

dr inż. Marek Motylewicz^{1*)}

ORCID: 0000-0002-2702-9829

dr inż. Paweł Gierasimiuk¹⁾

ORCID: 0000-0003-4681-570X

dr inż. Marcin Dębiński²⁾

ORCID: 0000-0002-5967-0637

Badania skuteczności i efektywności drogowych ekranów przeciwhałasowych

Research on the effectiveness and efficiency of road noise barriers

DOI: 10.15199/33.2023.08.06

Streszczenie. Artykuł dotyczy badań skuteczności i efektywności ekranów przeciwhałasowych. Przedstawiono też przykładowe wyniki badań terenowych. Na ich podstawie stwierdzono, że badania skuteczności ekranów przeciwhałasowych prowadzą do uzyskania wartości redukcji poziomu dźwięku w danym punkcie pomiarowym (najczęściej zgodnie z wytycznymi w bliskiej odległości od ekranu). Wartość ta nie pozwala jednak w pełni ocenić ekranu pod względem realizacji funkcji, dla jakich został wybudowany. W celu sprawdzenia, czy ekran redukuje poziom hałasu przy chronionych budynkach do wartości co najmniej dopuszczalnych, zaleca się przeprowadzenie badań efektywności rozumianej jako pomiary równoważnego poziomu dźwięku w punktach położonych przy tych obiektach. Pozwala to na bezpośrednie odniesienie się do wartości dopuszczalnych i na tej podstawie stwierdzenie poprawności zaprojektowania i wybudowania ekranów przeciwhałasowych.

Słowa kluczowe: hałas komunikacyjny; ekran przeciwhałasowy; skuteczność; efektywność.

Abstract. The paper focus on testing the effectiveness and efficiency of noise barriers. The sample results of field tests are presented for them. On the basis of the measurement results, it was concluded that tests of the effectiveness of noise barriers lead to noise reduction values at a given measurement point (usually according to guidelines in close proximity to the screen). However, this value does not allow for a full assessment of the barrier in terms of performing the function for which it was built. In order to check whether the barrier reduces noise levels at the protected buildings to at least acceptable values, it is recommended to carry out effectiveness tests understood as measurements of the equivalent sound level at points located next to these buildings. This allows a direct reference to the limit values and the correctness of the design and construction of noise barriers to be determined on this basis.

Keywords: traffic noise; noise barrier; effectiveness; efficiency.

Ekran przeciwhałasowy jest najstarszym, a zarazem najbardziej popularnym rozwiązaniem ochronnym przed hałasem komunikacyjnym. Wynika to z tradycyjnego podejścia do ochrony, które w celu stworzenia przeszkody na drodze fali dźwiękowej zakładało stosowanie rozwiązań wyłącznie w strefie pomiędzy źródłem a odbiorcą hałasu. Obecnie zaleca się jednak ochronę na całym odcinku przebiegu fali dźwiękowej – od źródła hałasu do odbiorcy [1, 2]. Katalog możliwych metod ochrony przed hałasem [3] obejmuje wiele rozwiązań dotyczących zarządzania i organizacji ruchu drogowego, odpowiedniego projektowania geometrycznego drogi, rozwiązań w zakresie rodzaju nawierzchni drogowych oraz metod zmniejszenia pozio-

mu hałasu u odbiorcy. Jednak ekrany przeciwhałasowe nadal są najczęściej stosowanym rozwiązaniem ochrony, co wynika z:

- prostoty ich stosowania – lokalizowanie w miejscu przekroczeń hałasu na drodze fali dźwiękowej;
- bardzo dużej efektywności działania – w tzw. cieniu akustycznym możliwe jest osiągnięcie redukcji nawet o 15 – 20 dB (żadna inna metoda nie daje aż tak dużej redukcji);
- oczekiwań społeczeństwa – w pewnych sytuacjach zastosowanie ekranów przeciwhałasowych powoduje lepszy odbiór społeczny inwestycji, ponieważ rozwiązanie ochrony przed hałasem są widoczne (inaczej niż np. „cicha” nawierzchnia czy też metody zarządzania ruchem).

