Jak w większości budynków z tego okresu, materiały wykończeniowe uległy degradacji, ale rozwiązania funkcjonalno-użytkowe zasługują na uwagę. Bryła budynku jest kubistyczna, a elewacje zestawiono na zasadzie kontrastu surowego betonu z dużymi przeszkleniami. Jedyne element dekoracyjny fasady stanowi granatowo-zielona, ceramiczna mozaika.			
			
Rys. 262. Filharmonia w Rzeszowie – elewacje [http://www.filharmonia.rzeszow.pl/pl/historia_filharmonii , 2008]			



Rys. 263. Filharmonia w Rzeszowie – elewacje [<http://www.e-teatr.pl/pl/artykuly/42879.html>, 2009]

Przestrzenie publiczne, hol i miejsca wypoczynku są przestronne, ale brakuje tu siedzisk. Wykończone zostały szarym granitem i uzupełnione dużymi przeszkleniami. Do dyspozycji melomanów pozostają także kawiarnia i bufet.

Sala kameralna filharmonii ma układ przekątniowy (patrz rozdz. 3), z asymetrycznymi przejściami. Scena otoczona jest pionowymi, drewnianymi ekranami akustycznymi. Podobnie jak główną salę koncertową, całość wykończono jasnym drewnem. Sufit łamany, o strukturze kryształu, także z jasnego drewna.

Parking przed budynkiem mieści około 100 samochodów.

Zaplecze dla muzyków jest mało funkcjonalne. Brak tu garderób indywidualnych, które mogłyby stanowić miejsca do ćwiczeń. Zastąpione one zostały zbiorowymi salami z szafkami i stołami, które uniemożliwiają koncentrację i przygotowanie do występu. Budynek obsługują duże wielokondygnacyjne magazyny, do których można swobodnie wjechać samochodem dostawczym i dostarczyć instrumenty do poszczególnych pomieszczeń. Ponadto można tu przechować instrumenty filharmoników, co jest rzadkością w tego typu obiektach.

Wnętrze sali koncertowej

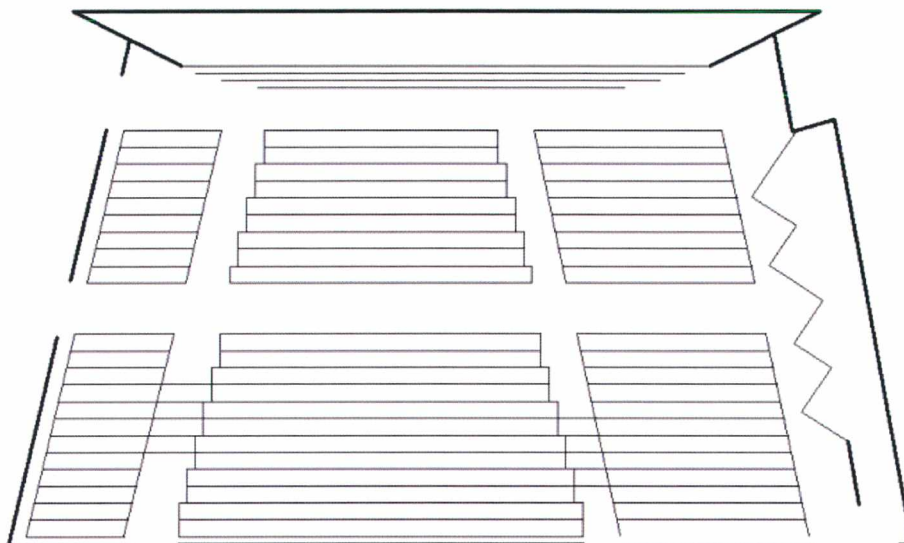
Rzut sali rozplanowany w układzie wachlarza o niewielkim kącie rozwarcia.

Widownia została uformowana klasycznie, rzędy mają nieznaczną przewyżkę. Sala ma dobrą akustykę w obrębie widowni.

Scena zajmuje około 1/3 rzutu sali i jest oparta na planie prostokątnym. Muzycy tam grający skarżą się na brak dobrej słyszalności między sobą.

Ściany boczne zaprojektowano jako asymetryczne – jedna jest poprowadzona po lekkim łuku, druga zaś składa się z prostopadłe do siebie ustawionych ekranów i zakończona jest przez balkony zaplanowane na rzutach trójkątnych – rozwiązanie bardzo rzadko spotykane w salach koncertowych, ale skutecznie zapobiegające powstawaniu echa trzepoczącego.

Sufit o strukturze kryształu, różnicuje płaszczyzny odbijające dźwięk.



Rys. 264. Filharmonia w Rzeszowie – schemat rzutu [oprac. wg: <http://www.filharmonie.pl/filharmonia-w-rzeszowie>, 2008]



Rys. 265. Filharmonia w Rzeszowie – fragment sceny [<http://rzeszowzaprasza.pl/1388,imprezy.html>, 2009]

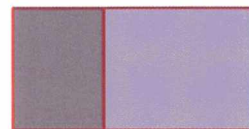
Uwagi i opinie o projekcie

Szczególnie interesującym rozwiązaniem w tym obiekcie jest sala koncertowa i kameralna, ze względu na nietypowe rzuty, zapewniające doskonałe warunki akustyczne.

Bibliografia

- [Http://mapy.google.pl/](http://mapy.google.pl/), 2008.
- [Http://rzeszowzaprasza.pl/1388,imprezy.html](http://rzeszowzaprasza.pl/1388,imprezy.html), 2009.
- [Http://www.e-teatr.pl/pl/artykuly/42879.html](http://www.e-teatr.pl/pl/artykuly/42879.html), 2009.
- [Http://www.filharmonia.rzeszow.pl/pl/historia_filharmonii](http://www.filharmonia.rzeszow.pl/pl/historia_filharmonii), 2008.
- [Http://www.filharmonie.pl/filharmonia-w-rzeszowie](http://www.filharmonie.pl/filharmonia-w-rzeszowie), 2008.

7.2.3. Filharmonia w Opolu im. Józefa Elsnera



Karta katalogowa 25

Czas powstania: 1957
(pierwsze skrzydło)

Liczba miejsc: 495 +
120 (sala kameralna)

Czas pogłosu: 1,4 – 1,5 sek. – pusta
1,2 – 1,3 sek. – pełna

Autorzy

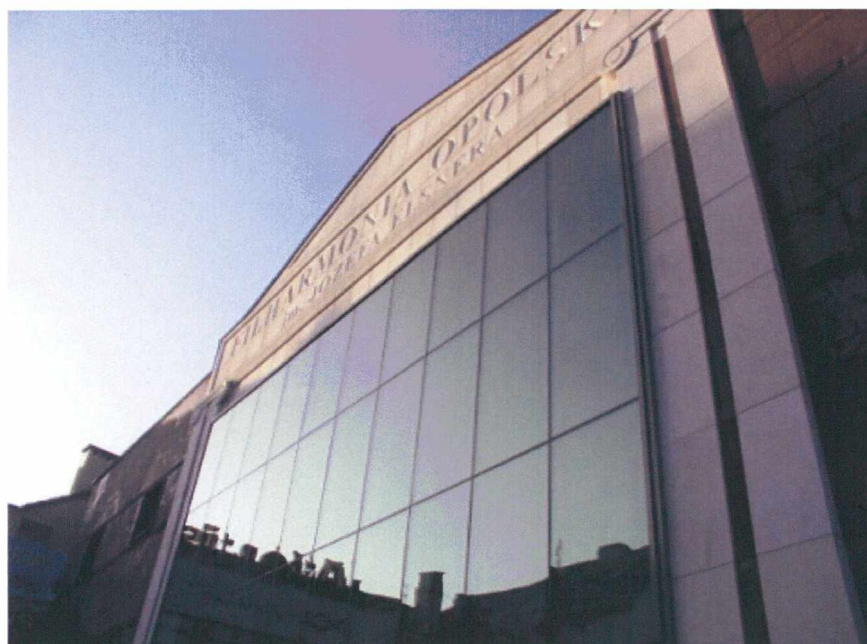
Projekt architektoniczny: Andrzej Grudziński,
Arch-Studio, Pracownia Projektowa (projekt przebudowy)
Projekt akustyki: Ewa Więckowska-Kosmala (projekt
przebudowy)

Lokalizacja: ul. Krakowska 24, 45-075 Opole



Rys. 266. Filharmonia w Opolu – lokalizacja, 1. Filharmonia w Opolu, 2. Rynek, 3. ul. Koraszewskiego, 4. ul. Krakowska, 5. Plac Wolności, 6. ul. Zamkowa, 7. rzeka Młynówka [oprac. wg: <http://www.zumi.pl>, 2008]

Architektura i funkcja obiektu



Rys. 267. Filharmonia w Opolu – elewacja [Fot. autorki]

Filharmonia Opolska zlokalizowana została przy głównym traktzie pieszym miasta, wyraźnie wyeksponowana w kierunku przestrzeni publicznych. Przed nią znajduje się plac z zieleniem i parkingiem. Problematycznym sąsiedztwem, jest przylegający bezpośrednio do niej budynek domu handlowego. Elewacja główna filharmonii wykonana została ze szkła i czerwonego marmuru. Pozostałe elewacje otynkowano i pomalowano na kolor zielony.

Wejście główne dla widzów znajduje się od strony pasażu ulicy Krakowskiej. Hol, w którym zlokalizowano kasy i szatnię, ma duże przeszklenie z widokiem na park. W tę też stronę planowana jest dalsza rozbudowa.



a)

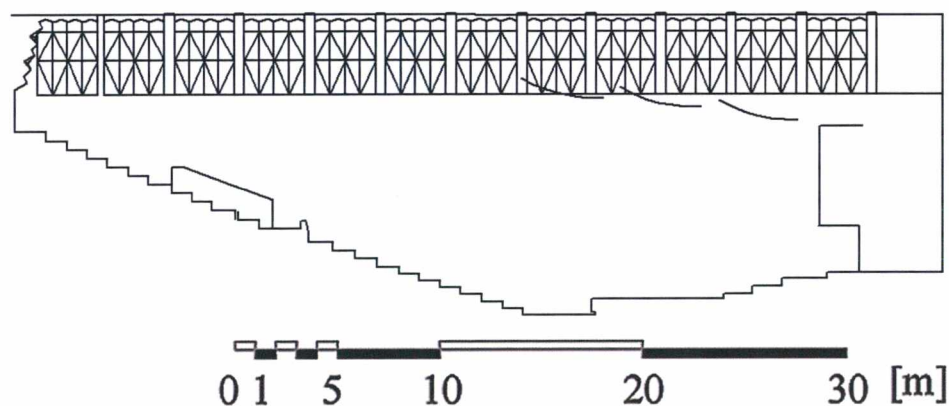


b)

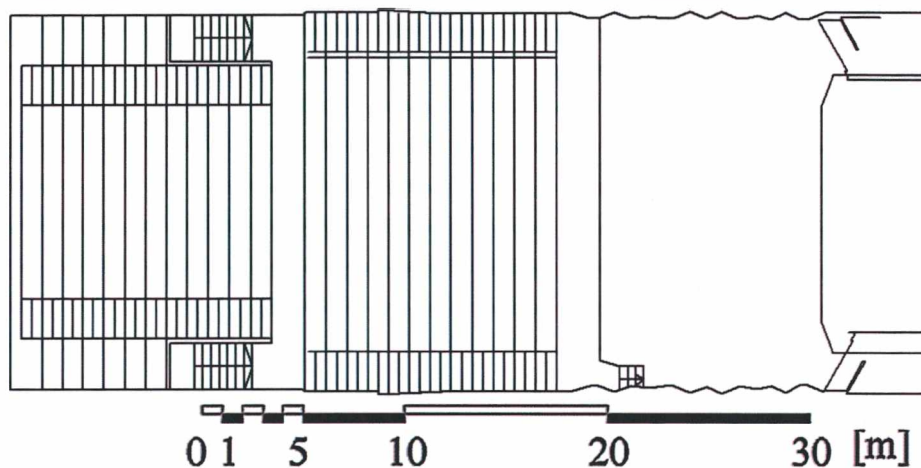
Rys. 268. Filharmonia w Opolu – foyer [Fot. autorki]

Wnętrze sali koncertowej

Wnętrze zaprojektowano w konfiguracji pudełkowej.



Rys. 269. Filharmonia w Opolu – przekrój [oprac. wg: Więckowska – Kosmala E., Czechowska M., 2005]



Rys. 270. Filharmonia w Opolu – rzut [oprac. wg: Więckowska – Kosmala E., Czechowska M., 2005]



Rys. 271. Filharmonia w Opolu – widok wnętrza [fot. autorka]

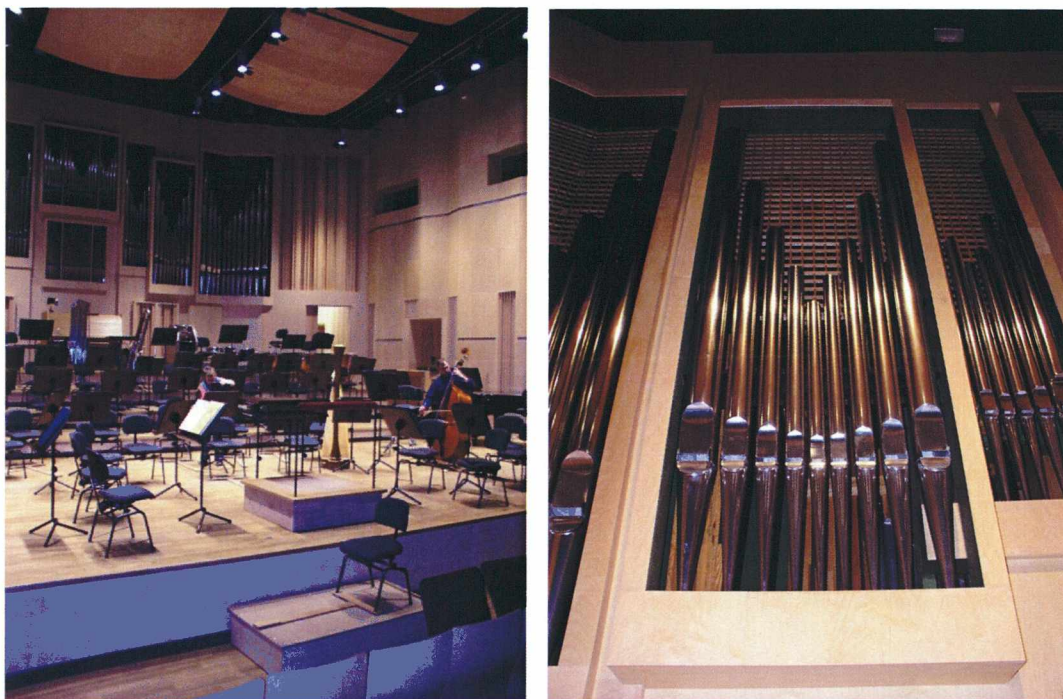
Sala koncertowa, w trakcie przebudowy, została powiększona i może pomieścić 495 widzów, jej kubatura wynosi 5 000 m³. Całkowicie przekształcano widownię, między innymi zmieniono jej kąt nachylenia. Ponownemu projektowi poddano również kształt stropu. Drewniane elementy sali wykonano z sosny fińskiej. W przestrzeń sali wprowadzono niezbędną klimatyzację.

