

5

ANALIZA WPŁYWU UKSZTAŁTOWANIA WJAZDÓW NA POSESJE MIESZKALNE NA SKUTECZNOŚĆ DROGOWYCH EKTRANÓW AKUSTYCZNYCH

5.1 WSTĘP

Prawidłowe zaprojektowanie ekranów akustycznych wymaga przeprowadzenia analizy obliczeniowej skuteczności ekranu akustycznego. W tym czasie dobiera się odpowiedni materiał ekranu oraz optymalizuje jego wysokość i długość, stosując jako kryterium optymalizacji uzyskanie wymaganej skuteczności. W czasie procesu projektowania ekranów należy wziąć pod uwagę ukształtowanie globalnych i lokalnych układów komunikacyjnych, ukształtowanie i sposób użytkowania terenów chronionych akustycznie oraz lokalizację wjazdów na posesje. To właśnie zaprojektowanie odpowiednio zabezpieczonego akustycznie wjazdu na posesję stanowi bardzo często największy problemem projektowy, z uwagi na warunki terenowe, ograniczoną ilość miejsca oraz wysoki koszt takiego zabezpieczenia. Bardzo często rozwiązanie problemu dojazdu i wjazdu na posesję jest kluczowe dla uzyskania odpowiednio wysokiej skuteczności projektowanego ekranu. Dlatego też w dalszej części artykułu zostaną omówione pojęcie skuteczności ekranu, zjawiska fizyczne mające wpływ na efektywność ekranowania, przedstawiony zostanie wpływ zastosowania różnych rozwiązań wjazdów na posesję na ich skuteczność oraz wskazane zostaną rozwiązania najkorzystniejsze.

5.2 ANALIZA OBLICZENIOWA SKUTECZNOŚCI EKTRANÓW AKUSTYCZNYCH

Skuteczność ekranu akustycznego stanowi różnicę pomiędzy poziomem dźwięku w danym punkcie odbiorczym przed zainstalowaniem ekranów akustycznych oraz poziomem dźwięku w tym samym punkcie po zainstalowaniu ekranów akustycznych. Skuteczność ekranu odnosi się zatem zawsze do konkretnego punktu odbioru, a nie do ekranu. W punktach odbiorczych o różnych lokalizacjach skuteczność ekranowania będzie różna dla tego samego ekranu akustycznego. Warunkiem koniecznym prawidłowego wyznaczenia na drodze pomiarowej skuteczności ekranowania jest zachowanie niezmienności parametrów

źródła dźwięku, tj.: natężenie i struktura ruchu pojazdów w czasie pomiarów akustycznych prowadzonych przed i po zainstalowaniu ekranów. W przypadku niemożliwości zapewnienia powtarzalności źródła należy zastosować metodykę pomiarów bezpośrednich lub pośrednich skuteczności ekranowania opisanych w normie PN-ISO 10847:2002 pt. Akustyka. Wyznaczanie „in situ” skuteczności zewnętrznych ekranów akustycznych wszystkich rodzajów.

Skuteczność ekranowania w danym punkcie zależy głównie od geometrii układu *źródło – ekran – obserwator*. Dlatego też tak ważny jest prawidłowy dobór geometrii ekranów akustycznych. O skuteczności ekranowania decyduje głównie energia fali akustycznej załamanej na krawędzi górnej ekranu oraz na krawędziach bocznych, jak również energia fali bezpośredniej docierającej do punktu odbioru z miejsc nieekranowanych. W praktyce przy izolacyjności akustycznej materiału ekranu akustycznego powyżej 20 dB udział energii przenikającej przez ekran można pominać [3]. Warunek ten spełnia praktycznie każdy ze stosowanych w drogownictwie materiałów na ekrany akustyczne, od paneli z tworzyw sztucznych, aluminium i drewna z wypełnieniem wełnianym, przez ekrany wełniane typu „zielona ściana”, ekrany betonowe oraz ekrany przezroczyste, wykonane ze szkła akrylowego.

