inAW Journal

Multidisciplinary Academic Magazine

AGNIESZKA OZGA

**WIZUALNO-DŹWIĘKOWA
OCENA AKUSTYCZNIE
ALTERNATYWNYCH
PRZESTRZENI MIEJSKICH
WYZNACZONA ZA POMOCĄ
WSPÓŁCZYNNIKA SPOKOJU**

ABSTRAKT

Zachowanie równowagi pomiędzy tym, co widzimy, i tym, co słyszymy, jest konieczne w każdej z przestrzeni, w jakiej funkcjonuje człowiek. W mieście mamy do czynienia z pewną grupą dźwięków, które przez większość mieszkańców odbierane są jako przeszkadzające w odpoczynku. Dlatego konieczne jest ich maskowanie, a ten rodzaj ingerencji w krajobraz dźwiękowy tworzy akustycznie alternatywne przestrzenie miejskie. Ocena zastosowanych rozwiązań zmieniających krajobraz dźwiękowy powinna być zweryfikowana. Dotychczas stosowane współczynniki spokoju pozwalające na ocenę krajobrazów wizualnego i akustycznego mają swoje ograniczenia. Nie uwzględniają odbioru przestrzeni nocą i nie uwzględniają struktury dźwięku niezależnie od pory dnia. W artykule rozpoczęto dyskusję na temat tego, jak powinien ewaluować współczynnik spokoju, aby możliwe było jego wykorzystanie do oceny zmieniających się na skutek postępu przestrzeni miejskich.

SŁOWA KLUCZE

krajobraz dźwiękowy ; współczynnik spokoju ; przestrzenie miejskie ; przestrzeń ; miasto ; akustycznie alternatywne przestrzenie miejskie

Utwór udostępniany na licencji [Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Międzynarodowe](#).

Wydawca: Akademia Sztuk Pięknych im. Jana Matejki w Krakowie, Wydział Architektury Wnętrz

Redakcja: prof. dr hab. Beata Gibała-Kapecka, mgr Marika Wato

Opracowanie graficzne: Marika Wato

Fotografia na stronie tytułowej: Agnieszka Ozga / Źródło: archiwum autora

Czasopismo "inAW Journal" powstało dzięki dofinansowaniu w ramach Projektu "Projektowanie Przyszłości - Program Rozwoju Akademii im. Jana Matejki w Krakowie na lata 2018 - 2022"

**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny

dr hab. inż. Agnieszka Ozga

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Wizualno-dźwiękowa ocena akustycznie alternatywnych przestrzeni miejskich wyznaczona za pomocą współczynnika spokoju

Wstęp	2
Dyskusja na temat konieczności modyfikacji współczynnika spokoju	8
Zmiana pierwsza – odbiór miasta nocą a odbiór miasta w dzień	8
Zmiana druga – uwzględnienie w modelu struktury dźwięku	10
Podsumowanie	12

Wstęp

We współczesnym mieście mamy do czynienia z kilkoma typami obszarów: mieszkalnym, rekreacyjnym, przeznaczonym na edukację i sport oraz z miejscami, gdzie stali i tymczasowi mieszkańcy pracują. Te przestrzenie w niektórych przypadkach funkcjonują oddzielne, w niektórych przenikają się.

W obszarach mieszkalnych wszyscy oczekują komfortu i spokoju, a to jednoznacznie utożsamiane jest nie tyle z ciszą, ile z przyjaznym krajobrazem dźwiękowym. W obszarach rekreacyjnych¹ stosuje się maskowanie odgłosów miasta: labiryntami, parkowymi instrumentami,

¹ *Audiosfera miasta*, red. R. Losiak, R. Tańczuk, Wrocław 2012.

tubami lub sferami z przyjaznym krajobrazem dźwiękowym, amfiteatrami, podziemnymi muzeami, uchofonami, grającymi rzeźbami, schodami i ławkami.

W przestrzeniach, w których mamy do czynienia z dużą grupą pracowników, wykorzystywane są budynki, które zapewniają odpowiedni komfort akustyczny. Dodatkowo buduje się parki kieszonkowe – miejsca, w których można usiąść, zjeść, odpocząć. Niekiedy jest to czteropoziomowy wodospad, a na poszczególnych poziomach umiejscowione są stoliki i fotele. Czasem konstruuje się tylko fontanny, w których płynąca woda także maskuje odbierane dźwięki, tworząc strefy spokoju.

