



PIOTR BUCZEK

Politechnika Krakowska
pbuczek@pk.edu.pl

Zabezpieczenia akustyczne stosowane na polskich drogach w aspekcie racjonalizacji kosztów

Inwestycje drogowe realizowane są między innymi z uwzględnieniem decyzji środowiskowych. Celem opracowań środowiskowych jest także odpowiedni dobór środków poprawy klimatu akustycznego w taki sposób, aby doprowadzić negatywne oddziaływania na środowisko do dopuszczalnego poziomu hałasu obowiązującego na danym terenie. Zaniechanie budowy nowych odcinków dróg może prowadzić do dodatkowego zatłoczenia istniejącej sieci drogowej i w dalszej perspektywie generować negatywne skutki dla środowiska. Porównanie wariantu bezinwestycyjnego w kilku horyzontach czasowych oraz wariantu inwestycyjnego ma na celu ustalenie optymalnego przebiegu nowej inwestycji pod względem bezpieczeństwa ruchu, ochrony środowiska, warunków ruchu i ekonomicznym.

Budowa nowej drogi powoduje pogorszenie klimatu akustycznego na terenie przyległym do inwestycji, jednocześnie odciążając równoległe, istniejące drogi i doprowadzając do poprawy klimatu akustycznego wokół odcinków sieci drogowej. Przykładem takiego rozwiązania mogą być obwodnice, gdzie następuje poprawa warunków środowiskowych w miejscowości poprzez wyprowadzenie ruchu tranzytowego, zwłaszcza ciężarowego, na zewnątrz.

Aspekt ekonomiczny ochrony środowiska staje się coraz ważniejszy. Szereg inwestycji, dla których w budżecie państwa zabraknie środków, nie zostanie zrealizowanych lub ich realizacja zostanie przesunięta w czasie. Dlatego, każdy „Raport o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko” powinien być wykonany oraz sprawdzony z uwzględnieniem optymalizacji zastosowanych zabezpieczeń akustycznych pod względem ich skuteczności, bezpieczeństwa ruchu oraz poddany analizie ekonomicznej.

Według aktualnie obowiązującego prawa, zarządca drogi jest zobowiązany do dotrzymania standardów środowiskowych po zrealizowaniu inwestycji w miejscach, gdzie istnieje miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego (MPZP). Niestety z uwagi na występowanie w Polsce bardzo licznej rozproszonej zabudowy, dotrzymanie standardów ochrony przed hałasem jest nieuzasadnione ekonomicznie, gdy koszt zabezpieczeń akustycznych przekracza wartość chronionego obiektu. W publikacji [9] autorzy sugerują zmianę w prawie, dopuszczającą możliwość budowania zabezpieczeń akustycznych na działce chronionej, w postaci ekranów akustycznych, wałów ziemnych, szczelnych ogrodzeń itp., wtedy koszt zabezpieczenia akustycznego można zmniejszyć nawet sześciokrotnie. Efekt poprawy klimatu akustycznego na terenach przyległych do ciągów komunikacyjnych można uzyskać poprzez zastosowanie np.:

- ekranów akustycznych, wałów ziemnych, tuneli drogowych,

- cichych nawierzchni (jedynie na odcinkach dróg, gdzie prędkość poruszających się pojazdów jest większa od 50 km/h),
- odpowiedniego zarządzania ruchem na obwodnicy oraz w mieście,
- poprowadzenie drogi w wykopie,
- zwartej gęstej zieleni,
- odpowiedniej lokalizacji niewrażliwej zabudowy.

Aktualnie na polskich drogach zdecydowanie dominuje jeden typ zabezpieczeń akustycznych w postaci ekranów akustycznych. Ciche nawierzchnie, wały ziemne, zarządzanie ruchem – te elementy, które w najbliższym czasie będą coraz częściej stosowane do zabezpieczeń terenów przyległych do nowo projektowanej inwestycji. W ochronie otoczenia dróg przed hałasem koszty zabezpieczeń akustycznych są pokrywane przez administrację drogową, czyli są to środki z budżetu centralnego lub samorządowego. Kombinacje różnych rodzajów zabezpieczeń mogą doprowadzić do zmniejszenia kosztów oraz do mniejszego ingerowania w krajobraz, jak to jest w przypadku zastosowania zwykłego ekranu akustycznego.