Ponieważ, jak wspomniano wcześniej, o skuteczności ekranów akustycznych decyduje w głównej mierze geometria ekranu, a skuteczność jest zależna od lokalizacji punktu odbioru, dlatego też szczególny nacisk należy położyć na prawidłowy sposób obliczenia poprawności ekranowania na etapie projektowym. Najczęściej nie wystarczy ograniczyć się do wyznaczenia skuteczności ekranowania w kilku wybranych punktach. Powinno się wykonać analizę rozkładu poziomego dźwięku za ekranem w płaszczyźnie poziomej wyznaczając tzw. mapę akustyczną oraz w przekrojach poprzecznych drogi. Ważny jest również rozkład dźwięku na elewacjach budynków mieszkalnych. Przykłady tego typu obliczeń przedstawiono w [2, 3].

Stosowane metody obliczeniowe skuteczności ekranów akustycznych takie jak metoda Meakawy, Delany’ego, Rettingera, Redfearna, czy metoda VDI-2720 zostały opisane w [4, 5]. Metody te są używane przede wszystkim do obliczeń skuteczności ekranowania w przekrojach poprzecznych drogi lub w ściśle określonych punktach obserwacji. Różnice wyników uzyskiwanych z zastosowaniem poszczególnych metod przedstawiono w [1]. Obecnie większość specjalistycznych programów komputerowych przeznaczonych do obliczeń akustycznych (np. CadnaA, SoundPlan, LimaA) posiadają zaimplementowane algorytmy obliczeniowe bazujące na metodach opisanych w normach PN-ISO 9613-2 pt. „Akustyka. Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej. Ogólna metoda obliczania” oraz PN-ISO 9613-1 pt. „Akustyka. Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej. Obliczanie pochłaniania dźwięku przez atmosferę”. Dzięki temu możliwe jest wykonywanie obliczeń w płaszczyznach poziomych, przekrojach poprzecznych, tworzeniu rozkładów poziomów dźwięku na elewacjach budynków

z uwzględnieniem takich zjawisk fizycznych jak: pochłanianie, odbicie, ugięcie fali na krawędziach górnych i bocznych ekranu, absorpcji gruntu, itp.

Przykłady obliczeniowe przedstawione w dalszej części artykułu zostały wykonane przy użyciu oprogramowanie CadnaA niemieckiej firmy DataKustik.

5.3 WPŁYW NIEZABEZPIECZONYCH AKUSTYCZNIE WJAZDÓW NA POSESJE NA SKUTECZNOŚĆ EKTRANOWANIA

W praktyce projektowania drogowych ekranów akustycznych bardzo często zachodzi konieczność rozwiązania problemu zabezpieczenia akustycznego wjazdu na posesję od strony drogi, wzdłuż której projektowany jest ekran. Przykład takiej posesji przedstawiono na rys. 5.1. Jest to typowy układ drogowy, droga jednojezdniowa dwukierunkowa z chodnikami po obu stronach, budynek mieszkalny oddalony od skrajni drogi o ok. 10÷20 m, a na wprost budynku (lub znajdującego się w nim garażu), brama wjazdowa na posesję.



