

ANALIZA MOŻLIWOŚCI REDUKCJI HAŁASU WE WNĘTRZACH URBANISTYCZNYCH POPRZEZ ZASTOSOWANIE ELEMENTÓW ZIELENI NA ELEWACJI BUDYNKU

Leszek DULAK, Michał MARCHACZ, Rafał ŻUCHOWSKI

*Politechnika Śląska, Katedra Procesów Budowlanych, ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice,
e-mail: leszek.dulak@polsl.pl, michal.marchacz@polsl.pl, rafal.zuchowski@polsl.pl*

Streszczenie: Praca zawiera ocenę możliwości oraz wyniki obliczeń po zastosowaniu zieleni jako pokryć elewacyjnych mających na celu redukcję poziomów hałasu w założonym wnętrzu urbanistycznym. Wybrane rozwiązania materiałów o właściwościach dźwiękochłonnych zaczerpnięto z literatury. W artykule wykorzystano również charakterystykę pochłaniania dźwięku dla jednej z fasad, którą wyznaczono we własnym zakresie w warunkach laboratoryjnych dla nowego materiału. Wszystkie wykorzystane w analizach charakterystyki pochłaniania wyznaczone zostały w oparciu o metodologię normową zawartą w [1] z wskazanymi zastrzeżeniami.

Słowa kluczowe: Współczynnik pochłaniania dźwięku, dźwiękochłonna elewacja budynku, redukcja poziomów hałasu w środowisku, wnętrza urbanistyczne.

1. WPROWADZENIE

Obciążenie hałasem jest jednym z istotnych problemów środowiska życia człowieka, zwłaszcza na terenach wysoko zurbanizowanych [2]. Związane jest to z dużym zagęszczeniem przestrzeni bytowania ludzkiego powiązanych z potrzebą zamieszkania, pracy, rozrywki oraz przemieszczania się. Realizacja sumy tych potrzeb często jest przyczyną narażenia środowiska na ponadnormatywne poziomy hałasu. Stanowiąc to może o obniżeniu warunków bytowania na danym obszarze, a także być jednym z czynników ryzyka występowania wybranych jednostek chorobowych związanych z ekspozycją na hałas. Jedną z możliwości redukcji hałasu w środowisku jest stosowanie odpowiednich materiałów elewacyjnych w procesie projektowania i wznoszenia budynków. Dotyczyć to może zwłaszcza warunków gęstej zabudowy. Obecnie dość dużo miejsca w literaturze poświęca się na prezentowanie

zagadnień związanych z pokryciami elewacji roślinnością. Posiadają one szereg zalet związanych z licznymi aspektami użytkowania budynków w tym mogą charakteryzować się dobrymi własnościami dźwiękochłonnymi [3,4]. W przytoczonej literaturze można znaleźć więcej odnośników do publikacji o podobnym charakterze dotyczących pokryć powierzchni zielenią oraz ich oddziaływania na środowisko w kontekście hałasu.

Autorzy w pracy posłużyli się publikowanymi w przywołanej literaturze [4] przykładowymi danymi dotyczącymi charakterystyki pochłaniania dźwięku dla wybranego rodzaju pokrycia zielonego. Ponadto powyższe dane zostały zestawione z wynikami uzyskanymi z badań własnych wybranego rodzaju zielonego pokrycia elewacyjnego. Tak zestawiony pakiet danych posłużył do przeprowadzenia symulacji numerycznych wpływu pokryć zielonych na poziom hałasu w wybranych sytuacjach zabudowy o charakterze wnętrza urbanistycznego. Do symulacji wykorzystano pakiet obliczeniowy SoundPLAN 7.3.

Należy powiedzieć, iż rozważane charakterystyki materiałowe współczynnika pochłaniania dźwięku w funkcji częstotliwości zarówno w przypadku zaczerpniętych z literatury [4] jak i z niepublikowanych jeszcze badań własnych zostały wyznaczone w oparciu o odpowiednią metodologię normową zawartą w normie PN ISO 354: 2003 (w pierwszym przypadku jej odpowiednikowi brytyjskiemu, w drugiej sytuacji polskiemu). Wykorzystane w artykule dane literaturowe uzyskane zostały pomiarowo z zastrzeżeniami związanymi z aspektami technicznymi komory pomiarowej oraz warunkami prowadzonych badań. Dotyczyło to nieco mniejszej od wymaganej, objętości użytej do badań komory pogłosowej, czy też na przykład

