

## WYBÓR SYSTEMU NAGŁOŚNIENIA POMIESZCZEŃ SAKRALNYCH

**Adam Rosiński**

Akademia Sztuk Pięknych  
Gdańsk

### Wstęp

Od wielu stuleci akustyka obiektów sakralnych odgrywa znaczącą rolę w jakości odbioru treści przekazywanych wiernym przez kapłana. Wznoszenie pierwszych budowli świątynnych ukazało, że kościoły muszą charakteryzować się specyficznymi parametrami akustycznymi, które zależne są od wielu czynników, w tym między innymi: kształtu architektonicznego, wyposażenia oraz materiału budowlanego, z jakiego zostało zbudowane samo pomieszczenie.

Prawidła rozchodzenia się dźwięku, czyli podstawy akustyki, były znane konstruktorom od bardzo dawna. Stąd też przez wiele wieków obiekty sakralne funkcjonowały bez żadnego nagłośnienia. Dopiero w połowie XX wieku do przestrzeni liturgicznej wprowadzono różnorodne systemy elektroakustyczne, co wskazuje na fakt, że urządzenia nagłaśniające są elementem wspomagającym akustykę wcześniej niespotykanym w kościołach.

Jedną z funkcji pomieszczeń liturgicznych jest zapewnienie komunikatywności słowa mówionego oraz śpiewanego, lecz często monumentalne, wspaniale zdobione świątynie, choć oszałamiają wizualnie, nie mają dobrej akustyki. Architekci koncentrują się przeważnie na wyglądzie zewnętrznym świątyni, dbając przede wszystkim o efekt wizualny, dlatego są nieprzychylnie nastawieni do konsultowania projektu architektonicznego z akustykiem, stąd też dość powszechnie występują błędy w projektach architektonicznych dzisiejszych

kościółów. W związku z tym współcześnie wznoszone kościoły sporadycznie są weryfikowane pod względem akustyki pomieszczenia<sup>1</sup>.

Ze szczególnym problemem występowania anomalii akustycznych borykamy się w przypadku świątyń o dużej kubaturze, charakteryzujących się długim czasem pogłosu. Dodatkowo negatywnie mogą wpływać na akustykę materiały i tworzywa, z jakich są wykonane ściany, sufit, strop, podłoga, duże płaskie ściany bez adaptacji akustycznej, które w znacznym stopniu odbijają dźwięk, a także złe umieszczenie arkad, zdobień, balkonów oraz gzymsów, rozrzeźbienia lub brak rozrzeźbień.

Drugim zagadnieniem jest wzrost poziomu hałasu wokół domu modlitwy. Często powodami takiego stanu rzeczy są: ruchliwe ulice, bliskość tramwajów lub innych źródeł zaburzających naturalny porządek akustyczny. Niegdyś miejsca w pobliżu świątyni były bardzo ciche, ponieważ często w pobliżu kościoła znajdował się cmentarz, dlatego też wierni mogli koncentrować się wyłącznie na modlitwie. Obecnie nawet dobre akustyczne wnętrza pomieszczeń sakralnych są bombardowane dźwiękami dochodzącymi z zewnątrz. Duży nacisk należy położyć na zewnętrzną ochronę akustyczną kościoła, biorąc pod uwagę izolacyjność akustyczną od dźwięków uderzeniowych i powietrznych<sup>2</sup>.

Nowoczesne konstrukcje budowane są na planie różnego rodzaju elips. Kształty te nie służą akustyce. Istniejące świątynie przeważnie są wysokie i długie; budowane na planie krzyża bądź innych figur geometrycznych, które również mogą niekorzystnie rzutować na akustykę wewnątrz budynku<sup>3</sup>.

„W odróżnieniu od kościołów historycznych kościół współczesny to przede wszystkim bryła jednoprzestrzenna, zalecana w przepisach dotyczących budownictwa sakralnego. Dominującym elementem jest najczęściej dach, a jego konstrukcja często stanowi szkielet całej bryły. Efekty działania przestrzennego wynikają z ukształtowania połaci dachowych oraz zasad oświetlenia. Wnętrze jednoprzestrzenne jest jednak rozwiązaniem dyskusyjnym i to nie tylko z punktu widzenia akustyki. Z jednej strony zapewnia postulowaną w zaleceniach przestrzeń integrującą wiernych oraz pozwala na ich stały kontakt ze sferą eucharystyczną,

---

<sup>1</sup> A. Kulowski, D. Wróblewska, *Czynniki akustyki w architektonicznym projektowaniu kościołów*, Gdańsk 2007, s. 13–14.

<sup>2</sup> J. Sadowski, *Akustyka w urbanistyce, architekturze i budownictwie*, Warszawa 1971, s. 178–188.

<sup>3</sup> Z. Engel, K. Kosala, *Globalny wskaźnik oceny jakości akustycznej obiektów sakralnych*, LI Otwarte Seminarium z Akustyki OSA'04, Gdańsk 2004, s. 311.

jednak z drugiej pozbawia wnętrza intymności. Kaplice zatracają swoją pierwotną odrębność, a ich przestrzeń zostaje zaznaczona w sposób symboliczny często trudny do odczytania<sup>4</sup>. Taki bowiem układ może uniemożliwić zaprojektowanie Sanktuarium Maryjnego oraz warunków do skupienia wewnętrznego, do modlitw indywidualnych przed tabernakulum itp. Nie wolno zapominać, że indywidualny rozwój wewnętrzny stanowi podstawę wspólnoty<sup>5</sup>.

Należy również zwrócić uwagę na świątynie, które wybudowano wieki temu. Zwykle w tym przypadku stopień złożoności wnętrza pomieszczenia sakralnego jest na tyle duży, że wpływa on pozytywnie na akustykę. Kościoły o wielkiej kubaturze posiadają tak zwane przedprzestrzenie akustyczne, którymi mogą być kaplice, nawy boczne, kolumny podtrzymujące strop. Wspomniane dobrze uformowane przedprzestrzenie akustyczne sprzyjają właściwym odbiciom i decentralizacji dźwięku, zmniejszając tym samym czas pogłosu pomieszczenia. Omawiane elementy budowli mogą zaburzać naturalny przebieg rozchodzenia się fal dźwiękowych. Im bardziej zróżnicowana jest konstrukcja wnętrza, tym trudniej planować i prognozować zachodzące w nim zjawiska akustyczne, dlatego należy brać je pod uwagę podczas fazy projektu budowli sakralnej<sup>6</sup>.