Zintegrowane systemy redukcji hałasu drogowego

Metody i środki zintegrowanej ochrony przed hałasem

Najlepszą metodą ograniczenia negatywnych skutków hałasu jest odpowiednia lokalizacja inwestycji drogowej na terenach, które są najmniej wrażliwe na zakłócenia klimatu akustycznego. W przypadku, gdy planowana lub istniejąca droga przebiega przez tereny podlegające ochronie akustycznej, można zastosować zabezpieczenia w trzech strefach:

- u źródła – tzw. obszar emisji,
- między źródłem a odbiornikiem, czyli obszar rozwiązań ochronnych,
- w obszarze imisji, przy odbiorniku, odbiorcy.

Są to trzy standardowe strefy, w których można stosować zabezpieczenia akustyczne opisywane w wielu podręcznikach oraz artykułach. Celem tego artykułu jest skupienie się na systemach zintegrowanych, tzn. uwzględniających więcej niż jeden typ zabezpieczeń akustycznych jednocześnie, powodujących redukcję kosztów budowy. Do tego rodzaju zabezpieczeń możemy zaliczyć np.:

- budowę ekranów akustycznych, wałów ziemnych wraz z optymalizacją kosztów,
- zastosowanie „cichej nawierzchni” z ekranem akustycznym lub wałem ziemnym wraz z optymalizacją kosztów.

Zastosowanie tych elementów w znaczny sposób ogranicza uciążliwość hałasu w środowisku i jednocześnie działa wieloaspektowo na otoczenie człowieka i zwierząt.

Ekran akustyczny i inne formy zabezpieczeń w obszarze rozwiązań ochronnych

Ekran akustyczny stanowi obecnie 90% urządzeń stosowanych do zabezpieczenia przed hałasem. Poniżej przedstawiono wykaz przykładowych zabezpieczeń akustycznych, nie tylko ekranów, które mogą być stosowane przy drogach; są to:

- ekran akustyczny,
- wał ziemny,
- wał plus ekran,
- tunel,
- zabudowa ekranująca,
- zastosowanie zieleni.

Do budowy ekranów akustycznych stosowana jest cała gama materiałów (betonowe, metalowe, przezroczyste, tworzywa, drewniane oraz mieszane), kolorów oraz kompozycji. Pod względem sposobu funkcjonowania możemy podzielić ekrany na: odbijające, pochłaniające i odbijająco-pochłaniające.

Ekran akustyczny zapewnia skuteczną redukcję hałasu w terenie zabudowy, pod warunkiem odpowiedniego wykonania (dobre uszczelnienie między panelami, użycie materiału identycznego jak w specyfikacji, odpowiednie zapewnienie odwodnienia między korpusem drogowym a spodem konstrukcji ekranu). W odległości 1,0 m za ekranem na wysokości 1,2 m można osiągnąć redukcję 12 dB [8], natomiast w przypadku połączenia wału ziemnego z ekranem 25–30 dB [5]. Z przytoczonych wartości można wnioskować, że w przypadku dużego natężenia ruchu pojazdów na drodze nie można zabezpieczyć istniejących budynków usytuowanych bezpośrednio przy drodze, stosując wyłącznie ekrany akustyczne.

Kolejnym przykładem stosowania zintegrowanych systemów zabezpieczeń jest zabezpieczenie wysokich budynków. W takim przypadku możliwe jest zastosowanie dyfraktorów, odgięć części górnych ekranu lub nawet przykrycie części lub całości drogi panelami akustycznymi. Zasada działania dyfraktorów polega na redukcji poziomu natężenia dźwięku, dzięki rozproszeniu hałasu na górnej krawędzi ekranu. Przyjmuje się na podstawie danych producentów, że zastosowanie „oktagonu” daje efekt podobny do tego, jaki byłby osiągnięty przez podwyższenie o 1–1,5 m ekranu akustycznego. [10]

Duże problemy stwarzają szerokie przekroje drogowe. W takich przypadkach zabezpieczenie ekranami akustycznymi nie gwarantuje sukcesu, z uwagi na docieranie do zabudowy fali akustycznej z oddalonego od ekranu pasa ruchu.

Ekran akustyczny, który jest elementem obcym w środowisku, powinien spełniać następujące, podstawowe warunki:

- zapewnić odpowiednią widoczność na skrzyżowaniach oraz przy wjazdach do posesji,
- umożliwić optymalne posadowienie ekranu,
- zapewnić wymaganą izolacyjność od dźwięków powietrznych DL_R klasy (B0 – B3),
- zapewnić wymaganą pochłaniałość dźwięku DL_a klasy (A0 – A4),

- zapewniać estetykę rozwiązania przez dobór koloru i materiału, powinien współgrać z otaczającym terenem, kształt ekranu powinien jak najmniej się wyróżniać,
- konstrukcje typu „zielona ściana” powinny być obsadzone roślinnością pnącą z zapisem w dokumentach projektowych o odpowiednim utrzymaniu zieleni.

