

7

Akustyka pomieszczeń

Akustyka pomieszczeń sakralnych a zrozumiałość przekazu słownego

Od wielu wieków akustyka świątyń odgrywa decydującą rolę w jakości odbioru treści przekazywanych wiernym przez kapłana. Już po powstaniu pierwszych budowli sakralnych okazało się, że obiekty te muszą dysponować jak najlepszą akustyką, która zależna jest od kształtu architektonicznego, wyposażenia oraz materiału, z jakiego zostało zbudowane samo pomieszczenie. Prawidła rozchodzenia się dźwięku, czyli podstawy akustyki, były znane konstruktorom kościołów od bardzo dawna. Często wskazuje się, że przy tamtejszej nauce i wiedzy konstruktorzy potrafili sprostać wymaganiom akustycznym z pełną świadomością i znowostwem.

ZNACZENIE AKUSTYKI W BUDOWLACH SAKRALNYCH

Dawniej akustyka odgrywała znaczącą rolę w projektowaniu i budowie domu modlitwy. Początki stosowania przemyślanych rozwiązań akustycznych znajdujemy już we wczesnym chrześcijaństwie (Bizancjum)¹. Umiejętności akustycznego dostosowania pomieszczeń sakralnych były rozwijane od stuleci; poczynając od czasów starożytnej Grecji i Rzymu, poprzez okres bizantyjski i średniowiecze w Europie. W świątyniach każdej z wymienionych kultur można znaleźć ślady świadomego kształtowania akustyki budynku, czyli tworzonych specjalnych naczyń ceramicznych, które mogły być strojone na różne dźwięki (naczynia działające jak rezonator Helmholtza,

¹ A. Kulowski, D. Wróblewska, *Czynniki akustyki w architektonicznym projektowaniu kościołów*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2007, s. 20–23.

wykorzystujące rezonans, który powstaje np. wewnątrz tradycyjnej butelki). Gliniane naczynia służące poprawie warunków akustycznych pomieszczenia były stałym elementem wykończenia wnętrza sakralnego; często spotykane są na terenach, gdzie dominowało chrześcijaństwo obrządku wschodniego. Miały one różne kształty oraz wielkości, dzięki czemu mogły „wychwytywać” poszczególne niepożądane częstotliwości lub wpływać na szersze pasmo. Naczynia te nie tylko miały wpływ na walory akustyczne, ale również na architekturę, gdyż np. umieszczane w górnej części ścian i na kopułach jako komponent zmniejszały wagę całej budowli; wciąż stosowane są w budownictwie cerkiewnym (w świątyniach prawosławnych). Rezonatory, o których mowa, są używane nadal w celach akustycznych również poza cerkwią, zostały jednak odpowiednio zmodyfikowane i zastąpione nową, bardziej precyzyjną technologią, przy zastosowaniu boazerii szczelinowej, rezonansowych elementów akustycznych i specjalnej ceramiki otworowej².

Badania naukowe prowadzone nad akustyką pomieszczeń sakralnych ukazują jak temat ten jest ważny, aktualny i ponadczasowy. Złożoność i wielorakość tych badań świadczy o tym, jak różnorodne, a więc często odmienne dla każdej budowanej świątyni są problemy harmonijnego połączenia architektury z akustyką. Kwestie związane z wyjaśnieniem i zrozumieniem wpływu różnych czynników są nierzadko trudne do zbadania, dlatego też często w projektach architektonicznych dzisiejszych kościołów pojawiają się błędy. Współcześni architekci niechętnie sięgają po pomoc akustyka w konstruowaniu wnętrza i budują kościoły, nie weryfikując projektu pod względem akustycznym. Stąd przypadkowo uformowana akustyka pomieszczenia, która nie została wyliczona i zbadana, nie spełnia nawet podstawowej funkcji obiektu sakralnego; może na przykład wystąpić zaburzenie w odpowiednim zrozumieniu przekazu słownego, co w wysokim stopniu obniża komfort użytkowania obiektu³.

Obok czynnika wizualnego, głównym składnikiem nadającym charakter świątyni (*sacrum*) jest czynnik foniczny (akustyka). Bodźce akustyczne, które docierają do wiernych, nieprawidłowo rozpoznane zniekształcają treść komunikatu, a w rezultacie istotna rola obrzędów religijnych, odnoszących się w dużej części do nauczania poprzez słowa, nie zostanie zrealizowana. Dlatego też wizja projektanta nie powinna być oparta wyłącznie na

² A. Kulowski, *Akustyka sal*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2007, s. 29–33.

³ A. Kulowski, D. Wróblewska, *Czynniki akustyki w architektonicznym projektowaniu kościołów*, dz. cyt., s. 13–14.

wizualnym kształcie samego budynku, ale również na jakości sonorystycznej, która niesie za sobą możliwość wykorzystania tej budowli w przybliżaniu ważkich treści oraz ich interpretacji.

Najczęstszym rozwiązaniem w przypadku współczesnych świątyń jest budowanie ich na planie jednoprzestrzennej bryły (najczęściej w kształcie owalnym)⁴. Przestrzeń taka stwarza dodatkowe problemy, które nie występowały wcześniej, gdyż zabytkowe kościoły były budowane na planie krzyża lub innych podobnych figur geometrycznych. Elementem głównym i zarazem zamykającym bryłę jest dach, a strukturą konstrukcji jest najczęściej szkielet świątyni. Efekt przestrzenny, powstający w ten sposób, jest wynikiem modelowania sufitu (dachu) oraz norm dotyczących oświetlenia. Model wnętrza jednoprzestrzennego jest dosyć skomplikowany nie tylko ze względu na akustykę. Z jednej strony wspomniane pomieszczenie umożliwia utrzymanie stałego kontaktu ze strefą eucharystyczną, czyli dobrą widoczność prezbiterium wraz z celebransem, oraz w znacznym stopniu jednoczy wiernych w modlitwie. Z drugiej zaś strony pomieszczenia takie pozbawione są intymności, każdy człowiek traktowany jest tak samo, czyli zbiorowo, stąd trudno o indywidualną, odrębną i uduchowioną modlitwę poszczególnych członków wspólnoty. Można pokusić się o stwierdzenie, że współczesne świątynie zatracają pierwotny porządek, który utrzymywany był od wieków. Przestrzeń sakralna w tym przypadku zostaje nakreślona wyłącznie symbolicznie, a często w sposób trudny do odczytania.