## 1. Słuch ludzki i jego właściwości

Pełne słyszalne pasmo akustyczne dla człowieka to od 16 do 20 000 Hz. Jest to twierdzenie uprawnione dotyczące wyłącznie dźwięków o dużym natężeniu (głośnych). Dla dźwięków bardzo cichych obszar ten zawęża się i wynosi 200–8 000 Hz<sup>7</sup>. Słuch ludzki został tak przystosowany, że najlepiej odbiera i interpretuje sygnały dźwiękowe charakterystyczne dla mowy, dlatego też zwiększona czułość funkcjonuje przy częstotliwościach średnich. W związku z tym najłatwiej jest nam spośród innych dźwięków, nawet zakłócających prawidłowy odbiór, usłyszeć mowę<sup>8</sup>. Dźwięki, które w rzeczywistości mają jednakową liczbę decybeli,

---

<sup>4</sup> A. Kulowski, D. Wróblewska, *Czynniki akustyki...*, s. 42.

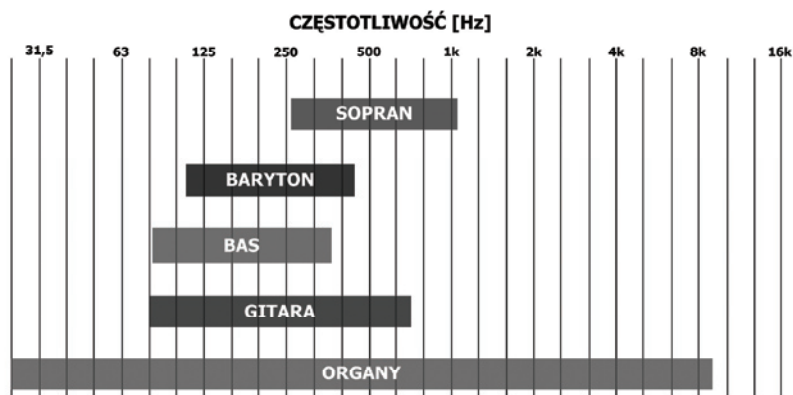
<sup>5</sup> M. Twarowski, *Metoda projektowania kościoła*, Warszawa 1985, s. 272.

<sup>6</sup> A. Kulowski, D. Wróblewska, *Czynniki akustyki...*, s. 42–43.

<sup>7</sup> H. Bulińska, *Wybrane pojęcia z otolaryngologii*, w: L. Kalinowski (red.), *Encyklopedia badań medycznych*, Gdańsk 1996, s. 333–334.

<sup>8</sup> P.H. Lindsay, D.A. Norman, *Procesy przetwarzania informacji u człowieka*, Warszawa 1991, s. 252–256

ale różną częstotliwość, są często odbierane przez ucho ludzkie jako dźwięki o różnej głośności. Stąd dźwięki emitowane przez organy kościelne z zakresu tonów niskich i bardzo wysokich są gorzej odbierane przez ludzi<sup>9</sup>.



Rysunek 1. Pasma częstotliwościowe wybranych źródeł dźwięku<sup>10</sup>

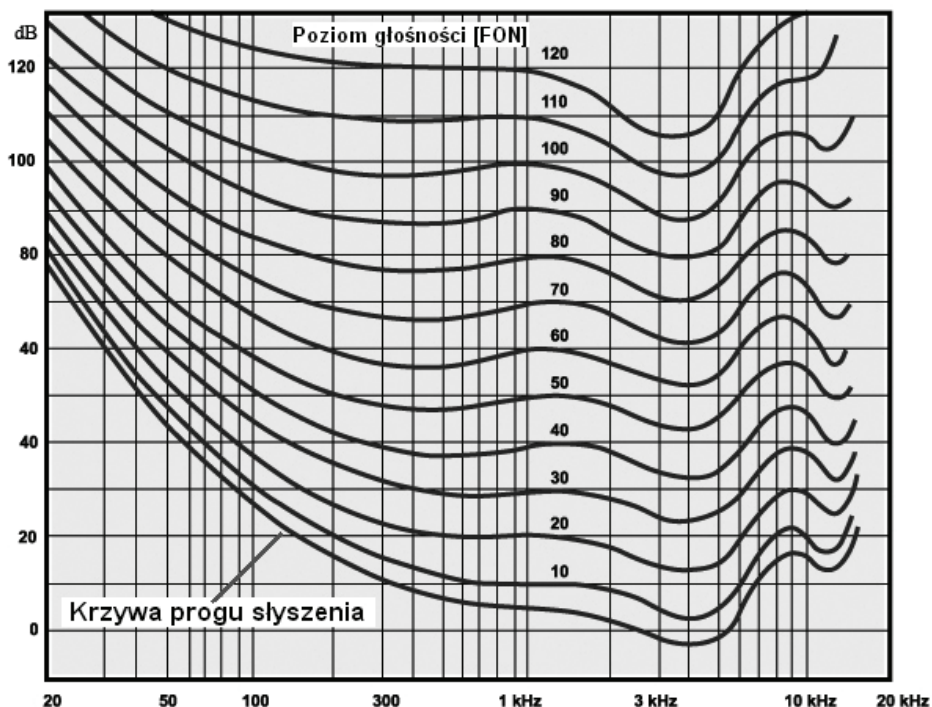
Źródło: opracowanie własne.

Dla słuchu ludzkiego wyznaczono krzywe izofoniczne (słyszenia) odwierciedlające wysokości dźwięków, które traktowane są przez człowieka jako dźwięki o tej samej głośności, lecz pamiętajmy, że według pomiarów są to dźwięki o różnym poziomie ciśnienia akustycznego (dB). Analiza krzywych wskazuje, że słuch ludzki jest wybitnie przystosowany do odbioru pasma mowy. Również widoczne jest, że dźwięki spoza pasma mowy często muszą być głośniejsze, aby zostały zinterpretowane jako dźwięki o takiej samej głośności w porównaniu do sygnałów mowy<sup>11</sup>. Najważniejszą rzeczą z punktu widzenia wiernych jest dobra zrozumiałość przekazu słownego bez konieczności wsłuchiwania się w każdą sylabę, czyli innymi słowy – zrozumienie i rozpoznanie przez odbiorcę nieznannej wcześniej informacji słownej.

<sup>9</sup> P.Z. Kozłowski, *Od czego zależy jakość dźwięku w kościele?*, „Super Informator Sacro” 7 (2011), s. 53.