niec przekroczonych zalecanych zakresów wilgotności w czasie badania. Z kolei w przypadku próbki badanej przez autorów we własnym zakresie mniejsza od wymaganej była powierzchnia badanej próbki. Jest to związane z ilością wytworzonych elementów badanego systemu w prototypowej serii. Celem uzyskania lepszej dokładności, pomiary dla tak zabudowanej próbki przeprowadzono trzykrotnie uzyskując podobne rezultaty końcowe. W każdym badaniu przyjęto zgodnie z metodyką normową 12 punktów pomiarowych. W każdym punkcie dokonano pomiaru sześciokrotnie. W czasie prowadzonych badań źródło dźwięku umiejscowione w komorze pogłosowej (rys.1) znajdowało się w dwu, różnych pozycjach z zachowaniem minimalnych zalecanych pomiędzy pozycjami odległości. Podstawowym parametrem wyznaczanym w czasie badań w komorze pogłosowej był czas pogłosu. Zgodnie z definicją zawartą w [1] czas pogłosu jest to czas, który upływa od momentu wyłączenia źródła do spadku poziomu ciśnienia akustycznego o 60 dB. Współczynnik pochłaniania dźwięku α_s w funkcji częstotliwości dany jest wyrażeniem:

$$\alpha_s = \frac{A_T}{S}$$

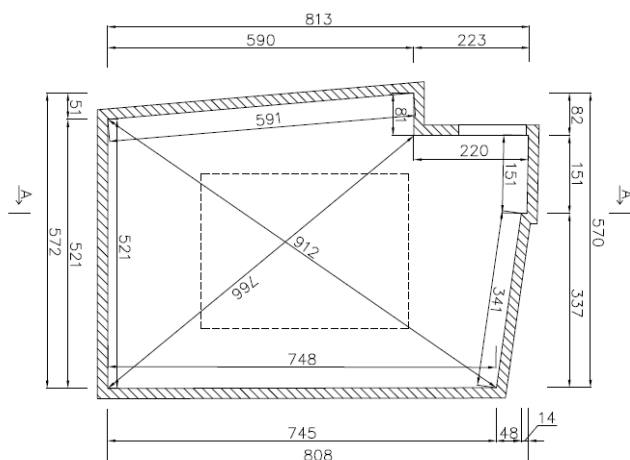
Gdzie S jest polem powierzchni badanej próbki natomiast A_T jest równoważnym polem powierzchni dźwiękochłonnej badanej próbki podanym wzorem:

$$A_T = 55,3V \left(\frac{1}{c_2 T_2} - \frac{1}{c_1 T_1} \right) - 4V(m_2 - m_1)$$

gdzie: c – prędkość propagacji dźwięku w powietrzu przy temperaturze t [5],

T – czas pogłosu komory pogłosowej (odpowiednio z badaną próbką oraz pustej),

m – masowy współczynnik tłumienia, wyrażony jako odwrotność metra, obliczony dla warunków klimatycznych występujących w komorze z badaną próbką. Dane literaturowe podają różne rozwiązania pokrycia zielenią powierzchni badanych próbek, np. 43% powierzchni badanej próbki, 71% powierzchni próbki oraz 100% powierzchni próbki. Wykorzystane w artykule wyniki badań zestawiono z sytuacją autorskiego systemu pokryć zielonych elewacji dla której zapelnienie badanej powierzchni zielenią stanowiło 100% pokrycia (rys. 2).



Rys.1. Schemat komory pogłosowej wraz z podstawowymi wymiarami.

Fig. 1. Scheme of the reverberation chamber with basic dimensions.



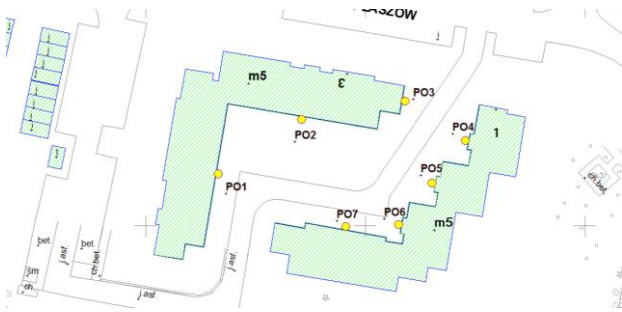
Rys.2. Próbką poddana badaniom współczynnika pochłaniania dźwięku – z wypełnieniem roślinnym.