Rys. 5.1 Przykład typowego rozwiązania wjazdu na posesję

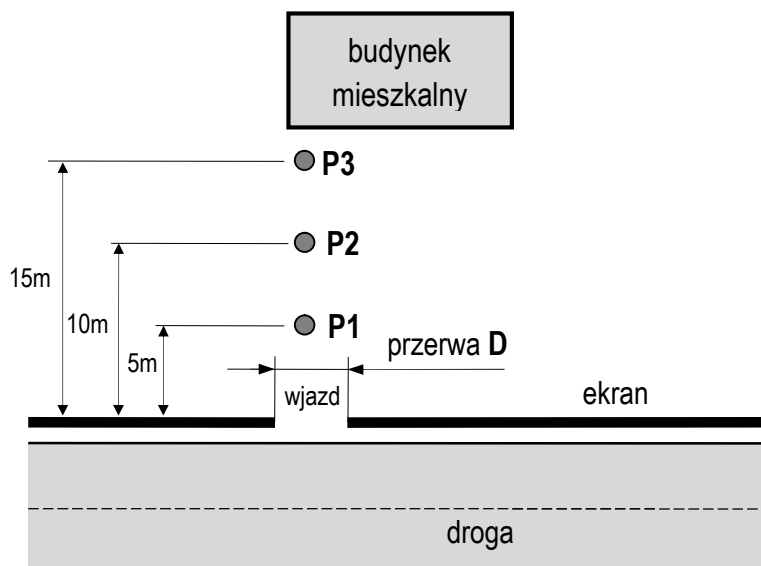
Bardzo częstą praktyką w takich przypadkach jest wykonanie ekranów akustycznych chroniących budynek w linii pomiędzy chodnikiem a ogrodzeniem posesji i pozostawienie niezabezpieczonego (otwartego) wjazdu na posesję. Przykłady takich rozwiązań ekranów przedstawiono na rys. 5.2.



Rys. 5.2 Przykłady otwartych wjazdów na posesję

Pozostawienie niezabezpieczonych otworów w ekranie istotny sposób ogranicza skuteczność wybudowanego ekranu akustycznego i może doprowadzić do sytuacji, w której pomimo zastosowania ekranów nie zostaną osiągnięte wartości dopuszczalne hałasu.

W celu określenia wpływu pozostawienia niezabezpieczonego akustycznie (otwartego) wjazdu lub wejścia na posesję w ekranie akustycznym autor postanowił przeprowadzić analizę obliczeniową skuteczności ekranowania dla przyjętej hipotetycznej sytuacji przedstawionej na rys. 5.3. Budynek mieszkalny zlokalizowany jest w odległości 17 metrów od drogi jedno-jezdniowej dwukierunkowej, wzdłuż której zbudowany jest dźwiękochłonny ekran akustyczny o wysokości 6,0 m. W ekranie pozostawiono niezabezpieczony akustycznie wjazd o szerokości D wynoszącej od 1 do 8 m. Na wysokości wjazdu umieszczono punkty obliczeniowe od P1 do P3 zlokalizowane w odległościach odpowiednio 5, 10 i 15 m od ekranu i na wysokości 4,0 m.



Rys. 5.3 Model obszaru badań wraz z lokalizacją wjazdu i punktów obliczeniowych

Dla przyjętych hipotetycznych parametrów ruchu przeprowadzono analizę obliczeniową wpływu szerokości szczeliny w ekranie (wjazdu) na zmniejszenie skuteczności ekranowania w przyjętych punktach obliczeniowych. Do obliczeń wykorzystano oprogramowanie CadnaA w wersji 4.1 niemieckiej firmy DataKustik GmbH oraz zaimplementowaną w nim metodę obliczeniową NMPB Routes 96. Jest to obecnie obowiązująca metodyka obliczeń hałasu drogowego w państwach Unii Europejskiej.

W pierwszej kolejności obliczono poziom dźwięku hałasu drogowego w sytuacji bez ekranów i po zamontowaniu ciągłych ekranów akustycznych oraz wyznaczono ich maksymalną skuteczność. Następnie na wysokości wjazdu do posesji zamodelowano przerwę w ekranie imitującą wjazd o szerokości D . Zmieniając szerokość przerwy D w zakresie od 1 do 8 m z krokiem co 1 m, obliczono

poziom dźwięku w wytypowanych punktach oraz skuteczność ekranowania. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 5.1.