Wnętrze sali głównej wykończono jasnym drewnem, a sufit pomalowano na czarno. Tapicerka siedzisk ma kolor głębokiej czerwieni.

Widownia została zaprojektowana w sposób klasyczny na planie prostokąta z dodatkowymi wejściami w postaci wómitoriów.

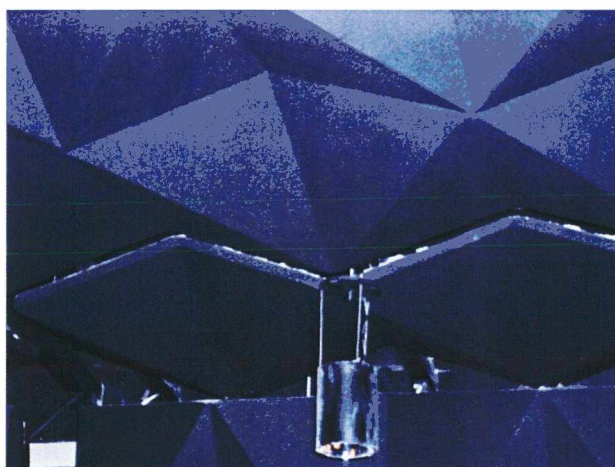
Scena została ukształtowana na planie z podestami dla orkiestry.

Ściany sali ustawiono pod różnymi kątami i pokryte drewnem, o rozmaitych strukturach akustycznych. Przewagę stanowią gładkie panele lub panele ze szczelinami. Za ich pomocą dźwięk jest nakierowany na scenę. Gładkie panele zostały uzupełnione w dolnych partiach ścian formą „grilla” akustycznego (rys. 225). Dodatkowo, pod prospektem organowym i na tylnej ścianie zamykającej widownię, umieszczono dyfuzory QDR, których zadaniem jest zmiękczenie dźwięku poprzez rozpraszanie odbić. Posadzkę wykonano z klepek drewnianych na legarach.

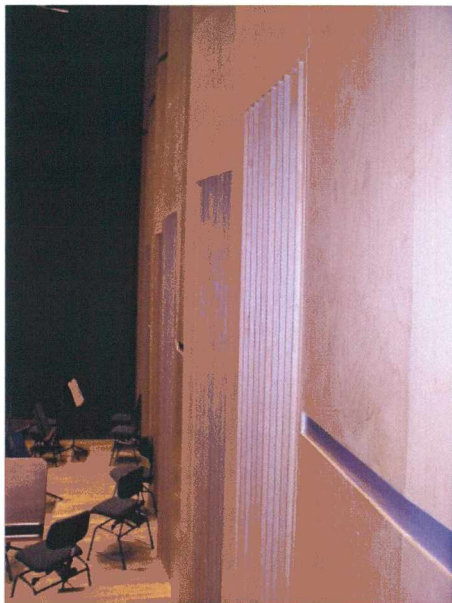


Rys. 272. Filharmonia w Opolu – widok sceny [fot. autorka]

Sufitowi jest ustrojem akustycznym, przypominającym strukturę kryształu. Jego pola są tak ukierunkowane, aby tworzyć dogodne odbicia w obrębie widowni. Pod sufitem znajduje się kratownica z instalacją oświetlenia i nagłośnienia. Na kratownicy znajdującej się pod sufitem podwieszono dziewięć, paneli ze sklejki, skierowanych wypukłą stroną do wnętrza sali. Ich rolą jest równomierne mieszanie odbić dźwięku. Dodatkowo, dwa panele podwieszono nad koroną widowni.



Rys. 273. Filharmonia w Opolu – ukształtowanie sufitu [fot. autorka]



a)



b)

Rys. 274. Filharmonia w Opolu – „grille” akustyczne: a) boczna ściana przylegająca do sceny, b) tylna ściana zamykająca scenę [fot. autorka]



Rys. 275. Filharmonia w Opolu – prospekt organowy [fot. autorka]

Sala ma dobry czas pogłosu, balans dźwięku i jego ładną barwę.

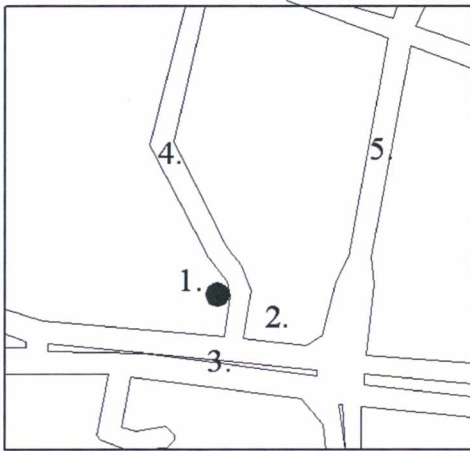
Bibliografia

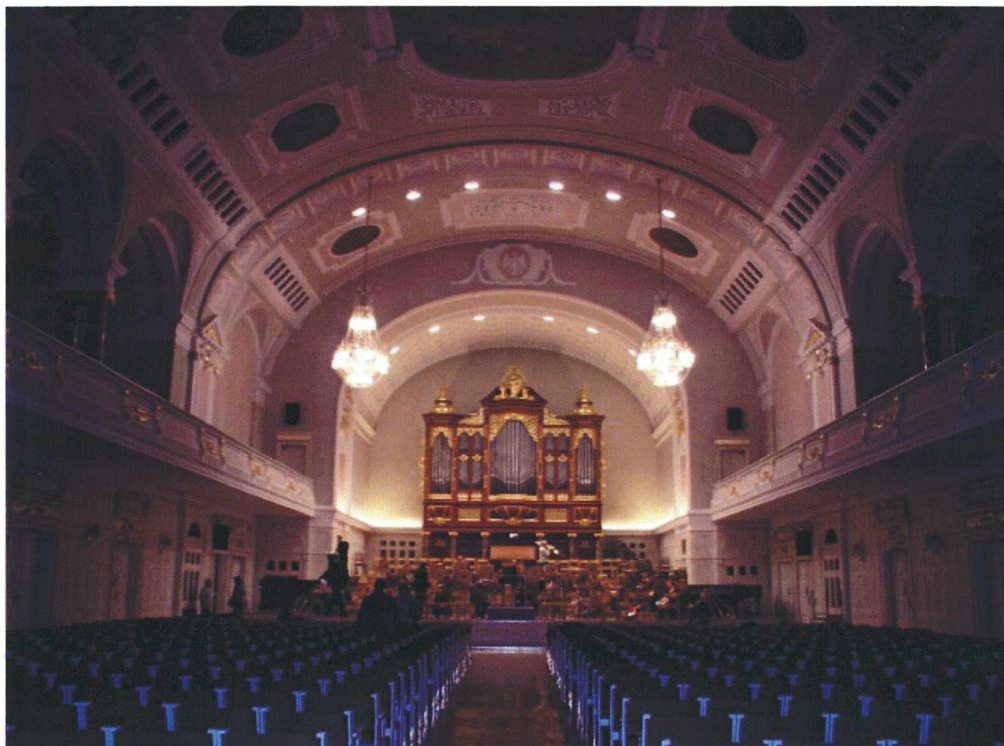
[Http://www.zumi.pl](http://www.zumi.pl), 2008.

Więckowska – Kosmala E., Czechowska M. *Modernizacja formy wewnętrznej budynku filharmonii ze szczególnym uwzględnieniem termoizolacyjności oraz modernizacji sali koncertowej*, dokumentacja projektowa z archiwów Filharmonii Opolskiej pracownia projektowa Arch-Studio, 2005.

[Http://www.zumi.pl](http://www.zumi.pl), 2008.

Więckowska – Kosmala E., Czechowska M. *Modernizacja formy wewnętrznej budynku filharmonii ze szczególnym uwzględnieniem termoizolacyjności oraz modernizacji sali koncertowej*, dokumentacja projektowa z archiwów Filharmonii Opolskiej pracownia projektowa Arch-Studio, 2005.

1.2.4. Filharmonia w Poznaniu (Aula Uniwersytecka)		
Karta katalogowa 26		
Czas powstania: 1909	Liczba miejsc: 1100	Czas pogłosu: brak danych
Autorzy	Projekt architektoniczny: Berlińskie Ministerstwo Robót Publicznych Projekt akustyki: brak danych	
Lokalizacja: Uniwersytet Poznański, ul. Wieniawskiego 1, Poznań		
		
Rys. 276. Filharmonia w Poznaniu (Aula Uniwersytecka) – lokalizacja, 1. Aula Uniwersytecka, 2. Plac Mickiewicza, 3. Św. Marcin, 4. ul. Wieniawskiego, 5. ul. Niepodległości, [oprac. wg: http://www.zumi.pl/namapie.html?qt=&loc=wieniawskiego1+%2CPozna%F1&Submit=Szukaj&cId=&slId=&x=0&y=o]		
Architektura i funkcja obiektu		
Sala filharmoniczna nie ma indywidualnej elewacji, jest częścią Uniwersytetu w Poznaniu.		
		
Rys. 277. Uniwersytet w Poznaniu – elewacja [fot. autorka]		
Wnętrze sali koncertowej		
Sala zaprojektowana została w konfiguracji pudełkowej o wymiarach: 17,5 m x 14 m, z jednym balkonem, otaczającym wnętrze z 3 stron.		



Rys. 278. Uniwersytet w Poznaniu – wnętrze auli [fot. autorka]

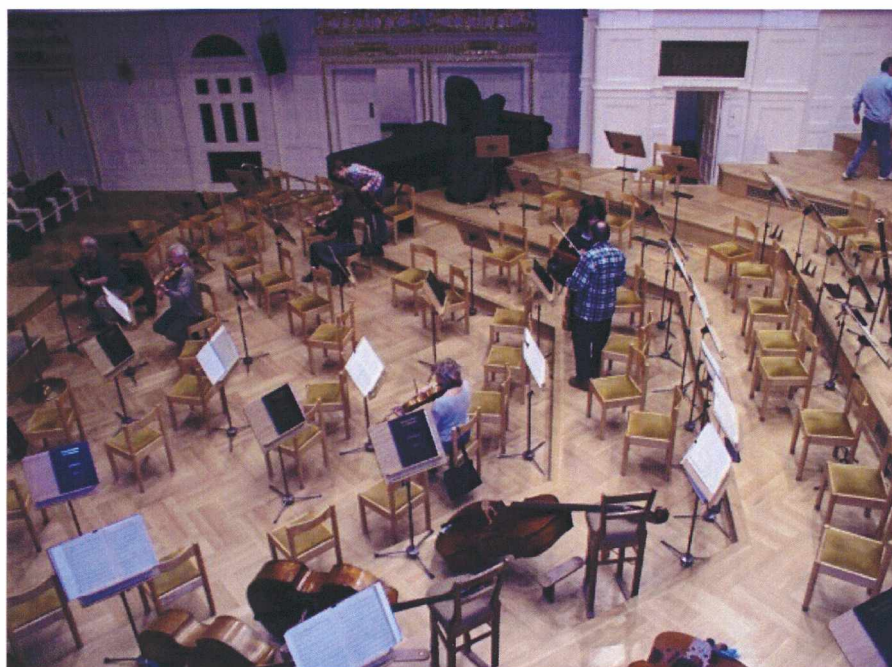
Widownia jest płaska i wnosi się jedynie na balkonie.

Scena zaprojektowana została na rzucie trapezowym z podestami dla muzyków.

Ściany pokryto dekoracyjnymi drewnianymi płytami, które rozpraszają fale akustyczne.

Sufit został zaprojektowany, jako kolebkowy na siatce Rabitz'a i pokryty dekoracyjnymi sztukateriami, dzięki którym zmniejsza się efekt ogniskowania fal akustycznych.

Elementy dekoracyjne sali – ornamenty, pełnią funkcję rozpraszających ustrojów dźwiękowych.



Rys. 279. Uniwersytet w Poznaniu – scena auli [fot. autorka]



Rys. 280. Uniwersytet w Poznaniu – prospekt organowy w auli [fot. autorka]

Uwagi i opinie o projekcie

Wadą sali jest słaba widoczność z ostatnich rzędów.

Na uwagę zasługuje interesujący wystrój historyczny, który wiernie odtworzono podczas renowacji.

Sala nie funkcjonuje, jako indywidualny obiekt architektoniczny. Jest aulą Uniwersytetu w Poznaniu i zwyczajowo służy filharmonikom poznańskim.

