

## Projektowanie kreatywne

**Jesteśmy otoczeni dźwiękiem. Pozostajemy stale pod wpływem różnych jego źródeł, niezależnie od tego, czy przebywamy na zewnątrz czy wewnątrz obiektów architektonicznych. Oddziaływanie dźwięku na nasze samopoczucie jest niezaprzeczalne, dlatego w sposób szczególny warto zwrócić uwagę na znaczącą rolę akustyki w projektowaniu zintegrowanym.**

Słuch może być opisany jako fizyczny proces percepcji dźwięku. To jeden z pięciu zmysłów człowieka, w kilku aspektach znacznie bardziej czuły niż wzrok. Zakres dynamiki dźwięków słyszalnych przez zdrową osobę wynosi ok. 130 dB, podczas gdy zakres dynamiki natężenia światła jest znacznie mniejszy i osiąga zwykle jedynie 90 dB. Skala słyszalnych częstotliwości (20–20 000 Hz) jest ok. 400 razy szersza niż szerokość widma światła widzialnego – od czerwieni (405 MHz) do fioletu (790 MHz). Ponadto, jesteśmy w stanie rozróżnić ponad 1300 tonów i jedynie 150 kolorów światła.

Słuchanie (w przeciwieństwie do słyszenia) to proces poznawczy, który polega na aktywnym odbieraniu i interpretowaniu dźwięków, obejmującym zarówno poznawcze, jak i behawioralne aktywności (Greene, 1988). Niektórzy muzycy potrafią wyobrazić sobie fragmenty melodii w tak sugestywny sposób, że zmiany w mózgu są identyczne z pojawiającymi się podczas faktycznego słuchania muzyki (Gerrig i Zimbardo, 2010). Dźwięki mogą istotnie wpływać na emocje, a ich percepcja i interpretacja jest bardzo złożonym procesem. Na to, co słyszymy lub widzimy silnie wpływa subiektywna ocena, dlatego wciąż niemożliwe jest, aby narzędzia, takie jak sztuczna inteligencja, uchwyciły sens wypowiedzi w czasie rzeczywistym lub z nagrania. Typowe dla subiektywnego słuchania jest to, że część dźwięków odbieramy świadomie, a część – będącą tłem – nieświadomie.

### III Akustyka – ważna część architektury

Akustyka zawsze stanowiła komponent architektury, a ich niezauważalne przenikanie się decydowało o komforcie przebywania w pomieszczeniach. Dawniej architekci nie zwracali jednak uwagi na rozprzestrzenianie się dźwięku, a podstawowymi kryteriami projektowymi były wygląd i łatwość użytkowania obiektu. Architektura znajdowała się na wysokim poziomie, ale nie istniała akustyka architektoniczna, np. kształt teatrów był raczej przypadkowy, niż oparty na wiedzy naukowej. Naturę dźwięku badali już greccy filozofowie. Pitagoras studiował drgania strun i wysokość tonu. Arystoteles opisał dźwięk jako „szczególny rodzaj ruchu powietrza” i odkrył zjawisko echa. Kilkaset lat później, rzymski uczone Witruwiusz porównał dźwięk do fal wodnych. Wyjaśnił, że tak jak one, odbija się od przeszkód, a przez to staje się mniej zrozumiałe. W następnych stuleciach architektura była coraz bardziej wyrafinowana i skomplikowana, ale wiedza o dźwięku – niekompletna. Brakowało praktycznego połączenia akustyki i architektury. Dynamiczny rozwój wiedzy nastąpił tuż przed rewolucją przemysłową oraz w jej trakcie. Galileo Galilei opisał częstotliwość dźwięku, a Mersenne rozwinął prace Pitagorasa na temat strun i częstotliwości oraz jako pierwszy zmierzył prędkość dźwięku. Coraz częściej badania koncentrowały się na ludzkim odbiorze dźwięku. Helmholtz opublikował „Sensations of Tone” – wielką pracę na temat jego percepcji oraz częstotliwości. Lord Rayleigh rozwinął teorię dotyczącą lokalizacji dźwięku przez człowieka. Christian Andreas Doppler stwierdził, że częstotliwość fali dźwiękowej zależy od prędkości źródła/odbiornika, co zostało potwierdzone przez doświadczenia przeprowadzone przez Buysa Ballota.