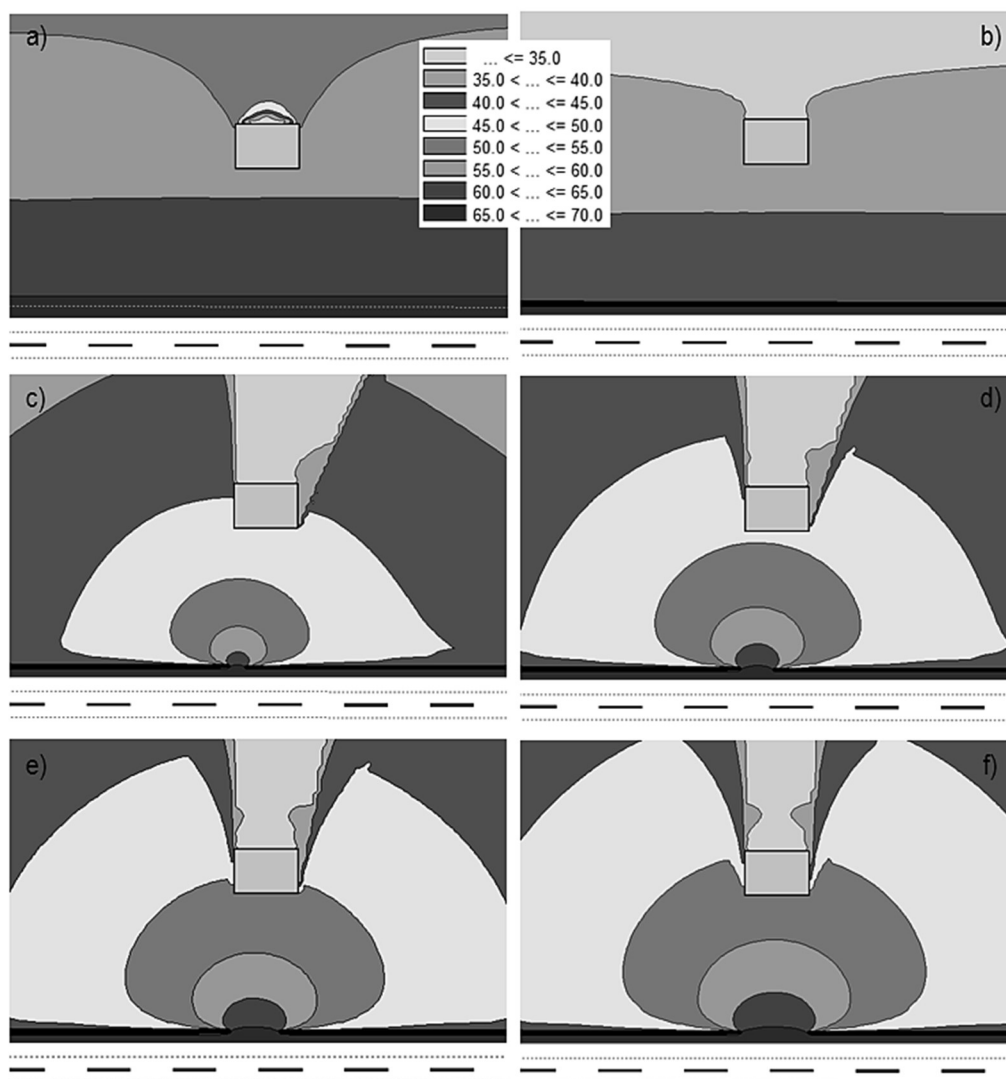
Tabela 5.1 Wyniki obliczeń skuteczności ekranowania w funkcji szerokości wjazdu na posesję