Podobnie jest z akustyką – brak dbałości o nią negatywnie rzutuje na odbiór przekazu słownego kapłana, możliwość niezakłóconej modlitwy i spokojnej medytacji⁵. Ściany kościoła są przeważnie bardzo wysokie i ustawione względem siebie równolegle, co powoduje dodatkowo odbicia dźwięku, zakłócając zrozumiałość mowy. Widoczny staje się problem braku harmonii pomiędzy dwoma bardzo ważnymi aspektami dotyczącymi użyteczności wspomnianego budynku: tak w odbiorze doznań wizualnych, jak i słuchowych, ponieważ przeważnie uwagę poświęca się tylko wyglądowi zewnętrznemu i wewnętrznemu. Należy podkreślić, że oprócz samej artystycznej wizji projektanta ważnych jest szereg dodatkowych składników

⁴ Z. Engel, K. Kosała, *Globalny wskaźnik oceny jakości akustycznej obiektów sakralnych*, w: *LI Otwarte Seminarium z Akustyki – OSA, Gdańsk, Sobieszewo, 6–10.09.2004 r.*, Polskie Towarzystwo Akustyczne, Gdańsk 2004, s. 309–312.

⁵ A. Kulowski, D. Wróblewska, *Czynniki akustyki w architektonicznym projektowaniu kościołów*, dz. cyt., s. 42–43.

wpływających na funkcjonalność budowli. Dlatego też często nie można mówić o pełnym zaakceptowaniu wspomnianego budynku przez samych wiernych⁶.

Współcześnie obiekty sakralne przeszły szereg zmian budowlanych: stosuje się nowe technologie w budownictwie, nowe materiały o innych właściwościach niż przed laty. Wymienione elementy w znacznej mierze wpływają na akustykę. W efekcie można zauważyć wiele kościołów niespełniających podstawowej funkcji, dla której je wznoszono⁷. Przede wszystkim projektowanie pomieszczenia do celów użyteczności publicznej, takich jak obiekt sakralny, powinno opierać się na badaniach i przewidywaniach funkcji danego pomieszczenia. Przeznaczeniem wnętrza sakralnego jest również zapewnienie ceremonialnej, pełnej powagi, właściwej, podniosłej atmosfery przy pomocy dźwięku oraz przekazywaniu go dalej poprzez prawidłowo zaprojektowaną akustykę, stąd tak istotny element nie powinien być pomijany.

CZAS POGŁOSU A ZROZUMIAŁOŚĆ PRZEKAZU SŁOWNEGO

Na samym początku naszych rozważań należy zastanowić się, czym jest pogłos i od jakich parametrów pomieszczenia jest uzależniony oraz jak w efekcie końcowym wpływa na dźwięk.

Pogłos powstaje w pomieszczeniu zamkniętym, w konsekwencji częstych, wielokrotnych odbić dźwięku od ścian, stropów, sufitu i podłogi, czyli od przegród limitujących daną lokalizację (pomieszczenie). Im większy jest pogłos, tym mniejszy jest współczynnik absorbowania fali dźwiękowej w danym pomieszczeniu. Jest on całkowicie naturalnym zjawiskiem, występującym przy rozprzestrzenianiu się dźwięku wewnątrz pomieszczenia. Pogłos tworzą fale wielokrotnie odbijające się, które mogą powodować wzmacnianie lub osłabianie pewnych częstotliwości (interferencje fal). Często efekt echa i pogłosu jest mylony; co prawda oba zjawiska powstają na bardzo podobnych zasadach, lecz istnieje konkretna różnica, która pozwala na ich rozróżnienie. W przypadku echa fale odbite mogą być świadomie zinterpretowane przez ucho jako powielone sygnały pochodzące od dźwięku źródłowego. Czas odstępu – dojścia dźwięku do ucha – jest na tyle duży, że słyszymy kolejne fale odbite. Natomiast w przypadku pogłosu czas określający to zjawisko jest tak krótki, że nie słyszymy całokształtu fali, lecz

⁶ Tamże, s. 17–18.

⁷ Tamże, s. 30–32.

stopniowe wyciszanie lub wzmacnianie spowodowane wielorakim nakładaniem się fal.

Zatem echo to fala dźwiękowa wygenerowana ze źródła wraz ze wszystkimi odbiciami, które jej towarzyszą. Jeśli opóźnienia są mniejsze niż 50 ms, mamy do czynienia z pogłosem, powyżej tej wartości usłyszymy delikatne echo (jako rozwarstwiające i powtarzające się dźwięki). W tym przypadku słyszalny jest dźwięk pierwotny i jego powtórzenie (czyli echo). Oznacza to, że słyszalne są dwie fale dźwiękowe, rozumiane jako odrębne. Należy pamiętać, że na całokształt subiektywnego odczucia echa ma wpływ wiele czynników, między innymi:

- amplituda dźwięku bezpośredniego,
- amplituda dźwięku odbitego,
- widma dźwięku bezpośredniego i odbitego,
- pojawienie się odmiennych dźwięków o małym natężeniu, powstających w wyniku odbicia od różnych powierzchni stanowiących część wyposażenia pomieszczenia.

Często stwierdza się, że pomieszczenie jest nieprawidłowo zaprojektowane, jeżeli występują w nim opóźnienia większe niż ok. 90 ms.

Należy wystrzegać się organizowania zgromadzenia wiernych w pobliżu materiałów z jednej strony silnie odbijających dźwięk, zaś z drugiej – bardzo pochłaniających, w celu uniknięcia niepożądanych zjawisk. W tym przypadku dźwięk wygenerowany przez samych wiernych jest słyszalny od razu, a dźwięk odbity jest słyszalny jako echo. Dlatego błędem jest równoległe ustawianie powierzchni (przeciwległe ściany, sufit a podłoga), gdy te silnie odbijają dźwięk.

W celu usunięcia niepotrzebnego echa powierzchnię silnie odbijającą należy wytłumić lub bardzo mocno rozrzeźbić. Wyprofilowanie ma na celu wprowadzanie odbicia dźwięku rozproszonego, a nie zwierciadlanego. Aby uniknąć zjawiska niepotrzebnego echa, konieczne jest rozrzeźbienie o głębokości około 10–15 cm. Natomiast najlepszym rozwiązaniem w wysokich pomieszczeniach jest zastosowanie specjalnej żaluzji akustycznej bądź podwieszanego sufitu. Zawieszenie go na odpowiedniej wysokości skracając drogę dźwięku, przez co ucho ludzkie nie doświadcza zjawiska echa. 40 ms to średnia wartość optymalna dla dźwięku bezpośredniego i odbitego w pomieszczeniach użytku ogólnego. W związku z tym podwieszenie sufitu można wykonać na wysokości około 6,5 m (zależnie od warunków

akustycznych pomieszczenia). W zależności od czynników akustycznych sufit podwieszany może być rozumiany jako całość lub też jako konstrukcja rozczłonkowana, płaska, rozrzeźbiona, odbijająca albo w dużym stopniu absorbująca dźwięk⁸.