Historia akustyki architektonicznej zaczęła się na poważnie w XIX w., kiedy amerykański fizyk Wallace Clement Sabine, po latach eksperymentowania, zdefiniował czas pogłosu, który jest nadal jednym z najważniejszych parametrów opisujących akustykę wnętrza. Współcześnie ta stosunkowo nowa domena nauki nabiera znaczenia, ponieważ od poprawnej akustyki zależy nie tylko jakość przestrzeni, ale i zdrowie człowieka. W dobie hałasu komunikacyjnego pochodzącego od urządzeń, przemysłu czy mediów znaczenie akustyki w projekcie architektonicznym wzrasta i jest nieocenione. Wśród specjalistów obserwowana jest jednak niechęć do korzystania z pomocy, jaką akustycy mogą wnieść do projektów. Brakuje również zrozumienia ważnych kwestii związanych z dźwiękiem lub ignorowanie rozwiązań, które mogą znacząco wpływać na komfort użytkowników obiektów. Ciągły rozwój różnych dziedzin architektury wymaga od specjalistów poszerzania oraz aktualizowania wiedzy w zakresie nowych rozwiązań, materiałów, technologii, sprzętu pomiarowego, a także zmian prawa i standardów projektowania.

### III Wizualizacja zagadnień akustycznych

Książki branżowe o akustyce architektonicznej przeznaczone są głównie dla czytelników o przygotowaniu matematycznym lub technicznym, zwykle absolwentów wydziału elektroniki lub fizyki. Takie opracowania mają ograniczoną przydatność dla architektów, których zamiarem nie jest studiowanie akustyki architektonicznej jako odrębnej dziedziny wiedzy, lecz poszukiwanie inspiracji w zakresie poprawnych, pod względem akustycznym, rozwiązań architektonicznych. Chcąc wypełnić lukę w literaturze fachowej oraz zwiększyć świadomość architektów na temat roli akustyki w życiu człowieka, zespół kreatywny KFB - Polska stworzył ogólnodostępne narzędzie dydaktyczne dotyczące akustyki architektonicznej.

ArAc-Multibook of Architectural Acoustics jest wynikiem współpracy pomiędzy naukowcami i przedsiębiorcami. Obok koordynatora projektu (spółka KFB Polska) nad materiałami do multibooka pracowały: Kahle Acoustics – firma konsultingowa z zakresu doradztwa akustycznego, współpracująca z najsłynniejszymi światowymi architektami, jak: Renzo



Proces tworzenia materiałów wizualnych do multibooka – Laboratorium Akustyki i Fizyki Ciepłej (ATF), KU Leuven w Belgii

Piano, Jean Nouvel, Rafael Viñoly, Terry Pawson czy Paul Andreu; Laboratorium Akustyki i Fizyki Ciepłej (ATF) z Katedry Fizyki i Astronomii na Wydziale Fizyki Katolickiego Uniwersytetu w Leuven w Belgii, Wydział Architektury Politechniki Wrocławskiej oraz firma gfa i tech GmbH z Berlina, specjalizująca się w produkcji innowacyjnych systemów pomiarowych. Multibook powstał przy wsparciu Komisji Europejskiej w ramach programu „Uczenie się przez całe życie”. Tradycyjna, drukowana forma książki uniemożliwia zwizualizowanie zagadnień akustycznych („niewidocznych” zjawisk) na papierze. Multibook daje dużo szersze możliwości w przekazie informacji. Tekst wzbogacono nagraniami video oraz audio, galeriami zdjęć, elementami interaktywnej infografiki, animacjami, pozwalającymi zobaczyć obiekt, zrozumieć jak działają prezentowane zjawiska oraz usłyszeć różnice akustyczne dla rozmaitych przestrzeni architektonicznych.

Kluczowym założeniem pracy nad multibookiem było stworzenie narzędzia, które stanie się inspiracją dla architekta podczas projektowania przyjaznych miejsc do mieszkania, pracy i wypoczynku. Zawód architekta wymaga połączenia wiedzy z różnych dziedzin. Sposób wykreowania przez niego przestrzeni będzie wpływał na klimat akustyczny, a tym samym na odczucia przebywających w niej użytkowników. To zadanie bardzo odpowiedzialne, ze względu na jego długofalowe konsekwencje. Przedstawione w multibooku materiały mają umożliwić architektom prawidłowe i samodzielne rozwiązanie powszechnie występujących, nieskomplikowanych problemów w zakresie ochrony antyhałasowej i akustyki wnętrz. Tego typu wiedza jest najbardziej pomocna dla prac koncepcyjno-projektowych dotyczących akustyki architektonicznej, a także wzajemnego zrozumienia odmiennych priorytetów współpracujących ze sobą architektów i akustyków.