Należy jednak zauważyć, że:

- stosowanie ekranów przeciwhałasowych, pomimo że wydaje się proste, wymaga dokładnej analizy i obliczeń akustycznych układu „źródło-ekran-odbiorca” zawierającej określenie popraw-

nych wymiarów ekranu (długość i wysokość), parametrów materiałowych, z których ma być wykonany (współczynników izolacyjności i pochłaniania dźwięku) oraz jego położenia w stosunku do chronionych obiektów [3];

- bardzo duża efektywność ekranów przeciwhałasowych jest osiągana tylko w przypadku poprawnego zaprojektowania położenia, wymiarów i parametrów materiałowych ekranu, a także prawidłowego ich wykonania – ekrany są bardzo wrażliwe na błędy projektowe oraz wykonawcze, co może skutkować istotnym zmniejszeniem ich skuteczności [4];

- ekrany przeciwhałasowe są skuteczne w obszarach, gdzie nie występują intensywne odbicia fal dźwiękowych (ekran musi znaleźć się na bezpośredniej niezakłóconej ścieżce fali dźwiękowej pomiędzy źródłem a odbiorcą). Ekranów przeciwhałasowych nie należy więc stosować w obszarach mocno zabudowanych, gdzie dochodzi do wielu odbić fali dźwiękowej [5];

¹⁾ Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku

²⁾ Politechnika Lubelska, Wydział Budownictwa i Architektury

*) Adres do korespondencji: m.motylewicz@pb.edu.pl

- bardzo duża efektywność ekranów przeciwhałasowych dotyczy tylko obszarów tzw. cienia akustycznego, czyli ograniczonego obszaru (inaczej niż w przypadku rozwiązań dotyczących rodzaju nawierzchni czy zarządzania ruchem). Ekran są zatem rozwiązaniem ograniczającym hałas tylko miejscowo, przy czym są też najbardziej kosztownym rozwiązaniem ochrony akustycznej w stosunku do efektu, jakim jest zmniejszenie się liczby osób zagrożonych hałasem [6];

- ekrany przeciwhałasowe mogą powodować problemy z dostępnością do drogi oraz lokalizacją wjazdów do posesji (ekran, aby był skuteczny, musi być ciągły, bez przerw – nawet niewielka przerwa przyczynia się do znacznego zmniejszenia jego skuteczności [7, 8]). Może to skutkować potrzebą wydzielenia dodatkowych dróg do obsługi przyległego terenu. Budowa ekranów prowadzi również do problemów z obsługą transportu zbiorowego, z lokalizacją przejść dla pieszych, z widocznością na skrzyżowaniach itp.

Ponieważ ekrany przeciwhałasowe często stanowią znaczną część kosztów inwestycji (5 – 10%), dąży się do uzyskania jak najlepszych efektów. Dlatego po wybudowaniu ekranów, zgodnie z wymaganiami odbiorowymi, prowadzi się badania mające na celu potwierdzenie „poprawności ich działania” rozumianej i zapisywanej w specyfikacjach jako skuteczność lub efektywność. W powszechnym rozumieniu oba pojęcia mylnie traktuje się jako równoznaczne. Odnosząc je do zagadnień zarządzania jakością, zgodnie z normą ISO 9000 skuteczność to stopień, w jakim planowane działania zostały wykonane, natomiast efektywność to relacje między osiągniętymi wynikami a wykorzystanymi zasobami. W przypadku badań ekranów przeciwhałasowych, zgodnie z zapisami normowymi i wytycznymi prowadzenia pomiarów, badaniami skuteczności i efektywności związane są z różnymi metodami pomiarowymi charakteryzowanymi odmiennymi wskaźnikami i wynikami, które nie zawsze odpowiadają wymaganiom raportów o ocenie oddziaływania na środowisko. Problem ten poruszono w [9], a w artykule rozszerzono

ten temat, wykorzystując przykładowe wyniki badań terenowych ekranów przeciwhałasowych oraz praktyczne wskazówki co do ich interpretacji i przydatności w przypadku wymagań odbiorowych.

Właściwości materiałów na ekrany przeciwhałasowe

Materiały, z jakich wykonane są ekrany przeciwhałasowe, muszą spełniać określone wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej (PN-EN 1793-2 [10]) oraz dźwiękochłonności (norma PN-EN 1793-1 [11]). Określone są m.in. przez jednoliczbowe wskaźniki oceny izolacyjności D_{LR} oraz pochłaniania dźwięku D_{La} i sklasyfikowane zgodnie z odpowiednią skalą (tabela 1).

