

Karol PERETA<sup>1</sup>

## WPLYW BRAMY WJAZDOWEJ NA SKUTECZNOŚĆ EKRANU AKUSTYCZNEGO

Jednym z największych problemów ochrony przed hałasem, którego źródłami są pojazdy samochodowe jest prawidłowe zaprojektowanie ekranów akustycznych, ich wysokości, długości oraz zapewnienie możliwości wjazdu na posesję tak by nie obniżał on skuteczności projektowanego ekranu. W niniejszym artykule przedstawiono doświadczalną i obliczeniową ocenę skuteczności ekranu akustycznego z bramą wjazdową oraz wpływ bramy na skuteczność ekranu. Głównym zadaniem badanego ekranu, jest zapewnienie komfortu akustycznego mieszkańcom chronionego obiektu. W celu wyznaczenia skuteczności ekranu in-situ, zastosowano metodę pośrednią zgodnie z [2]. Wyniki z badań terenowych porównano z trzema metodami analitycznymi. W metodach analitycznych uwzględniono temperaturę powietrza, a na jej podstawie prędkość i długość fali dźwiękowej w określonych częstotliwościach. Wykazano stosunkowo niewielką skuteczność wynikającą przede wszystkim z niedostatecznej długości i wysokości ekranu. Wpływ bramy wjazdowej na skuteczność ekranu jest znikomy i waha się od 0.37 do 0.62 dB. Niewielki wpływ bramy wjazdowej na poprawę klimatu akustycznego w obszarze chronionych wynika z prześwitu pod bramą, mniejszej wysokości bramy (ok. 30 cm) od wysokości ekranu oraz prześwitów pomiędzy bramą a ekranami, widocznych dopiero po jej zasunięciu.

**Słowa kluczowe:** ekran akustyczny, hałas komunikacyjny, skuteczność ekranów, brama wjazdowa

### 1. Wstęp

Zaobserwowany szybki rozwój motoryzacji oraz zwiększająca się liczba pojazdów kołowych na polskich drogach spowodowała zwiększenie zanieczyszczenia środowiska hałasem i towarzyszącymi mu wibracjami. Fakt ten odczuwalny jest najbardziej przez ludzi zamieszkujących większe aglomeracje oraz bliskie sąsiedztwo szlaków komunikacji samochodowej. Zgodnie z [1] ocenia się, że głównym składnikiem nadmiernego poziomu dźwięku w Polsce jest hałas komunikacyjny, zwłaszcza hałas drogowy. Narastający hałas komunikacyjny wymusił budowę ekranów akustycznych wzdłuż szlaków komunikacyjnych,

---

<sup>1</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Karol Pereta, Politechnika Rzeszowska, ul. Poznańska 2, 35-084 Rzeszów, tel. +48 17 8651618, e-mail: kpereta@prz.edu.pl

między jezdniami a zabudową mieszkaniową. Ze względu na konieczność wjazdu na posesję, ekrany wyposażane są w bramy wjazdowe, których wpływ na skuteczność całego ekranu jest znikomy. Taki właśnie przypadek rozważono w niniejszym artykule.

## 2. Opis badanego ekranu

Przedmiotem badań był ekran akustyczny, pochłaniająco – odbijający, o długości 104 m i wysokości 3.4 m, zlokalizowany wzdłuż drogi krajowej o średnim dobowym natężeniu ruchu 18.660 pojazdów. Droga znajduje się na nasypie o wysokości ok. 1.2 m. Głównym celem budowy ekranu była ochrona akustyczna budynku jednorodzinnego, usytuowanego w odległości 35.6 m od krawędzi jezdni. Ekran został wyposażony w przesuwną bramę z Plexiglass'u, umożliwiającą wjazd na posesję (rys. 1). Brama jest o 0.3 m niższa od ekranu, a między spodem bramy a drogą dojazdową do posesji zmierzono szczelinę o wysokości ok. 0.15 m. Ekran wykonano z płyt betonowych o gr. 90 mm i dźwiękochłonnej wykładziny ze zrębkobetonu gr. 110 mm. Do produkcji wykładziny zastosowano mechanicznie rozdrobnione kawałki drewna iglastego oraz zaprawę cementową.