Akustyka architektoniczna zajmuje się dźwiękiem, architekturą oraz ich interakcją z ludźmi i składa się z dwóch różnych dziedzin: akustyki wnętrz i akustyki budowlanej. Pierwsza to nauka o osiąganiu dobrych warunków akustycznych w przestrzeni, w odniesieniu do jej funkcji. Druga zajmuje się głównie izolacją akustyczną pomiędzy częściami budynku oraz kontrolą poziomu hałasu w jego wnętrzu. Hałas na zewnątrz jest natomiast przedmiotem akustyki środowiskowej. Podstawy teoretyczne powyższych dziedzin są prezentowane w ArAc-u. Multibook zawiera szereg zagadnień praktycznych, które systematyzują akustyczne i architektoniczne elementy projektowe oraz obiektywne i subiektywne parametry akustyczne, dzięki którym możemy opisać warunki akustyczne w danej przestrzeni. Kluczowy jest podział obiektów na funkcje, jakie powinny pełnić wraz z wymaganiami akustycznymi w odniesieniu do każdej z nich. ArAc-a zamykają przykłady realizacji akustycznych w kilku obiektach w Europie, przedstawione w formie filmów instruktażowych, które pozwalają jednocześnie usłyszeć i zobaczyć przestrzeń architektoniczną – pokazując zastosowane rozwiązania akustyczne, założenia danego projektu oraz sposoby osiągania oczekiwanych rezultatów. Jako przykłady uniwersalne mogą być inspiracją przy wielu projektach.

Projekt ArAc to innowacyjne podejście do kształcenia ustawicznego w dziedzinie akustyki architektonicznej i budownictwa. Jest formą nauczania multisensorycznego, opartą na zaangażowaniu różnych zmysłów i łączącą dwie dziedziny, w której język fizyki przenika się z językiem obrazów. Inspiracją do pracy nad narzędziami służącymi wymianie wiedzy była współpraca inżynierów KFB Polska ze specjalistami z różnych branż. W ramach świadczonych usług z zakresu akustyki przemysłowej, budowlanej i architektonicznej, kładziony jest nacisk na



ArAc-Multibook of Architectural Acoustics

zwiększenie świadomości specjalistów w temacie roli akustyki w projektowaniu zintegrowanym. Specjaliści KFB wspierają zespoły inżynierów przy opracowywaniu akustyki wnętrz samochodów, kabin roboczych oraz maszyn i urządzeń już w fazie powstawania prototypu. Podobnie istotna jest identyfikacja i rozwiązywanie problemów w obszarze akustyki architektonicznej i budowlanej. Coraz częściej zespół KFB opracowuje ekspertyzy akustyczne dla badanego wnętrza oraz prezentuje jakoś „brzmienia” przed i po wdrożeniu rozwiązań akustycznych. Realizacja projektu ArAc-Multibook of Architectural Acoustics to krok do stworzenia europejskiego centrum wibroakustycznego, w którym możliwe będzie prowadzenie projektów badawczych oraz szkolenie inżynierów w zakresie akustyki. ArAc-Multibook of Architectural Acoustics można bezpłatnie pobrać jako aplikację na urządzenia mobilne z App Store lub Google Play oraz w formie interaktywnego pliku PDF, wydanego w czterech językach (polskim, angielskim, niemieckim i francuskim), ze strony projektu [www.arac-multibook.com](http://www.arac-multibook.com).



Case Studies – przykłady realizacji projektów akustycznych w Europie: 1. Maison de la Radio (Flagey) w Brukseli, 2. Ensemblehaus we Freiburgu, 3. Kraakhuis (Music Center de Bijloke) w Ghent, 4. Campus One w Karlsruhe, 5. Konserthus w Stavanger, 6. Nouveau Siecle w Lille, 7. Musikinsel w Rheinau, 8. Volvo Construction Equipment we Wrocławiu, 9. Ekran Akustyczne na A8 we Wrocławiu

**KFB Polska sp. z o.o.**

ul. Mydlana 7, 51-502 Wrocław

tel. 71 707 24 00, faks 71 707 24 01

sekretariat@kfb-polska.pl, [www.kfb-polska.pl](http://www.kfb-polska.pl)





## Od partnera wydania

Akustyka zawsze stanowiła nieodłączny element architektury w dużym stopniu decydujący o komforcie przebywania w pomieszczeniach. Jednak dawniej architekci nie analizowali rozprzestrzeniania się

dźwięku. Podstawowym kryterium projektowania obiektu był jego wygląd i łatwość użytkowania. Kształt (np. teatrów) był oparty raczej na przypadku niż na wiedzy naukowej. I choć architektura znajdowała się na wysokim poziomie, to nie istniała jednak akustyka architektoniczna. Współcześnie dziedzina ta nabiera znaczenia, ponieważ od poprawnej akustyki zależy nie tylko jakość przestrzeni, ale także zdrowie człowieka. W dobie hałasu pochodzącego od komunikacji, urzędów, przemysłu czy mediów, rola akustyki w projekcie architektonicznym wzrasta i staje się nieoceniona.