Maskowanie dźwięków miasta przedstawione powyżej jest pewną próbą ingerencji w krajobraz dźwiękowy poprzez stworzenie akustycznie alternatywnych przestrzeni miejskich.

Współcześnie funkcjonujące przestrzenie powinny i będą się zmieniać. Ingerencja dotyczyć będzie metod gromadzenia energii, wody i innowacyjnych rozwiązań do walki ze smogiem. Zmieni to wizualny i dźwiękowy krajobraz poszczególnych obszarów. Warto zwrócić uwagę na to, aby zmiany nie ingerowały w krajobraz w sposób, który uczyniłby przestrzenie miejskie zbyt trudnymi w odbiorze.

W celu oceny nadchodzących rozwiązań wymagane jest stworzenie współczynników pozwalających na rzetelną weryfikację psycho-akustycznego odbioru danej przestrzeni. Chodzi o zachowanie równowagi pomiędzy tym, co widzimy, i tym, co słyszymy, oraz tym, czego potrzebujemy i co pojawia się w ramach innowacyjnych rozwiązań dedykowanych miastom.

Współcześnie jednym ze współczynników definiujących ocenę/przydatność terenu jest współczynnik spokoju (ang. *Tranquillity Rating*). Współczynnik buduje się w postaci:

$$TS = X \pm \alpha \cdot A_1 \pm \beta \cdot A_2 \pm \dots \pm \omega \cdot A_n \quad (1)$$

gdzie:

X – pewna stała, podobnie jak pozostałe wskaźniki, wyznaczona na podstawie badań psycho-akustycznych. Do wyznaczania prostej stosuje się analizę regresji.

$A_1, A_2, \dots, A_n$ – socjologicznie uwarunkowane elementy kształtujące postrzeganie spokoju w ściśle określonym miejscu.

$\alpha, \beta, \dots, \omega$ – kwantyfikatory wpływu każdego z powyższych elementów.

Współczynnik spokoju może zawierać szereg wskaźników, przy czym elementy wizualne i słuchowe odbierane pozytywnie zwiększają współczynnik spokoju, negatywne – zmniejszają (fot. 1, rys.1). Badania² pokazują, że wszystkie elementy w zagospodarowanej przestrzeni, które związane są z naturą, jak na przykład drzewa na fotografii 1, zwiększają współczynnik spokoju. Za cechy naturalne uznano florę, faunę, cechy geologiczne, w tym kamienne mury i wodę. Wkomponowane w naturę elementy architektoniczne również będą wpływać na zwiększenie współczynnika. Wszystko, co związane jest z infrastrukturą przemysłową czy drogami w krajobrazie, obniża współczynnik spokoju.

² R.J. Pheasant, K.V. Horoshenkov, G.R. Watts, *Tranquillity rating prediction tool (TRAPT)*, „Acoustics Bulletin”, 2010, No. 35 (6), pp. 18–24.

Fot. 1. Widok na Nowa Hutę i na Wieliczkę ze Stoku pod Baranem. Fragmenty zdjęcia zaznaczone jako obszary B i C stanowią elementy naturalne i architekturę wkomponowaną w naturę, zwiększające pozytywny odbiór przestrzeni. Fragment infrastruktury Huty im. Tadeusza Sendzimira zaznaczony jako obszar A negatywnie wpływa na odbiór przestrzeni.

Rys. 1. Spektrogram z dźwięków zarejestrowanych w Puszczy Niepołomickiej wiosną 2018 roku. Na spektrogramie za pomocą prostokąta oznaczonego literą A zostały zaznaczone odgłosy pochodzące z autostrady – negatywnie wpływające na odbiór krajobrazu dźwiękowego. Zielonym prostokątem opisanym literą B zaznaczono śpiew ptaków zwiększający pozytywny odbiór krajobrazu dźwiękowego. Odgłosy natury nie maskują odgłosów pochodzących z transportu.

Współcześnie stosowany model³ oceniający wizualny i akustyczny krajobraz uwzględnia równoważny poziom dźwięku A w ciągu dnia (od 7.00 do 19.00) oraz współczynnik procentowy NCF (0–100), którego zadaniem było określenie, w jakim stopniu przestrzeń jest wypełniona przez naturę oraz przez architekturę współgrającą z naturą.

$$TR = 9.68 + 0.041 NCF - 0.146 L_{Aeq} + MF \quad (2)$$

MF jest czynnikiem moderującym pozwalającym na dodawanie elementów wpływających pozytywnie lub negatywnie na odbiór danej przestrzeni. Jego wpływ oceniany jest na ± 1 punktu.