Rys. 1. Widok ekranu akustycznego od strony drogi

Fig. 1. Acoustic screen view from the road side



Rys. 2. Widok bramy wjazdowej

Fig. 2. Entry gate view

### 3. Doświadczalna ocena skuteczności ekran

Ze względu na brak możliwości pomiaru ciśnienia akustycznego w sytuacji „przed” instalacją istniejącego ekranu akustycznego, ocenę skuteczności wykonano metodą pomiaru pośredniego zgodnie z [2]. Szacunkowy poziom ciśnienia akustycznego „przed” instalacją ekranu wyznaczono po-przez wykonanie pomiaru w miejscu będącym równoważnikiem miejsca badań zasadniczych.

Czas trwania pomiarów przyjęto na podstawie przewidywanego zakresu zmienności poziomu dźwięku zgodnie z [2]. Czas ten był równy 30 min.

#### 3.1. Aparatura pomiarowa

Do badań akustycznych użyto sprzęt firmy Brüel&Kjær, tj. dwukanałowy, ręczny miernik typu 2270, mikrofony typu 4189 z osłonami przeciwwietrznymi UA-0237, UA-1650 oraz statywy mikrofonowe (rys. 3). Warunki atmosferyczne mierzono przenośną stacją meteorologiczną HOBO U30-NRC wyposażoną w anemometr, higrometr, termometr i rejestrator.



Rys. 3. Mikrofon odbioru, miernik B&K, mikrofon odniesienia

Fig. 3. Reception microphone, measurer B&K 2270, reference microphone

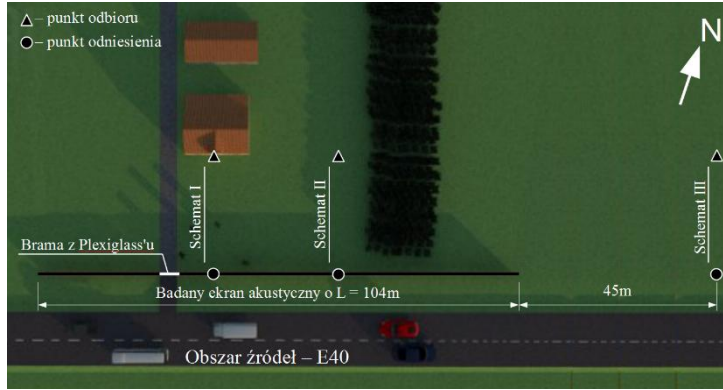
#### 3.2. Punkty i schematy pomiarowe

Na rys. 4 przedstawiono obszar objęty badaniami i rozmieszczenie punktów pomiarowych. Oznaczono również schematy pomiarowe.

Pomiary przeprowadzono w trzech schematach:

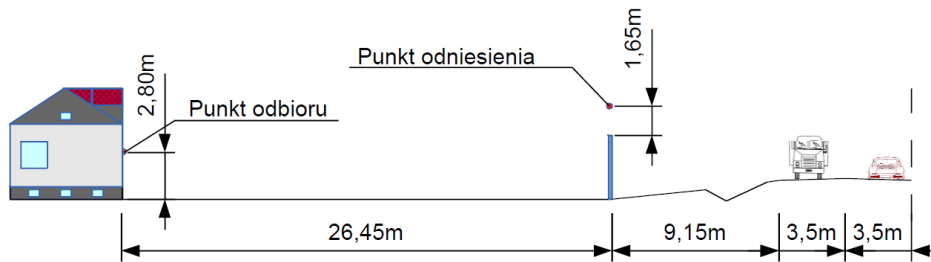
- schemat I w którym punkt odbioru znajdował się bezpośrednio przy elewacji budynku 2.80 m nad poziomem terenu, a punkt odniesienia 1.65 m nad górną krawędzią ekranu akustycznego (rys. 5),
- schemat II to pomiary w obszarze podlegającym ochronie przed hałasem, w miejscu gdzie nie było budynku; punkt pomiarowy usytuowano w takich samych odległościach od źródła jak w schemacie I (rys. 6),
- schemat III to pomiary w obszarze porównawczym służącym określeniu poziomu dźwięku „przed” instalacją ekranu (obszar porównawczy wybrano

zgodnie z [2]), punkt odbioru zlokalizowano w takiej samej odległości od źródła jak w schemacie I i II (rys. 7).