Wyraz architektoniczny, charakter pomieszczenia, nastrój w danej sali nadają takie czynniki, jak rozproszenie dźwięku poprzez rozrzeźbienia czy odpowiednie ustawienie ścian względem siebie. Architekci przeważnie skupiają się na wyglądzie zewnętrznym, a nie na warunkach akustycznych panujących w obiekcie. Jest to w pewnym stopniu zrozumiałe, gdyż architekt odpowiada za całokształt danego obiektu, często odbieranego tylko wizualnie, a nie sonorystycznie, stąd priorytetem jest wizualny obraz danego wnętrza.

W wielu aspektach pogłos wewnątrz pomieszczenia należy traktować jako element nie do końca pozytywny, ponieważ odpowiedni jego czas nie powinien przeszkadzać w podstawowych zadaniach, dla których wzniesiono budowlę. Zwykle świadome skrócenie czasu pogłosu powoduje, że zwiększony zostaje komfort użytkowania pomieszczenia. Długie pogłosy zazwyczaj występują w pomieszczeniach jednoprzestrzennych o dużej kubaturze (kościół). Materiały, które temu sprzyjają, to przede wszystkim te silnie odbijające dźwięk, czyli: beton, tynk, płyta kartonowa lub gipsowa, parkiet, marmury itp.⁹ Oznacza to, że wnętrza sakralne, które nie zostały pokryte materiałem choć w pewnym stopniu pochłaniającym, charakteryzować się będą nadmierną pogłosowością, a przez to nastąpi pogorszenie zrozumiałości mowy. W pomieszczeniu o nadmiernej pogłosowości do wiernych dociera fala dźwiękowa bezpośrednia, generowana przez samo źródło (aparat mowy kapłana), oraz fala dźwiękowa odbita, wywołana różnymi odbiciami występującymi w danym pomieszczeniu. Wspomniane aspekty powodują wzrost hałasu generowanego wewnątrz samego pomieszczenia. Interferencja fal dźwiękowych pochodzących od samego źródła wraz z falami odbitymi przyczynia się do pogorszenia jakości odbioru przez wiernych sygnałów pożądaných, takich jak mowa i dźwięki muzyczne, dlatego hałasu pogłosowego powinno się unikać. Zmniejszenie czasu pogłosu wiąże się z pokryciem dużych powierzchni materiałami pochłaniającymi falę dźwiękową. Uzyskanie dobrych rezultatów akustycznych umożliwia się poprzez zastosowanie

⁸ A. Kulowski, *Akustyka sal. Zalecenia projektowe dla architektów*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2011, s. 65–68.

⁹ Tamże, s. 69–70.

specjalnych rozwiązań systemowych (płyty perforowane, specjalne absorbery materiałowe, pułapki itp.). W wyrobach specjalistycznych użyto włókna z atestami akustycznymi, które znakomicie sprawdza się w wygłuszeniu pomieszczenia. Wskazówki dotyczące usytuowania i zastosowania materiałów dźwiękochłonnych znaleźć można w katalogach firmowych, zawierających informacje o przeznaczeniu danego produktu oraz o jego właściwościach akustycznych. Należy koniecznie pamiętać, że nadmierny pogłos obniża komfort użytkownika obiektu jako całości¹⁰. Istnieje również rodzaj hałasu wytwarzanego przez samych ludzi będących w pomieszczeniu (szelest ubrania, cicha modlitwa, kroki osób przechodzących przez kościół). Hałas taki jest całkowicie normalny, stąd pomieszczenie sakralne jako przestrzeń użyteczności publicznej nie powinno mieć zbyt dużej pogłosowości, aby zapewnić zrozumiałość mowy na dobrym poziomie¹¹.

Obiekty sakralne najczęściej charakteryzują się znaczną kubaturą oraz brakiem jakiegokolwiek adaptacji akustycznej, co przejawia się nienaturalną pogłosowością pomieszczenia, która odczuwalna jest jako anomalia w odbiorze komunikatów słownych¹². Problematyka modelowania założeń akustycznych wewnątrz pomieszczenia pod względem percepcji i interpretacji dźwięków (mowy i muzycznych) jest przedmiotem zainteresowania akustyki wewnątrz¹³. Kościoły, które zapewniają dość dobrą zrozumiałość mowy, nazywane są *kościółkami intymnymi*. Wspomniane konstrukcje są małe, stąd czas pogłosu wytwarzany w ich wnętrzu nie przekracza zwykle 1,5 sekundy. Przede wszystkim są to kaplice, małe kościoły (np. wiejskie), gdzie przeważa słowo mówione.

Kościółki bardzo duże, katedry, w których czas pogłosu wynosi ponad 3 sekundy, mają, niestety, niską jakość zrozumiałości mowy. W ich przypadku odbiór komunikatów słownych poprawia się przy wypełnieniu świątyni przez wiernych. Należy pamiętać, że społeczność gromadząca się w kościele zmienia akustykę pomieszczenia tylko w pewnym stopniu i nie oddziałuje na nią w szerokim zakresie. Przewidywanie akustyki budowli sakralnej oraz jej badanie powinno opierać się na modelowaniu różnorodnego wypełnienia

¹⁰ Tamże.

¹¹ B. Szudrowicz, *Normowanie wartości czasu pogłosu w pomieszczeniach – założenia do normy PN*, „Materiały Budowlane” 8(2009), s. 9.

¹² T. Kamiński, K. Kosała, *Akustyka wielofunkcyjna wewnątrz sakralnych*, „Czasopismo Techniczne” 2-A/1/2011, s. 116.

¹³ B. Szudrowicz, *Normowanie wartości czasu pogłosu w pomieszczeniach...*, dz. cyt., s. 9.

przez wiernych: małego, częściowego oraz pełnego, w celu eliminacji wszelkich błędów akustycznych, które mogłyby wpłynąć negatywnie na komfort odbiorców¹⁴.