³ R.J. Pheasant, K.V. Horoshenkov, G.R. Watts, *Tranquillity rating prediction tool (TRAPT)*, „Acoustics Bulletin”, 2010, No. 35 (6), pp. 18–24.

Współczynnik spokoju określany jest na skali od 0 do 10 (rys. 2). Ocena terenu została sklasyfikowana następująco: poniżej 5 – nie do zaakceptowania; od 5 do 6 – do zaakceptowania; od 6 do 7 – względnie dobra; od 7 do 8 – dobra; dla 8 i więcej – znakomita.

Rys. 2. Współczynnik spokoju w funkcji równoważnego poziomu dźwięku L_{Aeq} i współczynnika NCF, którego zadaniem było określenie, w jakim stopniu przestrzeń jest wypełniona przez naturę oraz przez architekturę współgrającą z naturą

Wyrażeniem (2) scharakteryzowano zarówno obszary miejskie, jak i wiejskie, i to chyba jest podstawową przeszkodą do stosowania go w celu oceny projektów modernizacji przestrzeni miejskiej. Przy zaprojektowanym modelu opisanym równaniem (2) w mieście nie istnieje możliwość uzyskania wartości lepszej niż do zaakceptowania (rys. 2), co nie do końca oddaje rzeczywistość.

Jeśli strefa komfortu dla człowieka powinna charakteryzować się współczynnikiem TR powyżej 7, to według modelu (2) należałoby obniżyć poziom dźwięku do 32 dB przy 50% NCF. Przy 100% NCF poziom dźwięku nie może przekraczać 40 dB. Wartości 30–40 dB są trudne do uzyskania w mieście. Rozmowa w kawiarni jest na poziomie 60 dB, co nawet przy 100% NCF daje $TR=5,02 + 1p$ za MF. Dlatego też konieczna wydaje się zmiana modelu.

Dyskusja na temat konieczności modyfikacji współczynnika spokoju

Urealnieniem odbioru przestrzeni miejskiej miał być współczynnik MF. Kierunek, w którym badacze rozbijają MF na czynniki charakterystyczne dla danego miejsca dla użytkowników danej przestrzeni, nie pozwala jednak na uogólnienia. Trudno porównywać analizy przeprowadzone w Pizie z przestrzenią miejską Krakowa, Wieliczki czy Nowej Huty. Miasta te mają inny charakter, inaczej zorganizowany transport, inne parki miejskie, różną infrastrukturę przeznaczoną dla turystów. Ponadto obszar badań nad MF skupia się na tym, co jest dostępne tu i teraz. Nie odnosi się do modernizacji, jaka nastąpi wraz z postępem technicznym i zmianami klimatycznymi w nadchodzącym dziesięcioleciu.

Zmiana pierwsza – odbiór miasta nocą a odbiór miasta w dzień

Należałoby rozpocząć dyskusję na temat oceny współczynnika spokoju nocą⁴. Według raportu WHO⁵ jeden na pięciu Europejczyków jest regularnie narażany w nocy na poziomy dźwięku znacząco osłabiające zdrowie⁶. Obszary mieszkalne w mieście powinny być projektowane w sposób, który pozwoli na ochronę użytkowników. W tym wypadku należy pracować nad rozwiązaniami obniżającymi poziomy dźwięku.

⁴ R.J. Pheasant, K.V. Horoshenkov, G.R. Watts, *Tranquillity rating prediction tool (TRAPT)*, „Acoustics Bulletin”, 2010, No. 35(6), pp. 18–24.

⁵ B. Berglund, Birgitta, Lindvall, Thomas, Schwela, Dietrich H & World Health Organization. *Occupational and Environmental Health Team*, 1999, Guidelines for community noise. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66217>

⁶ A. Lipowczan, *Akustyka ciszy*, „Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka”, 2019, nr 5 (572), s. 6–10.