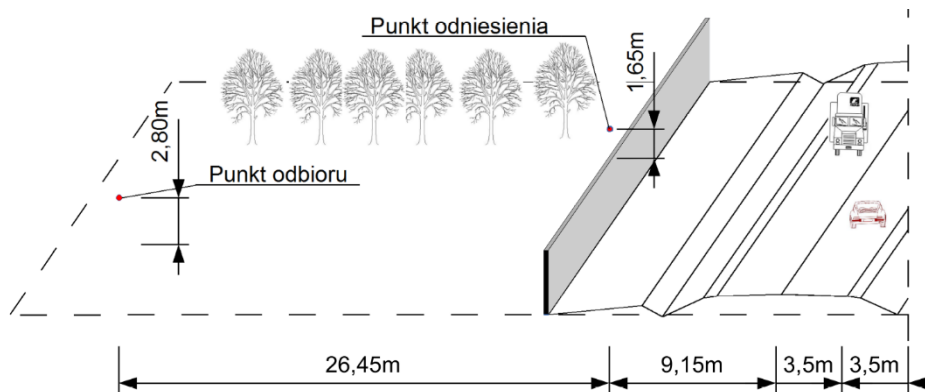
Rys. 4. Obszar badań

Pic. 4. Area of study



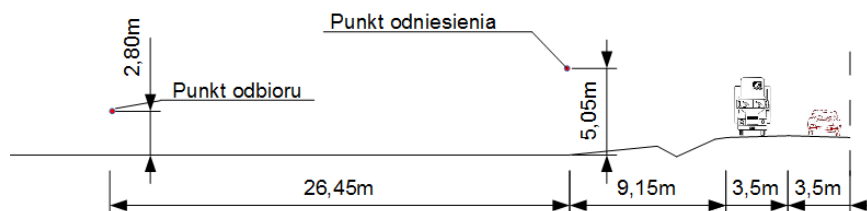
Rys. 5. Schemat pomiarowy I

Fig. 5. Measurement scheme I



Rys. 6. Schemat pomiarowy II

Fig. 6. Measurement scheme II



Rys. 7. Schemat pomiarowy III

Fig. 7. Measurement scheme III

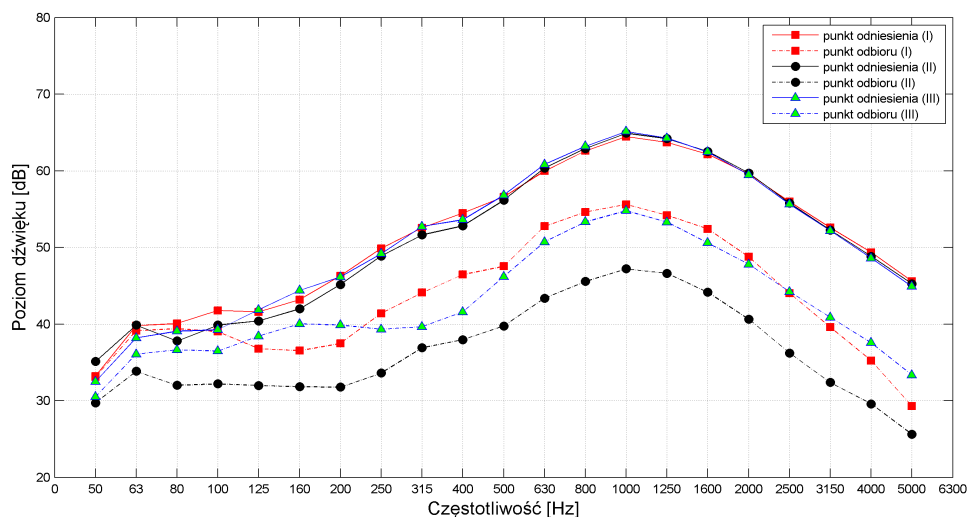
### 3.3. Wyniki pomiarów

Maksymalna temperatura jaką zanotowano w czasie badań to 17.32°C a minimalna 14.17°C. Wilgotność względna powietrza wahała się w granicach 29.8% do 42.1%, prędkość wiatru nie przekroczyła 3.9 m/s. Zachmurzenie zostało zakwalifikowane do klasy pierwszej.