<sup>10</sup> Tamże.

<sup>11</sup> Tamże, s. 53–54.

Rysunek 2. Krzywe izofoniczne (słyszenia)<sup>12</sup>

Źródło: [www.programyzdrowotne.pl/Portals/1/Files/Dokumenty/Programy%20profilaktyczne/Ochrona%20s%C5%82uchu/Ha%C5%82as/6\\_Krzywe%20izofoniczne.JPG](http://www.programyzdrowotne.pl/Portals/1/Files/Dokumenty/Programy%20profilaktyczne/Ochrona%20s%C5%82uchu/Ha%C5%82as/6_Krzywe%20izofoniczne.JPG).

## 2. Nagłośnienie przestrzeni sakralnej

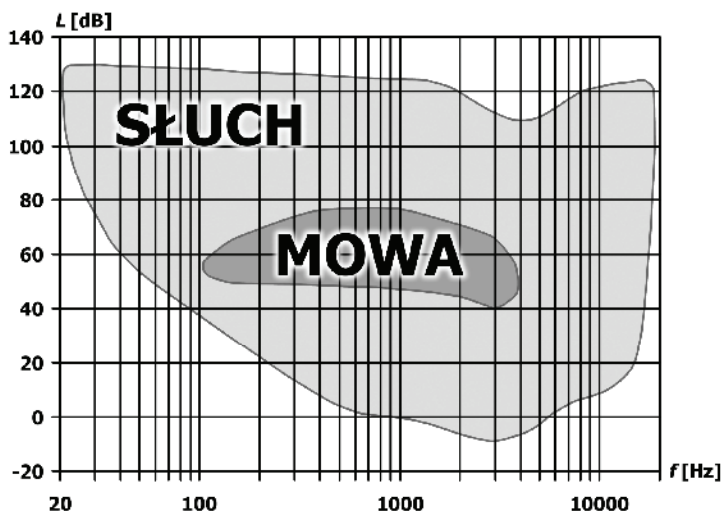
W miarę pojawiania się dużej ilości systemów elektroakustycznych służących nagłaśnianiu, nowoczesny sprzęt staje się coraz tańszy. Wraz z rozwojem technologicznym i powstawaniem wielu firm konkurujących na rynku, zaczął się etap stosowania urządzeń elektronicznych w bardzo wielu dziedzinach życia ludzkiego.

System głośnikowy powinien być tak rozmieszczony, aby niwelował problem utraty słuchu przez osoby starsze. W przypadku wspomnianych osób coraz gorsza percepcja tonów wysokich (ograniczenie nawet do 5 000 Hz), zaburza słyszalność

<sup>12</sup> Por. <http://digilander.libero.it/ogio/isofoniche.gif> (20.10.2012).

pełnego pasma częstotliwościowego<sup>13</sup>. Ubytki słuchu dotyczące osób starszych są naturalną kolejną rzeczą, nie da się temu zapobiec, ponieważ z wiekiem zawęża się pasmo słyszenia<sup>14</sup>. Akustyk jako osoba kompetentna i odpowiedzialna za akustykę obiektu sakralnego powinien dostosować swoje działania do potrzeb wszystkich osób gromadzących się w domu modlitwy, tak aby najwydatniej wspomagać proces zrozumiałości mowy, nie wykluczając żadnej grupy.

Systemy elektroakustyczne są już tak zaawansowane technologicznie, że mogą znacznie wpływać na akustykę czy też częściowo ją modelować według uznania przy zastosowaniu specjalnych procesorów przestrzennych. Aktualnie systemy elektroakustyczne umożliwiają poprawienie jakości dźwięku we wnętrzu budowli sakralnej, jeżeli są ustawione i wyregulowane w odpowiedni sposób. Końcowy efekt zrozumiałości mowy to suma jakości akustyki wnętrza, klasy systemu elektroakustycznego oraz jakości mowy zależnej od mówcy<sup>15</sup>.



Rysunek 3. Poziomy i częstotliwościowy dla mowy i słuchu<sup>16</sup>

Źródło: opracowanie własne.

<sup>13</sup> K. Sztekmler, *Podstawy nagłośnienia i realizacji nagrań. Podręcznik dla akustyków*, Warszawa 2003, s. 13.

<sup>14</sup> E. Zamysłowska-Szmytke, *Fenotypy uszkodzeń słuchu zależnych od wieku u ludzi*, [www.mediton.pl/library/orl\\_volume-10\\_issue-2\\_article-976.pdf](http://www.mediton.pl/library/orl_volume-10_issue-2_article-976.pdf) (9.11.2012).

<sup>15</sup> P.Z. Kozłowski, *Od czego zależy...*, s. 52.

<sup>16</sup> Tamże, s. 53.

Bardzo istotną kwestią przy planowaniu i wyborze systemu elektroakustycznego przystosowanego do warunków kościelnych jest otrzymanie równomiernego obszaru pokrycia dźwiękiem w miejscu, gdzie gromadzą się wierni. W tym przypadku istotnym czynnikiem jest zbadanie zjawiska interferencji fal (za pomocą odpowiednich narzędzi pomiarowych). Rozmieszczając urządzenia głośnikowe, należy zwrócić uwagę na prawidłowe wyznaczenie obszarów pokrycia, wykorzystując kąty i charakterystyki dla częstotliwości 2000–4000 Hz. Jest to górny zakres pasma mowy, a wyznaczenie kątów i charakterystyk według powyższych częstotliwości spowoduje uzyskanie lepszej jej zrozumiałości<sup>17</sup>.

Istotnym aspektem jest samo pasmo przenoszenia całego systemu elektroakustycznego. W przypadku kolumn lub zespołów głośników, które stosuje się w kościołach, nie jest ważne przetwarzanie pełnego zakresu częstotliwościowego, lecz skoncentrowanie się tylko i wyłącznie na paśmie mowy. Dobra zrozumiałość mowy to pasmo od 100–4000 Hz. W tym paśmie zawierają się wszystkie istotne szczegóły dotyczące głosu ludzkiego – artykulowania sylab oraz głosek. Przetwarzanie i eksponowanie częstotliwości niższych od podanego zakresu przez zestaw elektroakustyczny doprowadza do utraty zrozumiałości mowy. Niskie częstotliwości, rozchodząc się bezkierunkowo, będą zakłócały inne, dodatkowo intensyfikowane będą naturalnym pogłosem. Naturalne wzmacnianie częstotliwości niskich w obiektach sakralnych jest zjawiskiem bardzo silnym i zarazem trudnym do opanowania. Wynika to z większego czasu pogłosu występującego przy niskich częstotliwościach. Natomiast przetwarzanie sygnałów powyżej podanego progu już nie powoduje poprawy zrozumiałości mowy, lecz poprawia jakość, tak zwaną czytelność i rozpoznanie głosów osób przemawiających<sup>18</sup>.