W wielu przypadkach należy uwzględniać stosowanie ekranów przezroczystych na obiektach mostowych oraz odcinkach dróg, gdzie występuje bliska zabudowa lub istotne walory krajobrazowe. Ekran te, z uwagi na możliwość kolizji z ptakami, powinny być wyposażone w ciemne poprzeczne pionowe pasy dla poprawy dostrzegalności ekranów. Pasy o szerokości 2 cm powinny być naklejane w odstępach 10 cm lub pasy o szerokości 1 cm w odstępach 5 cm. Pozostałymi zaleceniami dotyczącymi ekranów transparentnych są: unikanie gęstych nasadzeń drzew i krzewów wzdłuż krawędzi ekranów, zastosowanie szerokiej i widocznej górnej krawędzi, budowa ekranów z możliwie najmniejszych płyt, przedzielonych widocznymi elementami montażowymi.

Wymagania te stanowią podstawę do zaprojektowania odpowiedniego zabezpieczenia akustycznego. Trzeba jednak pamiętać, że nawet spełniając wszystkie wymagania dotyczące ekranów akustycznych należy sprawdzić w terenie, czy wybudowany ekran spełnia wszystkie założone wymogi pod względem brd, skuteczności ekranowania, zastosowanego materiału i staranności wykonywania.

Cicha nawierzchnia

Projektanci drogowi oraz akustycy są w stanie zmniejszyć negatywne oddziaływania akustyczne poprzez odpowiedni dobór rodzaju nawierzchni zwłaszcza tam, gdzie nie ma możliwości zastosowania innych środków.

Każda nowa nawierzchnia obniża poziom hałasu eliminując nierówności, ubytki i deformacje. Mieszanki mineralno-asfaltowe, np. typu porowatego, obniżają emisję dźwięku na styku opona-nawierzchnia w stosunku do standardowej nawierzchni SMA11. Jednakże przeprowadzone badania zalecają ostrożność w doborze mieszanek z asfaltu porowatego z uwagi na spadek skuteczności redukcji emisji hałasu w czasie oraz problemy z utrzymaniem. Bibliografia [2, 4, 6, 7] podaje liczne zalety oraz wady zastosowań, które zostały wymienione poniżej.

Do zalet nawierzchni porowatych zaliczamy:

- redukcję emisji poziomu dźwięku u źródła o około 2,5 do 5 dB po 1–2 latach użytkowania w porównaniu do BA, SMA 11,
 - zapobieganie powstawaniu zjawiska „aqua-planingu”,
 - lepsza widoczność podczas opadów deszczu,
 - zapobieganie tworzeniu się kolein.
- Wadami nawierzchni porowatych są:
- obniżona żywotność – szybsze starzenie lepiszcza, odmywanie lepiszcza, wykruszanie ziaren,
 - zanieczyszczenie porów – obniżenie absorpcji hałasu w czasie,
 - większe nakłady na utrzymanie w stosunku do standardowych nawierzchni.

Zastosowanie odpowiednich środków może częściowo wyeliminować wady takiej nawierzchni. Są nimi:

- starannie zaprojektowany skład mieszanki – dobór dobrej jakości kruszywa oraz lepszycza wpływa na zwiększenie trwałości,
- regularne czyszczenie przynajmniej dwa razy do roku, co wydłuża okres eksploatacji – na drogach o większych prędkościach (A, S) następuje częściowe samooczyszczenie przez poruszające się pojazdy,
- zapobieganie zatykaniu się porów lodem i śniegiem można wyeliminować poprzez odpowiednie i wczesne reagowanie przez służby techniczne przy zimowym utrzymaniu.

Lepszym rozwiązaniem do zastosowania jest użycie nowych cienkowarstwowych asfaltów porowatych [3]. Z przeprowadzonych w Szwajcarii badań na kilkudziesięciu odcinkach testowych otrzymano rezultaty zmniejszenia poziomu mocy akustycznej średnio od 2,5–6,5 dB.

Podobne rezultaty otrzymano w pracy [1], gdzie redukcja w poziomie mocy akustycznej źródła dla asfaltu porowatego po roku użytkowania była na poziomie 6 dB.