Normowanie czasu pogłosu w pomieszczeniach sakralnych opiera się między innymi na funkcji wykorzystania budynku i jego kubatury. Kryteria oceny jakości akustycznej pomieszczenia, które przeważnie są w znacznym stopniu uproszczone i sprowadzają się wyłącznie do wyliczenia wartości i oceny czasu pogłosu, nie prowadzą do pełnego rozwiązania problemu¹⁵. Uwidoczniiony brak konkretnego sposobu, umożliwiającego ocenę samego pomieszczenia pod względem pogłosowym (akustycznym), oraz wielość czynników zmiennych spowodowały, że zastosowano inne metody przeznaczone do badań sal koncertowych oraz audytoriów. Jest to *globalny wskaźnik jakości akustycznej wewnątrz sakralnych*, składający się z kilku wskaźników cząstkowych. Należą do nich wskaźniki: pogłosowy, zakłóceń zewnętrznych, zrozumiałości mowy, walorów brzmieniowych muzyki, równomierności nagłośnienia. Wzór ten nie wyklucza w przyszłości dodania większej ilości wskaźników w celu jeszcze jaśniejszej i dokładniejszej opcji zbadania obiektu sakralnego. Powstały wzór ma na celu określenie jednoznacznej oceny jakości akustycznej pomieszczenia, która dla większej dokładności opiera się na kilku wskaźnikach cząstkowych. Warto podkreślić, że procedura ta zgodna jest z subiektywnymi odczuciami zgromadzonych w kościołach oraz postępowaniem, które służy ocenie akustycznej wewnątrz sakralnych¹⁶. Czas pogłosu nie jest stały, lecz jest zależny od długości fali dźwiękowej, czyli od wysokości dźwięku, dlatego może przyjmować różną wartość. Współczynnik pochłaniania oraz chłonność akustyczna obiektu uwarunkowane są częstotliwością dźwięku, w związku z tym czas pogłosu nigdy nie wyraża się w postaci jednej liczby, tylko jako szerszy zakres (w postaci kilku liczb). Zazwyczaj czas pogłosu badany i odnoszony jest do pasm oktawowych, rzadziej tercjowych (bardzo duża dokładność i precyzja pomiaru w przypadku badania akustyki sal koncertowych czy teatrów, natomiast niekoniecznie uzasadniona w warunkach pomieszczeń sakralnych). Równomierny bądź nierównomierny rozkład fali dźwiękowej (na parach

¹⁴ A. Kulowski, D. Wróblewska, *Czynniki akustyki w architektonicznym projektowaniu kościołów*, dz. cyt., s. 49.

¹⁵ B. Szudrowicz, *Normowanie wartości czasu pogłosu w pomieszczeniach...*, dz. cyt., s. 9.

¹⁶ Z. Engel, K. Kosała, *Globalny wskaźnik oceny jakości akustycznej obiektów sakralnych*, dz. cyt., s. 309–312.

równoległych powierzchni) w dużym stopniu wpływa na pogłosowość, jego czas i barwę. Przy zbyt dużym czasie pogłosu należy zwalczać hałas pogłosowy, który powoduje maskowanie pewnych dźwięków, a uwypukla inne, wprowadzając artefakty do samego brzmienia i zrozumiałości mowy.

Kolejnym problemem dotyczącym wnętrza sakralnych jest chłonność akustyczna pomieszczenia, która jest sumą absorpcji ograniczonej przez nawy i łuki zmniejszające pomieszczenia, absorpcji obiektów i ludzi znajdujących się w pomieszczeniu oraz samej chłonności akustycznej powietrza. Warto wspomnieć, że chłonność akustyczna może być podawana i określana na dwa sposoby, np. absorpcja dotycząca jednej sztuki obiektu bądź poprzez iloczyn powierzchni absorbowanej przez grupę obiektów¹⁷.

Często spotykanym problemem jest to, że współczesne wnętrza sakralne zaprojektowane są w sposób wadliwy akustycznie, a system nagłośnieniowy traktowany jest jak swoistego rodzaju korektor. Przede wszystkim trzeba pamiętać o naturalnej akustyce świątyni, która nie powinna być wspomagana systemem nagłośnieniowym. System głośników w wielu przypadkach nie poprawia zrozumiałości przekazu słownego, lecz w znacznym stopniu pogłębia problem (dodatkowe odbicia od ścian, podłogi i sufitu). Zbyt duże nagłośnienie w stosunku do małej kubatury powoduje zaburzenie naturalnej równowagi sonorystycznej; wnętrza, które może stać się nośnikiem dla dźwięków naturalnych zostanie wypełnione sztucznie wytworzonym dźwiękiem – z głośników i wzmacniacza. Natomiast we wnętrzach o dużej kubaturze drobny błąd, nawet w montażu (jak odwrócenie głośników), może spowodować pogorszenie jakości akustyki, nie wspominając o samym sposobie rozmieszczenia instalacji głośnikowej podczas projektu (nawet drobny błąd w umieszczeniu może w dużym stopniu zaburzyć akustykę). Niekorzystne zjawiska akustyczne, które powstają w źle rozmieszczonych systemach nagłośnieniowych powodują efekt odwrotny do planowanego, taki jak: nadmierne pogłosy, rezonanse, fale stojące, echa trzepoczące, zaburzenia fazy (kierunkowości dźwięku) itp.¹⁸. Kształtowanie czasu pogłosu w pomieszczeniach sakralnych odgrywa znaczącą rolę, osiąga się to poprzez umieszczenie odpowiednich ekranów odbijających dźwięk nad prezbiterium. Odpowiednie formowanie pogłosu wpływa na uzyskanie odpowiednich warunków w komunikacji słownej, jak również w wybrzmiewaniu instrumentu

¹⁷ B. Szudrowicz, *Normowanie wartości czasu pogłosu w pomieszczeniach...*, dz. cyt., s. 9–10.

¹⁸ A. Kulowski, D. Wróblewska, *Czynniki akustyki w architektonicznym projektowaniu kościołów*, dz. cyt., s. 30–33.

(organów kościelnych). Stąd optymalny czas pogłosowy powinien być ściśle określony poprzez dokładne zbadanie problemu mikrofonem pomiarowym wraz z odpowiedzią impulsową danego pomieszczenia sakralnego¹⁹.