8. BIBLIOGRAFIA

8.1. Publikacje

1. *Acoustical design of music education facilities :Essays [. . .] presented at special poster and lecture sessions entitled "music education facilities since 1975" during the 117th Meeting of the Acoustical Society of America in Syracuse*, red. McCue E., Nowy Jork, 1990.
2. Ahnert W., Steffen F. *Sound reinforcement engineering: fundamentals and practice*, London 1999.
3. Amałowicz P. *Zmienność funkcjonowania przestrzeni publicznej w kręgu sal widowiskowych*, rozprawa doktorska, Wrocław 2000.
4. Barber D., W. *Zygziem przez muzykę, czyli następna historia muzyki wyłożona wreszcie jak należy*, przeł. [z ang.] Barbara Świdarska, Warszawa 2007.
5. Barron M. *Auditorium Acoustics and Architectural Design*, London 1993.
6. Barron M. *Thoughts on the room acoustic enigma: the state of diffusion*, „Proceedings of the Institute of Acoustics”, (b.m.) 2005, nr 27 (2), s. 9-18.
7. Barron M. *Using the standard on objective measures for concert auditoria, ISO3382, to give reliable results*, „Acoustical Science and Technology”, 2005, nr 26 (2), s. 162-169.
8. Beranek L. *Aspects Of Concert Hall Acoustics*, 23rd Kongres AES, Nowy Jork, 5 – 8 październik 2007, maszynopis, 2007.
9. Beranek L. *Concert Hall and Opera House Acoustics: 2000*, Siódmy Międzynarodowy Kongres na temat dźwięku i wibracji, 4-7 lipiec 2000, Garmish-Partenkirchen, Niemcy (z ang. *Seventh International Congress on Sound and Vibration*”), maszynopis, (b.m.) 2000.
10. Beranek L. *Concert and Opera House. How they sound*, Acoustical Society of America, (b.m.) 1996.
11. Bernhard M., L. *Sztuka grecka V wieku p. n. e.*, Warszawa 1970.
12. Blesser B., Salter L.-R. *Spaces speak, are you listening? Experiencing aural architecture*, London 2007.
13. Boulet M.-L., Moissinac Ch., Soullignac F. *Auditoriums*, Editions du Moniteur, Paryż 1990.
14. Bradley J., S., Madaras G., Jaffe Ch. *Acoustical characteristics of a 360-degree surround hall*, „The Journal of the Acoustical Society of America”, 1997, nr 5 (101), s. 3135.
15. Breton G. *Theater*, Paryż 1990.

16. Broniewski T. *Historia architektury dla wszystkich*, wyd. III, Ossolineum, Wrocław 1990.
17. Carnegy P., *Wagner and the Art of the Theatre: The Operas in Stage Performance*, Yale University Press, New Haven i Londyn 2006.
18. Cavanaugh W., J., Wilkes J., A. *Architectural acoustics :principles and practice*, Nowy Jork 1999.
19. Chan S., P. *Anthem Guide to the Opera, Concert Halls and Classical Music Venues of Europe (Anthem Art and Culture)*, Anthem Press, (b.m.) 2009.
20. Chmielewski W. *Sala koncertowa Państwowej Szkoły Muzycznej w Krakowie*, „Architektura i Biznes”, nr 3, 2005, s. 25
21. *Czysty dźwięk. Systemy akustyczne dla kreatywnych rozwiązań sufitów*, oprac. red. „StoJournal” nr 1, 2001, s. 10-11.
22. Edwards P. *It's a First Toronto Opera Buildings*, „Toronto Star”, 3 czerwca 2006, s. B5.
23. *Encyklopedia Muzyki*, pod red. Andrzeja Chodkowskiego, PWN, Warszawa 1995.
24. Everest F., A. *Podręcznik akustyki*, Katowice 2004.
25. Fleischmann E., *Los Angeles Philharmonic Association, korespondencja z dnia 27 czerwca 1979*, zbiory archiwalne Chrisa Jaffe.
26. *Filharmonia Bałtycka*, oprac. red. na podst. mat. KD Kozikowski Design, „Architektura” nr 4, 2005, s. 105-112.
27. Forster K., W. *Notes on the Architecture of Hans Scharoun's and Frank Gehry's Concert Halls*, Exerpt from the Biennale Catalogue, (b.m.) 2004.
28. Frydecki A. *Projektowanie budynków widowiskowych dla teatru, muzyki i filmu*, Wrocław 1976.
29. Ghirardo D. *Architektura po modernizmie*, Toruń, Wrocław, 1999.
30. Głazewska K. *KKL – muzyczny statek Nouvela*, „Architektura i Biznes”, nr 4, 1999, s. 12-14.
31. Gnoiński M., Januszkiewicz K. *Katedra Kultury*, „Archivolta” 2003, nr 3, s. 12-27.
32. Greenwood L. *Mexican Hall Breaks Sound Barrier*, „Los Angeles Times”, (b.nr), 1977, s. 8.
33. Grudziński A., J. *Audytoria dydaktyczne*, Wrocław 1979.
34. Grudziński A., J. *Centrum kultury w śródmiejskich zespołach na przykładzie Jeleniej Góry*, Wrocław 1996.

35. Grudziński A., J. *Kształtowanie planów sal widowiskowych w aspekcie racjonalnej dyspozycji miejsc i ciągów komunikacji wewnętrznej*, Wrocław 1969.
36. Grudziński A., J. *Kształtowanie sal widowiskowych*, Wrocław 1995.
37. Grudziński A., J. Amałowicz P., Lebioda R., Małgorzata L., Sobolewski A., *Projektowanie audytoriów*, Wrocław 2001.
38. Grudziński A., J., Leszczyńska M., Sobolewski A. *Koncepcja przekształceń wnętrza istniejącego audytorium Wydziału Chemii Politechniki Wrocławskiej*, „Architectus”, 2000, nr 2, s. 101-103.
39. Grudziński A., Sobolewski A., Amałowicz P., Lebioda R. *Projekt sali koncertowej Akademii Muzycznej przy Placu Pierwszego Maja we Wrocławiu*, Wrocław 1997.
40. *Halls for music performance :two decades of experience: 1962-1982*, red. Talaske R. H., Nowy Jork 1986.
41. Hammond M. *Performing architecture :opera houses, theatres and concert halls for the twenty-first century*, Londyn, Nowy Jork 2006.
42. Hardin T. *Teatry i opery. Arcydzieła architektury*, Warszawa 2001.
43. Hardy H., Kliment S., A. *Building type basics for performing arts facilities*, Hoboken 2006.
44. Izenour, G., C. *Theater Design*, Yale University Press, U.S.A, 1997.
45. Januszkiewicz K., *Centrum Kultury i Centrum Kongresowe w Lucernie*, „Archivolta”, nr 2(18) 2003, s. 32-47.
46. Jeżewski M. *Fizyka. Podręcznik dla wyższych szkół technicznych*, PWN, Warszawa 1970.
47. Jabłońska, J. *Nowatorska centralna sala tarasowa Filharmonii w Berlinie*, „Architectus” 2008, nr 1(23), s. 81-91.
48. Jaffe Ch. *That Old Black Magic. The Acoustics of Performance Halls*, w przygotowaniu do publikacji.
49. Jędrus J., Sapeta M. *Centrum Sztuki Himalayas Zendai w Shanghaju*, „Archivolta”, nr 2 (24)2009, s. 14-15.
50. Jędrus J., Sapeta M. *Shenzhen Muzeum Sztuki*, „Archivolta”, nr 2 (24)2009, s. 13.
51. Jodidio P. *Building a New Millennium*, Taschen Verlag GMBH, Cologne 1999.
52. Joras U. *Selektywność układu słuchowego*, Poznań 1999.
53. Joras U. *Wykłady z psychoakustyki*, Poznań 1998.
54. Jordan V., L. *Acoustical Design of Concert Halls and Theatres. A personal Account*, Applied Science Publishers LTD, London 1980.

55. Josephs J., J. *Fizyka dźwięku muzycznego*, Poznań 1970.
56. Jurewicz O., Winniczuk L. *Starożytni Grecy i Rzymianie w życiu prywatnym i państwowym*, Warszawa 1970.
57. Knelman M. *Toronto's Opera Mania*, „Toronto Star”, 3 czerwca 2006, s. B1, B3.
58. Koch W. *Style w architekturze. Arcydzieła budownictwa europejskiego od antyku po czasy współczesne*, wyd. polskie: Bertelsmann Publishing, Warszawa 1996.
59. Konior T., M. *Akademia Muzyczna im. K. Szymanowskiego aranżacja wnętrz*, „Archivolta”, nr 4 (36) 2007, s. 38-39.
60. Konior T., M. *Centrum nauki i edukacji muzycznej Symfonia*, „Archivolta”, nr 4 (36) 2007, s. 32-38.
61. Kraus P. *Architektura dźwięku. Państwowa Filharmonia im. Artura Rubinsteina w Łodzi*, Firma Wydawniczo-Reklamowa „Ram”, Kraków 2006.
62. Król-Kaczorowska B. *Teatr Polski w Warszawie. Dzieje budynku*, Warszawa 1988.
63. Kulowski A. *Akustyka sal*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2007.
64. Kumaniecki K., *Historia kultury starożytnej Grecji i Rzymu*, wyd. V, Warszawa 1964.
65. Kuryłowicz & Associates Architecture Studio, *Narodowe Forum Muzyki*, (b.m.) 2008.
66. Leonard G. *Symphony in Steel: Walt Disney Concert Hall Goes Up*, Angel City Press, (b.m.) 2003
67. Littler W. *Think Heart – and Soul*, „Toronto Star”, 3 czerwca 2006, s. B2.
68. Long M. *Architectural acoustics*, Elsevier Academic Press, (b.m.) 2006.
69. Lord P., Templeton D. *The Architecture of Sound. Design Places of Assembly*, Architectural Press, London 1986.
70. Marshall A., H., Barron M. *Spatial responsiveness in concert halls and the origins of spatial impression*, „Applied Acoustics”, 2001, nr 62 (2), s. 91-108.
71. Massalski J., Massalska M. *Fizyka dla inżynierów. Część I. Fizyka klasyczna*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1971.
72. *Music and concert hall acoustics*, red. Ando Y., materiały konferencyjne MCHA Londyn 1997.
73. Nicoll A., *Dzieje teatru*, tłum. Dębnicki A., Warszawa 1979.
74. Parnicki-Pudelko S. *Budownictwo starożytnej Grecji. W okresach od archaicznego do rzymskiego*, Wrocław-Warszawa-Kraków 1962.

75. Parnicki-Pudelko S. *Architektura starożytnej Grecji*, Warszawa 1985.
76. Pescarin S. *Rzym. Przewodnik archeologiczny po Wiecznym Mieście*, Verceni 1999.
77. Pleuser J. *Deutscher Dom*, „Annual Bau und Raum Building and Regions Jahrbuch 1998”, Niemcy 1998, s. 8-15.
78. Reiss J., W. *Mała historia muzyki*, Kraków 1987.
79. Renowski J. *Akustyka psychofizjologiczna :ćwiczenia laboratoryjne*. Wrocław 1974.
80. Sadowski J. *Akustyka architektoniczna*. Warszawa 1976.
81. Sadowski J. *Akustyka w urbanistyce, architekturze i budownictwie*, Warszawa 1971.
82. Sadurska A. *Archeologia starożytnego Rzymu. Tom I. Od epoki królów do schyłku republiki*, Warszawa 1975.
83. Sadurska A. *Archeologia starożytnego Rzymu. Tom II. Okres cesarstwa*, Warszawa 1980.
84. Sapeta M. *Centrum Sztuk scenicznych w Granadzie*, „Archivolta”, nr 2 (24)2009, s. 16 – 18.
85. Snyder L. *Mexico's trend-setting auditorium*, „The Christian Science Monitor”, (b.nr), (b.m.) 1997, s. 26.
86. Sobolewski A. *Bezpieczeństwo i komfort widza teatralnego w aspekcie modernizacji wybranych sal w Polsce*, rozprawa doktorska, Wrocław 1999.
87. *Springer handbook of acoustics*, red. Rossing Th.,D., Nowy Jork 2007.
88. Steele J. *Theatre builders*, Chichester 1996.
89. Stierlin H. *Grecja od Myken do Partenonu*, tłum. Kozak B., wyd. I, Warszawa 1998.
90. Szlagowska D. *Kultura muzyczna antyku*, Wydanie trzecie, Akademia Muzyczna im. Stanisława Moniuszki w Gdańsku, Gdańsk 1996.
91. Teraudus J. *Creating the sound of silence*, „Toronto Star”, 3 czerwca 2006, s. B4 – B5.
92. Tietz J. *The Story of Architecture of the 20th Century*, Kolonia 1999.
93. Toyota, Y. *The Design of Concert Halls*, „Business and Profesional Committee of La Philharmonic”, (b.m.) 2001.
94. Trocka – Leszczyńska E., Jabłońska J. *Modernization of Concert Halls to Contemporary Requirements, Healthy and Creative Facilities*, CIB W70 International Conference in Facilities Management Heriot Watt University, Edinburgh 16th - 18th June 2008, Edynburg 2008.