Obszary rekreacyjne z kolei wymagają innego zdefiniowania współczynnika NCF. Nocą w mieście znaczenie ma oświetlenie danej przestrzeni (rys. 3.), co dotychczas nie zostało uwzględnione w modelu. Odbiór tej samej przestrzeni nocą i dniem jest tak różny, że nie powinno się go definiować tym samym współczynnikiem.

Rys. 3. Projekt Alsos, który powstał w trakcie międzyuczelnianych warsztatów Nowa Przestrzeń, zrealizowanych w dniach od 26 do 29 listopada 2018 roku. Studenci pracowali nad propozycją zmian, jakie powinny mieć miejsce w Krakowie na trasie Mateczny–Borek Fałęcki. Autorami projektu są Karolina Motak i Paulina Habura (Akademia Sztuk Pięknych w Krakowie, Wydział Architektury Wnętrz), Marta Bil i Sanara Słojewska (Politechnika Krakowska, Wydział Architektury), Julia Idczak (Akademia Górniczo-Hutnicza, specjalność inżynieria akustyczna), Karol Piotrowski (Uniwersytet Jagielloński, Instytut Socjologii).

Zmiana druga – uwzględnienie w modelu struktury dźwięku

Dodatkowo krajobraz dźwiękowy może być kształtowany poprzez źródła dźwięku. Trudność badań tego typu polega na tym, że te same dźwięki przez pewną grupę słuchaczy odbierane jako negatywne dla innej grupy słuchaczy mogą być neutralne.

W związku z tym, że wyestymowana w analizie regresji przez badaczy zależność $0,146L_{DAY}$ nie zawiera rozróżnienia na dźwięki odbierane negatywnie i te, które są dźwiękami skutecznie i pozytywnie maskującym niekorzystny klimat akustyczny⁷, dla miast (i tylko dla miast) można byłoby rozważyć następującą modyfikację modelu:

$$TR = 9,68 - 0,00146 L_{Aeq} (100 - SC * f(L_{Aeq})) + 0,041 NCF + MF \quad (3)$$

gdzie SC (w skali od 0 do 100) to współczynnik zawierający informację, jaki procent krajobrazu dźwiękowego stanowią dźwięki odczytywane przez mieszkańców jako przyjazne.

Tworząc funkcję $f(L_{DAY})$, uwzględnić należy następujące progi⁸:

- 20 dB to poziom dźwięku, który jest możliwy do uzyskania nocą w parku⁹, w którym nie ma innych źródeł dźwięków poza tymi, które są w naturze; trudno o takie miejsca w przestrzeni miejskiej;
- przy 70 dB zaczyna się poziom szkodliwy dla zdrowia, mający ujemny wpływ na wydajność pracy, jest to też poziom, który występuje na ruchliwej ulicy;
- powyżej 35 dB zaczyna się ujemny wpływ poziomu dźwięku na organizm ludzki;
- 55–60 dB to rozmowa pomiędzy ludźmi, 50dB to poziom dźwięku występujący biurach lub restauracjach.

⁷ P. Kleczkowski, *Percepcja dźwięku*, Kraków 2013.

⁸ A. Ozga, *Scientific ideas included in the concepts of bioacoustics, acoustic ecology, ecoacoustics, soundscape ecology, and vibroacoustics*, „Archives of Acoustics”, 2017, vol. 42, No. 3, pp. 415–421.

⁹ J. Wiciak, D. Mleczko, A. Ozga, G. Wszolek, J. Wierzbicki, J. Piechowicz, P. Małecki, *Quietness in the soundscape of the Białowieża National Park*, „Acta Physica Polonica A”, 2015, vol. 128, No. 1A, pp. A-79–A-84.

Przykładowo liniowa zależność o ujemnym współczynniku kierunkowym charakteryzującym to, że im większe L_{Aeq} , tym mniejszy jest wpływ dźwięków przyjaznych, zmieniłaby strukturę rozkładu na obszary przyjazne i nie do zaakceptowania w sposób pokazany na rysunku 4.

Rys. 4. Zmodyfikowany współczynnik spokoju po uwzględnieniu struktury dźwięku w funkcji równoważnego poziomu dźwięku L_{Aeq} i współczynnika NCF, którego zadaniem było określenie, w jakim stopniu przestrzeń jest wypełniona przez naturę oraz przez architekturę współgrającą z naturą.