Tabela 1. Klasy właściwości pochłaniających ekranów oraz izolacyjności od dźwięków powietrznych

Table 1. Classes of acoustic barriers' absorbing properties and airborne sound insulation

Klasy właściwości pochłaniających		Klasy izolacyjności od dźwięków powietrznych	
Klasa	D_{La} [dB]	klasa	D_{LR} [dB]
A0	nie określa się	B0	nie określa się
A1	< 4	B1	< 15
A2	od 4 do 7	B2	od 15 do 24
A3	od 8 do 11	B3	> 24
A4	> 11	–	–

Parametry izolacyjności akustycznej i charakterystyki pochłaniania dźwięku ustala się dla pojedynczych elementów ekranu w wyniku badań laboratoryjnych w komorze pogłosowej, natomiast na etapie projektowania dobiera je akustyk – projektant z uwzględnieniem aktualnych i przewidywanych warunków w miejscu posadowienia ekranu. Klasy tych parametrów nie zależą od klasy drogi i rodzaju terenu, otoczenia oraz obiektów chronionych, ani też od natężenia ruchu, a wynikają jedynie z przyjętych wielkości modelu akustycznego. Istnieją metody pomiaru tych parametrów w warunkach *in situ* po wybudowaniu ekranu, lecz w praktyce nie są one stosowane z uwagi na istotne trudności w zachowaniu restrykcyjnych warunków pomiaru [12].

W przypadku parametru izolacyjności, w praktyce niepotrzebne jest dążenie do uzyskania „nieskończenie dużej” wartości, ponieważ po osiągnięciu pewnej wielkości, jej zwiększanie nie skutkuje wzrostem efektywności ekranu, która wynikać będzie w tej sytuacji z dominującego wpływu ugięć fali dźwiękowej na krawędziach. Istotne staje się więc określenie **wystarczającej izolacyjności**, tzn. takiej, która uniemożliwi pogorszenie efektywności ekranowania o więcej niż 1 dB. Warunek dostatecznej izolacyjności można uznać za spełniony, gdy poziom dźwięku przechodzącego przez ekran jest niższy o 10 dB w stosunku do poziomu dźwięku odpowiadającego fali ugiętej na jego krawędziach (ogólnie izolacyjność powinna być o ok. 10 dB wyższa od zakładanej redukcji poziomu dźwięku w danym punkcie) [13].

Parametry izolacyjności, jak również pochłaniania ekranów można poprawić przez zastosowanie krawędziowych reduktorów dźwięku rozpraszających i/lub pochłaniających falę dźwiękową (tzw. dyfraktorów). Użycie takich rozwiązań pozwala zredukować wysokość ekranu przy zachowaniu tego samego efektu akustycznego lub zwiększyć skuteczność istniejącego ekranu. Zgodnie z [14] zastosowanie dyfraktora daje efekt podobny do tego, jaki byłby osiągnięty przez podwyższenie ekranu o ok. 1,0 ÷ 1,5 m. W normie PN-ISO 10847:2002 [15] określono o 3 dB większą skuteczność ekranu o tej samej wysokości z dyfraktorem, natomiast w [16] dowiedziono skuteczności oktagonalnych reduktorów dźwięku na poziomie 1 – 3 dB. Badania przedstawione w [17] dowodzą, że zastosowanie dyfraktora może spowodować zwiększenie wskaźnika pochłaniania dźwięku ekranu D_{La} (w danym przypadku z 14 do 20 dB).

Efektywność a skuteczność ekranów przeciwhałasowych

Podstawowym zadaniem ekranu przeciwhałasowego jest wytworzenie cienia akustycznego, czyli obszaru, do którego nie docierają ze źródła dźwięku bezpośrednie fale akustyczne. Fala dźwiękowa, napotykając na drodze ekran przeciwhałasowy, podlega czę-

ściowo pochłonięciu, odbiciu i ugięciu na krawędzi. Wartość redukcji poziomu dźwięku zależy przede wszystkim od tego, jaką część energii fali dźwiękowej przejmie ekran (zależy to od parametrów materiałowych), a ile wskutek załamania fali zostanie przeniesione do strefy cienia akustycznego (zależy od cech geometrycznych ekranu oraz jego lokalizacji względem źródła i odbiorcy hałasu).