Fig. 2. Sample has been tested on the sound absorption coefficient – with vegetable filling.

2. PRZYJĘTY MODEL OBLICZENIOWY

Na potrzeby prowadzonej analizy opracowano przestrzenny model akustyczny odwzorowujący rzeczywistą sytuację zawierającą układ budynków tworzących zabudowę o charakterze częściowo zamkniętego wnętrza urbanistycznego. Model geometryczny i obliczenia numeryczne wykonane zostały za pomocą programu SoundPLAN 7.3 przy wykorzystaniu francuskiego drogowego modelu emisji hałasu NMPB (Guide du Bruit) i normie PN ISO 9613-2 „Akustyka. Tłumienie dźwięku podczas propagacji

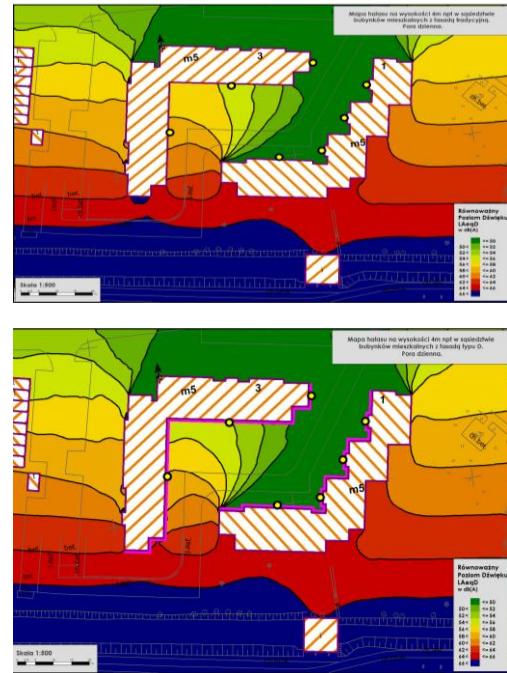
w przestrzeni otwartej" [6,7]. W obliczeniach wykorzystano istniejący model terenu zakupiony z zasobów CODGiK w W-wie, z uwzględnieniem geometrii źródła hałasu oraz stanu zagospodarowania sąsiadujących z istniejącą drogą budynków zawierające informacje o właściwościach dźwiękochłonnych fasad (współczynniki pochłaniania) oraz czynników ruchowych (natężenia pojazdów, prędkości i procentowego udziału pojazdów ciężkich). Dla tak przygotowanego modelu akustyczno - geometrycznego (rys.3) wprowadzono dane materiałowe dotyczące parametrów pochłaniających elewacji pochodzące z literatury [4] oraz wyznaczone we własnym zakresie na podstawie przeprowadzonych badań. Przyjęto pięć rodzajów fasad oznaczając symbolem T fasadę pokrytą tynkiem tradycyjnym oraz fasady od A-D pokryte materiałami pochłaniającymi, przyjmując założenie 100 % zabudowania elewacji poza miejscami lokalizacji stolarki okiennej i drzwiowej. Obliczenia wykonano w regularnej siatce o boku 10 x 10m na wysokości poszczególnych kondygnacji, zakładając 3 poziomy odbicia od fasad przyjętych budynków. Do zobrazowania wpływu właściwości dźwiękochłonnych poszczególnych rodzajów fasad budynku na rozkład klimatu akustycznego w ich sąsiedztwie skorzystano z graficznego przedstawienia wyników w postaci map akustycznych oraz zestawienia tabelarycznego wyników obliczeń na wybranych fasadach budynków wewnątrz przestrzeni urbanistycznej.



Rys.3. Schemat układu analizowanych budynków.
Fig. 3. Diagram of the analyzed buildings.

3. WYNIKI OBLICZEŃ SYMULACYJNYCH

W symulacji zestawiono sytuacje obliczeniowe, odpowiadające przypadkowi kiedy powierzchnia elewacji jest pokryta tynkiem tradycyjnym oraz sytuacje kiedy powierzchnię odbijającą tynku pokryto materiałami o właściwościach dźwiękochłonnych, wprowadzając do modelu obliczeniowego wartości α_s w funkcji częstotliwości. Sytuacja taka jest korzystna ze względu na potencjalną redukcję poziomów dźwięku w wyniku częściowego pochłaniania energii akustycznej propagowanej bezpośrednio w kierunku elewacji.