Poziom ciśnienia akustycznego rejestrowano w pasmach tercjowych, w zakresie od 50 Hz do 5 kHz. Zastosowano charakterystykę korekcyjną „A”. Rejestracja ciśnienia akustycznego w punkcie odniesienia i punkcie odbioru była równoczesna. Przykładowe widma hałasu w punkcie odniesienia i punkcie odbioru przedstawiono na rys. 8.

Zarejestrowane w pasmach tercjowych poziomy dźwięku przeliczono na równoważny poziom dźwięku stosując wzór:

$$L = 10 \log \left( \sum_{i=1}^{21} 10^{0.1L_i} \right) \quad (1)$$



Rys. 8. Widmo dźwięku w punkcie odniesienia i punkcie odbioru – schemat I, II i III

Fig. 8. Sound spectrum at the reference and reception point – scheme I, II and III

gdzie:  $L_i$  – poziom dźwięku w paśmie tercjowym.

Wartości równoważnych poziomów dźwięku w poszczególnych punktach pomiarowych, dla poszczególnych pomiarów i schematów pomiarowych przedstawiono w Tab. 1.

Tabela 1. Równoważne poziomy dźwięku w [dB] dla poszczególnych schematów pomiarowych  
Table 1. Equivalent sound levels on [dB] for each measurement scheme

Schemat I [dB]	$I_{zam}$	Punkt odniesienia ( $L_{ref,AIzam}$ )	70.91
		Punkt odbioru ( $L_{r,AIzam}$ )	61.98
	$I_{otw}$	Punkt odniesienia ( $L_{ref,AIotw}$ )	71.64
		Punkt odbioru ( $L_{r,AIotw}$ )	63.33
Schemat II [dB]	$II_{otw}$	Punkt odniesienia ( $L_{ref,AIIotw}$ )	71.52
		Punkt odbioru ( $L_{r,AIIotw}$ )	54.44
	$II_{zam}$	Punkt odniesienia ( $L_{ref,AIIzam}$ )	71.16
		Punkt odbioru ( $L_{r,AIIzam}$ )	53.71
Schemat III [dB]		Punkt odniesienia ( $L_{ref,B}$ )	71.34
		Punkt odbioru ( $L_{r,B}$ )	60.73

Różnice poziomów dźwięku w punkcie odniesienia i punkcie odbioru obliczono uwzględniając usytuowanie punktu odbioru, korzystając ze wzorów:

$$\Delta L_B = L_{ref,B} - (L_{rB} - C_r) = 71.34 - (60.73 - 0) = 10.61 \text{ dB},$$

$$\Delta L_{A1zam} = L_{ref,AIzam} - (L_{rAIzam} - C_r') = 70.91 - (61.98 - 6) = 14.93 \text{ dB},$$

$$\Delta L_{A1otw} = L_{ref,AIotw} - (L_{rAIotw} - C_r') = 71.64 - (63.33 - 6) = 14.31 \text{ dB},$$

$$\Delta L_{A2otw} = L_{ref,AIIotw} - (L_{rAIIotw} - C_r) = 71.52 - (54.44 - 0) = 17.08 \text{ dB},$$

$$\Delta L_{A2zam} = L_{ref,AIIzam} - (L_{rAIIzam} - C_r) = 71.16 - (53.71 - 0) = 17.45 \text{ dB},$$

gdzie:  $C_r$  i  $C_r'$  to współczynniki korekcyjne, przyjęte zgodnie z [2]:

- dla pola swobodnego w obszarze półkolistym:  $C_r = 0 \text{ dB}$ ,
- dla punktu odbioru „na powierzchniach odbijających”:  $C_r' = 6 \text{ dB}$ .