Zastosowanie cichej nawierzchni wraz z ekranem akustycznym lub wałem ziemnym i optymalizacją ich kosztów

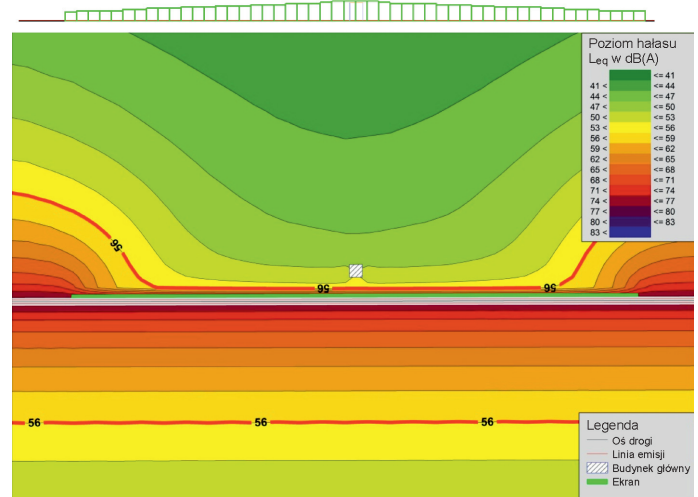
Na wczesnym etapie projektowania wszystkie elementy podlegające planowaniu powinny być ujęte w opracowaniu, to znaczy: wysokość, długość, kolorystyka, rodzaj ekranu, typ ekranu oraz bardzo ważna rzecz, niejednokrotnie pomijana przez projektantów, czyli zasadność ekonomiczna budowy ekranów akustycznych, których koszt może w znacznej części przewyższać koszt chronionej zabudowy. Na etapie projektowania zabezpieczeń akustycznych pojedynczych budynków, dla których wymagane byłby długie, kosztowne ekrany akustyczne, można zastosować inny typ zabezpieczeń akustycznych np.: ciche nawierzchnie, połączone z krótszymi wałami ziemnymi lub krótszymi ekranami akustycznym.

Rysunki 1–6 ilustrują przykłady skutków różnych form zabezpieczeń, działki z jednym budynkiem mieszkalnym. Efekt zabezpieczenia akustycznego analizowanej działki osiągnięto przy zastosowaniu ekranu akustycznego lub alternatywnie dwóch środków zmniejszających negatywne oddziaływanie hałasu drogowego, tj. ekranu akustycznego i cichej nawierzchni. Celem zabezpieczenia było obniżenie poziomu hałasu w porze nocnej do $L_{eq} = 50$ [dB].

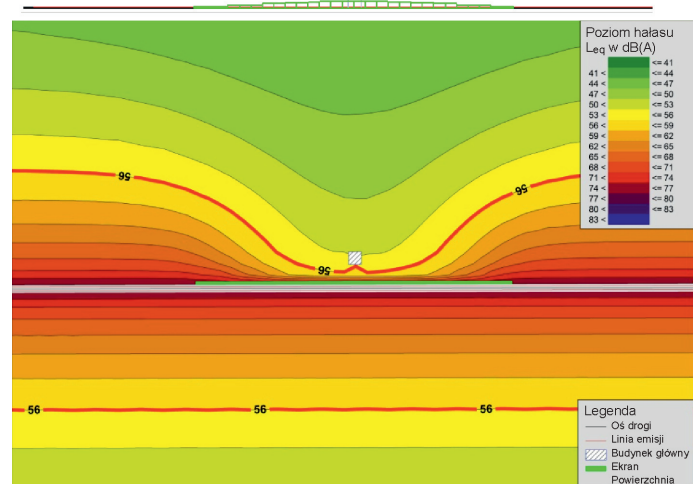
W pierwszym przypadku (Sytuacja 1) zaprojektowano ekran akustyczny o długości 600 m. Natomiast w drugim (Sytuacja 2) połączono cichą nawierzchnię obniżającą poziom mocy akustycznej źródła o 4 [dB] z ekranem akustycznym o długości 370 m. W drugim przypadku uzyskano identyczne efekty, co do wartości poziomu dźwięku na terenie budynku na najbardziej narażonej kondygnacji $L_{eq} = 56$ [dB] (rys. 1–2). Poprzez zastosowanie samego ekranu akustycznego uzyskuje się tylko obszarowe zmniejszenie poziomu dźwięku do pewnej odległości za ekranem akustycznym, która zależy od wysokości i długości ekranu akustycznego. Należy pamiętać, że skuteczność ekranu akustycznego wraz z oddalaniem się od niego maleje.