Nieustanny rozwój architektury wymaga od specjalistów poszerzania oraz aktualizowania wiedzy na temat nowych rozwiązań, materiałów,

technologii, sprzętu pomiarowego, a także zmian prawa i standardów projektowania. W tym celu zespół kreatywny KFB Polska we współpracy z naukowcami i przedsiębiorcami stworzył ogólnodostępne narzędzie dydaktyczne, dotyczące akustyki architektonicznej – ArAc-Multibook of Architectural Acoustics.

Multibook jest formą publikacji, która daje dużo szersze możliwości w przekazie informacji niż tradycyjna książka. Teksty merytoryczne zostały wzbogacone nagraniami wideo oraz audio, galeriami zdjęć, elementami interaktywnej infografiki, animacjami, pozwalającymi zobaczyć obiekt, zrozumieć jak działają prezentowane zjawiska oraz usłyszeć różnice w odbiorze akustycznym dla rozmaitych przestrzeni architektonicznych.

Mamy nadzieję, że to innowacyjne podejście do kształcenia w dziedzinie akustyki architektonicznej zainspiruje zarówno architektów, jak i specjalistów z innych branż do poszukiwania wyjątkowych – także pod względem akustycznym – rozwiązań architektonicznych.



dr inż. Filip Barański  
prezes zarządu, KFB Polska sp. z o.o.

## Od partnera merytorycznego

Katedra Akustyki i Multimediów na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej prowadzi działalność naukową i dydaktyczną związaną z szeroko pojętą akustyką. Ma znaczny dorobek naukowy i techniczny zarówno w dziedzinie akustyki architektonicznej, jak i budowlanej. W ramach katedry działa Laboratorium Badań Akustycznych mające akredytację PCA. Z tego też względu propozycja redakcji informatorów spółki ZPR Media, dotycząca objęcia przez nas patronatem merytorycznym numeru poświęconego akustyce budowlanej, została przyjęta z dużą satysfakcją jako wynik uznania dla naszej pozycji na polu akustyki. W niniejszej publikacji znajduje się siedem artykułów poruszających różne aspekty ochrony przeciwdźwiękowej i przeciwdrganiowej w budynkach. Zostały one napisane przez wybitnych ekspertów, reprezentujących czołowe ośrodki naukowe i firmy. Ważnym tekstem opracowanym przez redakcję jest „Akustyka – podstawowe pojęcia”. Stanowi on niejako wprowadzenie Czytelnika w zagadnienie akustyki oraz zdefiniowanie podstawowych pojęć, które, ze względu na specyfikę tematyki, mogą być niezrozumiałe dla osób niezajmujących się bezpośrednio tą dziedziną. Dwa artykuły są autorstwa dra inż. Romualda Bolejki. W pierwszym z nich poruszony jest problem przenikania dźwięków powietrznych i materiałowych przez ściany działowe i stropy. W drugim autor zajmuje się zasadami doboru materiałów na przegrody budowlane ze względu na

ich izolacyjność akustyczną. Kolejny tekst, napisany przez mgr inż. Karolinę Chorąży-Ścianę i dra inż. Piotra Kozłowskiego, dotyczy akustyki sufitów, wysp i paneli akustycznych w obiektach komercyjnych, a także ich certyfikacji międzynarodowej. Para autorów – dr inż. Barbara Ksit i mgr inż. Michał Majcherek – przybliży Czytelnikom zagadnienie ochrony przeciwdźwiękowej poddaszy, w której istotny jest rodzaj materiałów użytych do konstrukcji dachu. Z kolei dr inż. Anna Iżewska w swoim artykule opisuje akustyczne właściwości okien i drzwi, które w praktyce weryfikowane są przez użytkowników pomieszczeń. Związków między wymaganymi przez normy parametrami akustycznymi pomieszczeń i elementów użytych do ich konstrukcji a subiektywną oceną użytkowników dotyczy bardzo ciekawy artykuł dr inż. Elżbiety Nowickiej. Tematyka akustyczna jest często niedoceniana przez projektantów, a tzw. „zdroworozsądkowe podejście” prowadzi czasem na manowce. Sądzę więc, że lektura artykułów dotyczących akustyki budowlanej będzie pożyteczna i pozwoli na uniknięcie błędów w stosowanych rozwiązaniach. Gorąco polecam niniejsze wydanie „Akustyki”.

prof. dr hab. inż. Andrzej Dobrucki  
Katedra Akustyki i Multimediów  
Politechnika Wrocławska