Przypomnijmy, że tradycyjne linie telefoniczne przetwarzają sygnały foniczne od 300 do 3400 Hz. Zauważyć można, że zakres linii telefonicznej w znaczącym stopniu różni się od pełnego pasma akustycznego. Mimo tego minimalna zrozumiałość przekazu słownego zostaje zachowana (wraz z rozpoznaniem osoby mówiącej).

Pasma akustyczne w zakresie od 20 do 20 000 Hz odpowiada falam o długości od 17,2 m dla częstotliwości 20 do 1,7 cm dla częstotliwości 20 000 Hz. Duża rozpiętość częstotliwości powoduje powstawanie fal dźwiękowych o różnej długości, które należy rozpatrywać całkowicie osobno. Fale o różnych długościach

---

<sup>17</sup> Tamże, s. 54.

<sup>18</sup> A.F. Everest, *Podręcznik akustyki*, Katowice 2009, s. 130–135, 239.



powodują wyzwalanie wielu odmiennych zjawisk akustycznych, które mogą zachowywać się zupełnie inaczej w danym otoczeniu, nawet napotykając na swej drodze takie same materiały. Dlatego bardzo ważną kwestię stanowi rzetelne dokonanie pomiarów dla wyselekcjonowanych, problematycznych częstotliwości, co pozwoli na dokładniejsze zweryfikowanie przestrzeni sakralnej pod kątem rozchodzenia się fal<sup>19</sup>.

System elektroakustyczny to nie tylko zespół głośników, ale również przewody, mikrofony, wzmacniacze, linie opóźniające, układ antysprzężeniowy, bramka szumów, kompresor i korektor.

Mikrofon dla osoby przemawiającej powinien być urządzeniem pojemnościowym, dobrze przetwarzającym dźwięki mowy z większej odległości, na przykład około 0,5–1 m, tak aby umożliwić swobodne poruszanie się przy nim oraz przewracanie kartek. Mikrofon taki powinien być mały oraz dodatkowo posiadać długie giętkie ramię, co pozwoli na dopasowanie go do wzrostu lektora, natomiast mikrofon dla organisty powinien być urządzeniem dynamicznym znajdującym się blisko jego ust. Mikrofon dynamiczny przetwarza dźwięk pochodzący z najbliższego źródła, w tym przypadku z aparatu mowy<sup>20</sup>. Jest to bardzo ważne, ponieważ mikrofon pojemnościowy dodatkowo przetwarzałby dźwięki dochodzące również z instrumentu, a nie tylko głos organisty. Organy w kościele nie powinny być nagłaśniane przez system elektroakustyczny, ponieważ może być to źródłem kolejnych problemów w odbiorze. Instrument w danej przestrzeni powinien wybrzmiewać naturalnie i pokrywać swoim dźwiękiem całe pomieszczenie.

Każdy kościół powinien być wyposażony w układ antysprzężeniowy, gdyż potrafi on automatycznie blokować wszelkie powstałe sprzężenia w pomieszczeniu. Sprzężenia akustyczne zwykle pojawiają się przy zbyt bliskim ustawieniu mikrofonu w stosunku do głośnika/głośników. Samo sprzężenie objawia się głośnym piskiem z kolumn głośnikowych. Pisk o dużym natężeniu może skutkować nawet częściowym ubytkiem słuchu.

Bramka szumów, korektor i kompresor nie muszą być koniecznie stosowane we wszystkich kościołach. Zależy to od konieczności zastosowania takich rozwiązań oraz wysokości funduszy przeznaczonych na nagłośnienie. Przy dobrym

---

<sup>19</sup> Tamże, s. 81–83.

<sup>20</sup> T. Butler, *Połączenia. Podstawy profesjonalnej elektroakustyki i nagłaśniania*, Fender Musical Instruments Corporation 1994, s. 71–72, 74–75.



ustawieniu użycie korektora umożliwi poprawę zrozumiałości mowy poprzez wzmocnienie lub osłabienie wybranych częstotliwości dźwięku.

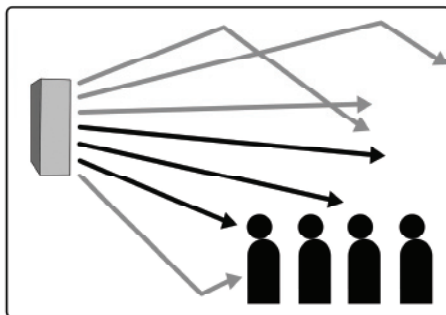
Rolą kompresora jest kompresja dźwięku, jeżeli znajduje się powyżej lub poniżej ustawionego progu natężenia dźwięku. W praktyce oznacza to, że słowa wypowiedziane za cicho lub z dala od mikrofonu zabrzmiały wyraźnie, ponieważ zostaną automatycznie wzmocnione. Natomiast tekst wypowiedziany zbyt blisko mikrofonu lub zbyt głośno również będzie brzmiał zadowolająco, gdyż natężenie dźwięku zostanie automatycznie osłabione przez kompresor.

Rolą bramki jest ustawienie progu dynamicznego (głośności dochodzącego dźwięku), po którym urządzenie włącza przesył sygnału do dalszych urządzeń. Jest to bardzo przydatne, gdy kapłan oddala się od ołtarza lub mównicy. Wtedy dodatkowe, słabsze dźwięki (szum szaty, stukanie butami o podłogę, kaszel z odległości) nie są przetwarzane przez system elektroakustyczny. Dźwięk o właściwej głośności skierowany do mikrofonu jest przetwarzany bez jakichkolwiek zmian.