Wprowadzenie liniowej zależności do struktury dźwięku SC urzeczywistniło odbiór przestrzeni miejskiej. W otoczeniu, które uznamy za naturalne lub za współgrające z naturą, przy krajobrazie dźwiękowym zawierającym przyjazne dźwięki, współczynnik TR równy 7 i wyższy niż 7 obejmuje

tereny, które dotychczas były niesłusznie sklasyfikowane jako nie do zaakceptowania. Im więcej dźwięków przyjaznych maskujących wprowadzimy w przestrzeń współczesnego miasta, tym łagodniejszy, choć ciągle niezwykle ważny, będzie wpływ NCF na odbiór danej przestrzeni.

Podsumowanie

Współcześnie funkcjonujące modele wykorzystywane do oceny wizualno-akustycznej przestrzeni miejskiej są nieadekwatne do tego, w jaki sposób odbierana jest dana przestrzeń przez jej użytkowników. Modele dla miast powinny ewaluować¹⁰, odpowiadając na trend o nazwie *placemaking*. Jest to koncepcja kształtowania przestrzeni publicznej tak, by nieustannie ewoluowała, dostosowując się do potrzeb i zmian wynikających z reakcji na rozwiązywanie problemów z zanieczyszczeniem powietrza czy też rozwojem alternatywnej energetyki. Przy tego rodzaju nadchodzących zmianach będzie konieczna ingerencja w krajobraz dźwiękowy poprzez maskowanie dźwięków nieprzyjaznych dźwiękami odbieranymi jako pozytywne. W ten sposób możliwe będzie kreowanie akustycznie alternatywnych przestrzeni miejskich.

¹⁰ J. Wiciak, D. Mleczko, A. Ozga, G. Wszolek, J. Wierzbicki, J. Piechowicz, P. Małecki, *Quietness in the soundscape of the Białowieża National Park*, „Acta Physica Polonica A”, 2015, vol. 128, No. 1A, pp. A-79–A-84; *Alternatywne przestrzenie publiczne: Mateczny–Borek Fałęcki: przyszłość dźwięku w mieście*, red. B. Gibała-Kapecka, T. Kapecki, A. Ozga, K. Czajczyk, D. Mleczko, J. Wierzbicki, M. Nóżka, A. Lyn, J. Idczak, K. Juros, D. Wójcik, Kraków 2019.

BIBLIOGRAFIA

Alternatywne przestrzenie publiczne: Mateczny–Borek Fałęcki: przyszłość dźwięku w mieście, red. Beata Gibała-Kapecka, Tomasz Kapecki, Agnieszka Ozga, Kaja Czajczyk, Dominik Mleczo, Jacek Wierzbicki, Marcjanna Nóżka, Aleksandra Lyn, Julia Idczak, Klara Juros, Daria Wójcik, Kraków 2019.

Audiosfera miasta, red. Robert Losiak, Renata Tańczuk, Wrocław 2012.

Ipsen Detlev, *The urban nightingale or some theoretical considerations about sound and noise*, [w:] *Soundscape Studies and Methods*, ed. Helmi Järviluoma, Gregg Wagstaff, Helsinki 2002 (The Finnish Society for Ethnomusicology Publ., no. 9; Univ. of Turku, Dept. of Art, Literature and Music Series, Series A51), pp. 185–197.

O dźwięku, akustyce i hałasie w przestrzeni miasta, red. Agnieszka Ozga, Beata Gibała-Kapecka, Tadeusz Kamisiński, Tomasz Kapecki, Kraków 2019.

Kleczkowski P., *Percepcja dźwięku*, Kraków 2013.

Lipowczan A., *Akustyka ciszy*, „Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka”, 2019, nr 5 (572), s. 6–10.

Ozga Agnieszka, *Scientific ideas included in the concepts of bioacoustics, acoustic ecology, ecoacoustics, soundscape ecology, and vibroacoustics*, „Archives of Acoustics”, 2017, vol. 42, No. 3, pp. 415–421.

Pheasant Robert J., Horoshenkov Kirill V., Watts Greg R., *Tranquillity rating prediction tool (TRAPT)*, „Acoustics Bulletin”, 2010, No. 35(6), pp. 18–24.

Wiciak J., Mleczo D., Ozga A., Wszółek G., Wierzbicki J., Piechowicz J., Małecki P., *Quietness in the soundscape of the Białowieża National Park*, „Acta Physica Polonica A”, 2015, vol. 128, No. 1A, pp. A-79–A-84.