95. Wąsowicz Z. *Kształtowanie Akustyki Pomieszczeń*, „Budowlany Informator Techniczny”, 1999 nr 7 (17), s. 61-65.
96. White G., Gerace G., Gehry F. *Symphony: Frank Gehry's Walt Disney Concert Hall* (b.m), 2009.
97. Więckowska-Kosmala E. *Materiały i ustroje akustyczne w salach*, „Archivolta”, nr 1, 2007, s. 47-46.
98. Widera B. *Casa da Musica w Porto, 2005 r.*, „Archivolta”, nr 2 (24) 2009, s. 27-30.
99. Willis T. *Any way you pronounce it, Nezahualcoyotl sounds good*, „Chicago Tribune Arts & Fun” 1997, (b. nr), s. 9.
100. Wilson-Dickson A. *Historia muzyki chrześcijańskiej: od chorału gregoriańskiego do muzyki gospel*, przekł. [z ang.] Wiśniewska M. - Warszawa 2007.
101. Wisniewski E. *Die Berliner Philharmonie und Ihr Kammermusiksaal. Der Konzertsaal als Zentralraum*, Gebr. Mann Verlag, Berlin 1993.
102. Wojciechowski Ł., Gurawski J. *Filharmonia w Zielonej Górze*, „Architektura” nr 4, 2005, s. 52-57.
103. Wozaczyńska M. *Muzyka Renesansu*, Wydanie drugie, Akademia Muzyczna im. Stanisława Moniuszki w Gdańsku, Gdańsk 1996.
104. Wróblewska D., Kulowski A. *Czynnik akustyki w architektonicznym projektowaniu kościołów*, Gdańsk 2007.
105. Veiga E., B. *Filharmonia w Szczecinie konkurs na projekt koncepcyjny budynku*, „Archivolta”, nr 4 (36) 2007, s. 42-47.

8.2. Publikacje internetowe

106. Atlanta Syphony Orchestra Univeils a Soaring Design by Santiago Calatrava for The New Atlanta Symohony Center, <http://www.atlantasymphony.org/assets/pdf/AtlantaSymphonyCenterDesignRelease.pdf>, (b.m.) 2007.
107. Brown R., J. *World View*, <http://www.john-robert-brown.com/muza-kawasaki-syphony-hall.htm>, (b.m.) 2007.
108. Calatrava S., *Statement*, <http://www.atlantasymphony.org/assets/pdf/SantiagoCalatravastatement.pdf>, (b.m.) 2007.
109. Science & Engineering Encyclopedia Version 2.3, <http://www.diracdelta.co.uk/science/source/i/n/interaual%20cross-correlation%20coefficient/source.html>, (b.m.) 2001-2008.

110. Franca L. *Bouncing off the Walls*, <http://paulmitchinson.com/articles/bouncing-off-the-walls>, (b.m.) 2001.
111. Furrer W., *Acoustical Society of America. Wallace Clement Sabine Award – 1961. Leo L. Beranek*, <http://asa.aip.org/encomia/sabine/beranek.html>, (b.m.) 2008.
112. <http://www.4sound.pl/Artykuly-parametry%20akustyczne.php>, 2007.
113. <http://archrecord.construction.com/news/daily/archives/070423nouvel.asp>, 2008.
114. http://corel.wodip.opole.pl/krzywe_bezier/krzywe_bezier.htm, 2008.
115. http://en.wikipedia.org/wiki/Wallace_Clement_Sabine, 2008.
116. <http://hawaiianairlines.homeandabroad.com/viewSiteDetails.ha?mainInfoId=1726402008>.
117. <http://media.www.elvaq.com/media/storage/paper925/news/2003/05/23/Features/Diney.Hall.A.Step.In.Restructuring.L.a-2533992.shtml>, 2009
118. http://pryzmat.pwr.wroc.pl/Pryzmat_130/130int.html, 2009
119. http://www.abcsoundlab.pl/abc_pl_hspec.htm, 2006.
120. <http://www.acehk.com/eng/news/shoac.htm>, 2007.
121. http://acoustics.hanyang.ac.kr/bbs/zboard.php?id=halls&page=1&sn1=&divpage=1&sn=off&ss=on&sc=on&&select_arrange=hit&desc=desc&no=97, 2007.
122. <http://www.arcspace.com/architects/nouvel/danskeradio/>, 2008.
123. <http://www.arkitectrue.com/la-philharmonie-de-paris/>, 2008.
124. http://www.artec-usa.com/04_personnel/consultants_bios/russell_johnson.html, 2007.
125. <http://www.artec-usa.com/index.html>, 2007.
126. <http://www.atlantasymphony.org/assets/pdf/ASOSymCenterConcertChamber.pdf>, 2008.
127. <http://www.w-a.pl/new/images/calatrava.htm>, 2007.
128. <http://www.bath.ac.uk/pip/directory/profile/569#research>, 2008.
129. http://www.bicau.ro/static/uauim/noulbicau_files/concerthallpresentation.pdf, 2008
130. http://www.cardiff.gov.uk/content.asp?Parent_Directory_id=2865&nav=2868,2963,2974,3654, 2007.
131. http://www.chikada-design.com/english/bro05/01_muza/index.htm, 2007.
132. http://www.culture.sh.cn/english/vsorts_detail.asp?vsortsid=26, 2007.

133. http://www.culture.sh.cn/english/vsorts_detail.asp?vsortsid=74, 2007.
134. <http://www.designbuild-network.com/projects/elbe-philharmonic/elbe-philharmonic5.html>, 2008.
135. <http://www.designbuild-network.com/projects/philharmonieparis/>, 2008.
136. http://www.dr.dk/Koncerthuset/inenglish/koncerthuset_1.htm, 2008.
137. <http://www.dr.dk/Koncerthuset/inenglish/studios.htm>, 2008.
138. http://www.e-architect.co.uk/shanghai/oriental_art_center_shanghai.htm, 2008.
139. http://www.e-architect.co.uk/shanghai/shanghai_oriental_art_centre.htm, 2007.
140. http://www.e-architect.co.uk/shanghai/jpgs/oriental_art_centre_paulandreu251007_5.jpg, 2007.
141. http://www.articonsultants.com/04_personnel/consultants_bios/russell_johnson.html, 2007.
142. <http://www.audioease.com/IR/VenuePages/Vredenburg.html>, 2008.
143. http://www.ents24.com/web/venue/1129/Cardiff/St_Davids_Hall.html, 2006.
144. http://en.wikipedia.org/wiki/Sapporo_Concert_Hall, 2008.
145. <http://www.filharmonia.rzeszow.pl>, 2007.
146. <http://www.galinsky.com/buildings/Kammermusiksaal/index.htm>, 2004.
147. <http://www.galinsky.com/buildings/philharmonie/index.htm>, 2004.
148. <http://www.georghirsch.com/summaries/eng/1998/ghfleime.html>, 2007.
149. http://www.greatbuildings.com/buildings/Berlin_Philharmonic_Hall.html, 2004.
150. <http://www.hiexpressglasgow.co.ukglasgow-attractionsroyal-concert-hall.htm>, 2007.
151. http://www.homeandabroad.com/c/114/Site/172640_Shanghai_Oriental_Art_Center_visit.html, 2007.
152. <http://www.hunecke.de/english/infoline/room-acoustics/diffusors/qrd.html>, 2007.
153. <http://images.google.pl/imgres?imgurl=http://www.cf.ac.uk/music/images/SDH2003.JPG&imgrefurl=http://www.cf.ac.uk/music/undergraduates/orchestra/membership.htm&h=319&w=425&sz=97&hl=pl&start=8&um=1&tbnid=v1hFmVnCGuG44M:&tbnh=95&tbnw=126&prev=/images%3Fq%3DCardiff%2B%252BSt.%2BDavis%2BHall%26svnum%3D10%26um%3D1%26hl%3Dpl%26lr%3D%26sa%3DNIimgres1>, 2007.
154. <http://images.google.pl/imgres?imgurl=http://www.orbitalsound.co.uk/newsimages/>

- SDH1.jpg&imgrefurl=http://www.orbitalsound.co.uk/pressarticle.cfm%3FAID%3D148&h=296&w=463&sz=122&hl=pl&start=7&um=1&tbnid=NGmd01SWx0w7YM:&tbnh=82&tbnw=128&prev=/images%3Fq%3DCardiff%2B%252BSt.%2BDavis%2BHall%26svnum%3D10%26um%3D1%26hl%3Dpl%26lr%3D%26sa%3DN – iimgres, 2007.
- 155.<http://www.kawasaki-sym-hall.jp/e/facilities/index.shtml>, 2007.
- 156.http://www.kawasaki-sym-hall.jp/index_e.shtml, 2007.
- 157.<http://www.kitara-sapporo.or.jp/contents/english/index.html>, 2007.
- 158.<http://www.kitara-sapporo.or.jp/contents/english/mainhall.html>, 2007.
- 159.<http://www.l-acoustics.com/anglais/arti4gb.htm>, 2007.
- 160.<http://www.leoberanek.com>, 2008.
- 161.<http://www.liederhalle-stuttgart.de/kkl/engl/>, 2004.
- 162.<http://www.masseyhall.com/seatingPlans.cfm>, 2008.
- 163.<http://www.neco.org/awards/recipients/chrisjaffee.html>, 2007.
- 164.http://www.nagata.co.jp/e_index.html, 2008
- 165.<http://www.nagata.co.jp/gyoseki/posters/sapporo.pdf>, 2004.
- 166.<http://www.nytimes.com/2007/04/14/arts/design/14hall.html>, 2008.
- 167.<http://www.nzlive.com/en/christchurch-symphony-orchestra/ami-insurance-proms-series-christmas-in-christchurch>, 2007.
- 168.<http://www.opus1classical.com/static/venue/76/>, 2007.
- 169.http://www.paul-andreu.com/pages/projets_recents_oac_gb.html, 2007.
- 170.<http://www.philharmoniedeparis.com/>, 2008.
- 171.<http://www.philharmoniedeparis.com/en/architecture/ateliers-jean-nouvel/l-architecte.html>, 2008.
- 172.<http://www.philophony.com/sensprop/sabine.html>, 2008.
- 173.<http://www.physik3.gwdg.de/~mrs/>, 2008.
- 174.<http://www.realdania.dk/In+English/Content/Grants/DR+Concert+Hall.aspx>, 2008.
- 175.<http://www.rockfon.com.pl/sw3179.asp?PID=119>, 2007.
- 176.<http://scottshaw.wordpress.com/category/organ-%E3%82%AA%E3%83%AB%E3%82%AC%E3%83%B3%E9%96%A2%E4%BF%82/>, 2009.

177. <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=650747&page=2>, 2008.
178. <http://www.skyscraperlife.com/city-versus-city/14623-universidades-ciudad-universitaria-unam-vs-u-de-buenos-aires-2.html>, 2009.
179. <http://www.stdavidshallcardiff.co.uk/english/conference.html>, 2007.
180. http://www.stdavidshallcardiff.co.uk/english/whatson_detail.asp?ID=1725, 2007.
181. <http://stdavidshallcardiff.co.uk/english/seatingplan.html>, 2007.
182. <http://www.stdavidshallcardiff.co.uk/englishdisabled.html>, 2007.
183. <http://www.sweetwater.com/expert-center/glossary/t>, 2007.
184. http://www.sydneyoperahouse.com/visit/location_map.aspx, 2007.
185. http://www.venueweb.co.nz/wcc_mfc/aud/mfc_aud.htm, 2007.
186. http://www.visitcopenhagen.com/content/press/latest_news/newsarchive/the_oresund_-_sound_of_music, 2008.
187. *In Memoriam. G George C. Izenour, Members of George C. Izenour Associates*, <http://www.usitt.org/sightlines/v47/n05/stories/InMemoriamIzenour.html>, (b.m.) 2008.
188. Laney J. *The electronic acoustician Using electronic architecture creates warmth, atmosphere and a more satisfying orchestral experience. Wywiad z Jaffe Holden Scarbrough Acoustics in Norwalk CT. Jan 20, 1997 12:00 PM*, http://digitalcontentproducer.com/mag/avinstall_electronic_acoustician_using/, Penton, 2007.
189. Nagata M. *Taking Stock after 50 Years of Hall Acoustical Design*, „Nagata Acoustics News”, nr 157, <http://www.nagata.co.jp/news/news0101-e.htm>, 2001.
190. Nagata M. *Suntory Hall at Age 20 - Three Reasons that Make this Hall a Success*, „Nagata Acoustics News”, nr 227, <http://www.nagata.co.jp/news/news0611-e.htm>, 2006.
191. O'Keefe J. *The New Understanding of Acoustics. Spatial Impression*, http://www.zainea.com/The_New_Understanding_of_Acoustics.htm, 1998.
192. Ono A. *Muza Kawasaki Symphony Hall Opens*, „Nagata Acoustics News”, nr 201, <http://www.nagata.co.jp/news/news0409-e.htm>, 2007.
193. *Oxford Biography Index Entry*, <http://www.oxforddnb.com/index/101063126/>, Oxford University Press, 2004.
194. Polskie Centrum Informacji Muzycznej Związek Kompozytorów Polskich, Filharmonia Rzeszowska, http://www.culture.pl/pl/culture/artykuly/in_mk_filharmonia_rzeszow, 2002.
195. Ryan R. *Gehry's great concerto: the Disney Concert Hall has radically*

transformed a block of downtown Los Angeles making it a place to visit rather than drive through,
http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m3575/is_1285_215/ai_n6073215/pg_2,
 2005.

196. Shield B., Cox T. *The Shape We're In. The story of the Berlin Philharmonie – a landmark hall*,
www.acoustics.salford.ac.uk/acoustics_world/concert_hall_acoustics/shape.html,
 1999/2000.
197. Sungur E. *Atlanta Symphony Center to be Built by Santiago Calatrava*,
http://www.designer.com/design_news/3806/, 2005.
198. Suzuyo Y. *Backstage at the Berlin Philharmonic*, „Nagata Acoustics News”, nr 132, www.nagata.co.jp/news/news9812-e.htm, 1998.
199. *The Architectural Review*,
http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m3575/is_1285_215/ai_n6073215/pg_2,
 2004.
200. Toyota Y. *Comparing Concert Hall Configurations: Some Comments on Shoebox and Vineyard-shape Halls*, „Nagata Acoustics News”, nr 126, 1998.
201. Ver I., L., Schultz Th., J. *Acoustical Society of America. Gold Medal Award – 1989. Lothar W. Cremer*, <http://asa.aip.org/economia/gold/cremer.html>, 2007.