Rys.4. Mapy rozkładu hałasu dla fasad z tynkiem odbijającym i fasady dźwiękochłonnej z wypełnieniem roślinnym.

Fig. 4. Noise distribution maps for reflective plaster facades and sound absorption facades with vegetable filling.

Tabela 1. Wyniki obliczeń równoważnych poziomów dźwięku w poszczególnych punktach obliczeniowych.
Table 1. The results of calculations of equivalent sound levels at different calculation points.

Punkt Obliczeniowy	Kondygnacja	Fasada T	Fasada A	Fasada B	Fasada C	Fasada D
		LAeqD	LAeqD	LAeqD	LAeqD	LAeqD
		dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
PO_1	Parter	55,7	55,1	55,2	55,3	54,4
	I Piętro	60,6	59,7	59,8	59,9	58,9
	II Piętro	61,9	60,9	61,0	61,1	60,1
	III Piętro	62,2	61,2	61,4	61,5	60,4
	IV Piętro	62,3	61,4	61,5	61,6	60,6
PO_2	Parter	51,4	50,6	50,7	50,8	49,2
	I Piętro	57,0	55,7	55,9	56,0	54,5
	II Piętro	58,8	57,4	57,5	57,7	56,1
	III Piętro	59,3	57,9	58,1	58,3	56,7
	IV Piętro	59,6	58,2	58,4	58,5	56,9
PO_3	Parter	39,4	39,0	39,1	39,2	38,5
	I Piętro	40,6	40,0	40,1	40,3	39,5
	II Piętro	43,0	42,2	42,3	42,5	41,6
	III Piętro	41,3	40,6	40,8	41,0	39,8
	IV Piętro	43,4	42,7	42,8	43,0	41,8
PO_4	Parter	42,4	42,0	42,1	42,2	40,8
	I Piętro	45,2	43,9	44,0	44,2	42,1
	II Piętro	47,3	45,4	45,7	45,9	43,5
	III Piętro	49,4	47,2	47,5	47,8	45,2
	IV Piętro	50,6	48,5	48,7	49,0	46,6
PO_5	Parter	44,1	42,8	42,9	43,1	41,0
	I Piętro	47,4	44,7	44,9	45,2	42,1
	II Piętro	49,8	46,6	46,9	47,2	43,6
	III Piętro	51,2	47,9	48,3	48,6	44,7
	IV Piętro	52,0	48,9	49,2	49,6	45,9
PO_6	Parter	46,6	45,0	45,2	45,4	42,6
	I Piętro	50,8	48,0	48,3	48,6	44,8
	II Piętro	53,0	49,6	50,0	50,4	46,2
	III Piętro	53,9	50,4	50,8	51,2	46,9
	IV Piętro	54,4	51,1	51,5	51,8	47,7
PO_7	Parter	46,3	45,0	45,2	45,3	42,8
	I Piętro	50,9	48,3	48,6	48,9	45,3
	II Piętro	53,4	50,2	50,6	51,0	47,0
	III Piętro	54,3	51,2	51,6	52,0	47,9
	IV Piętro	54,7	51,6	52,0	52,4	48,3

Tabela 2. Wyniki obliczeń zmniejszenia poziomu dźwięku na fasadach posiadających właściwości pochłaniające w porównaniu do fasady tradycyjnej.

Table 2. The results of calculations on reduction of the sound level on facades with absorption properties in comparison to traditional facade.