Badanie efektywności ekranów przeciwhałasowych to głównie analiza zjawiska dyfrakcji (ugięcia fali na krawędziach ekranu) na ścieżce bezpośredniej pomiędzy źródłem dźwięku a odbiornikiem, ale także rozproszenia, pochłaniania, odbicia i izolacyjności. Efektywność jest więc pojęciem obejmującym cały proces przebiegu fali dźwiękowej i towarzyszące temu zjawiska (ugięcie fali, odbicia, wpływ warunków atmosferycznych), skutkując wartością poziomu hałasu w określonym punkcie (najczęściej punkt podlegający ochronie przed hałasem, gdzie oczekiwany wynik pomiaru spełnia wymagania dotyczące dopuszczalnych wartości hałasu).

Skuteczność ekranu jest pojęciem węższym i określa różnicę poziomów ciśnienia akustycznego w przypadku danego ustawienia odbiornika przed i po zainstalowaniu ekranu. Podstawową zależność na skuteczność ekranu przeciwhałasowego można więc zapisać:

$$\Delta L_A = L_{A1} - L_{A2} \quad (1)$$

gdzie:

L_{A1} – poziom dźwięku [dB] w danym punkcie przed zainstalowaniem ekranu;

L_{A2} – poziom dźwięku [dB] w tym samym punkcie po zainstalowaniu ekranu.

Ekran jest wtedy skuteczny, gdy różnica ta jest większa od zera, najlepiej – jeśli jest możliwie duża. Umowna czterostopniowa skala oceny skuteczności przedstawia się następująco [6]:

- $\Delta L_A \geq 10$ dB – skuteczność bardzo wysoka;
- $6 \text{ dB} \leq \Delta L_A < 10$ dB – skuteczność zadowalająca;
- $4 \text{ dB} \leq \Delta L_A < 6$ dB – skuteczność tolerowana;
- $0 \text{ dB} \leq \Delta L_A < 4$ dB – ekran praktycznie nieskuteczny.

W praktyce oczekuje się co najmniej zadowalającej skuteczności ekranów, ponieważ mniejsze jej wartości nie są

adekwatne do ponoszonych kosztów budowy. Zauważyć należy, że wraz z przyrostem odległości od ekranu, jego skuteczność maleje (stąd nie jest to wartość stała, a określona w przypadku danej lokalizacji). Skuteczność nie jest również wartością stałą w czasie, ponieważ zmienia się tak, jak zmieniają się warunki rozprzestrzeniania się dźwięku wraz z zaistnieniem różnych warunków pogodowych. Efekt ten dotyczy zwłaszcza dalszej odległości od ekranu, gdzie wpływ inwersji temperatury, wiatru bądź opadów atmosferycznych może powodować zmniejszenie skuteczności [5].

Wyniki badania skuteczności ekranów

Na rysunku przedstawiono przykładowe wyniki badań skuteczności ekranów przeciwhałasowych ΔL_A zlokalizowanych przy drodze ekspresowej S8 w okolicach miasta Białystok. Badania prowadzono w czterech przekrojach pomiarowych, w tym w jednym bez ekranu w celach porównawczych (do obliczeń wg wzoru (1)). W trzech przekrojach znajdowały się ekrany przeciwhałasowe pochłaniające E-1, E-2 i E-3 o różnej długości i wysokości (przekrój pomiarowy zlokalizowano w połowie ich długości). Wszystkie przekroje pomiarowe zlokalizowane były w bliskiej odległości od siebie na odcinku o długości ok. 1,3 km i charakteryzowały się tymi samymi warunkami otoczenia (teren otwarty), zbliżoną wysokością nasypu drogowego (ok. 1,5 m) oraz tą samą odległością badanych ekranów od krawędzi jezdni (4,2 m). Ruch drogowy w czasie pomiarów utrzymywał się na stałym poziomie – łącznie na obu jezdniach średnio ok. 1066 P/h i stałym udziale pojazdów ciężarowych w ruchu –