Nowoczesne świątynie mimo zalet wizualnych wymagają korekty i adaptacji akustycznej, przeważnie poprzez zminimalizowanie czasu nadmiernego pogłosu oraz poprawy charakterystyki częstotliwościowej wnętrza sakralnego. Obecnie kościoły budowane są często na planie figur owalnych, a z nich najczęściej wybierana jest elipsa. Wewnętrzna część budowli niejednokrotnie charakteryzuje się zbyt dużą ilością pogłosu, która negatywnie wpływa na odbiór i interpretację wrażeń dźwiękowych. We wnętrzach kościelnych dominują zwykle powierzchnie gładkie, twarde, płaskie lub wklęsłe, które powodują obfite odbicia fal dźwiękowych. Prawidłowe zaplanowanie akustyki polega na zbadaniu i poddaniu pomiarowi odpowiedzi impulsowej, rozumianej jako obliczenie czasu dźwięku bezpośredniego w odniesieniu do dźwięku lub dźwięków odbitych. Zbadanie odpowiedzi impulsowej nie jest zbyt trudne, ponieważ opiera się na wyposażeniu komputera w odpowiednie oprogramowanie, takie jak: karta muzyczna oraz specjalny mikrofon pomiarowy. Oprogramowanie komputerowe umożliwia pomiar odpowiedzi impulsowej różnych odbić, np. z pominięciem jednych odbić, przy skoncentrowaniu się na innych. Na podstawie otrzymanych odpowiedzi impulsowych można wytyczyć parametry akustyczne danego wnętrza.

Badanie zrozumiałości przekazu słownego może opierać się na podstawie przeprowadzonych badań ankietowanych przy udziale grupy badanej. W niniejszym badaniu ocenia się stosunek zrozumiałych i niezrozumiałych treści. Testy takie odnoszą się do kilku kryteriów zrozumiałości: zgłoskowej, wyrazowej i zdaniowej. Niestety, elementem najsłabszym w tym przypadku może być lektor, który czyta tekst. Lektor może mieć swoiste przyzwyczajenia językowe, które wpływają na ogólny wynik badania, a więc może go fałszować, na przykład przez zbyt wolne czytanie tekstu bądź niewłaściwe artykułowanie zbitok głoskowych. Badania zrozumiałości komunikatów słownych zależą również od bystrości czy wiedzy słuchaczy, którzy pomimo niewyraźnej wymowy kapłana mogą domyślić się, o jakie słowo chodzi na podstawie konkretnego kontekstu. Mając na celu otrzymanie najdokładniejszych wyników, subiektywne metody badania (zależne od wielu trudnych do przewidzenia czynników) zastąpiono obiektywnymi, gdzie zrozumiałość bada się przy pomocy odpowiednich urządzeń.

¹⁹ B. Szudrowicz, *Normowanie wartości czasu pogłosu w pomieszczeniach...*, dz. cyt., s. 11–12.

Zrozumiałość mowy w danym polu akustycznym wyznaczają fale dźwiękowe bezpośrednie odchodzące od źródła dźwięku oraz fale dźwiękowe odbite od ścian. Odległość nazwana r , dla której siła fali bezpośredniej równa jest mocy fal odbitych, nazywana jest odległością graniczną. Dla źródła dźwięku, które jest punktowe, np. głos kapłana, odległość wspomnianą oblicza się według wzoru:

$$r = 0,057 \sqrt{\frac{V}{T}}$$

V oznacza kubaturę pomieszczenia, natomiast T oznacza czas pogłosu. Czas pogłosu zależny jest również od częstotliwości dźwięku, czyli od wysokości dźwięku. Stąd r jest funkcją częstotliwości. Dobra zrozumiałość (w umiarkowanym tempie wymowy) odpowiada około czterokrotnej odległości granicznej. Zasięg dobrej zrozumiałości mowy zależny jest, jak wspomniano, w dużej mierze od częstotliwości dźwięku, ale również od budowy samego pomieszczenia. Można pokusić się o stwierdzenie, że im mniejsza pogłosowość danego pomieszczenia, tym zrozumiałość mowy jest znacznie lepsza. Jednak zbyt mała pogłosowość powoduje, że dźwięki mowy nie rozchodzą się dobrze w przestrzeni i zanikają w dalszych rzędach. Oznacza to, że czas pogłosu nie powinien być zbyt długi, aby nie powodować nadmiernych i uciążliwych artefaktów, wynikających ze zbyt dużej pogłosowości. Również czas pogłosu nie może być zbyt krótki, gdyż w tym przypadku zrozumiałość przekazu słownego będzie nienaturalna. Dźwięk przy krótkim czasie pogłosu nie jest naturalnie „wzmacniany”, stąd można zaobserwować jego wygaszanie wraz z postępującą odległością od źródła dźwięku. Należy pamiętać, że optymalna pogłosowość uzależniona jest od funkcji danego pomieszczenia i różne pomieszczenia o różnym przeznaczeniu uwzględnionym w projekcie mają całkowicie inne czasy pogłosu.

Kolejnym wskaźnikiem służącym określaniu następujących po sobie dźwięków, czyli ogólnej zrozumiałości, jest wyrazistość (często spotykana polska nazwa to „rozdzielczość”), czyli wczesny stosunek energii dźwięku biegnącego w czasie krótszym niż 50 ms od miejsca odsłuchu do energii całościowej impulsu dźwiękowego odbitego. 50 ms to stała czasowa ucha człowieka wyznaczona przez Haasa. Stąd wskaźnik wyrazistości określa, że im większa ilość energii fal odbitych docierających do człowieka w ciągu pierwszych 50 ms, tym słuchacz lepiej interpretuje i rozpoznaje dźwięki, które następują po sobie.

Innym podejściem do problemu zrozumiałości mowy jest ocena zrozumiałości kanału transmisyjnego, która nazywa się *wskaźnikiem zrozumiałości AI* (ang. *Articulation Index*). Zamiast dźwięków mowy używane są w tym przypadku pewne sekwencje dźwiękowe. Metoda ta uwzględnia wpływ zjawisk dodatkowych (zewnętrznych), które zmniejszają naturalną percepcję, jak szum tła akustycznego oraz zakłócenia amplitudy sygnału²⁰.