Tradycyjne zestawy lub kolumny głośnikowe stosowane w kościołach często zamiast pomagać, mogą znacząco pogarszać słyszalność. Bardzo duże znaczenie ma rodzaj zastosowanego głośnika użytego w budowie kolumny lub zestawu głośnikowego. Zastosowanie kolumn bądź zespołów głośnikowych, w budowie których wykorzystano głośniki tradycyjne, powoduje rozchodzenie się dźwięku we wszystkich kierunkach, ponieważ fala akustyczna rozprzestrzenia się kuliście i równomiernie we wszystkich kierunkach. W pomieszczeniu sakralnym użycie takiego sprzętu nie jest dobrym pomysłem, ponieważ znacząco obniża to komfort odbioru słowa mówionego. Wynika to z faktu odbić od ścian, podłogi, balustrad, łuków, betonowych, kamiennych bądź ceglanych kolumn, żyrandoli, rzeźbień, sufitu, ławek kościelnych, konfesjonałów oraz innych elementów wyposażenia świątyni. Dźwięki bezpośrednio dochodzące z kolumny lub zestawu głośnikowego oraz dźwięki dobiegające z odbić wczesnych oraz późnych są główną przyczyną braku zrozumiałości przekazu słownego. Należy pamiętać, że dźwięk bezpośredni jest wierny dźwiękowi wyjściowemu, więc jest najlepszy i nie posiada w swojej strukturze widmowej żadnych artefaktów. Dźwięki odbite po odbiciu od danej powierzchni zmieniają swoją strukturę widmową. Stąd wspomniane dźwięki wraz z dźwiękiem bezpośrednim, nakładając się, tworzą tak zwaną zbitkę dźwiękową często trudną do prawidłowego odbioru i rozpoznania<sup>21</sup>.

---

<sup>21</sup> A.F. Everest, *Podręcznik akustyki...*, s. 401–403.

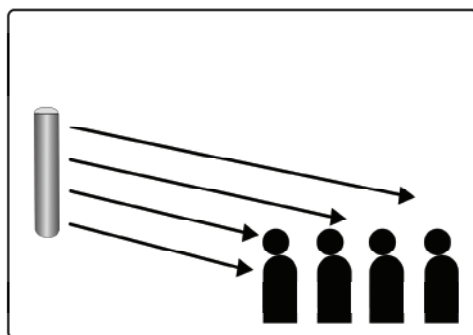


Rysunek 4. Rozprzestrzenianie się dźwięku z tradycyjnej kolumny lub zestawu głośnikowego

Źródło: opracowanie własne.

Zestawy głośnikowe lub kolumny, które sprawdzają się w zastosowaniach katedralnych i kościelnych, są silnie kierunkowe, co oznacza, że fala akustyczna nie jest propagowana we wszystkich kierunkach jednakowo. W tym przypadku fala akustyczna skierowana jest do wiernych, a odbicia od ścian, sufitu oraz podłogi są ograniczone, co w dużej mierze poprawia warunki akustyczne pomieszczenia.

Opóźnienia występujące w pomieszczeniach sakralnych wynikają z prędkości rozchodzenia się fali dźwiękowej w danym ośrodku. Warto zwrócić uwagę, że prędkość jest zależna od parametrów powietrza. Istotnym czynnikiem wpływającym na prędkość jest temperatura, natomiast mniej znaczący parametr to wilgotność powietrza.



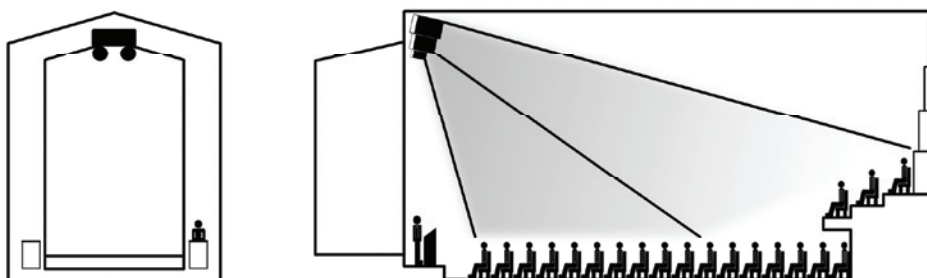
Rysunek 5. Rozprzestrzenianie się dźwięku ze specjalnie zaprojektowanej kolumny

Źródło: opracowanie własne.

Współczesna technologia jest w stanie w pewnym stopniu wpływać i częściowo niwelować anomalie akustyczne, a niekiedy nawet je wyeliminować. Należy jednak pamiętać, że urządzenia elektroakustyczne nie są czymś naturalnym w kościołach, a nieumiejętne ich rozlokowanie może dodatkowo pogorszyć i tak słabą akustykę.

### 3. Rozwiązania stosowane w kościołach

System główny (centralny) to rozwiązanie polegające na zastosowaniu odpowiedniej liczby zestawów głośnikowych, które są zainstalowane w jednym miejscu. Bardzo często jest to system głośników przytwierdzony do sufitu. Zestawy głośnikowe są tak zamontowane, aby umożliwiły dotarcie dźwięku do jak największej liczby wiernych<sup>22</sup>.



Rysunek 6. System główny (centralny)<sup>23</sup>

Źródło: opracowanie własne.

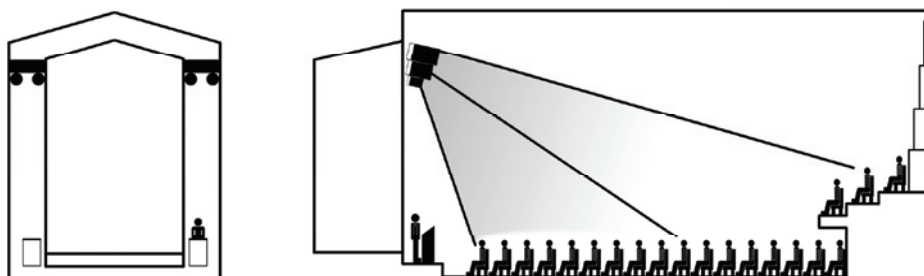
Do zalet wyżej wymienionego systemu należą: niskie straty mocy w kablach, łatwy montaż, demontaż i konserwacja, dość niski koszt zakupu. Jego wady to: mała równomierność nagłośnienia, niska zrozumiałość słowa mówionego. Wady takiego systemu będą zauważalne, jeżeli bryła świątyni jest wydłużona i wysoka. Dlatego też system centralny najlepiej stosować w pomieszczeniach małych i niskich, gdzie wierni znajdują się blisko osoby przemawiającej<sup>24</sup>.

<sup>22</sup> Projekt nagłośnienia kościoła, <http://sound.eti.pg.gda.pl/student/elearning/projko2.htm> (10.10.2012).