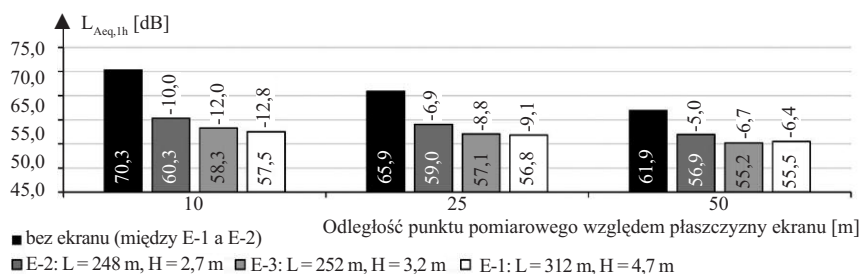
ok. 32,0%. W każdym z przekrojów prowadzono pomiar L_{Aeq} przez 1 h równocześnie w trzech punktach ustalonych w stałej odległości względem płaszczyzny ekranu: 10; 25 i 50 m, na wysokości 4,0 m n.p.t. (fotografia 1).



Fot. 1. Lokalizacja punktów pomiaru poziomu dźwięku w badaniach skuteczności ekranu E-1

Photo 1. Location of sound level measurement points for E-1 noise barrier effectiveness tests

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że wraz ze zwiększeniem odległości od ekranu zmniejsza się skuteczność redukcji poziomu dźwięku. W przypadku ekranu o najwyższej wysokości 4,7 m (E-1) skuteczność maleje z -12,8 dB w odległości 10 m za ekranem do -6,1 dB w odległości 50 m. W przypadku ekranu o najniższej wysokości 2,7 m (E-2) skuteczność maleje z -10,0 dB w odległości 10 m za ekranem do -5,0 dB w odległości 50 m. W obu przypadkach skuteczność



Wyniki pomiarów skuteczności ekranów przeciwhałasowych przy drodze S8 pod Białymstokiem

The results of measuring the effectiveness of acoustic barriers on the S8 road near Białystok

maleje o niemal połowę w odległości 50 m. Przyczyną tego jest m.in. zwiększenie w tym punkcie udziału fal dźwiękowych załamanych na krańcach ekranu. W celu skutecznego ograniczenia tego zjawiska zaleca się, aby długość ekranu była co najmniej 8 razy większa od odległości d pomiędzy ekranem a rozpatrywanym punktem ochrony (kąt widzenia początku i końca ekranu z punktu obserwacji $\geq 152^\circ$) [3]. W przypadku badanych ekranów są one dłuższe zaledwie o ok. $5,0 \div 6,2$ razy względem odległości 50 m (d).

Przedstawione wyniki podstawowych badań skuteczności ΔL_A umożliwiają jedynie ocenę, o ile w danym punkcie jest redukowany poziom dźwięku. Wartość ta, zgodnie z wcześniejszymi informacjami, nie jest jednak stała i zależy przede wszystkim od odległości od ekranu, dlatego też nie można jej przyjmować do porównań w dowolnym punkcie.

Pełne badania skuteczności (choćby prowadziły do tego samego efektu – jednoliczbowej wartości redukcji poziomu dźwięku w danym punkcie) są opisane w PN-ISO 10847:2002 [14]. Norma przedstawia dwie metody prowadzenia badań skuteczności: bezpośrednią – stosowaną przed budową ekranu (badania w tym samym przekroju przed i po wybudowaniu ekranu) oraz pośrednią – stosowaną jeżeli ekran przeciwhałasowy już istnieje (polega na porównaniu wyników pomiaru w przekroju drogi z ekranem oraz w sąsiednim przekroju drogi bez ekranu). W badaniach tych należy zapewnić równoważność źródeł (ten sam ruch), profilów terenu, przeszkód zakłócających i powierzchni odbijających oraz warunków meteorologicznych. W obu metodach rozróżnia się dwie lokalizacje mikrofonów pomiarowych: mikrofon odniesienia (referencyjny) – lokalizuje się w punkcie położonym w płaszczyźnie pionowej, w której znajduje się ekran na wysokości co najmniej 1,5 m ponad górną krawędzią ekranu (w przypadku wysokich ekranów, zlokalizowanych dodatkowo często na skarpach, pojawiają się problemy z właściwym montażem statywu i usytuowaniem mikrofonu); mikrofon odbioru – dowolna wysokość, a lokalizacja powinna reprezentować przestrzeń

otwartą za ekranem przy zapewnieniu warunków pola swobodnego w obszarze półkolistym (warunki takie uzyskuje się, jeśli odległość między punktem odbioru a powierzchniami odbijającymi dźwięk jest równa co najmniej mniejszej z dwóch wartości: 30 m lub podwojonej odległości ekran-odbiornik) [14]. W wyniku przeprowadzonych pomiarów uzyskuje się wartość redukcji poziomu dźwięku w danym punkcie odbioru obliczaną ze wzoru:

$$D_{IL} = (L_{ref,A} - L_{ref,B}) - (L_{r,A} - L_{r,B}) \text{ [dB]} \quad (2)$$

gdzie:

L_{ref} – poziom ciśnienia akustycznego w położeniu odniesienia;

L_r – poziom ciśnienia akustycznego w położeniu odbioru (A – w przekroju z ekranem, B – w przekroju bez ekranu).

W tabeli 2 przedstawiono przykładowe wyniki badań skuteczności ekranów przeciwhałasowych, metodą podaną w normie [14], zlokalizowanych przy jednej z dróg krajowych (autorzy nie otrzymali zgody na podanie dokładnej lokalizacji). W przypadku każdego z trzech różnych ekranów EK-I, EK-II oraz EK-III zmierzono trzykrotnie wartość L_{Aeq} w okresie 15 min, a następnie obliczono jego skuteczność ze wzoru (2). Podobnie jak we wcześniejszych badaniach, uzyskane wyniki dają jedynie wartość redukcji poziomu dźwięku rozumianą jako skuteczność ekranu D_{IL} w danym punkcie. Autorzy spotkali się z sytuacją, że na podstawie uzyskanych w ten sposób wartości skuteczności ekranów próbowano „przenieść” ten

wynik na obiekty chronione akustycznie położone w dalszej odległości i dowieść w ten sposób spełnienia dopuszczalnych poziomów dźwięku przy chronionym budynku. Nie jest to w żaden sposób możliwe i wynik badania na to nie pozwala. Spotkano się również z pytaniem, czy wyniki badania skuteczności ekranów pozwalają na ich odbiór pod względem cech materiałowych (wskaźniki izolacyjności D_{LR} i pochłaniania D_{La}). Niestety wyniki tego badania również nie pozwalają na taką ocenę.

Innym rodzajem są badania efektywności ekranu (fotografia 2), polegające na sprawdzeniu, czy spełnia on zadanie takie, jak obniżenie poziomu dźwięku przy chronionych obiektach budowlanych, do którego został zaprojektowany. W tym celu prowadzi się badania równoważnego poziomu dźwięku L_{Aeq} przy chronionym akustycznie budynku zgodnie z wymaganiami określonymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z 16.06.2011 r. [18]. Umożliwia to uzyskanie wartości L_{Aeq} dla pory dnia i nocy, które następnie są bezpośrednio porównywane z wartościami dopuszczalnymi określonymi w obowiązującym obecnie Rozporządzeniu Ministra Środowiska z 1.10.2012 r. (Dz.U. 2012 poz. 1109) [19]. Pozwala to definitywnie i bez zbędnych wątpliwości uznać, czy ekran został zaprojektowany i wybudowany prawidłowo oraz czy spełnia funkcję, jaką jest doprowadzenie poziomów hałasu przy chronionych obiektach do wartości co najmniej dopuszczal-

Tabela 2. Wyniki pomiarów skuteczności ekranów przeciwhałasowych metodą normową
Table 2. The results of measuring the effectiveness of acoustic barriers using the standard method