8.3. Materiały dodatkowe

202. Jabłońska J. *wywiad z Dahlheim Arnd - Fundacja Filharmonii Berlińskiej*, Dział Produkcji Artystycznej, notatka, 2007.
203. Jabłońska J. *wywiad z Robertem Naściszewskim - koncertmistrzem Filharmonii Rzeszowskiej*, notatka, 2003.
204. Jabłońska J. *wywiad z Teresą Ługowską - dział Inwestycji Filharmonii Łódzkiej*, notatka, 2007.
205. Jabłońska J. *wywiad z Elżbietą Latek - zastępca dyrektora Łódzkiej Filharmonii ds. administracji*, notatka, 2007.
206. Jaffe Ch., *zbiory archiwalne*, 2007.
207. Maazel L., Vaughan D., *korespondencja, z dnia 23 lutego 1979, zbiory archiwalne Chrisa Jaffe*.
208. Narasimhan R., *nieoficjalne notatki, The Design of Concert Halls – a talk by Mr Yasuhisa Toyota, “Business and Professional Committee of LA Philharmonic”, (b.nr), (b.m.), 2001*
209. *Wywiad z Bayle L. The Philharmonie De Paris, Laurent Bayle's Point Of View*, <http://www.philharmoniedeparis.com/en/philharmonie/vie-symphonique/la->

[philharmonie-de-paris-le-point-de-vue-de-laurent-bayle.html](#), 2008.

9. SPIS ILUSTRACJI I ICH ŹRÓDEŁ

Rys. 1. Teatr Dionizosa w Atenach – rzut: 1. ołtarz, 2. stara świątynia, 3. nowa świątynia, 4. kolumnada, 5. skene, 6 a. stara orchestra, 6 b. nowa orchestra [Oprac. wg Nicoll, 1979]	23
Rys. 2. Teatr grecki – rzut obiektu w Epidauros [oprac. wg: Barron 1993, s. 242]	25
Rys. 3. Teatr grecki – schemat rozkładu fal akustycznych [oprac. wg: Barron 1993, s. 24]	25
Rys. 4. Teatr w Epidauros [fot. Broniewski, 1990, s. 71]	26
Rys. 5. Odeon Heroda Attyka – lokalizacja na wzgórzu Akropolu w Atenach: 1. szczyt wzgórza ze świątyniami, 2. Teatr Dionizosa, 3. Odeon Heroda Attyka [Oprac. wg Parnicki-Pudelko, 1962 s. 268]	27
Rys. 6. Odeon Heroda Attyka – widok ze wzgórza Akropolu w Atenach [fot. Ricardo André Frantz]	27
Rys. 7. Teatr w Aspendos [oprac. wg: Barron 1993, s. 246, fig. 8.5]	29
Rys. 8. Teatr w Aspendos: a) widownia, b) konstrukcja pod siedziskami [fot. Izenour, 1997, s. 42]	30
Rys. 9. Schemat teatru według Witruwiusza [oprac. wg: Koch, 1996, s. 36]	31
Rys. 10. Teatr Mały w Pompejach (odeon) – rzut [oprac. wg: Sadurska, 1975, s. 164]	32
Rys. 11. Teatr Szekspira, Londyn: a) rzut, b) przekrój [oprac. wg: Barron 1993, s. 247, fig. 8.6]	35
Rys. 12. Teatro Olimpico – rzut [oprac. wg: Broniewski, 1990, s. 300]	36
Rys. 13. Teatro San Carlo, Naples – rzut [oprac. wg: Jordan, 1980 str. Fig. 2.9]	37
Rys. 14. Teatr operowy alla Scala w Mediolanie – rzut [oprac. wg: Broniewski, 1990, s. 425]	40
Rys. 15. Teatr Festspielhaus w Bayreuth (tzw. wagnerowski): a) widok wnętrza, b) fragment przekroju [a) Jordan, 1980, s. 33, fig. 2.14, b) Izenour, 1997, s. 77]	42
Rys. 16. Teatr Festspielhaus w Bayreuth (tzw. wagnerowski) – rzut [oprac. wg: Jordan, 1980, s. 32, fig. 2.13]	42
Rys. 17. Neues Gewandhaus: a) przekrój i, b) rzut [oprac. wg: Barron, 1993, s. 74, fig. 4.6]	45
Rys. 18. Boston Symphony Hall: a) przekrój, b) rzut [oprac. wg: Barron, 1993, s. 78, fig. 4.10]	47
Rys. 19. Boston Symphony Hall [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Symphony_hall_boston.jpg, 2009]	48
Rys. 20. Typologia układów wnętrz sal (widowni i sceny): a) wczesny antyczny teatr grecki (nieprzekryty), b) antyczny teatr grecki (nieprzekryty), c) odeon rzymski (przekryty), d) antyczny teatr rzymski (częściowo przekryty), e) teatr elżbietański (częściowo przekryty), f) teatr operowy (przekryty), g) teatr wagnerowski (przekryty), h) sala koncertowa o konfiguracji pudełkowej (przekryta), i) sala koncertowa o konfiguracji centralnej z tarasami (przekryta) [oprac. autorki]	52
Rys. 21. Mozartsaal w Liederhalle (R. Gutbrod i A. Abel, 1956) : a) rzut, b) widok sali [oprac. wg: a) http://www.liederhalle-stuttgart.de/kkl/engl/, 2004, b) http://www.liederhalle-stuttgart.de/, 2004]	54
Rys. 22. Filharmonia w Berlinie (H. Scharoun, 1963) – sala główna, przekrój [oprac. wg Wisniewski 1993, s. 100]	55
Rys. 23. Filharmonia w Berlinie (H. Scharoun, 1963) – sala główna, rzut [oprac. wg Wisniewski, 1993, s. 99]	55

Rys. 24. Filharmonia w Berlinie (H. Scharoun, 1963) – rozkład pierwszych odbić [Barron, 1993, s. 98]	57
Rys. 25. Filharmonia w Berlinie (H. Scharoun, 1963) : a) widok z tarasów bocznych na scenę b) widok z tarasów frontowych [fot. autorka]	58
Rys. 26. Massey Hall (S. Badgley, 1892) – schematy : a) rzutu widowni głównej i sceny, b) rzutu balkonu I, c) rzutu balkonu II [oprac. wg: http://www.masseyhall.com/seatingPlans.cfm , 2007]	59
Rys. 27. Roy Thomson Hall (A. Ericson, 1972) – przekrój [Lord, Templeton, 1986, s. 199]	60
Rys. 28. Roy Thomson Hall (A. Ericson, 1972) – rzut poziom balkonów [Lord, Templeton, 1986, s. 201]	60
Rys. 29. Roy Thomson Hall (A. Ericson, 1972): a) widok oryginalnego ustroju akustycznego, b) widok sceny [a), b) Beranek, 1996, s. 202]	61
Rys. 30. Michael Fowler Centre (M. Warren, M. Mahoney, 1972) – przekrój podłużny [http://www.venueweb.co.nz/wcc_mfc/aud/mfc_aud.htm , 2007]	63
Rys. 31. Michael Flower Centre, Wellington (M. Warren, M. Mahoney, 1972) – rzut [http://www.venueweb.co.nz/wcc_mfc/aud/mfc_aud.htm , 2007]	63
Rys. 32. Michael Fowler Centre (M. Warren, M. Mahoney, 1972) – widok sceny [http://www.wellingtonconventioncentre.com/gallery/mfcc , 2008]	64
Rys. 33. Sydney Opera House (J. Utzon, 1973) – przekrój [Beranek, 1996, s. 175]	66
Rys. 34. Sydney Opera House (J. Utzon, 1973) – rzut [oprac. wg: Beranek, 1996, s. 175]	66
Rys. 35. Sydney Opera House (J. Utzon, 1973) – widok wnętrza [fot. Maria Wójtowicz]	67
Rys. 36. Boettcher Concert Hall (Hardy Holzman Pfeiffer Associates, 1978): a) rzut, b) widok wnętrza [a) oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 221, b) http://www.fda-online.com/pdfs/boettcher.pdf , 2008]	69
Rys. 37. Sala Nezahualcoyotl (Orso, Nunez, Ruiz-Velasco, 1978) – przekrój [ze zbiorów Chrisa Jaffe]	70
Rys. 38. Sala Nezahualcoyotl (Orso, Nunez, Ruiz-Velasco, 1978) – rzut [ze zbiorów Chrisa Jaffe]	70
Rys. 39. Sala Nezahualcoyotl (Orso, Nunez, Ruiz-Velasco, 1978) – widok wnętrza [fot. ze zbiorów Chrisa Jaffe, 2007]	71
Rys. 40. Music Centre Vredenburg (H. Hertzberg, 1979) – przekrój [Lord, Templeton, 1986, s. 151]	73
Rys. 41. Music Centre Vredenburg, (H. Hertzberg, 1979) – rzut, [a) Lord, Templeton, 1986, s. 153, fig. 4.49]	73
Rys. 42. Music Centre Vredenburg, (H. Hertzberg, 1979) – widok wnętrza [http://www.audioease.com/IR/VenuePages/Vredenburg.html , 2008]	74
Rys. 43. Sala kameralna Filharmonii Berlińskiej (E. Wisniewski, 1987) – przekrój [oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 192]	75
Rys. 44. Sala kameralna Filharmonii Berlińskiej (E. Wisniewski, 1987) – rzut [a) oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 168]	75
Rys. 45. Sala kameralna Filharmonii Berlińskiej (E. Wisniewski, 1987): a) widok sceny, b) widok tarasów [fot. Małgorzata Czapińska]	76
Rys. 46. Sala kameralna Filharmonii Berlińskiej (E. Wisniewski, 1987): a) widok tylnych tarasów, b) widok tarasów frontowych [a), b) fot. autorka]	77
Rys. 47. Schemat transformacji sal trapezowych w rozwiązania hybrydowe: a) podstawowy układ trapezowy, b) trapezowy ze ściętymi narożnikami, c) trapezowy ze ściętymi narożnikami i tarasami, tj. hybrydowy [oprac. autorki]	78

Rys. 48. Leipzig Gewandhaus – przekrój [oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 232]	78
Rys. 49. Leipzig Gewandhaus (E. Goschel, H. Siegel, V. Sieg, R. Skoda, W. Sziegoleit, 1981) – rzut [oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 232]	79
Rys. 50. St. David's Hall – przekrój [oprac. wg: Beranek, 1996, s. 287]	80
Rys. 51. St. David's Hall (Seymour Harris Partnership, 1982) – rzut [a) oprac. wg: Beranek, 1996, s. 286]	80
Rys. 52. St. David's Hall (Seymour Harris Partnership, 1982) – widok wnętrza [http://acoustics.hanyang.ac.kr, 2008]	81
Rys. 53. Suntory Hall, Tokyo (Yasui Architects & Engineers, 1986) – rzut [oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 231]	82
Rys. 54. Suntory Hall Tokyo (Yasui Architects & Engineers, 1986) – widok sali [oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 231]	83
Rys. 55. Sapporo Concert Hall „Kitara” (Hokkaido Engineering Consultants, 1997) – przekrój, [a) oprac. wg: http://www.nagata.co.jp/gyosek/posters/sapporo.pdf , 2006]	84
Rys. 56. Sapporo Concert Hall „Kitara” (Hokkaido Engineering Consultants, 1997) – rzut, [oprac. wg: http://www.nagata.co.jp/gyosek/posters/sapporo.pdf , 2006]	84
Rys. 57. Niigata City Performing Arts Center „Ryutopia” (Tsuko Hasegawa Atelier, 1998): a) rzut, b) przekrój [oprac. wg: a) Jodidio, 1999, s. 208, b) oprac. wg: http://www.architectureweek.com/2001/0613/design_1-2.html , 2009]	85
Rys. 58. Muza w Kawasaki (ACT Planning, 2004): a) widok sceny, b) fragment widowni [a), b) http://www.kawasaki-sym-hall.jp/e/facilities/index.shtml , 2007]	86
Rys. 59. Walt Disney Hall (Frank O'Gehry, 2003) – rzut [oprac. wg Beranek, 2007, s. 16]	87
Rys. 60. Walt Disney Hall (Frank O'Gehry, 2003): a) widownia frontowa, b) scena i widownia tylna [a) i b) http://www.nagata.co.jp/news/news0312-e.htm , 2007]	88
Rys. 61. Shanghai Oriental Art Center (P. Andreu, 2005): a) rzut, b) widok wnętrza [a), b) oprac. wg: http://www.e-architect.co.uk/shanghai/oriental_art_center_shanghai.htm , 2008]	89
Rys. 62. DR Koncerthuset w Kopenhadze (J. Nouvel, w realizacji): a) rzut, b) przekrój poprzeczny – schematy [oprac. wg: http://www.bicau.ro/static/uauim/noulbicau_files/concerthallpresentation.pdf , 2008]	91
Rys. 63. The Hexagon, Reading (R. Matthew, S. Johnson-Marshall, 1977): a) rzut, b) przekrój [oprac. wg: Barron 1993, s. 380, Fig. 11.22]	92
Rys. 64. The Hexagon, Reading (R. Matthew, S. Johnson-Marshall, 1977): a) widok sceny, b) widok tarasów [oprac. wg: Barron 1993, s. 381, Fig. 11.23, 11.24]	92
Rys. 65. Filharmonia Dolnośląska w Jeleniej Górze (A. Grudziński, 1974) – schemat akustyczny: 1) widownia, 2) przejście, 3) scena – usytuowana na przekątnej kwadratu, 4) taras, 5) panel akustyczny, [oprac. autorki]	94
Rys. 66. Filharmonia Dolnośląska w Jeleniej Górze (A. Grudziński, 1974): a) scena, b) widownia [a) i b) fot. autorka]	94
Rys. 67. a) Walt Disney Hall – widok sceny i widowni frontowej, b) Sala Nezahualcoyotl – widok sceny [a) http://media.www.elvaq.com/media/storage/paper925/news/2003/05/23/Features/Disney.Hall.A.Step.In.Restructuring.L.a-2533992.shtml , 2009, b) fot. ze zbiorów Chrisa Jaffe]	96
Rys. 68. Podział układów centralnych tarasowych ze względu na kształt wnętrza:	