Lp.	Opis przypadku	Poziom dźwięku A w dB, w punkcie kontrolnym			Skuteczność ekranu w dB, w punkcie kontrolnym		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3
1.	Brak ekranów akustycznych	62,9	60,8	59,2	-	-	-
2.	Ekran szczelny o wysokości H=6m	42,4	40,1	38,3	20,5	20,7	20,9
3.	Przerwa D=1,0m, H=6m	51,6	47,2	44,5	11,3	13,6	14,7
4.	Przerwa D=2,0m, H=6m	54,3	49,8	47,0	8,6	11,0	12,2
5.	Przerwa D=3,0m, H=6m	55,9	51,5	48,6	7,0	9,3	10,6
6.	Przerwa D=4,0m, H=6m	57,0	52,6	49,7	5,9	8,2	9,5
7.	Przerwa D=5,0m, H=6m	57,7	53,5	50,6	5,2	7,3	8,6
8.	Przerwa D=6,0m, H=6m	58,2	54,1	51,3	4,7	6,7	7,9
9.	Przerwa D=7,0m, H=6m	58,6	54,6	51,9	4,3	6,2	7,3
10.	Przerwa D=8,0m, H=6m	59,0	55,0	52,2	3,9	5,8	7,0

W przypadku ekranu szczelnego, a więc bez wjazdu (lub z zabezpieczonym akustycznie wjazdem) uzyskuje się maksymalną skuteczność ekranowania wynoszącą od 20,5 do 20,9 dB w zależności od punktu obliczeniowego. W przypadku pojawienia się w ekranie przerwy jego skuteczność maleje proporcjonalnie do wielkości tej przerwy. Przy przerwie $D = 1$ m skuteczność ekranowania w punkcie P1 maleje o 9 dB, a w punkcie P3 o 6 dB. Przy przerwie $D = 6$ m skuteczność ekranowania spada w punkcie P1 o 15,8 dB, w punkcie P2 o 14 dB, a w punkcie P3 o 13,0 dB. Jest to bardzo duży spadek skuteczności ekranowania, który w większości przypadków może powodować, że poziomy dopuszczalne hałasu na terenach chronionych akustycznie pomimo wybudowania ekranów akustycznych zostaną przekroczone.

Na rys. 5.4 przedstawiono rozkład poziomu dźwięku za ekranem w sytuacjach opisanych w podanym przykładzie.

Przedstawiony przykład obliczeniowy wykazał, że pozostawienie niezabezpieczonych wjazdów na posesje mieszkalne w istotny sposób wpływa na zmniejszenie skuteczności ekranowania. Często zdarza się, że pozostawia się również niezabezpieczone przejścia dla pieszych, co przedstawiono na rys. 5.5. Skutek takich rozwiązań projektowych jest identyczny jak opisany w przykładzie. Z rozmów prowadzonych z mieszkańcami wynika jeszcze jeden problem związany z zamieszkaniem w rejonie tego typu nieciągłości w ekranie, a mianowicie skarżą się oni na występowanie okresowego zwiększania i zmniejszania amplitudy dźwięku za ekranem wywołane przejazdami pojazdów przez niezabezpieczony akustycznie obszar ekranu, np. wjazd. Zjawisko to nazywam „migotaniem hałasu”, przez analogię do „migotania światła” z jakim mamy do czynienia w przypadku turbin wiatrowych.



Rys. 5.4 Rozkład poziomu dźwięku w sytuacji:
 a) bez ekranu akustycznego, b) z ekranem ciągłym, c) z przerwą D=2m,
 d) z przerwą D=4m, e) z przerwą D=6m, f) z przerwą D=8m.



Rys. 5.5 Przykład niezabezpieczonego akustycznie przejścia dla pieszych w ekranie

Zjawisko „migotania hałasu” będzie bardziej uciążliwe w przypadku średnich i dużych natężeń ruchu na drodze oraz przy dużym udziale pojazdów ciężkich

i motocykli. Intensywność występowania tego zjawiska zależy od odległości od ekranu, natężenia i płynności ruchu oraz struktury ruchu pojazdów.