Najbardziej interesującymi informacjami – oprócz czasu pogłosu oraz pozostałych dodatkowych parametrów – jest wskaźnik *RASTI*, który bezpośrednio odnosi się do zrozumiałości przekazu słownego, z uwzględnieniem zastosowania aparatury nagłaśniającej. Należy zdać sobie sprawę, że każdy materiał budowlany ma zgoła odmienne wartości współczynników pochłaniania dźwięku. Badane są one tonem sinusoidalnym (prostym) o różnej częstotliwości, oddziałującym na dany materiał. Różne częstotliwości padające na materiał inaczej zostają potraktowane, często częściowo odbite bądź pochłonięte. Wyniki otrzymanych badań pochłaniania różnych częstotliwości przez materiał bezpośrednio wpływają na wskaźnik zrozumiałości mowy *RASTI*. Zadowolający wskaźnik *RASTI* zazwyczaj wynosi $> 0,6$ – wówczas zrozumiałość mowy jest satysfakcjonująca, potwierdzona stosownymi badaniami, a także subiektywnymi odczuciami wiernych. Na podstawie samych pomiarów i obliczeń symulacyjnych można w fazie planowania i projektowania wnętrza sakralnego uniknąć przypadkowości oraz błędów akustycznych, które dominują we współczesnych świątyniach²¹.

Atrybuty akustyczne pomieszczenia bezpośrednio wiążą się z przystosowaniem akustycznym, a więc ze zrozumiałością przekazu słownego:

- czas opóźnienia pierwszego odbicia powinien być odpowiednio krótki, a dźwięk odbity na tyle silny, aby wytworzyć odpowiedni efekt psychoakustyczny (chodzi o zachodzące w takich warunkach subiektywnie odczuwane zwiększenie głośności dźwięku),
- pomieszczenie powinno być ukształtowane w sposób zapewniający równomierne pokrycie powierzchni odsłuchu wcześniej dochodzącymi falami odbitymi,
- czas pogłosu, który w całym paśmie częstotliwości powinien mieć wartości zalecane dla kubatury i funkcji pomieszczenia,

²⁰ A. Kulowski, *Akustyka sal. Zalecenia projektowe dla architektów*, dz. cyt., s. 69-70 i 299-301.

²¹ T. Kamiński, K. Kosala, *Akustyka wielofunkcyjna wewnątrz sakralnych*, dz. cyt., s. 117–118.

- poziom tła akustycznego, który zależy od czynników wewnętrznych (np. instalacja wentylacyjna) i zewnętrznych (np. zakłócenia komunikacyjne), powinien być jak najmniejszy, a w każdym razie nie przekraczać wartości dopuszczalnej przez przepisy²².

DŹWIĘK BEZPOŚREDNI I ODBITY A ZROZUMIAŁOŚĆ PRZEKAZU SŁOWNEGO

Układ ścian, sufitu i podłogi powoduje, że do słuchacza dochodzą dźwięki bezpośrednie (bez odbić, bezpośrednio od źródła dźwięku), a także wczesne i późne odbicia dźwięku. Wspomniane czynniki należałoby omówić szerzej aby zrozumieć istotę problemu, ponieważ ich wielkość i korelacja wpływa na pogłosowość i echo pomieszczenia.

Często wskazuje się, że dźwięk bezpośredni jest bardzo ważny, ponieważ w nim jest zawierana cała energia i zarazem pełna zrozumiałość, gdyż pochodzi on bezpośrednio ze źródła dźwięku. Jest to dźwięk dochodzący do uszu słuchacza po linii prostej, który pozbawiony jest jakichkolwiek odbić, stąd jest bardzo wyraźny (bliski naturalnej sonorystyce źródła dźwięku). Wraz ze zwiększającą się odległością dźwięk bezpośredni zanika, a zaczynają dominować fale odbite. Dźwięk bezpośredni dostarcza słuchaczowi wierną informację o pierwowzorze danego dźwięku, bez jakichkolwiek zabarwień i artefaktów w postaci fal odbitych od pomieszczenia. Dźwięk bezpośredni przekazuje naturalność sonorystyczną dźwięku źródłowego, stąd jest aż tak ważny.

Dźwięk niebezpośredni, czyli odbity, ma znacznie mniej cech materiału źródłowego. Zabarwia dźwięk bezpośredni, tworząc nowe widmo akustyczne fali dźwiękowej, uzależnione od wielkości pomieszczenia i materiałów, z których to pomieszczenie zostało zbudowane.

Dobra zrozumiałość mowy w pomieszczeniach sakralnych uzależniona jest od właściwej kombinacji (proporcji) dźwięku bezpośredniego i odbitego. Należy pamiętać, że wspomniana cecha jest zmienna i inna dla każdego pomieszczenia, ponieważ każde z nich jest inaczej zaprojektowane, przez co inaczej brzmi. Nigdy nie znajdziemy drugiego pomieszczenia identycznego akustycznie, gdyż występuje zbyt wiele czynników zmiennych, nawet takich, jak temperatura i wilgotność powietrza, które to w znacznym stopniu wpływają na całokształt akustyki danej świątyni. Zbyt duża ilość dźwięku bezpośredniego powoduje nienaturalność w rozumieniu ostrej, suchej i pozbawionej dźwięczności barwy dźwięku. Natomiast zbyt duża ilość

²² A. Kulowski, *Akustyka sal. Zalecenia projektowe dla architektów*, dz. cyt., s. 299.

dźwięków odbitych zaburza zrozumiałość przekazu słownego, wprowadzając nawet przesunięcia faz fal, które objawiają się pogłosem, echem i echem trzepoczącym, czyli w ogólnym rozumieniu pozbawiają dźwięk wyrazistości. Dodatkowo należy pamiętać, że kubatura (wielkość) pomieszczenia wpływa na całokształt zrozumiałości²³.

Pożądane rozwiązania akustyczne to:

- usunięcie przeszkód (np. ścianki i filary), stanowiących ograniczenie naturalnego rozchodzenia się dźwięku,
- umieszczanie ołtarza poza dużymi zagłębieniami i wnękami, które powodowałyby, że głos kapłana (dźwięk bezpośredni) dochodziłby w sposób niepełny,
- zastosowanie praktycznej geometrii stropu, umożliwiającej dobrą słyszalność dźwięku naturalnego (pochodzącego z ust kapłana) poprzez wczesne odbicia dźwięku,
- prawidłowe skonstruowanie stropu nawy głównej, która w zależności od konstrukcji może charakteryzować się absorpcją bądź odbijaniem fal dźwiękowych,
- umocowanie stropu na odpowiedniej (średniej) wysokości, co powoduje swobodne rozchodzenie się dźwięku w przestrzeni, ponieważ strop umieszczony na zbyt dużej lub zbyt małej wysokości wprowadza odpowiednio za dużo lub za mało rozpraszanego dźwięku (możliwość wystąpienia fali stojącej)²⁴.