a) układ centralny tarasowy, b) typ arenowy (centralny), c) typ semi-centralny, d) typ hybrydowy [oprac. autorki]	99
Rys. 69. Typ I układu centralnego tarasowego – ze względu podłużną oś symetrii: a) typ prostokreślny, b) typ z łukami [oprac. autorki]	100
Rys. 70. Typ II układów centralnych tarasowych – ze względu na symetrię rozplanowania: a) typ symetryczny, b) typ asymetryczny [oprac. autorki]	100
Rys. 71. Typy „sal otaczających”, ze względu na głębokość [oprac. autorki wg Chrisa Jaffe]	101
Rys. 72. Położenie sceny w salach o układzie: a) pudełkowym – scena zlokalizowana z jednej strony widowni, b) tarasowym – scena otoczona przez widownię [oprac. autorki]	108
Rys. 73. Dystrybucja dźwięku w sali o układzie winnicy – widok perspektywiczny [oprac. autorki]	110
Rys. 74. Dystrybucja dźwięku w sali o układzie winnicy – przekrój poprzeczny [oprac. autorki]	110
Rys. 75. Kierunkowość rozchodzenia się dźwięku od śpiewaka barytonowego – rozkład fal akustycznych: a) w rzucie b) w widoku z boku [oprac. wg: Barron, s. 301, fig. 9.4]	111
Rys. 76. Teoretyczny schemat układu: a) pudełkowego i b) centralnego – rzuty sal o tej samej liczbie miejsc (dla takiego samego modułu miejsca) [oprac. autorki]	114
Rys. 77. Teoretyczny bryłowy schemat układu: a) pudełkowego, b) centralnego – aksonometrie sal o tej samej liczbie miejsc (dla takiego samego modułu miejsca) [oprac. autorki]	115
Rys. 78. Wykresy widoczności – przekroje: a) sala o konfiguracji pudełkowej: A - scena, B – cz. I widowni frontowej, C – cz. II widowni frontowej, D – cz. III widowni frontowej, E – balkon, b) sala o konfiguracji winnicowej: A - scena, B – cz. I widowni frontowej, C – taras I widowni frontowej, D – taras II widowni frontowej, E – taras I widowni tylnej, F – taras II widowni tylnej [oprac. autorki]	119
Rys. 79. Zwielokrotnienie odbicia bocznego, tzw. echo trzepoczące [oprac. wg: Barron, 1993, s. 26, Fig. 2.24]	121
Rys. 80. Zanikanie poziomu dźwięków następujących po sobie w salach: a) z odpowiednim wczesnym czasem pogłosu, b) z za długim wczesnym czasem pogłosu. [oprac. wg: Barron, 1993, Figure 2.12 s. 18]	123
Rys. 81. Rzuty sal pokazujące „wymieszanie pola akustycznego” – rzuty: a) sali pudełkowej, b) sali winnicowej [oprac. autorki]	127
Rys. 82. Sala pudełkowa – droga dźwięku bezpośredniego i pierwszego odbicia [oprac. autorki]	129
Rys. 83. Sala winnicowa – droga dźwięku bezpośredniego i z pierwszego odbicia [oprac. autorki]	130
Rys. 84. Teoretyczny schemat rozchodzenia się dźwięku w sali z tarasami trapezowymi, wg L. Cremera [1986] [oprac. wg: Barron, 1993, s. 49, Fig. 3.17]	131
Rys. 85. Układ fal wychodzących ze źródła dźwięku wraz z ich odbiciem w salach: a) pudełkowej, b) winnicowej [oprac. autorki].	132
Rys. 86. Kształty tarasów, w stosunku do sceny: a) prostokreślny, wklęsły, b) łukowy wklęsły, c) prostokreślny wypukły d) łukowy wypukły [oprac. autorki]	134
Rys. 87. Typy tarasów, w stosunku do sceny: a) łukowy wklęsły, b) łukowy wypukły, c) prostokreślny wklęsły, d) prostokreślny wypukły [oprac. autorki]	134
Rys. 88. Typy konfiguracji winnicowej ukształtowane z wyodrębnionych typów tarasów (komórek), w stosunku do sceny: a) łukowych wklęsłych, b) łukowych wypukłych, c) prostokreślnych wklęsłych, d) prostokreślnych wypukłych [oprac.	

<i>autorki]</i>	134
Rys. 89. Odbicia dźwięku pokazane na rzutach różnych typów tarasów –: a) prostokreślnym wklęsłym, b) łukowym wypukłym, c) prostokreślnym wypukłym, d) łukowym ze zwielokrotnionymi wypukłościami [<i>oprac. autorki]</i>	137
Rys. 90. Rozchodzenie się dźwięku: a) we wszystkich kierunkach – od centralnego źródła: 1 – źródło, 2 – dźwięk bezpośredni, b) ograniczone ścianami sceny w sali pudełkowej: 1 – źródło, 2 – dźwięk bezpośredni, 3 – odbite fale akustyczne zapewniające dobrą słyszalność na scenie, 4 – wczesne odbicia dźwięku w kierunku widowni [<i>oprac. autorki]</i>	139
Rys. 91. Kształty scen w salach o układach centralnych tarasowych: a) sala kameralna Filharmonii w Berlinie (1 – podest dla orkiestry, 2 – podesty dla chóru), b) sala główna Filharmonii w Berlinie (1 – podest dla pianisty i drygenta, 2 – ruchome podesty dla orkiestry), c) sala w Utrechcie (1 – podest dla widowni, zamykający się w teoretycznym obrysie sceny, 2 – podest dla orkiestry) [<i>oprac. wg: a) Barron, 1993, s. 201, Fig. 6.7 (a), b) Wisniewski, 1993, s. 98, c) Auditoriums, 1990, s. 46]</i>	139
Rys. 92. Scena sali w Sapporo – scena zaprojektowana przy zastosowaniu krzywych Béziera [<i>oprac. wg: http://www.nagata.co.jp/gyoseki/posters/sapporo.pdf, 2004]</i>	140
Rys. 93. Sufit baldachimowy – zasada rozpraszania dźwięku (a – linie czarne – dźwięk padający na sufit baldachimowy, b – linie czerwone – dźwięk odbity od sufitu baldachimowego) [<i>oprac. autorki]</i>	141
Rys. 94. Kształty sufitów: a) namiotowy, b) hybrydowy, c) baldachimowy [<i>oprac. wg: a) Wisniewski 1993, s. 100, b) http://www.nagata.co.jp/gyosek/posters/sapporo.pdf, c) http://www.nagata.co.jp/news/news0312-e.htm]</i>	142
Rys. 95. Schemat charakterystyki kierunkowej dźwięku: a) teoretyczny (1 – scena, 2 – źródło dźwięku, 3 – widownia, 4 – charakterystyka kierunkowa rozchodzenia się dźwięku), b) w Filharmonii Berlińskiej (1 – źródło dźwięku, 2 – charakterystyka kierunkowa) [<i>oprac. wg: Kulowski 2007, a) s. 78, rys. 2.13 b) s. 79, rys. 2.15]</i>	144
Rys. 96. Rozwiązanie akustyczne ściany sal koncertowych w Christchurch i Wellington – aksonometria układu, b) widok balkonów [<i>oprac. wg: Barron, 1993, Fig. 4.33, s. 102]</i>	145
Rys. 97. Rozproszenie dźwięku na ścianie zaprojektowanej w Walt Disney Hall (a – linie czarne – dźwięk padający na ścianę, b – linie czerwone – dźwięk rozproszony w wyniku odbicia od ściany) [<i>oprac. autorki]</i>	146
Rys. 98. Odbicia dźwięku od panelu stanowiącego element ustroju akustycznego: a) płaskiego, b) wklęsłego, c) wypukłego (a – linie czarne – dźwięk padający na panel, b – linie czerwone – dźwięk odbity od panelu) [<i>oprac. autorki]</i>	146
Rys. 99. Roy Thompson Hall – ustroje akustyczne: 1) pierścienie akrylowe, 2) tubusy z materiałem pochłaniającym, 3) dyski, 4) dyfuzory Schroedera, 5) wyprofilowane balustrady balkonów, 6) ściany żebrowane, 7) ściany boczne przy scenie odbijające dźwięk [<i>oprac. wg: Beranek, 1996, s. 202]</i>	147
Rys. 100. Układ akustyczny na tarasach w Boettcher: 1) wiszący ustrój akustyczny, 2) siedziska z oparciami odbijającymi dźwięk, 3) stożki zawieszone na frontach balkonów [<i>fot. z prywatnych zbiorów Chrisa Jaffe]</i>	148
Rys. 101. Filarmonia w Opolu (A. Grudziński, 1957) – klasyczne ukształtowanie wnętrza [<i>fot. autorka]</i>	151
Rys. 102. Filarmonia w Berlinie (H. Scharoun, 1963) – ekspresyjne	

uksztaltowanie wnętrza [fot. autorka]	151
Rys. 103. Filarmonia w Opolu (A. Grudziński, 1957) – widok wewnątrz [fot. autorka]	153
Rys. 104. Zestawienie dróg ewakuacji: a) w sali pudełkowej, b) w sali winnicowej [oprac. autorki]	154
Rys. 105. Schemat interakcji między muzykami i publicznością oraz pomiędzy słuchaczami: a) w sali pudełkowej – układ szeregowy (1 – muzyk, 2 – słuchacz, a – linie czerwone – interakcja bliska bezpośrednia, b – linie zielone – interakcja dalsza bezpośrednia c – linie niebieskie – interakcja pośrednia), b) w sali centralnej tarasowej – układ okręgu (1 – muzyk, 2 – słuchacz, a – linie czerwone – interakcja bliska bezpośrednia, b – linie zielone – interakcja dalsza bezpośrednia c – linie niebieskie – interakcja pośrednia) [oprac. autorki]	156
Rys. 106. Plan Forum Kultury: 1. Filarmonia Berlińska, 2. Sala Kameralna, 3. "Geplant" Centrum Audio-Wizualne 4. "Staatliches Institut für Musikforschung Musikinstrumenten Museum " [Oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 150]	166
Rys. 107. Filarmonia w Berlinie – widok z lotu ptaka [fot. autorka]	167
Rys. 108. Filarmonia w Berlinie - elewacja [fot. Elżbieta Trocka-Leszczyńska]	167
Rys. 109. Filarmonia w Berlinie: a) foyer sali głównej z witrażem, b) klatki schodowe [fot. autorka]	168
Rys. 110. Filarmonia w Berlinie (H. Scharoun, 1963) – sala główna, przekrój [oprac. wg Wisniewski 1993, s. 100]	169
Rys. 111. Filarmonia w Berlinie (H. Scharoun, 1963) – sala główna, rzut [oprac. wg Wisniewski, 1993, s. 99]	169
Rys. 112. Filarmonia Berlińska – widok na widownię tylną i boczną [fot. autorka]	170
Rys. 113. Filarmonia w Berlinie – widok sceny [fot. autorka]	170
Rys. 114. Sala główna Filharmonii Berlińskiej – widok tarasów widowni frontowej i bocznej [fot. autorka]	171
Rys. 115. Sala główna Filharmonii Berlińskiej – fragment sufitu [fot. autorka]	171
Rys. 116. Sala główna Filharmonii Berlińskiej – tarasy [oprac. wg: http://www.andreas-praefcke.de/carthalia/germany/berlin_philharmonie.htm , 2006]	172
Rys. 117. Filarmonia w Berlinie – ustroje akustyczne: a) wiszący, b) tzw. „dziób” [fot. autorka]	172
Rys. 118. Filarmonia w Berlinie – widok na prospekt organowy [fot. autorka]	172
Rys. 119. Symbol powielonego pięciokąta: a) w formie lampy w holu głównym, b) na suficie sali głównej. [a) fot. autorka, b) oprac. wg Wisniewski, 1993, s. 4]	173
Rys. 120. Lokalizacja Roy Thomson Hall: 1. Roy Thomson Hall, 2. Spadina Ave, 3. Gardiner Expy 4. Yonge St	174
Rys. 121. Roy Thomson Hall: a) i b) elewacje [a) http://www.bbcana.com/771.html?showpage=3 , 2008,	174
Rys. 122. Roy Thomson Hall (A. Ericson, 1972) – przekrój [Lord, Templeton, 1986, s. 199]	175
Rys. 123. Roy Thomson Hall (A. Ericson, 1972) – rzut poziomu balkonów [Lord, Templeton, 1986, s. 201]	175
Rys. 124. Roy Thomson Hall – trzy perspektywy wnętrza z nowym ustrojem akustycznym. [http://www.kpmb.com/images/up_images/up-RTH1.jpg , 2008]	176
Rys. 125. Roy Thomson Hall – oryginalny ustrój akustyczny [Wisniewski 1993, s. 230]	177
Rys. 126. Christchurch Town Hall – lokalizacja, 1. Christchurch Town Hall, 2.	