<sup>23</sup> Tamże.

<sup>24</sup> Tamże.

System główny podwójny (dzielony) jest to system niemalże identyczny jak poprzedni, lecz w tym przypadku wyróżniono oddzielne grupy głośników. Liczba grup głośnikowych zależy wyłącznie od pomieszczenia, w którym są stosowane (wielkość pomieszczenia, w tym kubatura), stąd może ich być minimum dwa lub więcej<sup>25</sup>. Projekt ten sprawdza się w pomieszczeniach, które nie są długie oraz dodatkowo charakteryzują się małą kubaturą.



Rysunek 7. System główny podwójny (dzielony)<sup>26</sup>

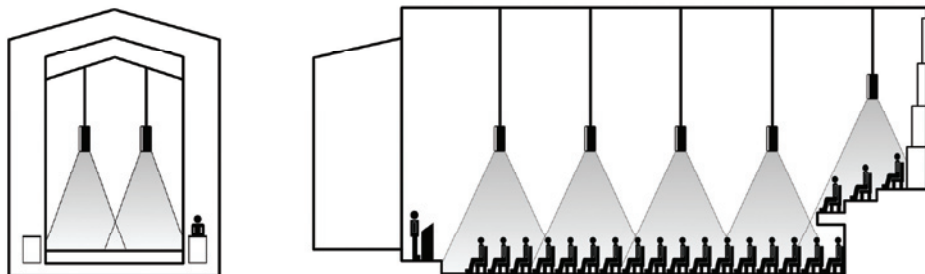
Źródło: opracowanie własne.

W systemie podwieszanym głośniki umieszcza się ponad głowami wiernych. Działa on na zasadzie systemu rozproszonego. Warto go stosować w pomieszczeniach wysokich, bez filarów, gdzie osoba przemawiająca znajduje się w większej odległości od wiernych. W przypadku pomieszczenia kościelnego, gdzie nie ma filarów, może być to jedyna metoda poprawy jakości dźwięku. W tym systemie konieczne jest zastosowanie długich przewodów, co powoduje dużą stratę energii. Dlatego przy systemie podwieszanym warto stosować specjalne transformatory podwyższające napięcie zarówno we wzmacniaczach, jak i głośnikach w celu wyeliminowania strat powstałych przy przesyłaniu prądu przez długie kable. Wspomniany system głośnikowy łatwo zamaskować, instalując go w systemie oświetleniowym pomieszczenia sakralnego. Umieszczenie głośnika i urządzenia oświetlającego w jednej obudowie może być trudne ze względu na problem generowania zakłóceń kabli sygnałowych wpływających na oświetlenie

<sup>25</sup> J. Zarek, *Sound Amplification in Churches*, London 1990, s. 8–10.

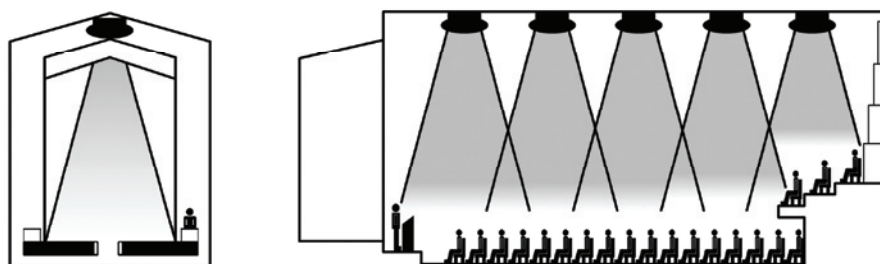
<sup>26</sup> *Projekt nagłośnienia kościoła...*

i odwrotnie. W związku z tym polecane jest ekranowanie przewodów lub wykorzystanie połączeń zbalansowanych<sup>27</sup>.



Rysunek 8. System podwieszany<sup>28</sup>

Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 9. System instalowany w suficie<sup>29</sup>

Źródło: opracowanie własne.

System instalowany w suficie to system, który działa na podobnych zasadach jak powyższa konstrukcja. Umieszczenie głośników w suficie jest niezwykle praktyczne w przypadku trudności z nagłośnieniem pomieszczeń dosyć niskich i o dużej powierzchni. Praktycznie nie istnieje tutaj problem zaburzenia naturalnej estetyki kościoła, ponieważ system nagłaśniający jest zintegrowany z sufitem. W pomieszczeniach tak wysokich jak kościoły system może nie spełniać swojego

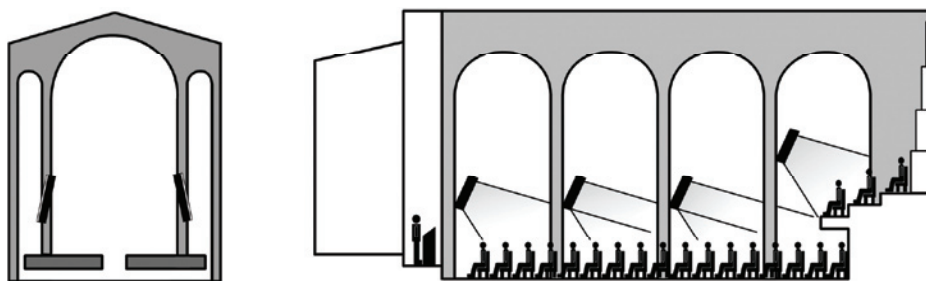
<sup>27</sup> J. Zarek, *Sound Amplification...*, s. 8–10.

<sup>28</sup> *Projekt nagłośnienia kościoła...*

<sup>29</sup> Tamże.

zadania. Wiele głośników zamontowanych w dużej odległości od słuchacza spowoduje, że powstaną interferencje fal akustycznych, które negatywnie wpłyną na zrozumiałość mowy. Dodatkowo, kolejne odbicia od ścian, podłogi i sufitu wpłyną na pogorszenie całej akustyki pomieszczenia sakralnego<sup>30</sup>.