Wczesne odbicia dźwięku są bardzo ważne, ponieważ są przekaźnikiem informacji muzycznej, w tym tekstu słownego. Stąd, aby tekst wymawiany przez duchownego był należycie głośny i zrozumiały, wymagana jest duża sprawność i głośność aparatu głosowego. Należy pamiętać, że gdy odległości fali bezpośredniej i odbitej są duże, wówczas może wystąpić zjawisko echa. Przy szukaniu lokalizacji dla prezbiterium i przemawiającego duchownego trzeba pamiętać, że za osobą taką powinna znajdować się ściana silnie odbijająca dźwięk, tak aby docierał on do jak największej liczby wiernych. Zbudowanie prezbiterium z uwzględnieniem wyżej wymienionych warunków zapewni silne odbicia pierwszej fali dźwiękowej, które odpowiadają za

²³ http://www.bellsonic.org.pl/artykuly/jak_slychac_w_kosciele.pdf, dostęp w dn. 26.03.2012.

²⁴ A. Kulowski, D. Wróblewska, *Czynniki akustyki w architektonicznym projektowaniu kościołów*, dz. cyt., s. 74–75.

zrozumiałość przekazu słownego. Złe zaprojektowanie prezbiterium skutkuje tym, że głos jest słyszalny w pierwszych rzędach nawy, a dla osób siedzących w kolejnych rzędach dźwięk musi być odpowiednio wzmacniany przez system elektroakustyczny w kościele. Stąd już przy projektowaniu kościoła niebagatelną rolę odgrywa prawidłowe umieszczenie prezbiterium w taki sposób, aby wzbudzać dużą liczbę drgań własnych, zwłaszcza na częstotliwościach odpowiadających głosowi ludzkiemu²⁵.

Właściwe ułożenie materiałów polega na położeniu tworzywa silnie odbijającego dźwięk blisko źródła dźwięku oraz na suficie. Ściany, które znajdują się coraz dalej od źródła dźwięku pokrywane są materiałami coraz bardziej pochłaniającymi dźwięk (w szczególności dotyczy to tylnej ściany). Umożliwia to osiągnięcie dobrej zrozumiałości mowy przez skierowanie na wiernych wczesnych odbić dźwiękowych, które mają krótką drogę do przebycia (uzyskiwana wyrazistość). Dźwięki powstające z długiej drogi odbić są wytłumiane. Czyli im bardziej w głąb danego pomieszczenia, tym współczynnik pochłaniania dźwięku przez materiał powinien być większy. Warto wspomnieć, że zbyt duża ilość materiału pochłaniającego może skutkować wytłumieniem pogłosu i odbić o krótkim czasie opóźnienia, co negatywnie rzutuje na całokształt akustyki danego pomieszczenia.

Aktualnie projektanci skupiają się na zastosowaniu dużych i zarazem płaskich materiałów odbijających dźwięk, zamiast wziąć pod uwagę elementy, które w odpowiedni sposób żłobione nie tylko rozwiązują problem nienaturalnych odbić, ale także mogą stać się interesujące ze względu na swą dekoracyjność. Takie nieprzemysłane, pod kątem akustycznym, działania architektów prowadzą do zniekształcania dźwięku.

Stopień rozpraszania dźwięku jest niezwykle istotny, gdyż wpływa pozytywnie na akustykę pomieszczenia, we właściwy sposób rozprowadzając dźwięk wewnątrz pomieszczenia. Wspomniana cecha jest niebywale trudna do wykreowania i zarazem bardzo ważna dla odbiorcy. Na rozproszenie wpływa samo pomieszczenie, jak również wszelkie jego elementy składowe w rozumieniu wyposażenia.

Czynniki wpływające na pozytywne rozprzestrzenianie się dźwięku to:

- budowa kościoła na planie innym niż kwadrat, prostokąt, odpowiednie są np. figury nieregularne, pięciokąty, bryły niesymetryczne, powodujące urozmaicenie kierunków biegu fal odbitych,

²⁵ Tamże, s. 75-79.

- podział ścian, sufitów na mniejsze nieregularne fragmenty, unikanie ścian równoległych, bądź powierzchni prostopadłych,
- nieregularny układ i kształt sufitu,
- odpowiednie wyprofilowanie balustrad i obrzeży balkonów,
- stosowanie elementów wnikaających w wewnętrzną konstrukcję budynku, jak odpowiednio rzeźbione belki stropowe i słupy,
- tworzenie specjalnych wnęk w ścianach (pułapki),
- umieszczanie pod sufitem specjalnych ekranów i innych elementów rozpraszających oraz zmieniających kierunek biegu fal,
- specjalne głębokie rozrzeźbienia ścian i sufitu (mogą one sięgać nawet 15–20 cm w głąb materiału), które mają funkcję podwójną: tak w architekturze, jak i akustyce; tworzenie specjalnych schodów, gzymsów, uskoków, gęstych elementów przestrzenno-dekoracyjnych,
- stosowanie materiałów naprzemiennie i silnie odbijających dźwięk, jak również mocno go absorbujących, które muszą mieć pokrycie w częstotliwościach problemowych występujących w danej lokalizacji (w każdym kościele pojawiają się problemy z innymi częstotliwościami, ponieważ wnętrza budowli sakralnych różnią się między sobą)²⁶.

Należy przypomnieć, że prawidłowe warunki akustyczne są również osiągnięte poprzez stosowne rozmieszczenie rozpraszaczy QRD (ang. *Quadratic Residua Diffusers*), nazywanych również rozpraszaczami Schroedera. Są to specjalnie perforowane płyty o strukturze rastrowej, mające działanie silnie rozpraszające. Połączenie wielu wspomnianych modułów umożliwia stworzenie powierzchni silnie rozpraszającej dźwięk, która pozytywnie wpływa na własności akustyczne pomieszczenia²⁷.

Kolejnym czynnikiem, który pośrednio wpływa na akustykę sali i zrozumiałość przekazu słownego, są balkony, zapewniające dodatkowe miejsca w świątyni, a zarazem przybliżające ku prezbiterium tych wiernych, którzy musieliby zajmować dalekie miejsca w świątyni. Umieszczenie balkonów przeważnie na ścianach bocznych powoduje, że odbicia dźwięku od ściany ulegają zakłóceniom, wpływając w znacznym stopniu na akustykę pomieszczenia (wczesne odbicia, które docierają do widowni z kierunków bocznych). Natomiast prawidłowe umieszczenie balkonów na ścianach bocznych sprawia, że do wiernych dociera wczesna fala odbita z boku, która również jest

²⁶ A. Kulowski, *Akustyka sal. Zalecenia projektowe dla architektów*, dz. cyt., s. 138–139.