Colombo Street, 3. Kilmore Street [Oprac. wg: http://www.christchurch.org.nz/Maps/CityCentre.asp , 2007]	178
Rys. 127. Christchurch Town Hall w zespole: 1. – James Hay Theatre, 2. – Christchurch Town Hall for Performing Arts [oprac. wg: http://www.convention.co.nz/town_hall_for_performing_arts/floor_plan , 2007]	178
Rys. 128. Christchurch Town Hall – przekrój [Barron, 2007, s. 100]	179
Rys. 129. Christchurch Town Hall – rzut [Barron, 2007, s. 100]	179
Rys. 130. Christchurch Town Hall – widok widowni [http://www.nzorgan.com , 2008]	180
Rys. 131. Christchurch Town Hall – widok sceny [http://www.convention.co.nz/town_hall_for_performing_arts/venue_overview , 2007]	180
Rys. 132. Sydney Opera House – lokalizacja: 1. Sydney Opera House – Bennelong Point, 2. The Rocks, 3. Royal Botanic Garden, 4. Circular Quay. [oprac. wg: http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/customshouse/visiting/gettingthere.html , 2007]	181
Rys. 133. Sydney Opera House: a) i b) elewacje zespołu [fot. Maria Wójtowicz]	181
Rys. 134. Sydney Opera House (J. Utzon, 1973) – przekrój [Beranek, 1996, s. 175]	182
Rys. 135. Sydney Opera House (J. Utzon, 1973) – rzut [oprac. wg: Beranek, 1996, s. 175]	182
Rys. 136. Sydney Opera House – widok wnętrza [http://adamdoesaustralia.blogspot.com/2007_05_01_archive.html , 2008]	183
Rys. 137. Boettcher Concert Hall : a) lokalizacja, 1. Boettcher Concert Hall, 2. Speer Blvd., 3. Champa Str., 4. W. Colfax Ave., b) sytuacja: 1. Boettcher Concert Hall, [Oprac. wg: http://denverinfill.com/lower_downtown.htm , 2008]	184
Rys. 138. Boettcher Concert Hall – elewacja [http://www.cdironworks.com/structure/struct1.htm , 2008]	184
Rys. 139. Boettcher Concert Hall: a) model wnętrza sali, b) rzut [Wisniewski, 1993, s. 221]	185
Rys. 140. Boettcher Concert Hall: a) i c) scena w otoczeniu widowni, b) widok sceny [http://www.fda-online.com/pdfs/boettcher.pdf , 2008]	185
Rys. 141. Boettcher Concert Hall – ustrój akustyczny nad sceną [fot. ze zbiorów Chrise Jaffe]	186
Rys. 142. Boettcher Concert Hall – widok sali [http://www.denverpost.com/news/ci_11201169 , 2009]	186
Rys. 143. Sala Nezahualcoyotl – lokalizacja: 1. Sala Nezahualcoyotl, 2. Uniwersyteckie Centrum Kultury, 3. Biblioteka Narodowa [Oprac. wg: http://www.superpages.com/cities/mtg/45361/ , 2006]	187
Rys. 144. Sala Nezahualcoyotl (Orso, Nunez, Ruiz-Velasco, 1978) – przekrój [ze zbiorów Chrise Jaffe]	188
Rys. 145. Sala Nezahualcoyotl (Orso, Nunez, Ruiz-Velasco, 1978) – rzut [ze zbiorów Chrise Jaffe]	188
Rys. 146. Sala Nezahualcoyotl – przekrój [ze zbiorów Chrise Jaffe, 2007]	189
Rys. 147. Sala Nezahualcoyotl – widok sceny [http://www.skyscraperlife.com/city-versus-city/14623-universidades-ciudad-universitaria-unam-vs-u-de-buenos-aires-2.html , 2009]	190
Rys. 148. Music Centre Vredenburg – lokalizacja: 1. Music Centre Vredenburg, 2. Vredenburgpassage, 3. Catharijnebaan, 4. Lange Viestraat [oprac. wg:	

<i>Googleearth, http://earth.google.com/intl/pl/index.html, 2009]</i>	191
Rys. 149. Music Centre Vredenburg – elewacja <i>[http://eng.archinform.net/projekte/1479.htm, 2009]</i>	191
Rys. 150. Music Centre Vredenburg (H. Hertzberg, 1979) – przekrój <i>[Lord, Templeton, 1986, s. 151]</i>	192
Rys. 151. Music Centre Vredenburg, (H. Hertzberg, 1979): a) rzut, b) widok wnętrza <i>[a) Lord, Templeton, 1986, s. 153, fig. 4.49]</i>	192
Rys. 152. Music Centre Vredenburg – widok wnętrza <i>[Lord, Templeton, 1986, s. 151]</i>	193
Rys. 153. Music Centre Vredenburg – widok sali <i>[http://rateyourmusic.com/venue/vredenburg, 2009]</i>	193
Rys. 154. Leipzig Gewandhaus – lokalizacja: 1. Leipzig Gewandhaus, 2. Augustusplatz, 3. Goethestrasse, 4. Georginig <i>[oprac. wg: GoogleEarth, http://earth.google.com/intl/pl/index.html, 2009]</i>	194
Rys. 155. Leipzig Gewandhaus: a) i b) elewacje <i>[a) http://www.ostrei.de/pageID_4654327.html, 2008, b) http://www.bitctrl.de/leipzig/musik/neues_gewandhaus.html, 2009]</i>	194
Rys. 156. Leipzig Gewandhaus – przekrój <i>[oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 232]</i>	195
Rys. 157. Leipzig Gewandhaus (E. Goschel, H. Siegel, V. Sieg, R. Skoda, W. Sziegoleit, 1981) – rzut <i>[oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 232]</i>	195
Rys. 158. Leipzig Gewandhaus – widok wnętrza <i>[http://www.gewandhaus.de, 2008]</i>	196
Rys. 159. Leipzig Gewandhaus – widok sceny <i>[http://www.sights-and-culture.com/Germany/Leipzig-Gewandhaus-concerthall-0257.jpg, 2008]</i>	196
Rys. 160. Leipzig Gewandhaus – widok prospektu organowego <i>[oprac. wg: http://www.gewandhaus.de, 2008]</i>	197
Rys. 161. St. David's Hall – lokalizacja: 1. St. David's Hall, 2. Working Street, 3. Hills Street, 4. Queen Arcade Center, 5. St David's Center, <i>[oprac. wg: http://www.cardiffwalesmap.com/StDavidsHall.htm, 2008]</i>	198
Rys. 162. St. David's Hall – elewacja <i>[a) http://en.wikipedia.org/wiki/St_David's_Hall, 2008 b) http://www.stayinwales.co.uk/wales_picture.cfm?p=1727, 2008]</i>	198
Rys. 163. St. David's Hall – przekrój <i>[oprac. wg: Beranek, 1996, s. 287]</i>	199
Rys. 164. St. David's Hall (Seymour Harris Partnership, 1982) – rzut <i>[oprac. wg: Beranek, 1996, s. 286]</i>	199
Rys. 165. St. David's Hall – widok wnętrza <i>[http://hintofsarcasm.com/2006/01/, 2008]</i>	200
Rys. 166. St. David's Hall – widok sceny <i>[http://acoustics.hanyang.ac.kr, 2008]</i>	200
Rys. 167. St. David's Hall – układ tarasów <i>[http://acoustics.hanyang.ac.kr, 2008]</i>	201
Rys. 168. St. David's Hall – widok sufitu <i>[http://acoustics.hanyang.ac.kr, 2008]</i>	201
Rys. 169. Michael Fowler Centre – lokalizacja: 1. Michael Fowler Center, 2. Wakefield Street, 3. Jervois Quay, 4. Victoria <i>[oprac. wg: http://www.wellingtonconventioncentre.com/about-us/location/location-map.html, 2008]</i>	202
Rys. 170. Michael Fowler Center – elewacja <i>[http://www.dayout.co.nz/public-files/pictures/34760.jpg, 2008]</i>	202
Rys. 171. Michael Fowler Centre (M. Warren, M. Mahoney, 1972) – przekrój podłużny <i>[http://www.venueweb.co.nz/wcc_mfc/aud/mfc_aud.htm, 2007]</i>	203
Rys. 172. Michael Flower Centre, Wellington (M. Warren, M. Mahoney, 1972) – rzut <i>[http://www.venueweb.co.nz/wcc_mfc/aud/mfc_aud.htm, 2007]</i>	203

Rys. 173. Michael Fowler Centre – wnętrze [http://www.wellingtonconventioncentre.com/gallery/mfcc , 2008]	204
Rys. 174. Michael Fowler Centre – widok widowni [http://www.wellingtonconventioncentre.com/gallery/mfcc , 2008]	204
Rys. 175. Michael Fowler Centre – przekrój poprzeczny [http://www.venueweb.co.nz/wcc_mfc/aud/mfc_aud.htm , 2007]	204
Rys. 176. Suntory Hall Tokyo – lokalizacja: 1. Suntory Hall Tokyo, 2. Ark Hotel, 3. Ana Hotel, 4. Roppongi, 5. Roppongi Dori (Ave.) [http://www.suntory.com/culture-sports/suntoryhall/location/index.html , 2008]	205
Rys. 177. Suntory Hall Tokyo – elewacja [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/0/0f/Suntory_Hall_Outside.jpg , 2007]	205
Rys. 178. Suntory Hall Tokyo – rzut [oprac. wg Wisniewski, 1993, s. 231]	206
Rys. 179. Suntory Hall Tokyo – widok sceny [http://www.suntory.com/culture-sports/suntoryhall/facilities/index.html#here, 2008]	206
Rys. 180. Suntory Hall Tokyo – widok tarasu tylnego i bocznego [http://gaijinbash.blogspot.com/2007/03/israel-philharmonic-orchestra.html , 2009]	207
Rys. 181. Suntory Hall Tokyo – widok tarasów [http://acoustics.hanyang.ac.kr/, 2008]	207
Rys. 182. Suntory Hall Tokyo – widok sufitu i tarasów tylnych [http://acoustics.hanyang.ac.kr/, 2008]	208
Rys. 183. Suntory Hall Tokyo – widok prospektu organowego [http://acoustics.hanyang.ac.kr/, 2008]	208
Rys. 184. Plan Forum Kultury: 1. Filharmonia Berlińska, 2. Sala Kameralna, 3. „Geplant” Centrum Audio -Wizualne 4. „Staatliches Institut für Musikforschung Musikinstrumenten Museum” [oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 150]	209
Rys. 185. Sala Kameralna Filharmonii Berlińskiej – fragment tylnej elewacji [fot. autorka]	209
Rys. 186. Sala kameralna Filharmonii Berlińskiej (E. Wisniewski, 1987) – przekrój [oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 192]	210
Rys. 187. Sala kameralna Filharmonii Berlińskiej (E. Wisniewski, 1987) – rzut [a] [oprac. wg: Wisniewski, 1993, s. 168]	210
Rys. 188. Sala kameralna Filharmonii Berlińskiej: a) widok wnętrza, b) reżyserka dźwięku [fot. autorka]	211
Rys. 189. Sala kameralna Filharmonii Berlińskiej – widok sceny [fot. autorka]	211
Rys. 190. Sala kameralna Filharmonii Berlińskiej – tarasy boczny i tylny [fot. autorka]	212
Rys. 191. Sala kameralna Filharmonii Berlińskiej – ustroje nad sceną [fot. Małgorzata Czapińska]	212
Rys. 192. Glasgow Royal Concert Hall – lokalizacja: 1. Glasgow Royal Concert Hall, 2. Queen Street Station, 3. Sauchiehall Street, 4. Kilmont Street, 5. West New Street, 6. Renfield Street [oprac. wg: http://www.grch.com/grch/index.cfm?&pid=104 , 2008]	213
Rys. 193. Glasgow Royal Concert Hall – elewacje: a) zamykająca ciąg, b) od strony ulicy Sauchiehall Street [fot. autorka]	213
Rys. 194. Glasgow Royal Concert Hall – przekrój [oprac. wg: Beranek, 1996, s. 297]	214
Rys. 195. Glasgow Royal Concert Hall – rzut [oprac. wg: Beranek, 1996, s. 297]	214
Rys. 196. Glasgow Royal Concert Hall: a) i b) wnętrze sali [fot. autorka]	215
Rys. 197. Glasgow Royal Concert Hall – a) i b) widownia tylna i boczna [fot.	

<i>autorka]</i>	215
Rys. 198. Glasgow Royal Concert Hall – scena [<i>fot. autorka]</i>	216
Rys. 199. Glasgow Royal Concert Hall – ustroje akustyczne: a) nad widownią tylną, b) nad sceną [<i>fot. autorka]</i>	216
Rys. 200. Sapporo Concert Hall „Kitara” – lokalizacja: 1. Sapporo Concert Hall, 2. Hokkaido-Museum of Literature, 3. Hoheikan, 4. Kamo kamo River [<i>Oprac. wg: http://www.kitara-sapporo.or.jp/contents/english/access.html, 2008]</i>	217
Rys. 201. Sapporo Concert Hall „Kitara” – elewacja [<i>http://en.wikipedia.org/wiki/File:Kitara.jpg, 2009]</i>	217
Rys. 202. Sapporo Concert Hall „Kitara” (Hokkaido Engineering Consultants, 1997) – przekrój, [<i>a) oprac. wg: http://www.nagata.co.jp/gyosek/posters/sapporo.pdf, 2006]</i>	218
Rys. 203. Sapporo Concert Hall „Kitara” (Hokkaido Engineering Consultants, 1997) – rzut, [<i>oprac. wg: http://www.nagata.co.jp/gyosek/posters/sapporo.pdf, 2006]</i>	218
Rys. 204. Sapporo Concert Hall „Kitara” – widownia [<i>http://www.nagata.co.jp/gyosek/posters/sapporo.pdf, 2006]</i>	219
Rys. 205. Sapporo Concert Hall „Kitara” – widownia [<i>http://www.nagata.co.jp/gyosek/posters/sapporo.pdf, 2006]</i>	219
Rys. 206. Sapporo Concert Hall „Kitara” – lokalizacja [<i>http://www.nagata.co.jp/gyosek/posters/sapporo.pdf, 2006]</i>	220
Rys. 207. Sapporo Concert Hall „Kitara” – lokalizacja organów w przekroju poprzecznym [<i>Oprac. wg.: http://www.nagata.co.jp/gyosek/posters/sapporo.pdf, 2006]</i>	220
Rys. 208. Niigata City Performing Arts Center „Ryutopia”: a) lokalizacja, 1. Niigata City Performing Arts, 2. Droga 164, 3. Niigata 1988, b) aksonometria [<i>oprac. wg: a) http://earth.google.com/intl/pl/index.html, 2009 b), http://www.hecarfoundation.org/itsukohasegawa.html, 2008]</i>	221
Rys. 209. Niigata City Performing Arts Center „Ryutopia” – elewacja [<i>http://www.flickr.com/photos/9160678@N06/sets/72157601028333958, 2008/]</i>	221
Rys. 210. Niigata City Performing Arts Center „Ryutopia” (Tsuko Hasegawa Atelier, 1998): a) rzut, b) przekrój [<i>oprac. wg: a) Jodidio, 1999, s. 208, b) oprac. wg: http://www.architectureweek.com/2001/0613/design_1-2.html, 2009]</i>	222
Rys. 211. Niigata City Performing Arts Center „Ryutopia” – widok wnętrza	222
Rys. 212. Niigata City Performing Arts Center „Ryutopia” – organy	223
Rys. 213. Walt Disney Hall – lokalizacja: 1. Walt Disney Hall, 2. Redcat, 3. S Hope Street 4. 1st Street, 5. Dorothy Chandler Pavillion, 6. 2nd Street [<i>oprac. wg: http://www.laphil.com/visit/visit_parking.cfm, 2007]</i>	224
Rys. 214. Walt Disney Hall – elewacja [<i>http://www.audioease.com/Pages/Press/DisneyHall.html, 2008]</i>	224
Rys. 215. Walt Disney Hall – rzut [<i>oprac. wg Beranek, 2007, s. 16]</i>	225
Rys. 216. Walt Disney Hall – scena [<i>http://en.wikipedia.org/wiki/Image:WD_concert_hall_stage.jpg, 2008]</i>	226
Rys. 217. Walt Disney Hall – organy [<i>http://www.die-orgelseite.de/dis/USA_LosAngeles_DisneyConcertHall.htm, 2008]</i>	226
Rys. 218. Muza Kawasaki – lokalizacja: 1. Muza Kawasaki Tower Central Tower, 2. Lazona Kawasaki Plaza 3. JR Kawasaki Station [<i>oprac. wg: http://www.nedo.go.jp/english/introducing/kawasaki.html, 2008]</i>	227
Rys. 219. Muza Kawasaki – lokalizacja [<i>http://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%94%BB%E5%83%8F:Muza.jpg, 2008]</i>	227