Drugie rozwiązanie, tj. połączenie zastosowania cichej nawierzchni z ekranem akustycznym jest korzystniejsze. Obni-

żenie poziomu mocy akustycznej o 4 [dB] poprzez zastosowanie cichej nawierzchni przekłada się na obniżenie w każdym miejscu terenu poziomu dźwięku o 4 [dB] i skuteczność redukcji nie maleje wraz z odległością, jednakże redukcja poziomu mocy akustycznej maleje z czasem w związku ze zjawiskami zachodzącymi w nawierzchni drogowej (zatykanie porów, zabrudzenie, ścieranie).



Rys 1. Mapa siatkowa hałasu: ekran o długości 500 m



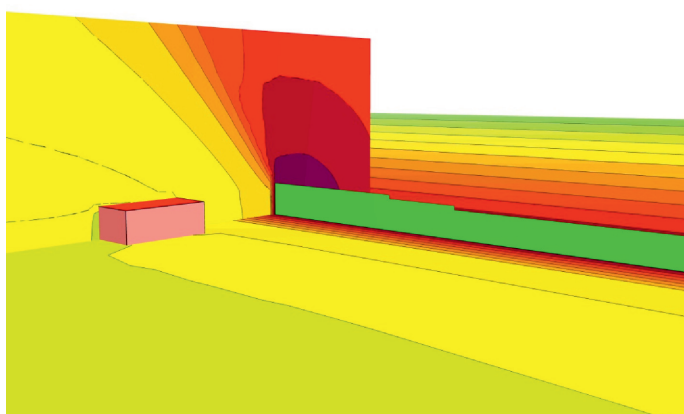
Rys 2. Mapa siatkowa hałasu: ekran o długości 280 m oraz cicha nawierzchnia



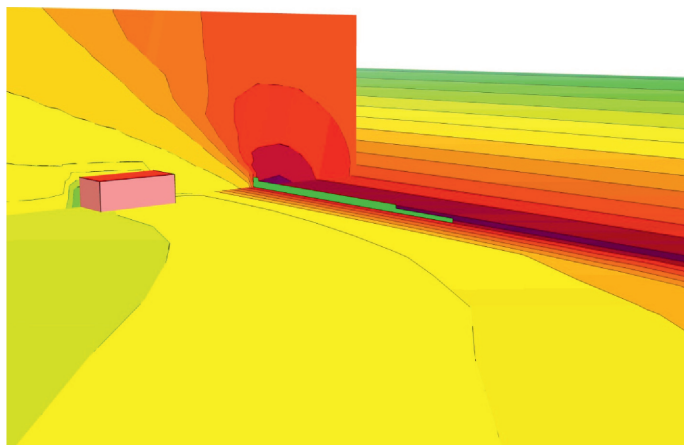
Rys 3. Mapa przekroju poprzecznego rozprzestrzenienia dźwięku: ekran o długości 500 m



Rys 4. Mapa przekroju poprzecznego rozprzestrzeniania dźwięku: ekran o długości 280 m oraz cicha nawierzchnia



Rys 5. Mapa przestrzenna hałasu: ekran o długości 500 m



Rys 6. Mapa przestrzenna hałasu: ekran o długości 280 m oraz cicha nawierzchnia

Porównując koszty wykonania dwóch różnych zabezpieczeń akustycznych, ekonomiczniejszym rozwiązaniem jest połączenie ekranu akustycznego z cichą nawierzchnią. Tabela 1 przedstawia koszty wykonania 1 m² ekranu o danej wysokości. Natomiast w tabelach 2 i 3 przedstawiono parametry oraz koszty wykonania zabezpieczeń akustycznych dla analizowanych sytuacji nr 1 i 2.