Ekran	Punkt pomiarowy	Rodzaj punktu**)	$L_{Aeq,15min}$ I [dB]	$L_{Aeq,15min}$ II [dB]	$L_{Aeq,15min}$ III [dB]	Średnia [dB]	Skuteczność D_{IL} [dB]
EK-I $L = 646$ m $H = 5,0$ m	odniesienia (ref): w płaszczyźnie ekranu $H + 1,5$ m	A	80,5	80,9	81,1	80,8	10,4
		B	81,8	82,0	82,5		
	odbioru (r): 70 m od ekranu 4,0 m n.p.t.	A	57,5	57,7	58,0	57,7	
		B	69,0	69,4	69,7	69,4	
EK-II $L = 795$ m $H = 2,5 \div 4,0$ m	odniesienia (ref): w płaszczyźnie ekranu $H + 1,5$ m	A	79,8	79,6	79,9	79,8	5,9
		B	82,0	81,6	81,9		
	odbioru (r): 30 m od ekranu 4,0 m n.p.t.	A	63,2	62,9	63,3	63,1	
		B	71,2	70,9	71,1	71,1	
EK-III $L = 617$ m $H = 4,0 \div 7,0$ m + 1,0 m „hokej”*)	odniesienia (ref): w płaszczyźnie ekranu $H + 1,5$ m	A	81,1	81,1	81,3	81,2	11,3
		B	81,4	81,2	81,7		
	odbioru (r): 30 m od ekranu 4,0 m n.p.t.	A	58,7	58,5	59,1	58,8	
		B	70,3	70,0	70,7	70,3	

*) hokej – górną dodatkową część ekranu, wykonaną z tego samego materiału co cały ekran, odgiętą w kierunku do źródła dźwięku (do wewnątrz); **) A – przekrój z ekranem; B – przekrój bez ekranu



Fot. 2. Przykład badania efektywności ekranów – pomiar L_{Aeq} przy chronionym budynku
Photo 2. Example of noise barrier efficiency test – L_{Aeq} measurement at protected building

nych. Badanie efektywności pozwala odnieść się do rzeczywistej sytuacji drogowo-ruchowej. Porównanie do wartości zmierzonej przed budową ekranu jest często niemożliwe, ponieważ dotyczy sytuacji sprzed rozbudowy drogi przy zupełnie innym ruchu drogowym [20].

Wnioski

Badania skuteczności ekranów przeciwhałasowych prowadzą do uzyskania wartości poziomu dźwięku (ΔL_A , D_{IL}) w danym punkcie objętym pomiarami (najczęściej w bliskiej odległości od ekranu). Jednak wartość ta nie pozwala w pełni ocenić ekranu pod względem realizacji funkcji, dla jakich został wybudowany. W celu sprawdzenia, czy ekran redukuje poziom hałasu przy chronionych budynkach do wartości co najmniej dopuszczalnych, zaleca się przeprowadzenie badań efektywności rozumianej jako pomiary równoważnego poziomu dźwięku L_{Aeq} w punktach położonych przy tych budynkach. Pozwala to na bezpośrednie odniesienie się do wartości dopuszczalnych i stwierdzenie na tej podstawie poprawności zaprojektowania i wybudowania ekranów przeciwhałasowych.

W przypadku planowania i realizacji pomiarów hałasu komunikacyjnego należy zwrócić uwagę na:

- miarodajność źródła hałasu – w wielu specyfikacjach znajdują się zapisy dotyczące obowiązku wykonania badań do 12 miesięcy od oddania obiektu do użytkowania, lecz nie zwraca się uwagi na to, że rzeczywiste natężenie ruchu jest dalekie od docelowego w wyniku np. objazdów i przebudowy na dłuższych odcinkach drogi;

- wymagania dotyczące realizacji badań w ściśle określonych warunkach at-

mosferycznych (m.in. mała prędkość wiatru, brak opadów), stąd badania takie należy planować w sprzyjających okresach roku, najlepiej od kwietnia do października;

- konieczność realizacji badań hałasu równoległe z pomiarem parametrów źródła, takich jak: natężenie, struktura rodzajowa oraz prędkość – dane te pozwalają na pełną analizę akustyczną z oceną źródła;

- poprawne lokalizowanie punktów pomiarowych, które reprezentują potrzeby ochrony danego obszaru (nie lokalizować punktów pomiędzy budynkami, które ekranują badane źródło hałasu; uwzględnić przebieg innych dróg i źródeł hałasu mogących zakłócić wynik badań).