Zmierzona pośrednio skuteczność ekranu  $D_{IL}'$  wynosi:

- na powierzchni odbijającej (brama zamknięta):

$$D_{IL1zam}' = \Delta L_{A1zam} - \Delta L_B = 14.93 - 10.61 = 4.32 \approx 4 \text{ dB},$$

- na powierzchni odbijającej (brama otwarta):

$$D_{IL1otw}' = \Delta L_{A1otw} - \Delta L_B = 14.31 - 10.61 = 3.70 \approx 4 \text{ dB},$$

- dla pola swobodnego (brama otwarta):

$$D_{IL2otw}' = \Delta L_{A2otw} - \Delta L_B = 17.08 - 10.61 = 6.47 \approx 6 \text{ dB},$$

- dla pola swobodnego (brama zamknięta):

$$D_{IL2zam}' = \Delta L_{A2zam} - \Delta L_B = 17.45 - 10.61 = 6.84 \approx 7 \text{ dB}.$$

#### 4. Obliczeniowe określenie efektywności ekranu

Miarą skuteczności akustycznej ekranu jest efektywność akustyczna  $\Delta L_E$ , obliczana jako różnica pomiędzy poziomem ciśnienia akustycznego w sąsiedztwie obiektu chronionego przy braku ekranu  $L_1$  i poziomem ciśnienia akustycznego w obecności ekranu  $L_2$ :

$$\Delta L_E = L_1 - L_2 \quad (3)$$

Metody obliczeniowe określenia efektywności akustycznej opierają się na założeniu nieskończenie długiego ekranu w postaci cienkiej pionowej płyty. W analizowanym przypadku uwzględniono warunki atmosferyczne, w jakich wykonano pomiary. Średnią prędkość dźwięku  $V$  [m/s] skorygowano, uwzględniając rzeczywistą temperaturę powietrza, korzystając ze wzoru:

$$V = 331.5 + 0.6 \cdot \Theta \quad (4)$$

gdzie:  $\Theta$  – temperatura powietrza w [°C],  $\Theta = 15.67$  °C.

Długości fal  $\lambda$  [m] dla częstotliwości w zakresie od 50 Hz do 5 kHz obliczono ze wzoru:

$$\lambda = \frac{V}{f} \quad (5)$$

gdzie:  $V$  – średnia prędkość dźwięku w powietrzu,  $f$  – częstotliwość [Hz].

Wyniki obliczeń przedstawiono w Tab. 2.

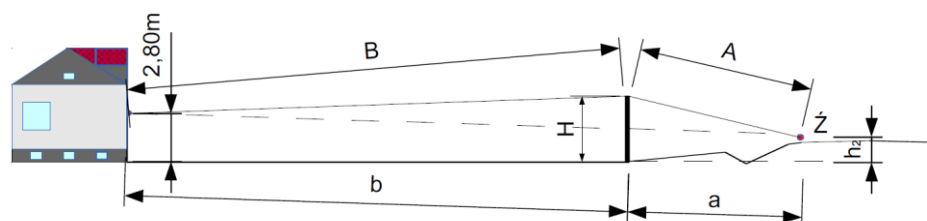
Efektywność akustyczną ekranu obliczono w poszczególnych pasmach częstotliwości trzema metodami: Rettingera, Meakawy i Rathego [4]. Parametry geometryczne przedstawiono na rys. 9. Wartości parametrów są następujące:  $h_2 = 1.25$  m,  $h_1 = 2.8$  m,  $a = 9.43$  m,  $b = 26.2$  m,  $H = 3.40$  m,  $A = 9.41$  m,  $B = 26.46$  m.

Wyniki obliczeń zamieszczono w Tab. 3. W tabeli tej zamieszczono również efektywność określoną na podstawie pomiarów in-situ, obliczoną jako różnicę zmierzonych wartości poziomu ciśnienia akustycznego w punkcie odbioru przy braku ekranu (schemat III) i w punkcie odbioru w obecności ekranu (schemat I i II). W celu lepszego zobrazowania otrzymanych wyników, przedstawiono je na rys. 10 i 11.