Rys. 220. Muza Kawasaki – wnętrze [http://tokyo-concert.blogspot.com/2007/12/muza-kawasaki-symphony-hall.html , 2009]	228
Rys. 221. Muza Kawasaki – scena [http://www.john-robert-brown.com/muza-kawasaki-symphony-hall.htm , 2008]	229
Rys. 222. Muza Kawasaki – tarasy [http://www.nagata.co.jp/news/news0509-e.htm , 2008]	229
Rys. 223. Muza Kawasaki – widok sceny z organami [http://scottshaw.wordpress.com/category/organ-%E3%82%AA%E3%83%AB%E3%82%AC%E3%83%B3%E9%96%A2%E4%BF%82/ , 2009]	230
Rys. 224. Shanghai Oriental Art Center – lokalizacja: 1. Shanghai Oriental Art Center, 2. Shi Ji Avenue, 3. Weifang Lu, 4. Zhangyang Lu [oprac. wg: http://earth.google.com/intl/pl/index.html , 2009]	231
Rys. 225. Shanghai Oriental Art Center – elewacja [http://www.e-architect.co.uk/shanghai/oriental_art_center_shanghai.htm , 2008]	231
Rys. 226. Shanghai Oriental Art Center – przestrzenie publiczne	232
Rys. 227. Shanghai Oriental Art Center – rzut [http://www.e-architect.co.uk/shanghai/oriental_art_center_shanghai.htm , 2008]	232
Rys. 228. Shanghai Oriental Art Center – wnętrze [http://www.e-architect.co.uk/shanghai/shanghai_oriental_art_centre.htm , 2008]	233
Rys. 229. Shanghai Oriental Art Center – układ sufitu [http://acoustics.hanyang.ac.kr/ , 2008]	233
Rys. 230. Atlanta Symphony Center – lokalizacja: 1. Atlanta Symphony Center , 2. 14th St NE, 13th St NE, Peachtree St NE, W Peachtree St NW [oprac. wg: http://maps.google.com/maps , 2008]	234
Rys. 231. Atlanta Symphony Center – elewacja [http://www.atlantasympphony.org/symphonycenter/default.aspx , 2008]	235
Rys. 232. Atlanta Symphony Center - wnętrze [http://www.atlantasympphony.org/symphonycenter/thedesign/concerthall.aspx , 2008]	235
Rys. 233. Atlanta Symphony Center – widownia [http://www.atlantasympphony.org/symphonycenter/images/chamber02.aspx , 2008]	235
Rys. 234. Atlanta Symphony Center – model obiektu [http://www.arcspace.com/architects/calatrava/atlanta/atlanta.html , 2009]	236
Rys. 235. DR Koncerthuset w Kopenhadze – lokalizacja: 1. Sala Koncertowa w Kopenhadze, 2. Amagerfeelledvej, 3. Tietgenkollegiet [oprac. wg: http://earth.google.com/intl/pl/index.html , 2009]	237
Rys. 236. DR Koncerthuset w Kopenhadze – elewacja w trakcie realizacji [http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=650747 , 2008]	237
Rys. 237. DR Koncerthuset w Kopenhadze (J. Nouvel, w realizacji): a) rzut, b) przekrój poprzeczny – schematy [oprac. wg: http://www.bicau.ro/static/uauim/noulbicau_files/concerthallpresentation.pdf , 2008]	238
Rys. 238. DR Koncerthuset w Kopenhadze – wizualizacja wnętrza [http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=650747 , 2008]	238
Rys. 239. DR Koncerthuset w Kopenhadze – wizualizacja wnętrza [http://www.magle.dk/music-forums/8368-large-symphonic-work-first.html , 2009]	239
Rys. 240. DR Koncerthuset w Kopenhadze – wizualizacja sceny [http://www.bicau.ro/static/uauim/noulbicau_files/concerthallpresentation.pdf , 2008]	

2008]	239
Rys. 241. Elbphilharmonie w Hamburgu – lokalizacja: 1. Elbphilharmonie, 2. Am Dalmannkai, 3. Grosser Grasbrook, 4. Am Kaiserkai [oprac. wg: http://mapy.google.pl , 2009]	240
Rys. 242. Elbphilharmonie w Hamburgu – elewacja [http://www.elbphilharmonie.de, 2008]	240
Rys. 243. Elbphilharmonie w Hamburgu – foyer [http://www.elbphilharmonie.de, 2008]	241
Rys. 244. Elbphilharmonie w Hamburgu – wnętrze [http://www.designbuild-network.com/projects/elbe-philharmonic/elbe-philharmonic5.html, 2008]	241
Rys. 245. Filharmonia w Paryżu – lokalizacja: 1. Parc de la Villette, 2. Zenith, 3. Canal de l'Ourcq, 4. Place du Charolais, 5. la Villette, 6. Grande Halle, 7. Place de la Fontaine aux Lions [oprac. wg: http://www.beyond.fr/map/m2villette.html , 2008]	242
Rys. 246. Filharmonia w Paryżu – wizualizacja elewacji [http://www.designbuildnetwork.com/projects/philharmonieparis/philharmonieparis2.html, 2008]	242
Rys. 247. Filharmonia w Paryżu – wnętrze [Bayle, L., 2008]	243
Rys. 248. Filharmonia w Paryżu – wnętrze [http://www.nytimes.com/2007/04/14/arts/design/14hall.html, 2008]	243
Rys. 249. Filharmonia w Paryżu – ustroje nad audytorium [http://www.designbuildnetwork.com/projects/philharmonieparis/philharmonieparis3.html, 2008]	244
Rys. 250. Filharmonia w Paryżu – model obiektu [http://www.artscape.fr/jean-nouvel-gagne-le-projet-de-construction-de-la-philharmonie-de-paris/, 2009]	244
Rys. 251. Filharmonia w Łodzi – lokalizacja: 1. Filharmonia w Łodzi, 2. ul. Narutowicza, 3. ul. Wschodnia, 4. ul. Sienkiewicza [oprac. wg: http://mapy.google.pl/ , 2008]	245
Rys. 252. Filharmonia w Łodzi – elewacja [fot. autorka]	246
Rys. 253. Filharmonia w Łodzi – hol: a) widok z balkonów, b) widok na balkony [fot. autorka]	246
Rys. 254. Filharmonia w Łodzi – a) garderoba b) korytarz przy garderobach [fot. autorka]	247
Rys. 255. Filharmonia w Łodzi – przekrój [oprac. wg: Kraus, 2006, s. 126]	248
Rys. 256. Filharmonia w Łodzi – rzut sali [oprac. wg: Kraus, 2006 s. 115]	248
Rys. 257. Filharmonia w Łodzi – wnętrze sali [fot. autorka]	248
Rys. 258. Filharmonia w Łodzi – fragment widowni [fot. autorka]	249
Rys. 259. Filharmonia w Łodzi – sufit nad balkonami [fot. autorka]	249
Rys. 260. Filharmonia w Łodzi – fragment konstrukcji szklanego dachu [fot. autorka]	250
Rys. 261. Filharmonia w Rzeszowie – lokalizacja: 1. Filharmonia w Rzeszowie, 2. PCK, 3. ul. Chopina, 4. ul. Słowackiego, 5. Plac Grotkowskiego, 6. ul. Słoneczna [oprac. wg: http://mapy.google.pl/ , 2008]	251
Rys. 262. Filharmonia w Rzeszowie – elewacje [http://www.filharmonia.rzeszow.pl/pl/historia_filharmonii, 2008]	251
Rys. 263. Filharmonia w Rzeszowie – elewacje [http://www.e-teatr.pl/pl/artykuly/42879.html, 2009]	252
Rys. 264. Filharmonia w Rzeszowie – schemat rzutu [oprac. wg: http://www.filharmonie.pl/filharmonia-w-rzeszowie , 2008]	253
Rys. 265. Filharmonia w Rzeszowie – fragment sceny	

<i>[http://rzeszowzaprasza.pl/1388, imprezy.html, 2009]</i>	253
Rys. 266. Filharmonia w Opolu – lokalizacja, 1. Filharmonia w Opolu, 2. Rynek, 3. ul. Koraszewskiego, 4. ul. Krakowska, 5. Plac Wolności, 6. ul. Zamkowa, 7. rzeka Młynówka <i>[oprac. wg: http://www.zumi.pl, 2008]</i>	254
Rys. 267. Filharmonia w Opolu – elewacja <i>[Fot. autorki]</i>	254
Rys. 268. Filharmonia w Opolu – foyer <i>[Fot. autorki]</i>	255
Rys. 269. Filharmonia w Opolu – przekrój <i>[oprac. wg: Więckowska – Kosmala E., Czechowska M., 2005]</i>	255
Rys. 270. Filharmonia w Opolu – rzut <i>[oprac. wg: Więckowska – Kosmala E., Czechowska M., 2005]</i>	256
Rys. 271. Filharmonia w Opolu – widok wnętrza <i>[fot. autorka]</i>	256
Rys. 272. Filharmonia w Opolu – widok sceny <i>[fot. autorka]</i>	257
Rys. 273. Filharmonia w Opolu – ukształtowanie sufitu <i>[fot. autorka]</i>	257
Rys. 274. Filharmonia w Opolu – „grille” akustyczne: a) boczna ściana przylegająca do sceny, b) tylna ściana zamykająca scenę <i>[fot. autorka]</i>	258
Rys. 275. Filharmonia w Opolu – prospekt organowy <i>[fot. autorka]</i>	258
Rys. 276. Filharmonia w Poznaniu (Aula Uniwersytecka) – lokalizacja, 1. Aula Uniwersytecka, 2. Plac Mickiewicza, 3. Św. Marcin, 4. ul. Wieniawskiego, 5. ul. Niepodległości, <i>[oprac. wg: http://www.zumi.pl/namapie.html?qt=&loc=wieniawskiego1+%2CPozna%F1&Submit=Szukaj&cId=&sId=&x=</i>	259
Rys. 277. Uniwersytet w Poznaniu – elewacja <i>[fot. autorka]</i>	259
Rys. 278. Uniwersytet w Poznaniu – wnętrze auli <i>[fot. autorka]</i>	260
Rys. 279. Uniwersytet w Poznaniu – scena auli <i>[fot. autorka]</i>	260
Rys. 280. Uniwersytet w Poznaniu – prospekt organowy w auli <i>[fot. autorka]</i>	261

9.1 Spis tabel i ich źródeł

Tab. 1. Zmiany cech sal centralnych tarasowych <i>[oprac. autorki]</i> .	102
Tab. 2. Porównanie czasu pogłosu sal o widowni liczącej od 1600 do 2800 osób <i>[oprac. autorki]</i>	113
Tab. 3. Liczba miejsc w salach pudełkowych <i>[oprac. autorki]</i>	116
Tab. 4. Liczba miejsc w salach centralnych tarasowych <i>[oprac. autorki]</i>	117
Tab. 5. Układ odbić w analizowanych typach (rys. 84) konfiguracji winnicowej <i>[oprac. autorki]</i>	135
Tab. 6. Lokalizowanie sal o konfiguracji winnicy ze względu na liczebność miast <i>[oprac. autorki]</i>	158
Tab. 7. Sale o układzie centralnym tarasowym w latach 1963 - 2003 <i>[oprac. autorki]</i>	159
Tab. 8. Sale o układzie centralnym tarasowym w latach 2004 - 2009 <i>[oprac. autorki]</i>	161
Tab. 9. Schemat tabeli katalogowej <i>[oprac. autorki]</i> :	165

9.2. Skróty użyte w pracy

(b.d.) – brak daty

(b.m.) – brak miejsca

(b.nr.) – brak numeru

CSTB - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

L. miejsc – liczba miejsc (katalog)

MIT - Massachusetts Institute of Technology

P. architektoniczny – projekt architektoniczny

P. akustyczny – projekt akustyczny

PKP – Polskie Koleje Państwowe

PKS – Polska Komunikacja Samochodowa

QDR – dyfuzory pasmowe, dyfuzory Schroedera (od nazwiska wynalazcy) z ang.

Quadratic Residue Diffusers