5.4 PRZYKŁADY ZABEZPIECZEŃ AKUSTYCZNYCH WJAZDÓW I PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH

Jednym ze skuteczniejszych sposobów zabezpieczenia akustycznego wjazdów na posesję jest montaż w ekranie akustycznym bramy wjazdowej. Brama ta powinna być wykonana z materiału dźwiękoizolacyjnego w miarę możliwości lekkiego i zapewniającego dobrą widoczność. Dlatego też najczęściej bramy w ekranach wykonuje się z materiałów przezroczystych typu pleksiglas (szkło akrylowe), których arkusze mocuje się w profilach aluminiowych lub stalowych ocynkowanych. Przykładowe rozwiązania bram w ekranach akustycznych przedstawiono na rys. 5.6. Równie często w ekranach montuje się przezroczyste drzwi uchylne, np. na drodze dojazdu do przystanku autobusowego.



Rys. 5.6 Przykłady rozwiązań bram wjazdowych przesuwnych na posesje

Źródło: zdjęcie 2 <http://bramyiogrodzenia.rakstal.pl>

Ze względu na komfort użytkowania bramy powinny być wyposażone w mechanizm automatycznego otwierania i zamykania sterowany radiowo, tak by nie trzeba było otwierać ich ręcznie. Przy projektowaniu bram we wjazdach szczególną uwagę należy zwrócić na bezpieczeństwo użytkowników – zarówno bramy jak i drogi. Zatrzymanie samochodu na środku jezdni w celu otwarcia bramy może stwarzać istotne zagrożenie dla bezpieczeństwa ruchu. Przykład błędnie wykonanych bram przedstawiono na rys. 5.7.

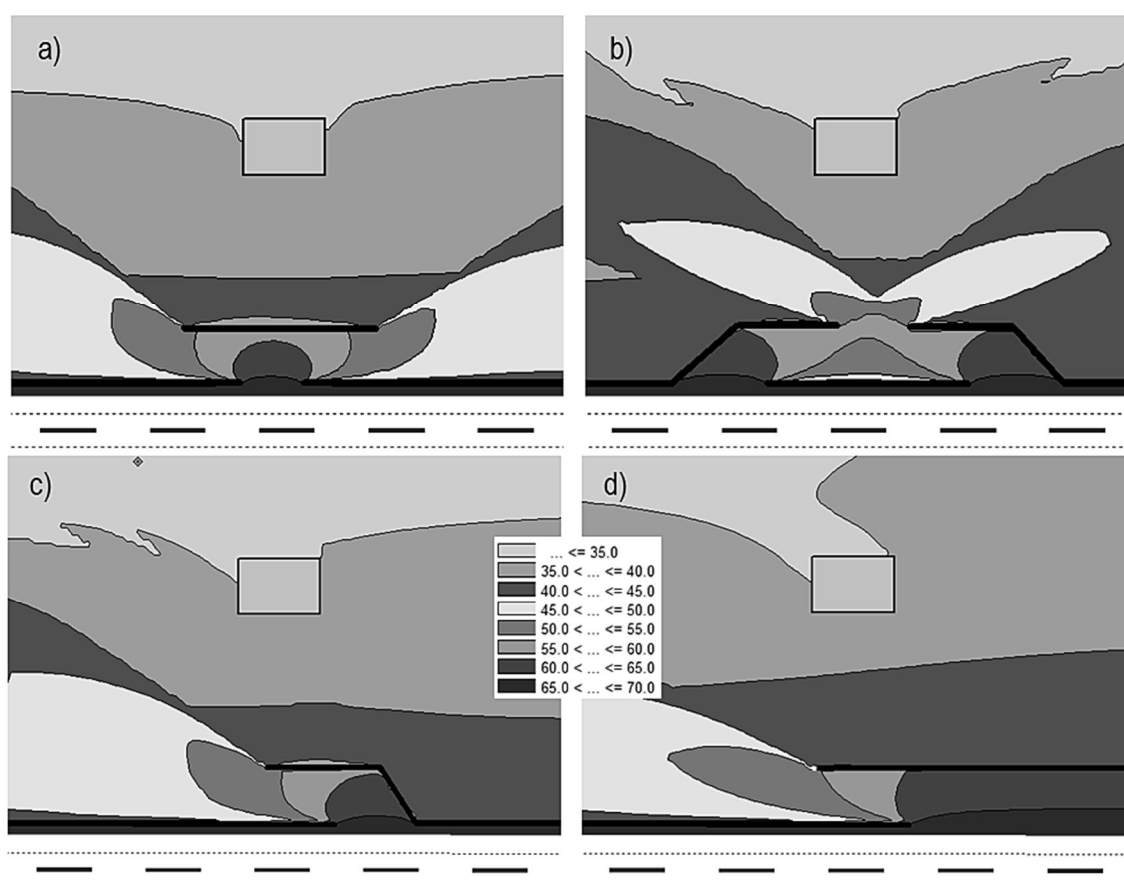
W takim przypadku należy przewidzieć odsunięcie bramy wjazdowej do wnętrza posesji, by pojazd mógł w całości zatrzymać się przed bramą po wykonaniu manewru skrętu lub wykonać dodatkowe pasy lub miejsca postojowe przeznaczone do zatrzymania pojazdu na poboczu na czas otwierania bramy. Zaletą zastosowania bram wjazdowych zabezpieczających posesję przed hałasem jest fakt, iż zajmują one stosunkowo mało miejsca. Jednak w użytkowaniu mogą być uciążliwe, ze względu na