²⁷ Tamże, s. 147–148.

nośnikiem informacji właściwej. Pozytywny i znaczny wpływ odbić bocznych ma swoje odwzorowanie w wartości parametrów dotyczących zrozumiałości mowy *RASTI*. Samo dostarczenie dobrych warunków akustycznych dla wiernych znajdujących na balkonach opiera się na transmisji dźwięku pochodzącego z wczesnych odbić od sufitu i ścian bocznych.

Problem wynikający z braku umiejętności zastosowania różnych materiałów, z umiejscowienia prezbiterium czy balkonów – w odniesieniu do dobrej słyszalności wewnątrz – uzmysławia nam, jak ważne jest zasięganie rad akustyka podczas etapu projektowania wnętrza świątyni, tak aby projekt spełniał również wytyczne w zakresie prawidłowo uformowanej akustyki²⁸.

Podsumowując należy zauważyć, że różne warunki, które towarzyszą współczesnym pomieszczeniom sakralnym, można odnaleźć w pewnych normach dotyczących maksymalnych i zarazem optymalnych wartości czasu pogłosu. Warunki te muszą być uwzględnione przy projektowaniu budynku. Pomiary kontrolne wartości pogłosowych powinny być dokonywane zaraz po wybudowaniu obiektu. Należy wykonywać pomiary komputerowe, które pozwalają na modelowanie i przewidywanie wpływu wypełnienia kościoła (przez wiernych) na czas pogłosu. Badania kontrolne należy wykonać w pomieszczeniu przy pełnym wyposażeniu (zamontowane ławki, osadzenie instrumentu – organów, prezbiterium z pełnym wyposażeniem)²⁹.

Pamiętajmy, że istnieje normalizacja w dziedzinie akustyki budowlanej, szeroko opisana w literaturze branżowej. Stworzenie wymaganych warunków akustycznych w świetle wykorzystanych materiałów do budowy uściślone jest w szeregu dyrektyw, które odnoszą się do wszelkich elementów składowych – budowlanych. Ważne są również uściślenia dotyczące warunków akustycznych środowiska, w którym znajduje się obiekt, np. bliskość ruchliwych ulic; są to wymagania, które powinien spełniać zarówno budynek, jak i jego najbliższe otoczenie, dotyczy to izolacyjności akustycznej od dźwięków uderzeniowych bądź przesyłanych drogą powietrzną, odległości od innych źródeł dźwięku, pogłosowości oraz innych³⁰.

Akustyka pomieszczeń sakralnych jest niezwykle ważna, ponieważ dzięki niej wierni mogą jednoczyć się we wspólnej modlitwie. Ukazana problematyka ma na celu pomoc w zrozumieniu prawideł budowania świątyni

²⁸ Tamże, s. 144–158.

²⁹ B. Szudrowicz, *Normowanie wartości czasu pogłosu w pomieszczeniach...*, dz. cyt., s. 12.

³⁰ A. Iżewska, *Normalizacja w akustyce budowlanej*, „Materiały Budowlane” 8(2006), s. 46–47 i 82.

z uwzględnieniem ich podstawowych funkcji. Nie zapominajmy o doznaniach słuchowych w budynkach wybudowanych w ostatnich czterdziestu lat, gdyż śmiało stwierdzić można, że doznania wizualne zawsze są zachowane, dźwiękowe – niekoniecznie. Akustyka obiektu sakralnego jest nośnikiem informacji, ponieważ dzięki niej można się wyciszyć i przeżywać każdą uroczystość. To właśnie akustyka pozwala na zapewnienie dobrej zrozumiałości mowy i eksponowanie walorów muzycznych podczas liturgii i nabożeństw, zapewnia jedyny i niepowtarzalny klimat przybliżający do podstawowej funkcji kościoła, jaką jest nauczanie i słuchanie słowa.

BIBLIOGRAFIA

Engel Z., Kosała K., *Globalny wskaźnik oceny jakości akustycznej obiektów sakralnych*, w: *LI Otwarte Seminarium z Akustyki – OSA, Gdańsk, Sobieszewo, 6-10.09.2004 r.*, Polskie Towarzystwo Akustyczne, Gdańsk 2004.

http://www.bellsonic.org.pl/artykuly/jak_slychac_w_kosciele.pdf.

Iżewska A., *Normalizacja w akustyce budowlanej*, „Materiały Budowlane” 8(2006), s. 46–47, 82.

Kamiński T., Kosała K., *Akustyka wielofunkcyjna wewnątrz sakralnych*, „Czasopismo Techniczne” („Technical Transactions”) 2-A/1/2011, s. 116-118.

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

Kulowski A., *Akustyka sal. Zalecenia projektowe dla architektów*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2011.

Kulowski A., Wróblewska D., *Czynniki akustyki w architektonicznym projektowaniu kościołów*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2007.

Szudrowicz B., *Normowanie wartości czasu pogłosu w pomieszczeniach – założenia do normy PN*, „Materiały Budowlane” 8(2009), s. 10–12.

SUMMARY

The author of this publication is aware of the scarcity of professional literature concerning the natural acoustics of church interiors. The article presents some general issues concerning the acoustics of modern sacred space, which hasn't been observed for a long time. Here the attention was paid to the new materials used for construction, as well as new projects of the present-day temples, which are significantly different from those from before a few centuries. The author's aim is to educate architects to verify their designs of churches in terms

Akustyka pomieszczeń sakralnych a zrozumiałość przekazu słownego

of sound with a person skilled in this field. It should be noted that often the verbal clarity of communication in the modern church buildings is not good. Architects focus on visual aspects, but not on aural ones. Poorly designed church acoustics interfere with the speech intelligibility preached by the priest. Hence, it is significant to illustrate how to design the acoustics of sacred interiors.

Adam Rosiński, pianista, kompozytor, aranżer, producent muzyczny, realizator dźwięku. Ukończył studia magisterskie w zakresie edukacji muzycznej na Wydziale Dyrygentury Chóralnej, Edukacji Muzycznej i Rytmiki Akademii Muzycznej im. Stanisława Moniuszki w Gdańsku. Obecnie jest wykładowcą w Akademii Sztuk Pięknych w Gdańsku. Jest związany z międzynarodowymi organizacjami zajmującymi się badaniami akustycznymi oraz zreszzeniami producentów audio-wideo. Należy do Polskiego Towarzystwa Akustycznego oraz Polskiego Stowarzyszenia Realizatorów Dźwięku.