Przykład zamieszczony powyżej uwypukla ekonomiczny efekt stosowania kombinacji różnych środków zabezpieczających przed nadmiernym hałasem. W przedstawionym przy-

Tabela 1. Koszty wykonania 1 m² ekranu akustycznego o danej wysokości

Ekran wysokość [m]	Koszt wykonania 1 m ² ekranu akustycznego w [€]
≤ 3	150
4	170
5	190
6	210
≥ 7	230

Tabela 2. Zestawienie kosztów wykonania zabezpieczenia w postaci ekranu akustycznego

Sytuacja 1		
Ekran wysokość [m]	Długość ekranu [m]	Koszt ekranu [€]
4	10	6800
4,5	80	64800
5	50	47500
5,5	50	55000
6	70	88200
6,5	50	71500
7	60	96600
7,5	70	120750
8	20	36800
8,5	40	78200
Suma	500	666150

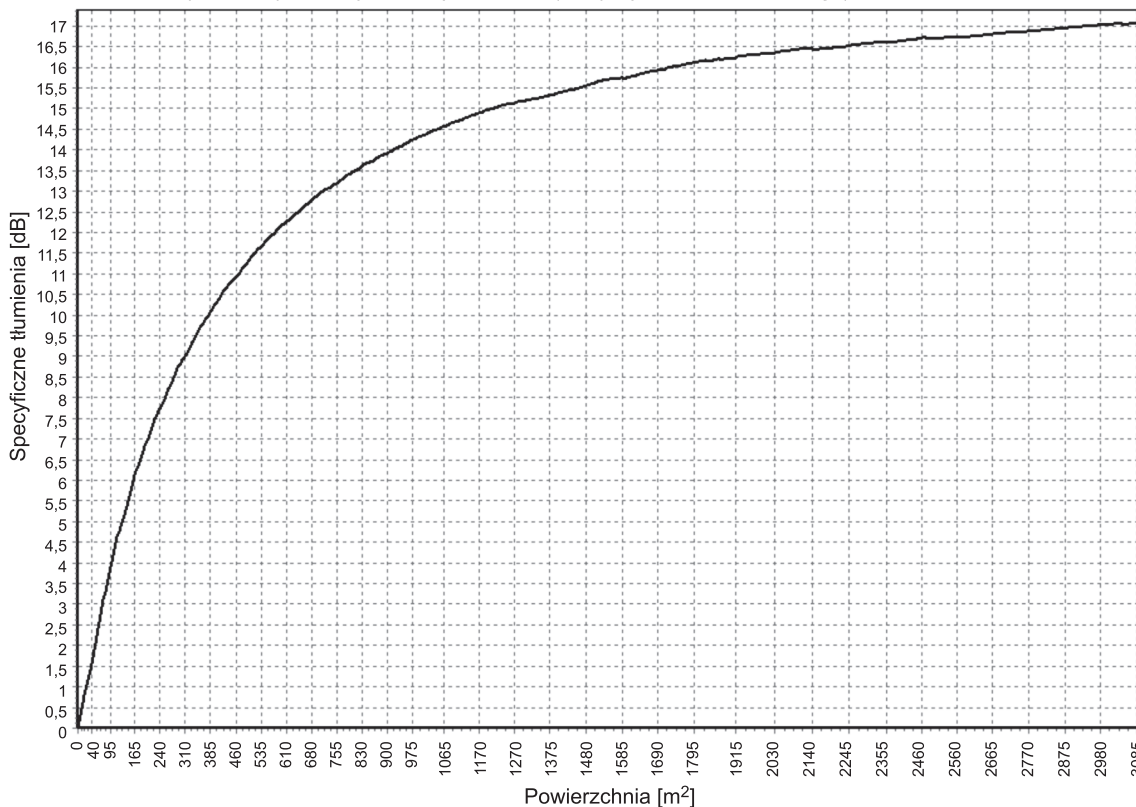
Tabela 3. Zestawienie kosztów wykonania zabezpieczenia w postaci ekranu akustycznego oraz cichej nawierzchni

Sytuacja 2			
Wysokość ekranu [m]	Długość ekranu [m]	Koszt ekranu [€]	Dodatkowy koszt cichej nawierzchni o długości 500 m [€]
1	50	7500	
2	60	18000	
3,5	40	22400	
4	40	27200	
4,5	30	24300	
5	50	47500	
5,5	10	11000	
	280	157900	36575
			194475

padku redukcja kosztów wynosi 70,8%. Przykład optymalizacji powierzchni ekranu wraz z wzrostem tłumienia w punkcie receptorowym umieszczonym na budynku przedstawiono na rysunku 7.