koniczność częstego obsługiwanian (smarowania, regulacji), możliwość wystąpienia awarii, brak zasilania, itp.



Rys. 5.7 Przykład rozwiązania bram wjazdowych zagrażający bezpieczeństwu ruchu

Zdecydowanie korzystniejszym rozwiązaniem jest wykonanie wjazdów lub przejść dla pieszych w taki sposób, by możliwe było swobodne korzystanie z wjazdu lub przejścia przy jednoczesnej ochronie przed hałasem terenów chronionych. Takie rozwiązania wymagają odpowiedniego ukształtowania ekranów akustycznych w miejscu wjazdu na posesję lub przejścia dla pieszych. Przykładowe rozwiązania wraz z analizą propagacji dźwięku za ekranem przedstawiono na rys. 5.8.



Rys. 5.8 Przykłady zabezpieczeń labiryntowych wjazdów na posesje

Wszystkie przedstawione propozycje są korzystne z punktu widzenia skuteczności akustycznej, przy czym rozwiązania takie zawsze muszą być analizowane dla konkretnej lokalizacji posesji, drogi, wysokości terenu, itp.

5.5 WNIOSKI

Projektowanie ekranów akustycznych w aglomeracjach miejskich jest zadaniem trudnym i wymagającym uwzględnienia szeregu uwarunkowań tj.: geometria układu, lokalizacja wjazdu na posesję, dostępne miejsce, szerokość drogi i pobocza, istniejąca infrastruktura naziemna, uzbrojenie terenu, czy w końcu opinia właścicieli posesji. Od poprawności procesu projektowania zależeć będzie skuteczność ekranu akustycznego oraz komfort akustyczny życia mieszkańców.

Bardzo istotnym elementem tego procesu jest odpowiednie zabezpieczenie akustyczne wjazdów na posesje, dzięki którym możemy znacząco zwiększyć skuteczność ekranowania. W praktyce najczęściej stosuje się bramy przesuwne lub specjalnie ukształtowane układy wjazdowe na posesje. Te drugie wymagają jednak odpowiednio dużo miejsca i nie zawsze mogą być skutecznie zastosowane. Pozostawienie jednak niezabezpieczonych akustycznie (otwartych) wjazdów jest najczęstszym błędem projektowym i skutkuje znacznym zmniejszeniem skuteczności ekranowania i w konsekwencji nie uzyskaniem na terenie chronionym wymaganego prawem dopuszczalnego poziomu dźwięku.