Tabela 2. Długość fali dźwiękowej w temperaturze powietrza 15.67 °C

Table 2. Sound wave length at air temperature 15.67 °C

f [Hz]	50	63	80	100	125	160	200
$\lambda$ [m]	6.818	5.411	4.261	3.409	2.727	2.131	1.704
f [Hz]	250	315	400	500	630	800	1000
$\lambda$ [m]	1.364	1.082	0.852	0.682	0.541	0.426	0.341
f [Hz]	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
$\lambda$ [m]	0.273	0.213	0.170	0.136	0.108	0.085	0.068



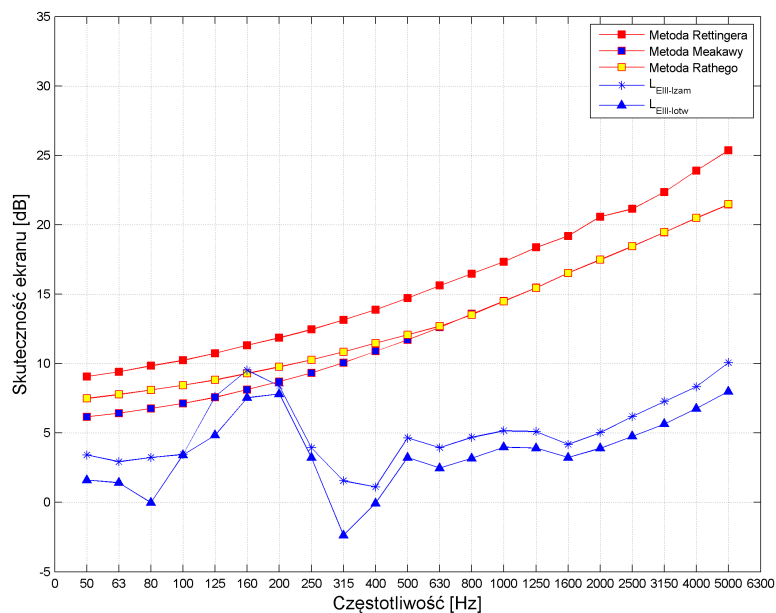
Rys. 9. Parametry geometryczne badanego obiektu

Fig. 9. Geometry parameters of the tested object

## 5. Podsumowanie i wnioski

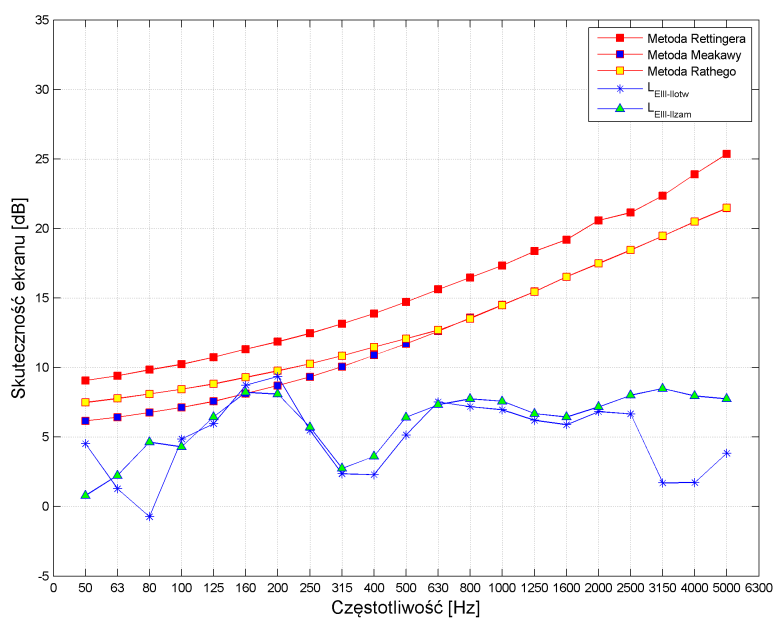
Wyznaczona doświadczalnie skuteczność ekranu mieści się w przedziale, 4-7 dB. Skuteczność badanych ekranów akustycznych może być sklasyfikowana jako skuteczność „tolerowana” w przypadku dolnej granicy przedziału i wystarczająca (dostateczna), w przypadku górnej granicy przedziału. Przyjęty współczynnik korekcyjny  $Cr'$  uwzględniający zjawisko odbicia fali dźwiękowej wydaje się poprawnie opisywać to zjawisko fizyczne dla większości częstotliwości fali dźwiękowej. Ujemne wartości przedstawione w Tab. 3 wystąpiły wyłącznie w schematach, w których brama wjazdowa była otwarta. Przyczyną uzyskania skuteczności mieszczącej się na granicy przedziałów, skuteczności „tolerowanej” i dostatecznej jest przede wszystkim zbyt mała wysokość i długość ekranu oraz brama wjazdowa ze szczeliną i wysokością mniejszą od pozostałych segmentów ekranu. Na skuteczność ma również wpływ usytuowanie drogi na nasypie. Wpływ bramy na skuteczność ekranów jest znikomy. Zamknięcie bramy w schemacie I spowodowało wzrost skuteczności ekranu o 0.62 [dB], zaś w schemacie II o 0.37 [dB]. Porównanie efektywności w poszczególnych pasmach częstotliwości pozwala na stwierdzenie, że żadna z zastosowanych metod obliczeniowych nie daje wyników bliskich wynikom pomiarów.