Wały ziemne to jeden z najskuteczniejszych sposobów ochrony przed hałasem. Budowle te nie wprowadzają większego zakłócenia w elementy krajobrazu. Sprawiają wraz-

Historia optymalizacji
Kryteria optymalizacji: redukcja poziomu (powyżej poziomu docelowego) – powierzchnia ekranu



Rys 7. Optymalizacja powierzchni ekranu [m²] w funkcji wielkości tłumienia [dB]

nie naturalnych form terenu, szczególnie, gdy są porośnięte ładnie utrzymaną zielenią niską lub średnią. Wadą tego rozwiązania jest konieczność zajęcia w projekcie budowlanym odpowiednio większego terenu pod te obiekty. Z uwagi na duże zapotrzebowanie terenowe, wały ziemne są dużo rzadziej wykonywane niż typowe ekrany akustyczne, a jeśli już to głównie poza granicami miast.

Połączenie wału ziemnego z ekranem akustycznym jest także bardzo skutecznym rozwiązaniem. Możemy osiągnąć dwa efekty: zmniejszyć zajętość terenu w stosunku do samego wału zmiennego i osiągnąć większą wysokość jak w przypadku samego ekranu akustycznego. Wadą tego rozwiązania jest brak możliwości zastosowania w miejscu, gdzie występuje duża liczba zjazdów do posesji. Alternatywą dla wałów ziemnych są stosowane coraz częściej na naszych drogach wały ziemne z konstrukcją metalową wewnątrz. Zaletą tego rozwiązania jest dużo mniejsze zajęcie terenu u podstawy, szybki montaż i demontaż oraz łatwe dostosowanie kształtu liniowego do zapotrzebowania terenowego.

Kryterium kosztów w projektowaniu ekranów akustycznych lub wałów ziemnych

Ważnym elementem projektowania zabezpieczeń akustycznych jest stosowanie optymalizacji długości oraz wysokości ekranów, wałów itp. W tabelach nr 2 i 3 zestawiono wysokości, długości oraz koszty budowy ekranów akustycz-

nych do zabezpieczenia budynku mieszkalnego, otrzymane z optymalizacji w programie SoundPLAN 7.1. Wykorzystując możliwość optymalizacji ekranów pod względem kosztów zaprojektowano ekrany o zmiennej wysokości – parametry ekranu obrazuje tabela 3. Średnie koszty wykonania 1 m² ekranu na podstawie dokumentów przetargowych oraz zapytań firm produkujących ekrany przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 4. Koszty wykonania zabezpieczeń akustycznych przy stałych wysokościach ekranów akustycznych oraz optymalizacji pod względem kosztów

Wysokość ekranu [m]	Sytuacja 1	
	Długość ekranu [m]	Koszt ekranu [€]
6,5	590	843700
7	490	788900
7,5	450	776250
8	430	791200
8,5	400	782000
Ekran poddany optymalizacji kosztów		
4-8,5	500	666150

Analizowane powyżej zabezpieczenia akustyczne są dobrane tak, aby klimat akustyczny przy budynku mieszkalnym spełniał dopuszczalne limity L_{eq} . Projektując zabezpieczenia można dotrzymać określonych standardów środowiska, pla-

nując zabezpieczenia o różnej długości oraz wysokościach. Stosując wyższe ekrany możemy zminimalizować długość ekranu, natomiast przy większych długościach obniżamy wysokość ekranu. Optymalizując zabezpieczenia można maksymalnie obniżyć koszt wykonania zabezpieczenia redukując go tak, jak w tabeli 4, gdzie redukcja kosztów dla podanej sytuacji wynosi 21,0% w stosunku do najdroższego wariantu zabezpieczenia z tabeli 4. Należy zaznaczyć, że stosując optymalizację pod względem kosztów zwiększamy długość ekranu akustycznego (w zależności o przyjętej cenie za 1 m² ekranu), co może doprowadzić do pogorszenia brd, pogorszenia walorów widokowych, zmniejszenia możliwości zjazdów do posesji, zwiększenia długości optycznego zamknięcia. Wykonanie poprawnej optymalizacji jest bardzo czasochłonne, ale efekt redukcji kosztów może być znaczny, jak w załączonym przykładzie.

Podsumowanie

Stosowanie zintegrowanych środków daje większą elastyczność realizacji i poprawy klimatu akustycznego wokół istniejącej lub nowo projektowanej drogi, stwarza lepszy komfort dla mieszkańców i podróżnych. W tabeli 5 przedstawiono środki redukujące negatywne oddziaływanie akustyczne wraz z dodatkowymi kosztami, jakie musimy ponieść na ich budowę.