*Artykuł został opracowany w ramach badań statutowych o symbolu 13/030/BK_17/0027,
pt.: „Sposoby i środki doskonalenia produktów i usług na wybranych przykładach”
realizowanych w Instytucie Inżynierii Produkcji
na Wydziale Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej.*

LITERATURA

- 1 A. Boczkowski, M. Komoniewski. „Weryfikacja algorytmów obliczania efektywności ekranowania drogowych ekranów akustycznych w warunkach rzeczywistych”. *Materiały XXXI Zimowej Szkoły Zwalczenia Zagrożeń Wibroakustycznych*, Gliwice-Szczyrk, 2003. Gliwice: Polskie Towarzystwo Akustyczne. Oddział Górnośląski, 2003, s.13-20.
- 2 A. Boczkowski. “Some observations on the design of noise barriers”. *Management Systems in Productions Engineering*. 2013, Nr 2 (10), s. 32-36.
- 3 A. Boczkowski. „Analiza możliwości redukcji hałasu w środowisku miejskim.” R. Knosala (red.) *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. T. 2. Opole: Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2016, s. 343-352.
- 4 Z. Engel. „*Ochrona środowiska przed drganiem i hałasem*”. PWN, Warszawa 2001.
- 5 Z. Engel, J. Sadowski, M. Stawicka-Wałkowska, S. Zaremba. „*Ekrany akustyczne*”. Ministerstwo Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa. Instytut Mechaniki i Wibroakustyki Akademii Górniczo-Hutniczej, Kraków, 1990.

Data przesłania artykułu do Redakcji: 01.2017
Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 03.2017

dr inż. Arkadiusz Boczkowski
Politechnika Śląska
Wydział Organizacji i Zarządzania
Instytut Inżynierii Produkcji
ul. Roosevelta 26, 41-800 Zabrze, Polska
e-mail: arkadiusz.boczkowski@polsl.pl

ANALIZA WPŁYWU UKSZTAŁTOWANIA WJAZDÓW NA POSESJE MIESZKALNE NA SKUTECZNOŚĆ DROGOWYCH EKРАНÓW AKUSTYCZNYCH

Streszczenie: Drogowe ekrany akustyczne są najczęściej stosowanymi zabezpieczeniami posesji mieszkalnych przed hałasem drogowym. W istniejących układach komunikacyjnych bardzo często zachodzi konieczność budowy ekranów w kolizji z licznymi wjazdami do posesji oraz drogami lokalnymi. Właściwe zaprojektowanie wjazdów na posesje mieszkalne determinuje uzyskanie wymaganej skuteczności całego ekranu i bardzo często jest kluczowe dla powodzenia całej inwestycji. Pozostawienie licznych otworów i nieciągłości w ekranach akustycznych prowadzi do zmniejszenia skuteczności ekranowania oraz występowania zjawiska migotania akustycznego. W artykule przedstawiono wpływ pozostawienia nieszczelności w ekranach akustycznych na zmniejszenie skuteczności ekranowania oraz wskazano właściwe rozwiązania zabezpieczeń akustycznych wjazdów na posesje mieszkalne.

Słowa kluczowe: hałas, ekrany akustyczne, redukcja hałasu, bramy wjazdowe, projektowanie zabezpieczeń przeciwhałasowych, hałas komunikacyjny.

ANALYSIS OF THE EFFECTS OF DRIVEWAY SHAPE ON THE EFFICIENCY OF ROADSIDE NOISE BARRIERS

Abstract: Roadside noise barriers are the most common measure for reduction of traffic noise around housing. In existing traffic systems the necessity of noise reduction through acoustic screens often conflicts with existing driveways and local roads. Proper design of driveways allows for increased effectiveness of the barriers and is usually crucial to the success of the undertaking. Leaving multiple openings within the barriers leads to decreased efficiency and the occurrence of acoustic glimmering. This article presents the efficiency-decreasing effects of leaving discontinuities within the noise barriers and appropriate solutions for noise reduction around driveways.

Key words: noise, acoustic screen, noise barrier, noise reduction, entry gate, soundproofing and noise barrier design, traffic noise.