System umieszczany w filarach lub kolumnach jest najczęściej spotykanym rozwiązaniem. Zapewnia on dobrą zrozumiałość słowa mówionego dzięki podwieszeniu głośników na kolumnach<sup>31</sup>. Charakteryzuje się on wysoką równomiernością nagłośnienia, dobrym kątem pokrycia (przy odpowiednim ustawieniu i wyregulowaniu kolumny głośnikowej). Umieszczenie kolumny głośnikowej niezbyt wysoko powoduje odpowiednie nagłośnienie pomieszczenia. System ten może również sprawiać pewne problemy akustyczne dotyczące jego strojenia. Wymaga to od akustyka dużego nakładu pracy oraz doświadczenia. Należy pamiętać, że nie występuje tutaj problem akustyki balkonów, ponieważ kolumny głośnikowe można zamontować blisko słuchaczy. Niestety, nisko zamocowane kolumny są widoczne i mogą zaburzać naturalną architekturę kościoła. Niemniej jednak istnieją firmy, które proponują wmontowanie kolumny głośnikowej w filar bądź zaprojektowanie odpowiedniej obudowy kolumn głośnikowych, aby stały się integralną częścią pomieszczeń sakralnych<sup>32</sup>.



Rysunek 10. System umieszczany w filarach lub kolumnach<sup>33</sup>

Źródło: opracowanie własne.

Chcąc zastosować system wbudowany w ławki kościelne, należy pamiętać, że nadmierna ilość przewodów spowoduje straty energii. Samo ukrycie kabli

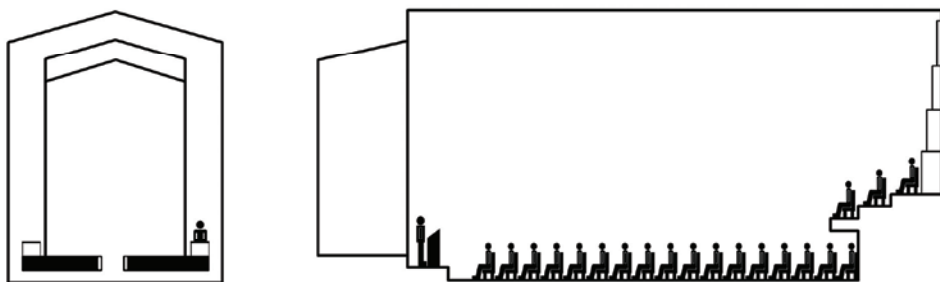
<sup>30</sup> Tamże.

<sup>31</sup> Tamże.

<sup>32</sup> Tamże.

<sup>33</sup> Tamże.

tak, aby nie przeszkadzały wiernym przy wejściu i wyjściu z ławki, jest również nietatwe. System ten sprawdza się świetnie w wysokim pomieszczeniu lub w sali, w której sufit ma nieregularne i asynchroniczne kształty. Projekt może być dobrze zaadaptowany w pomieszczeniach, gdzie nie ma filarów bocznych. System taki jest niezwykle drogi, ponadto duża ilość kabli powoduje, że urządzenia wzmacniające muszą generować sygnał elektryczny o dobrej jakości. Warto również zwrócić uwagę na długość ławek – jeżeli ławki są bardzo długie, należy głośniki rozlokować na początku, środku i końcu ławki, co powoduje kolejny wzrost kosztów<sup>34</sup>.



Rysunek 11. System wbudowany w ławki kościelne<sup>35</sup>

Źródło: opracowanie własne.

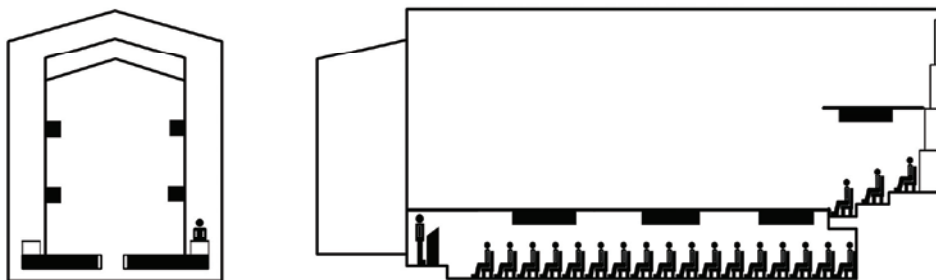
Zastosowanie systemu kolumn o specjalnym przeznaczeniu w pomieszczeniach sakralnych powoduje, że można uzyskać o wiele lepszą jakość dźwięku w porównaniu z tradycyjnymi zestawami lub kolumnami głośnikowymi. Należy nadmienić, że sama budowa specjalnych kolumn jest pojęciem bardzo szerokim, gdyż wspomniane urządzenia nie są powszechnie sprzedawane w sklepach. Nowe spojrzenie dotyczy budowy samej kolumny, która w tym przypadku powinna być skonstruowana z głośników o dość dużej średnicy (nawet 8 cali) w przypadku małej ich liczby lub głośników o małej średnicy, gdy użyto ich kilka. Głośniki wewnątrz kolumny są ułożone w rzędzie, umożliwiając uzyskanie dość dużego obszaru pokrycia dźwiękiem. Dodatkowo, wewnątrz kolumny głośniki są zamontowane na specjalnych stelażach, zapewniając możliwość obracania głośnika o pewien kąt. Stelaże są tak zbudowane, że otrzymujemy możliwość regulacji

<sup>34</sup> Tamże.

<sup>35</sup> Tamże.



kątów głośnika w pozycji wertykalnej i horyzontalnej, dzięki czemu dźwięk może dotrzeć do wybranej grupy odbiorców. Stelaż posiada blokadę uniemożliwiającą samoistną zmianę geometrii i położenia urządzenia. Obracany kąt głośników pozwala osobie wyspecjalizowanej na dopasowanie kolumn do wnętrza sakralnego poprzez zwiększenie lub zmniejszenie obszaru pokrycia dźwiękiem. Należy pamiętać o prawidłowej kalibracji systemu głośnikowego przez akustyka, aby obszar pokrycia dźwiękiem nie był zbyt wąski lub zbyt szeroki, ponieważ w jednym i drugim przypadku doprowadzi to do znacznego pogorszenia zrozumiałości przekazu słownego.



Rysunek 12. Zastosowanie specjalnego systemu kolumn<sup>36</sup>

Źródło: opracowanie własne.