Fotografie: M. Motylewicz

Literatura

- [1] Bohatkiewicz J. Modelowanie i ocena rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym. Politechnika Lubelska; 2017.
- [2] Buczek P. Zabezpieczenia akustyczne stosowane na polskich drogach w aspekcie racjonalizacji kosztów. Drogownictwo. 2013; 2: 3 – 8.
- [3] Motylewicz M, Bohatkiewicz J, Dębiński M. Ekran akustyczny – zasady ustalania położenia i wymiarów względem źródła i odbiorcy hałasu. Materiały Budowlane, 2018; <https://doi.org/10.15199/33.2018.12.21>.
- [4] Sadowski J. Ekranowanie akustyczne. Materiały Budowlane. 2004; 4: 53 – 56.
- [5] Szymański Z, Kucharski R. Projektowanie ekranów akustycznych. Najczęściej występujące błędy w projektowaniu. Magazyn Autostrady. 2008; 11: 59 – 63.
- [6] Engel Z. Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem. PWN. Warszawa; 2001.
- [7] Woźniak K. Kryterium hałasu w projektowaniu wjazdów z drogi do ekranowanej zabudowy. Budownictwo i Inżynieria Środowiska. 2012; 59 (3/2012/IV): 377 – 384.
- [8] Boczkowski A. Analiza wpływu ukształtowania wjazdów na posesję mieszkalną na skuteczność drogowych ekranów akustycznych. Systemy

wspomagania w inżynierii produkcji. 2017; 6 (1): 58 – 67.

[9] Motylewicz M, Gierasimiuk P, Gardziejczyk W. Ocena klimatu akustycznego na etapie projektowania budowy i użytkowania inwestycji drogowych. XIV Seminarium Techniczne SITK: Aktualne zagadnienia budownictwa komunikacyjnego. Augustów, 15-17.03.2023.

[10] PN-EN 1793-2:2018: Drogowe urządzenia przeciwhałasowe. Metoda oznaczania właściwości akustycznych. Część 2: Podstawowe właściwości izolacji od dźwięków powietrznych w warunkach dźwięku rozproszonego.

[11] PN-EN 1793-1:2017: Drogowe urządzenia przeciwhałasowe. Metoda oznaczania właściwości akustycznych. Część 1: Podstawowe właściwości pochłaniania dźwięku w warunkach rozproszonego pola akustycznego.

[12] Żuchowski R, Dulak L, Pankiewicz J. Badania izolacyjności akustycznej i współczynnika pochłaniania dźwięku trzech rodzajów paneli typu „zielona ściana”. Praca NB-64/RB-9/2010. Gliwice, 2010.

[13] Burdzik R, Śmigalski G. Metody zwalczania hałasu komunikacyjnego – badania eksperymentalne ekranu akustycznego. Zeszyty naukowe Politechniki Śląskiej. 2013; seria Transport (z. 79): 31 – 38.

[14] Reduktor hałasu z betonu do ekranów przeciwdźwiękowych Reduktor Best Top. Aprobata techniczna IBDM Nr AT/2011-02-2682.

[15] PN-ISO 10847:2002 – Akustyka. Wyznaczenie „in situ” skuteczności zewnętrznych ekranów akustycznych wszystkich rodzajów.

[16] Galińska B, Kopania J. Hałas drogowy a skuteczność ekranów z oktagonalnymi reduktorami dźwięku. Autobusy. 2016; 6: 168 – 171.

[17] Dulak L, Marchacz M, Nowosiwiat A, Olechowska M, Żuchowski R. Laboracyjne pomiary chłonności akustycznej drogowych urządzeń przeciwhałasowych z zastosowaniem krawędziowego reduktora dźwięku. Fizyka budowli w teorii i praktyce. 2011; 3 (t. VI): 11 – 16.

[18] Rozporządzenie Ministra Środowiska z 16.06.2011 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów substancji lub energii w środowisku przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem lub portem (Dz.U. 2011 nr 140 poz. 824).

[19] Rozporządzenie Ministra Środowiska z 1.10.2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2012 poz. 1109).

[20] Gardziejczyk W, Gierasimiuk P, Motylewicz M. Ekran akustyczny – analiza ich skuteczności na wybranych przykładach. Magazyn Autostrady. 2011; 12: 38 – 45.

Badania przeprowadzono w ramach realizacji prac zespołowych w Politechnice Białostockiej i Politechnice Lubelskiej, a także w ramach zadania zleconego „Politechniczna Sieć VIA CARPATIA im. Prezydenta RP Lecha Kaczyńskiego”, finansowanego z dotacji celowej Ministra Edukacji i Nauki nr umowy MEiN/2022/DPI/2577 działanie „PO SAŚIEDZKU – międzyuczelniane staże badawcze i wizyty studyjne”.

Przyjęto do druku: 27.07.2023 r.