Znikomy wpływ bramy wjazdowej na skuteczność ekranu zmusza nas do postawienia pytania: czy wyposażenie ekranu w bramę wjazdową miało sens?



Rys. 10. Porównanie skuteczności ekranu akustycznego dla schematu I

Fig. 10. Comparison of the effectiveness of the acoustic screen at scheme I



Rys. 11. Porównanie skuteczności ekranu akustycznego dla schematu II

Fig. 11. Comparison of the effectiveness of the acoustic screen at scheme II

Według mieszkańców budynku, zasunięcie bramy „sprawia iż jest ciszej”. Na ile jednak możemy być pewni że jest to wpływ zamknięcia bramy wjazdowej a nie efekt psychologiczny? Przeprowadzone badania jednoznacznie wskazują iż wpływ bramy na poprawę środowiska akustycznego w obszarze chronionym jest znikomy.

## Literatura

- [1] Marczak P. Zagrożenie hałasem. Wybrane zagadnienia. Kancelaria Senatu, Warszawa 2012
- [2] PN-ISO 10847:2002, Akustyka. Wyznaczenie "In Situ" skuteczności zewnętrznych ekranów akustycznych wszystkich rodzajów.
- [3] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2001r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów w środowisku substancji lub energii przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem, portem (Dz. U. 2001 nr 140 poz. 824)
- [4] Zakrzewski T., Żuchowski R. Kompendium akustyki architektonicznej wraz z przykładami metod obliczeniowych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2009

## INFLUENCE OF ENTRY GATE ON EFFICIENCY OF AN ACOUSTIC SCREEN

### Summary

One of the biggest problems of traffic noise protection is the proper design of noise barriers, their location, length, height and entry gate in such a way so as not lowered efficiency of acoustic screen. An experimental and analytical efficiency method of traffic noise protection against traffic noise and influence entry gate, have been presented in this paper. Primary objective this screen is assurance property acoustic climate for people who have lived in protected home. The efficiency of this screen has been evaluated by an indirect method. In this case research survey on site has been made. The calculations have been made with the use of three methods. The results of measurements and calculations have been compared. The temperature has been used to calculated speed and length sound wave in analytical method. A low efficiency acoustic screen has been demonstrated, whereas its low efficiency mainly resulted from the low height and length of acoustic screen. The entry gate has had low influence on efficiency of acoustic screen and it is up 0.37 to 0.62 dB. Insignificant influence has resulted from a slot under the gate, lower height than the height screen and slots between gate and the screens. We can see this slots after closed the gate.

**Keywords:** acoustic screen, traffic noise, efficiency of an acoustic screen, entry gate

DOI:10.7862/rb.2014.36

*Przesłano do redakcji: 27.08.2014 r.*

*Przyjęto do druku: 04.09.2014 r.*