Użycie tego rozwiązania wymaga od akustyka dużego nakładu pracy i doświadczenia, gdyż należy wyregulować każdą z kolumn głośnikowych w celu otrzymania zamierzonego rezultatu. Akustyk w tym przypadku powinien dysponować sprzętem pomiarowym wysokiej klasy, ponieważ zachodzi tutaj konieczność wykonania wielu różnych badań i pomiarów w celu ustawienia każdej z kolumn osobno oraz całego systemu głośnikowego razem, aby system działał w sposób prawidłowy. Ważną informacją jest to, że system taki nie potrzebuje dużej ilości kabli oraz dodatkowych urządzeń wzmacniająco-zasilających. Należy również pamiętać, że zaawansowana korekta tego systemu jest wykonywana wyłącznie jednorazowo przy montażu systemu nagłaśniającego w danym pomieszczeniu sakralnym. Trzeba też wspomnieć, że sam koszt wyprodukowania tak specjalistycznych kolumn jest niezwykle wysoki, gdyż wspomniane kolumny głośnikowe można wytworzyć przy zastosowaniu czynników laboratoryjnych.

<sup>36</sup> Tamże.

## Zakończenie

Przy wyborze systemu nagłośnienia priorytetową kwestią jest zrozumiałość przekazu słownego. Akustyk ma za zadanie takie ustawienie i wyregulowanie całego sprzętu elektroakustycznego, aby urządzenia nie powodowały zakłóceń – niepożądanych sprzężeń elektroakustycznych. Ważną kwestią dla każdego użytkownika sprzętu elektroakustycznego jest prostota obsługi często związana z niezawodnością oraz możliwość jednorazowej konfiguracji aparatury przez wykwalifikowaną osobę. Wiąże się to również z obniżeniem kosztów eksploatacji sprzętu elektroakustycznego, którego nie trzeba dodatkowo konserwować, sprawdzać, ustawiać na nowo po wyłączeniu lub stroić co pewien czas.

Wybór typu głośników, jak i również sposób montażu urządzeń elektroakustycznych, jest zależny głównie od architektury pomieszczenia, w którym sprzęt ma zostać zamontowany. Istotną kwestią, którą akustyk musi przewidzieć od razu, jest estetyka budowli sakralnej i odporność aparatury na zakłócenia zewnętrzne (na przykład wytwarzane przez telefony komórkowe) i wewnętrzne (na przykład duża wilgotność wewnątrz świątyni). Osoba ta powinna wyeliminować też generowanie zakłóceń przez sam system nagłaśniający, na przykład zakłócenie pracy urządzeń oświetlających. Wszystkie powyższe procesy powinny być dokonywane na etapie projektu architektonicznego, tak aby w razie potrzeby można było go zmienić lub dopasować do potrzeb i oczekiwań użytkowników świątyni.

Prezentowane powyżej systemy nagłaśniające są odpowiedzią na problemy, z którymi borykają się zarówno akustycy podczas projektowania nagłośnienia świątyni, jak i architekci w trakcie fazy projektu budynku świątynnego. W niektórych przypadkach możliwe jest zastosowanie nawet kilku omawianych systemów w obrębie jednej świątyni w celu uzyskania lepszej czytelności i zrozumiałości mowy.

Akustyka obiektów religijnych jest bardzo istotna, ponieważ dzięki niej zebrani mają możliwość wspólnego wysłuchania kierowanego do nich słowa i łączenia się w modlitwie. Poruszone wyżej problemy mają na celu wsparcie architektów oraz akustyków w dążeniu do poprawy akustyki obiektów sakralnych. Sprostanie oczekiwaniom wiernych nie może się opierać wyłącznie na wyglądzie zewnętrznym, ale również na pomiarach i obliczeniach akustycznych, które daną przestrzeń dostosują do wymaganych warunków akustycznych. System elektroakustyczny w kościele powinien pełnić rolę wspierającą akustykę danego obiektu, dlatego nie należy traktować go jako podstawy akustycznej tworzonej

od nowa. Brak uwzględnienia parametrów akustycznych na etapie projektu architektonicznego sprawia, że nawet zastosowanie najnowocześniejszych technologii nie pozwoli na pełne i naturalne wydobywanie walorów akustycznych danego wnętrza. Naturalna akustyka kościołów jest medium oddziałującym na człowieka, ponieważ dzięki niej można się wyciszyć i przeżywać każdą uroczystość. Odpowiednie właściwości akustyczne pomieszczeń sakralnych gwarantują prawidłową komunikatywność słowa mówionego, śpiewanego oraz uwypuklają inne atuty muzyczne podczas liturgii i nabożeństw.

## WYBÓR SYSTEMU NAGŁOŚNIENIA POMIESZCZEŃ SAKRALNYCH

### Streszczenie

Autor niniejszej publikacji, świadomy niedostatku fachowej literatury dotyczącej związków akustyki, elektroakustyki, architektury oraz zasad budowy kościołów, stawia sobie za cel: przedstawienie głównych problemów dotyczących projektowania architektonicznego wnętrza sakralnych, uwzględniając właściwości akustyczne różnych pomieszczeń, oraz przekazanie podstawowej wiedzy przydatnej architektom, akustykom i osobom duchownym, odnoszącej się do fazy projektu kościoła. W niniejszym artykule przedstawiono praktyczne pomysły wykorzystania sprzętu elektroakustycznego oraz wybór odpowiedniego systemu nagłośnienia uwzględniający różnice w budowie architektonicznej kościołów. Tematyka artykułu łączy w sobie wiedzę z zakresu dziedzin specjalistycznych, których dogłębna znajomość zarówno przez architektów, akustyków, jak i osoby duchowne poszerza wszechstronność i warsztat pracy każdej z wymienionych osób, nie pozostając bez wpływu na wysoką jakość otrzymanych rezultatów.

**Słowa kluczowe:** nagłośnienie, świątynia, pasma częstotliwości, słuch, akustyka.

## THE ISSUE OF THE CHOICE OF SOUND SYSTEMS IN PUBLIC WORSHIP

### Summary

The author of the following publication, aware of the shortage of specific literature concerning links between acoustics, architecture and building's design, sets himself an aim: to depict general problems relevant to architect design of sacred interior reflecting acoustic qualities of each room and to convey useful and basic knowledge to architects, acousticians and clerics referring to the church's building stage. In the following thesis the most important factors of church's interior acoustic design are shown because through centuries the discipline caused numerous problems, being difficult to research, recount and neglected. Additional ideas of using natural acoustics of different sacred objects or electro acoustic equipment cause that the following subject area can be adapted in houses of prayer built throughout the years. Therefore the subject of the following article seems to be vitally important and up-to-date because it refers to a specialized field of knowledge of which thorough cognoscence broadens versatility and workshops of the architects, acousticians and clerics, not without influence upon high quality results.

**Keywords:** sound, church, frequency band, hearing, acoustics.

*Translated by Adam Rosiński*