Tabela 5. Zintegrowane środki zabezpieczenia akustycznego

Wysokość ekranu [m]	Długość ekranu o stałej wysokości 6,5 [m]	Długość ekranu podanego optymalizacji z uwagi na koszty [m]	Długość ekranów przy zastosowaniu cichej nawierzchni wraz z optymalizacją ekranów akustycznych [m]
1			50
2			60
3,5			40
4		10	40
4,5		80	30
5		50	50
5,5		50	10
6		70	
6,5	590	50	
7		60	
7,5		70	
8		20	
8,5		40	
Powierzchnia [m ²]	3835	3115	910
Koszty €	843700	666150	194475
Redukcja powierzchni [%]	0	18,8	76,3
Redukcja kosztów [%]	0	21,0	76,9

Najlepszym rozwiązaniem, które jest najtańsze a jednocześnie umożliwia osiągnięcie takiego samego efektu redukcji rozprzestrzeniania się dźwięku, jak dla ekranu ciągłego o stałej wysokości, jest zastosowanie cichej nawierzchni wraz z optymalizacją wysokości ekranów akustycznych. Zastosowanie tego rozwiązania redukuje koszty w omówionym przykładzie o 76,9% oraz redukuje długości ekranów o 76,3%.

Rozwiązanie to wprowadza większą możliwość stosowania przerw na zjazdy w ekranach akustycznych z uwagi na to, że przekroczenia dopuszczalnych limitów dźwięku po zastosowaniu cichej nawierzchni nie będą już tak duże.

W Polsce niestety brakuje zaleceń stosowania zintegrowanych systemów ochrony przed hałasem a stosując jeden z wybranych elementów z tabeli 5 możemy osiągnąć redukcję kosztów oraz poprawić bezpieczeństwo.

Bibliografia

- [1] B. Andersen, L. M. Iversen, *Second life cycle – urban two-layer porous asphalt*, Euronoise 2012
- [2] H. Bendtsen, L. E. Larsen, *Noise reduction with porous asphalt – costs and perceived effect*, Lyngby, Denmark, Danish Transport Research Institute 2002
- [3] E. Bühlmann, L. Cosandey, T. Ziegler, *Acoustic performance assessment of Swiss low-noise road surfaces in urban areas*, Euronoise 2012
- [4] W. Gardziejczyk, *Przegląd i analiza porównawcza metod badania hałaśliwości nawierzchni drogowych*, Autostrady 1,2/2011
- [5] K. Gradkowski, *Gruntowe ekrany ochrony akustycznej*, Drogoznictwo 3/2007
- [6] J. Olszacki, *Przegląd doświadczeń projektowania i wykonywania nawierzchni porowatych*, Nawierzchnie asfaltowe 4/2006
- [7] I. Ruttmar, *Eksplotacja i utrzymanie nawierzchni z asfaltu porowatego – prezentacja dr inż. Igora Ruttmara ze szkolenia Zastosowanie nowoczesnych technologii w konstrukcjach drogowych*, Zakopane, 15-17 września 2010 r.
- [8] Z. Szymański, *Badanie skuteczności ekranowania jako uzupełnienie projektowania różnych typów ekranów akustycznych*, Autostrady 4/2012
- [9] S. Radosz, M. Tracz, K. Woźniak, *Racjonalizacja ochrony zabudowy przed hałasem drogowym z uwzględnieniem wymogów bezpieczeństwa*. Projekt badawczy własny nr N N509 498638 finansowany przez Min. Nauki i Szk. Wyższego
- [10] Aprobata techniczna IBDM Nr AT/2011-02-2682, *Reduktor hałasu z betonu do ekranów przeciwdźwiękowych Reduktor Best Top* ■

Z prasy zagranicznej

Nowy plan bezpieczeństwa ruchu drogowego na drogach w Maroku

Marokańskie Ministerstwo Transportu proponuje surowsze środki karne, których wprowadzenie ma wpłynąć na poprawę bezpieczeństwa ruchu drogowego (brd). Po niedawnej katastrofie autokaru, w której zginęły 43 osoby, zostały poruszone różne kwestie bezpieczeństwa. Władze stwierdziły, że pojazdy przekraczające 20 lat użytkowania nie powinny być dopuszczane do ruchu na drogach Maroka, z zastrzeżeniem możliwości regularnych kontroli ich stanu technicznego. Dochodzenie w sprawie katastrofy jest w toku, ale już zastosowano krótkoterminowe środki bezpieczeństwa, obejmujące kontrole dotyczące stanu technicznego pojazdów oraz godziny pracy kierowców.

24.09.2012 r., www.WorldHighways.com