Punkt Obliczeniowy	Kondygnacja	Fasada A	Fasada B	Fasada C	Fasada D
		L _{AeqN}	L _{AeqN}	L _{AeqN}	L _{AeqN}
		dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
PO_1	Parter	-0,6	-0,6	-0,5	-1,4
	I Piętro	-0,9	-0,8	-0,7	-1,7
	II Piętro	-1,0	-0,9	-0,7	-1,8
	III Piętro	-0,9	-0,8	-0,7	-1,7
	IV Piętro	-1,0	-0,9	-0,7	-1,8
PO_2	Parter	-0,8	-0,7	-0,6	-2,2
	I Piętro	-1,3	-1,1	-0,9	-2,5
	II Piętro	-1,4	-1,2	-1,1	-2,6
	III Piętro	-1,4	-1,2	-1,0	-2,6
	IV Piętro	-1,4	-1,2	-1,0	-2,6
PO_3	Parter	-0,5	-0,4	-0,3	-1,0
	I Piętro	-0,7	-0,5	-0,4	-1,2
	II Piętro	-0,8	-0,7	-0,5	-1,4
	III Piętro	-0,6	-0,5	-0,3	-1,5
	IV Piętro	-0,7	-0,5	-0,3	-1,6
PO_4	Parter	-0,5	-0,4	-0,3	-1,7
	I Piętro	-1,3	-1,1	-1,0	-3,0
	II Piętro	-1,9	-1,6	-1,4	-3,8
	III Piętro	-2,1	-1,9	-1,6	-4,1
	IV Piętro	-2,1	-1,8	-1,6	-4,0
PO_5	Parter	-1,3	-1,2	-1,0	-3,1
	I Piętro	-2,7	-2,4	-2,2	-5,3
	II Piętro	-3,3	-3,0	-2,6	-6,3
	III Piętro	-3,3	-2,9	-2,6	-6,4
	IV Piętro	-3,1	-2,7	-2,4	-6,1
PO_6	Parter	-1,5	-1,4	-1,2	-4,0
	I Piętro	-2,9	-2,6	-2,3	-6,1
	II Piętro	-3,4	-3,1	-2,7	-6,8
	III Piętro	-3,5	-3,0	-2,7	-6,9
	IV Piętro	-3,4	-3,0	-2,7	-6,8
PO_7	Parter	-1,2	-1,1	-0,9	-3,5
	I Piętro	-2,6	-2,3	-2,0	-5,6
	II Piętro	-3,2	-2,7	-2,3	-6,4
	III Piętro	-3,1	-2,7	-2,3	-6,4
	IV Piętro	-3,1	-2,7	-2,3	-6,4

4. WNIOSKI I UWAGI KOŃCOWE

W wyniku przeprowadzonych badań i analiz określono możliwości kształtowania klimatu akustycznego wykorzystując właściwości pochłaniające materiałów użytych na pokrycie fasady obiektu budowlanego. Zastosowanie pochłaniających wypraw elewacyjnych powoduje zmniejszenie poziomu dźwięku w środowisku dla określonych sytuacji zabudowy, tworzącej wnętrza urbanistyczne. Przeprowadzone symulacje potwierdzają sensowność takich rozwiązań, a uzyskane wyniki obliczeń przyjmują następujące wielkości:

- zastosowanie fasady typu A powoduje zmniejszenie poziomu dźwięku w stosunku do tradycyjnej wyprawy tynkarskiej o wartości od 0,5 - 3,5 dB w zależności od lokalizacji odbiornika w przekroju analizowanej fasady oraz rozpatrywanej kondygnacji;

- zastosowanie rozwiązania materiałowego typu B to obniżenie poziomów dźwięku o wartości od 0,4 - 3,1 dB a typu C od 0,3 - 2,7 dB. Największą jednak skuteczność uzyskano w wyniku pokrycia fasady materiałem typu D, w wyniku którego uzyskano obniżenie poziomów dźwięku w przedziale od 1,0 - 6,9 dB w porównaniu do tradycyjnej wyprawy tynkarskiej posiadającej właściwości odbijające.

ANALYSIS OF POSSIBILITIES OF NOISE LEVELS REDUCTION IN URBAN INTERIORS BY USING GREEN SURFACES OF THE FACADES

Summary: This paper presents the evaluation of using green surfaces on facades to reduce noise levels in urban interiors. Some kinds of acoustic materials with well attenuated properties were taken from literature review. Acoustic parameters for one of the material solution were determined by laboratory measurements. All sound absorption characteristics used in the paper were determined by using standard [1] with recommendations.

Literatura

[1] EN ISO 354: 2003. Acoustics. Measurement of sound absorption in a reverberation room.

[2] European Commission. *Directive on environmental noise, 2002/49/CE, 25th June 2002*, Official Journal L 189, 18/07/2002 P. 0012-0026.

[3] Van Renterghem T., i inni. *The potential of building envelope greening to achieve quietness*. Building and Environment 61 (2013) s34-44.

[4] Wong H.N., i inni. *Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls*. Building and Environment 45 (2010) s411-420.

[5] ISO 9613-1:2010: Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Calculation of the absorption of sound by the atmosphere.

[6] SoundPLAN Handbook. Braunstein + Berndt GmbH / SoundPLAN International LLC February 2014.

[7] PN ISO 9613-2 „Akustyka. Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej.