IV Ogólnopolska Konferencja Mostowców - Konstrukcja i Wyposażenie Mostów
Wisła, 12-14 października 2005

Piotr WYRWAS[1]
Adam SZYGUŁA[2]

EKRANY AKUSTYCZNE – ZASADY PROJEKTOWANIA I KRYTERIA DOBORU

W referacie przedstawiono aspekty projektowania drogowych urządzeń przeciwhałasowych w odniesieniu do norm europejskich (PN–EN 1794-1 Drogowe urządzenia przeciwhałasowe. Wymagania pozaakustyczne. Część 1: Właściwości mechaniczne i stateczność; PN-EN 1794–2 Drogowe urządzenia przeciwhałasowe. Wymagania pozaakustyczne. Część 2: Ogólne bezpieczeństwo i wymagania ekologiczne). Podano proponowane kryteria doboru ekranów akustycznych oraz zwrócono uwagę na występujące problemy związane z okresem użytkowania ekranów w różnych warunkach środowiskowych.

1. Wstęp

Wraz z gwałtownym rozwojem komunikacji samochodowej w Polsce w latach dziewięćdziesiątych motoryzacja wywołała duże zmiany klimatu akustycznego. Konsekwencją przyrostu ilości pojazdów samochodowych jest zwiększony stopień obciążenia środowiska hałasem drogowym. Nadmierna emisja hałasu komunikacyjnego spowodowała wzrost uciążliwości na terenach położonych w bezpośrednim sąsiedztwie ciągów komunikacyjnych. Jednym ze sposobów zmniejszenia hałasu związanego z ruchem drogowym jest zastosowanie ekranów akustycznych.

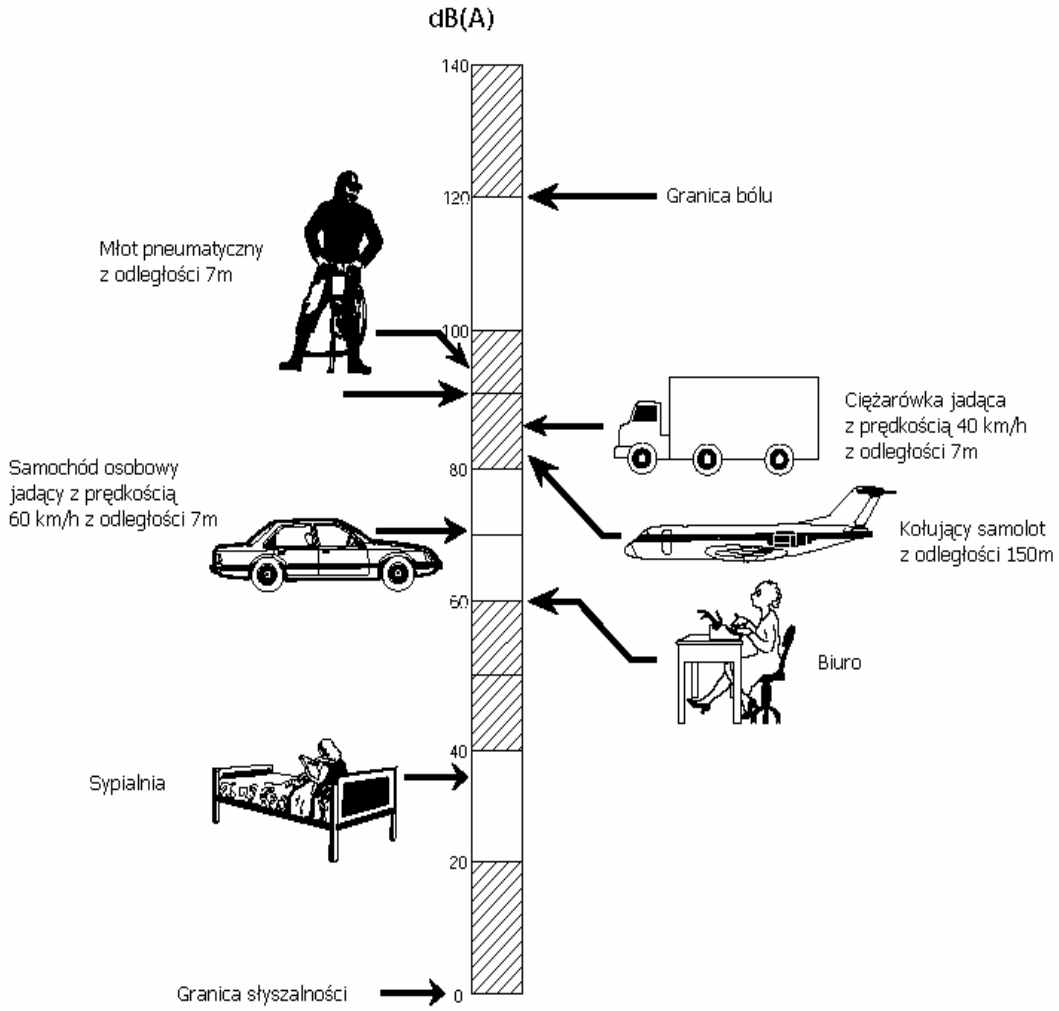
Poza koniecznością spełnienia swojej głównej funkcji, czyli ochrony przed hałasem, ekrany akustyczne narażone są na działanie sił zewnętrznych związanych z działaniem wiatru, dynamicznymi wahaniami ciśnienia powietrza powodowanymi poruszającymi się pojazdami oraz ciężarem własnym elementów konstrukcyjnych. Mogą być również narażone na uderzenia kamieniami i innymi odłamkami wyrzucanymi spod kół pojazdów, a także na dynamiczne uderzenia śniegu odrzucanego przez sprzęt oczyszczający drogi. Dodatkowo od urządzeń tych wymaga się, aby nie stwarzały niebezpieczeństwa dla użytkowników dróg i innych ludzi przebywających w ich pobliżu. Urządzenia przeciwhałasowe nie powinny pomagać w rozprzestrzenianiu się ognia, nie powinny również odbijać światła w sposób zagrażający bezpieczeństwu ruchu drogowego. Powinny być zbudowane z materiałów, które nie wydzielają szkodliwych gazów lub cieczy w wyniku procesów naturalnych lub przemysłowych albo wskutek działania ognia. Urządzenia przeciwhałasowe powinny umożliwiać ewakuację użytkowników dróg ze strefy zagrożenia [1], [2].

Ekrany w swojej formie, kształcie i kolorze powinny jak najbardziej odzwierciedlać lokalny charakter krajobrazu przy jednoczesnej minimalnej ingerencji w środowisko naturalne. Przy wyborze konkretnego rozwiązania należy mieć również na uwadze takie czynniki, jak dostępność do terenu, charakter środowiska, trwałość paneli oraz elementów konstrukcyjnych, konieczność konserwacji, czyszczenia, napraw, jak również problem wandalizmu czy kradzieży.

[1] Mgr inż., Katowickie Przedsiębiorstwo Inżynierskie „System” Sp. z o.o.
[2] Mgr inż., Katowickie Przedsiębiorstwo Inżynierskie „System” Sp. z o.o.

2. Ekrany akustyczne a hałas drogowy

Hałas i wibracje z nim związane są zanieczyszczeniami środowiska przyrodniczego charakteryzującymi się mnogością źródeł i powszechnością występowania. Świadczy o tym fakt, że hałas o ponadnormatywnym poziomie obejmuje 21% powierzchni kraju, oddziaływując na jedną trzecią ludności. Według przepisów i zagadnień dotyczących ochrony słuchu, ludzie nie powinni być narażeni na hałas o podwyższonym poziomie, zagrażający ich zdrowiu i jakości życia. Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku reguluje rozporządzenie ministra ochrony środowiska, zasobów naturalnych i leśnictwa z dnia 13 maja 1998 r. Dopuszczalny poziom hałasu generowany przez drogi lub linie kolejowe w zależności od rodzaju terenu w ciągu dnia wynosi od 50 do 65 dB, a w nocy jest o 10 dB niższy [3]. Na rysunku 1 przedstawiono przykładowe poziomy dźwięków generowanych przez otoczenie.



Rys. 1. Poziomy typowych dźwięków generowanych w otoczeniu [5]

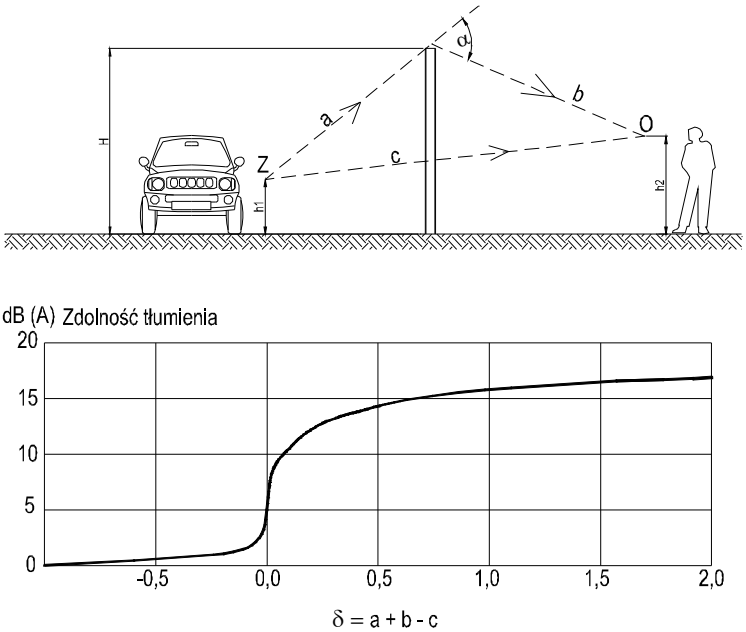
Hałas komunikacyjny powstaje w dwojaki sposób. Po pierwsze generowany jest przez silniki samochodowe, które wytwarzają dźwięki o niskiej częstotliwości, a poziom hałasu zależy w dużej mierze od prędkości poruszających się samochodów. Po drugie jest efektem toczenia kół pojazdów o powierzchnię jezdni i tutaj hałas przybiera postać dźwięków o wysokiej częstotliwości, a czynnikiem wzmagającym jego poziom może być stan nawierzchni oraz jej wilgotność. Poziom hałasu drogowego jest uzależniony od takich czynników, jak: natężenie ruchu, udział pojazdów hałaśliwych (samochody ciężarowe, autobusy, tramwaje, motocykle), płynność ruchu, pochylenie drogi.

Zastosowanie ekranów akustycznych jest jednym ze sposobów mających na celu zmniejszenie natężenia dźwięku. Przestrzeń, która z założenia ma być chroniona przed negatywnym działaniem hałasu drogowego znajdująca się za ekranami, to tzw. obszar cienia akustycznego. Fala dźwiękowa napotykając na swojej drodze przeszkodę podlega częściowo pochłonięciu, odbiciu i ugięciu na krawędzi. Ugięcie fali, czyli dyfrakcja na krawędzi ekranu powoduje zmniejszenie jego

efektywności w obszarze cienia akustycznego. Skuteczność ochrony zależy przede wszystkim od tego, jaką część hałasu przejmie sam ekran, a ile wskutek załamania fali zostanie przeniesione do strefy cienia akustycznego. Projektując ekrany akustyczne wyznacza się ich geometrię oraz usytuowanie względem źródła i odbiorcy na podstawie wymaganej efektywności akustycznej. Podstawowym schematem przy obliczaniu ekranów jest układ źródło - ekran - obserwator. Pod względem właściwości akustycznych można je podzielić na odbijające, odbijająco – rozpraszające i pochłaniające. Ekrany akustyczne są tym bardziej skuteczne, im są sytuowane bliżej źródła hałasu, a efektywna odległość, na której hałas jest redukowany, może być obliczona z prostej zależności:

$$\delta = a + b - c \tag{1}$$

Przy odległości δ = 1 m poziom hałasu może być zredukowany o 15 dB, co ilustruje rysunek 2.



Rys. 2 . Efektywność ekranów [5]

Minimalna wysokość ekranów zamyka się w granicy ok. 2 m, chociaż niższe ekrany są również stosowane w połączeniu z wysokimi nasypami, natomiast górna granica wysokości to ok. 10 m. Badania wskazują na dobre właściwości akustyczne ekranów składających się z panelu głównego oraz krótkich paneli umieszczonych na jego szczycie, w wyniku czego tworzy się panel podwójny lub potrójny, który w określonych warunkach może dodatkowo obniżyć poziom hałasu o ok. 4 dB [5].

3. Zasady projektowania w kontekście norm europejskich

Przywołane normy [1], [2] określają kryteria klasyfikacji drogowych urządzeń przeciwhałasowych pod kątem właściwości mechanicznych w normalnych warunkach użytkowania, niezależnie od materiałów użytych do ich budowy oraz kryteria oceny bezpieczeństwa użytkowania i oddziaływania na środowisko w typowych warunkach terenowych. Normy te uwzględniają zróżnicowanie obecnej praktyki projektowej w krajach Europy oraz podają dodatkowe, wariantowe wymagania. Wymagania dla nietypowych sytuacji powinny być opracowane indywidualnie przez projektantów.

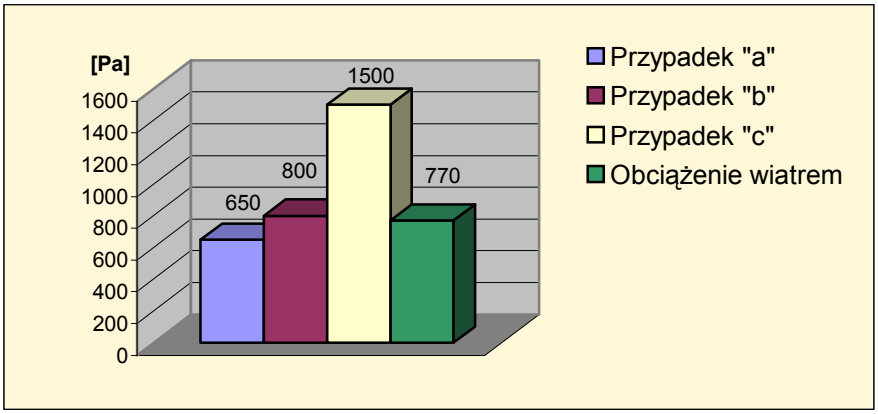
3.1. Obciążenie wiatrem i obciążenie dynamiczne

Sposób obliczania obciążenia wiatrem powinien być zharmonizowany ze szczególnymi warunkami klimatycznymi panującymi w danym regionie. Obowiązująca w tym zakresie jest norma PN-77/B-02011, która określa zasady ustalania obciążenia wiatrem. Obciążenie to należy ustalać przy założeniu, że wiatr wieje poziomo z kierunku dającego najbardziej niekorzystne obciążenie dla elementu oraz że wszystkie powierzchnie nawietrzne i zawietrzne poddane są prostopadle skierowanemu do nich i równomiernie rozłożonemu parciu lub ssaniu. Wartość obciążenia wiatrem jest uzależniona od rodzaju strefy wiatrowej, wartości współczynnika ekspozycji, współczynnika działania

porywów wiatru oraz od współczynnika aerodynamicznego [4]. Dodatkowo norma [1] uwzględnia trzy przypadki obciążenia dynamicznego od pojazdów:

a) dla ruchu drogowego w otwartym powietrzu w odległości 1 m od urządzenia przeciwhałasowego dla prędkości maksymalnej 100 km/h – qv- = 650 Pa,
b) dla ruchu drogowego w otwartym powietrzu w odległości 3 m od urządzenia przeciwhałasowego dla prędkości wyższej od 120km/h - qv- = 800 Pa,
c) dla dwukierunkowego ruchu drogowego w tunelu powietrza w odległości 1 m od urządzenia przeciwhałasowego dla prędkości maksymalnej 120 km/h - qv- = 1500 Pa.

Na rysunku 3 przedstawiono porównanie wartości charakterystycznych od obciążenia dynamicznego dla w/w przypadków oraz obciążenia wiatrem. Obciążenie charakterystyczne wywołane działaniem wiatru wyznaczono przy następujących założeniach: strefa obciążenia wiatrem - I, wartość charakterystycznego ciśnienia prędkości q_k = 250 Pa, współczynnik ekspozycji C_e = 1,0, współczynnik aerodynamiczny C = 1,4, współczynnik działania porywów wiatru β = 2,2.



Rys. 3. Wykres porównawczy dla obciążeń dynamicznych i obciążenia wiatrem

Do celów projektowych przyjmuje się, że obciążenie wiatrem i dynamiczne ciśnienie od pojazdów nie działają równocześnie.

3.2. Ciężar własny

Ciężar własny elementów akustycznych jest stosowany w dwóch różnych zakresach. Ciężar w stanie suchym jest potrzebny do oszacowania współczynnika izolacyjności akustycznej elementu. Jeśli elementy mogą wchłaniać wodę, to ciężar w stanie mokrym jest ważną przesłanką w projektowaniu zarówno elementów akustycznych, jak i konstrukcji nośnych. Ograniczenie ugięć elementów jest konieczne do uniknięcia przedostawania się dźwięków szparami, zmniejszenia wysokości lub przeciążenia konstrukcji nośnej. Dostosowanie właściwości mechanicznych do przyjętych kryteriów konstrukcyjnych ustala się obliczeniowo przy uwzględnieniu granicy plastyczności, modułu plastyczności oraz innych cech materiałów zastosowanych w konstrukcjach. Zdefiniowane zostały następujące pojęcia:

a) ciężar elementów akustycznych w stanie suchym – powinien być pomierzony i obliczony na podstawie wymiarów badanych materiałów. Ciężar na jednostkę powierzchni elementu powinien być obliczony jako wartość minimalna bez uwzględnienia ram i miejscowych wzmocnień,
b) ciężar elementów akustycznych w stanie mokrym – uwzględnia fakt, że otwory i porowate materiały mogą się wypełnić wodą; wszystkie części urządzenia przeciwhałasowego, które pochłaniają wodę, należy rozpatrywać jako działające łącznie z ciężarem wchłoniętej wody.

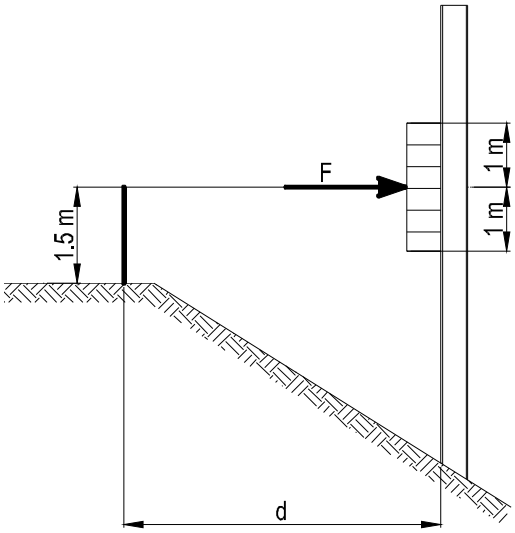
Elementy konstrukcyjne, które podtrzymują elementy akustyczne, powinny być zaprojektowane do przeniesienia ich ciężaru w stanie mokrym przy uwzględnieniu współczynnika zwiększającego γ nie mniejszego niż 1,5.

Elementy akustyczne powinny wytrzymywać bez uszkodzeń łączne obciążenia ciężarem własnym oraz wiatrem i dynamiczne (ciśnienie lub podciśnienie) przy przyjęciu odpowiednich współczynników zwiększających γ_G = 1,35 dla ciężaru własnego, γ_W = 1,5 dla obciążenia wiatrem i dynamicznego. Elementy powinny przenosić swój ciężar w stanie mokrym, a także odpowiedni ciężar w stanie mokrym elementów, które zaprojektowano jako ustawione na nim. Wszystkie połączenia łącznie ze spawami

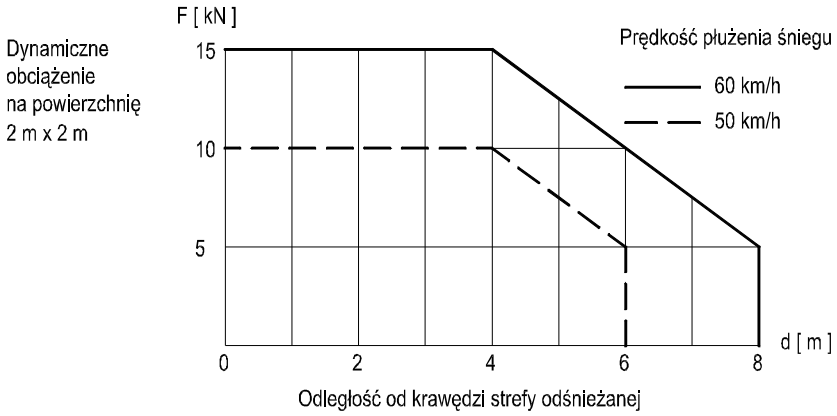
i klejeniem nie powinny być uszkodzone pod działaniem ciężaru własnego w stanie mokrym elementu, który mocują, powiększonego współczynnikiem $\gamma_G = 1{,}35$.

3.3. Obciążenie dynamiczne z odśnieżania

Na obszarach, gdzie odśnieżanie pługami jest częstą czynnością zimowego utrzymania dróg, ekrany akustyczne mogą zostać uszkodzone przez śnieg i lód odrzucany przez pługi. Wielkość i rozkład wysokościowy obciążenia zależy od prędkości i typu pługu oraz od odległości ekranu akustycznego od krawędzi drogi. Jeśli odległość ekranu od powierzchni odśnieżanej jest większa niż 7 m, to obciążenie wiatrem jest zwykle większe od obciążenia dynamicznego od odśnieżania. Oddziaływanie obciążenia dynamicznego z odśnieżania na podpory ekranu jest największe wtedy, gdy wysoki ekran akustyczny ma podstawę niżej niż nawierzchnia drogowa. Sprzęt do odśnieżania może również odrzucać bryły lodu – skutki takich oddziaływań zawierają się w obciążeniach od uderzeń kamieniami. Obciążenie dynamiczne z odśnieżania jest okresowym, poziomym obciążeniem prostopadłym do lica ekranu. Obciążenie działa tylko na powierzchnię 2 x 2 m, a wynikowa siła jest przyłożona na wysokości 1,5 m ponad poziom drogi tak jak pokazano na rysunku 4. Wielkość tej siły powinna być określona zgodnie z rysunkiem 5.



Rys. 4. Rozkład obciążenia dynamicznego z odśnieżania na licu ekranu [1]



Rys. 5. Wielkość obciążenia dynamicznego z odśnieżania [1]

Wymaga się, aby pod działaniem obciążenia dynamicznego z odśnieżania elementy konstrukcyjne i akustyczne nie wykazywały żadnych oznak uszkodzenia, takich jak: szczeliny wystarczające do zapoczątkowania korozji w środowisku agresywnym, klawiszowanie, trwała deformacja lub względne przesunięcie wystarczające do otwarcia styków między panelami. Elementy akustyczne nie powinny zostać oderwane od swoich podpór lub zamocowań.

3.4. Pozostałe obciążenia

Urządzenia przeciwhałasowe zlokalizowane przy poboczach drogowych są narażone na uderzenia kamieniami wyrzucanymi z jezdni. Wymaga się aby były odporne na takie uderzenia, doznając tylko powierzchownych uszkodzeń.

Urządzenia przeciwhałasowe nie są projektowane jako odporne na zderzenia z pojazdami. Takich zderzeń można uniknąć, używając urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego lub odpowiednio odsuwając urządzenia przeciwhałasowe od drogi. Jeśli nie jest możliwe zastosowanie żadnego z tych wariantów, należy rozpatrzyć skutki ewentualnych najechań pojazdów na urządzenia oraz ustalić, czy urządzenie samo w sobie nie może działać jak urządzenie bezpieczeństwa ruchu drogowego.

3.5. Bezpieczeństwo ekranów na obiektach mostowych

Urządzenie przeciwhałasowe może być przymocowane do krawędzi obiektu mostowego w taki sposób, że w przypadku uszkodzenia może stanowić niebezpieczeństwo dla użytkowników dróg lub innych osób. Od urządzeń przeciwhałasowych, które zlokalizowano w miejscach niebezpiecznych wymaga się, żeby zostały dodatkowo wzmocnione za pomocą wewnętrznych i zewnętrznych stężeń między panelami lub elementami w celu ochrony ich przed oderwaniem lub spadnięciem. Można projektować odpowiednio wzmocnione ekrany, w których prawdopodobieństwo oderwania części jest niskie, lub alternatywnie – ekrany słabe, ale zaopatrzone w środki łagodzące skutki oderwania części dla otoczenia. Należy również jasno określić, czy jakikolwiek element urządzenia jest podatny na rozpad w przypadku uderzenia lub wstrząsu. Przyjmuje się, że mocowania w urządzeniu przeciwhałasowym są bezpieczne, jeśli elementy są zabezpieczone przed odpadnięciem w przypadku zdeformowania lub złamania. Systemy wzmocnień powinny być projektowane jako odporne na siłę rozrywającą równą ciężarowi własnemu odpowiedniej części urządzenia pomnożonemu przez współczynnik zwiększający 4. Należy przyjmować ciężar w stanie mokrym. Jeśli elementy konstrukcyjne i akustyczne urządzenia przeciwhałasowego są zabezpieczone przed odpadnięciem za pomocą systemu wzmocnień stężających je wzajemnie, to każde stężenie powinno być zdolne do przeniesienia obciążeń od wszystkich przylegających elementów. Należy przyjmować, że obciążenie od naderwanej części urządzenia jest równe wadze pojedynczego elementu oddziałującego na system wzmocnienia w pozycji najniekorzystniejszej.

3.6. Uwarunkowania środowiskowe

Jeśli stosuje się materiały palne, to zaleca się wbudowanie w urządzenia przeciwhałasowe przegród przeciwogniowych, materiałów niepalnych lub innych instalacji w celu ochrony przed rozprzestrzenianiem się pożaru. Elementy akustyczne o długości co najmniej 2 m i wysokości co najmniej 1,5 m powinny być dodatkowo zbadane pod kątem skutków ekspozycji na punktowe źródło ognia zlokalizowane u ich podstawy osobno dla przedniej i tylnej strony.

Ekrany akustyczne ograniczają dostęp do otaczającego terenu, zarówno w kierunku na zewnątrz, jak i do środka. To ograniczenie może być akceptowane w przypadkach, gdy ekran stanowi jednocześnie granicę drogi, ale bezpośredni dostęp może być potrzebny w pewnych warunkach, np.:

a) w celu wykonania prac utrzymaniowych przy ekranie lub w strefie pasa drogowego,
b) dla służb ratunkowych w razie wypadku,
c) jako środek ewakuacji użytkowników dróg z miejsca zagrożenia.

Wymagania co do dostępności terenu dla służb utrzymania drogi i służb ratowniczych powinny być określone dla każdego odcinka ekranu; taki dostęp może również służyć jako środek ewakuacji. Jeśli punkty dostępu są za rzadko rozmieszczone, to może być pożądane utworzenie dodatkowych przejść jako środków ewakuacji poza drogę. Przejścia ewakuacyjne powinny być zaopatrzone w środki zapewniające utrzymanie pełnej skuteczności akustycznej ekranu. Drzwi powinny być zaopatrzone w mechanizmy samozamykające oraz uszczelnienie zapobiegające przedostawaniu się dźwięków szparami na drugą stronę ekranu. Wszystkie zawiasy, mechanizmy zamykające i zasuwy powinny być zaprojektowane z uwzględnieniem zasad minimum utrzymania i niezawodności operacyjnej w niesprzyjających warunkach pogodowych. W przypadkach gdy dostęp do drogi z zewnątrz nie jest ograniczony innymi przeszkodami, otwarcie drzwi od strony zewnętrznej powinno być możliwe jedynie kluczem lub innym specjalnym narzędziem. Drzwi pomyślane jako środki ewakuacji powinny otwierać się na zewnątrz za pomocą prostych zasuw lub klamek, niezawodnych w przypadku paniki. Lokalizacja środków ewakuacji powinna być wskazana czytelnie za pomocą znaków.

Norma [2] rozpatruje również dwa aspekty przeźroczystości urządzeń przeciwhałasowych, a mianowicie przeźroczystość statyczną związaną z ludźmi ochranianymi przez ekrany oraz przeźroczystość dynamiczną związaną z użytkownikami dróg. Przeźroczystość statyczna jest istotna ze względów estetycznych, gdyż wpływa na obszar widzenia, natomiast przeźroczystość dynamiczna jest pomocna w zapewnieniu orientacji użytkowników dróg i ma swój udział w poprawie bezpieczeństwa ruchu w miejscach, gdzie ruch drogowy powinien być widoczny.

4. Kryteria doboru ekranów akustycznych

Proponuje się następujące kryteria doboru ekranów:

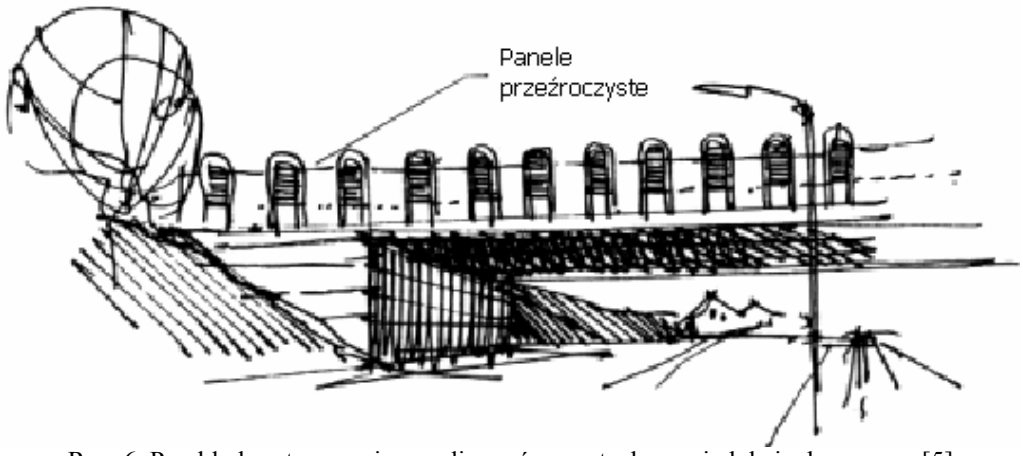
a) właściwości akustyczne paneli,
b) zgodność ze środowiskiem lokalnym (tereny wiejskie, przemysłowe, zurbanizowane),
c) charakterystyka pasa drogowego,
d) koordynacja z urządzeniami infrastruktury drogowej (oznakowanie, sygnalizacja, urządzenia bezpieczeństwa drogowego),
e) aspekty ochrony środowiska,
f) estetyka,
g) odporność na działanie środowiska agresywnego,

Istotnym kryterium mogącym zadecydować o wyborze konkretnego rozwiązania jest aspekt finansowy. W tablicy 1 przedstawiono wskaźnikowe koszty budowy i utrzymania ekranów w zależności od rodzaju konstrukcji.

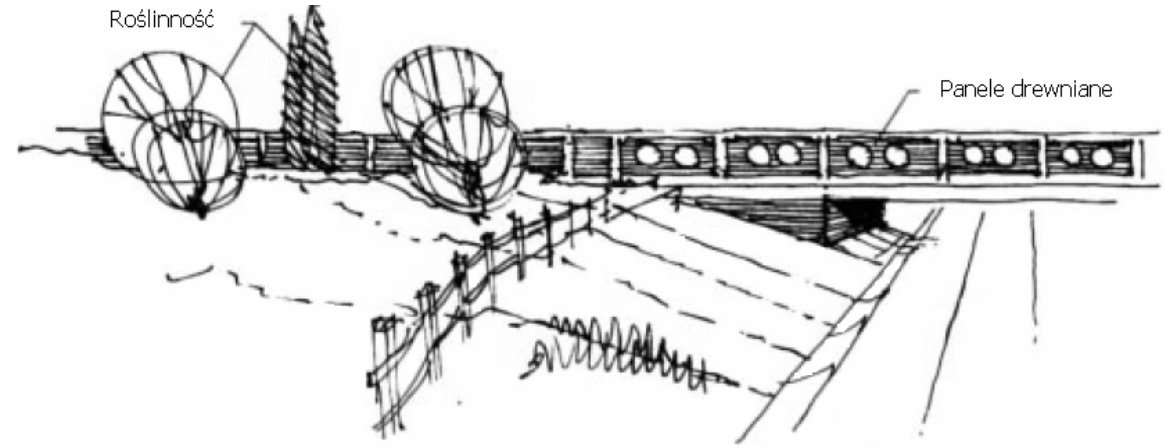
Tablica 1. Wskaźnikowe koszty budowy i utrzymania ekranów akustycznych [5].

Rodzaj ekranu	**Koszty budowy**	**Koszty utrzymania**
Nasypy ziemne	niskie	stosunkowo niskie
Ekrany drewniane	niskie	niskie
Ekrany betonowe	stosunkowo niskie	bardzo niskie
Ekrany z cegły lub kamienia	średnie	bardzo niskie
Ekrany z tworzywa sztucznego	średnie	średnie
Ekrany metalowe	średnie	średnie
Ekrany przeźroczyste	wysokie	wysokie

Ekrany mogą być budowane z takich materiałów, jak metal, beton, beton z dodatkami innych komponentów, szkło, ceramika budowlana, tworzywa sztuczne, drewno. Architektonicznie powinny one być dostosowane do otaczającej zabudowy poprzez kolorystykę konstrukcji, ukształtowanie powierzchni, zarys krawędzi, zastosowanie zieleni itp. Najchętniej przyjmowane przez mieszkańców są ekrany zielone, drewniane lub wały ziemne obsadzane zielenią. Pozostałe formy ekranów są na ogół znacznie gorzej oceniane. Na mostach i wiaduktach poprawę sytuacji akustycznej można osiągnąć poprzez zaprojektowanie części powierzchni ekranującej w postaci elementów przezroczystych (rys. 6). Rolę ekranów mogą z powodzeniem pełnić budynki nie wymagające komfortu akustycznego, takie jak garaże, pawilony handlowe itp., usytuowane pomiędzy źródłem hałasu a zabudową chronioną. Należy zwrócić uwagę, że ekrany stwarzają również korzystny psychologicznie efekt przesłonięcia źródła, oddzielając od niepożądanych efektów wzrokowych zarówno ludzi, jak i zwierzęta - przykładem może być ekranowanie przejść dla zwierząt leśnych nad autostradami (rys. 7).



Rys. 6. Przykład zastosowania paneli przeźroczystych na wiadukcie drogowym [5]



Rys. 7. Przykład zastosowania roślinności oraz paneli drewnianych na przejściu dla zwierząt [5]

5. Okres użytkowania ekranów akustycznych

Lokalizacja oraz potrzeba konserwacji w przyszłości może zadecydować o wyborze formy, materiału lub systemu ekranów akustycznych. Powinny one być tak projektowane i dobrane, aby wymagały jak najmniejszej liczby konserwacji, napraw oraz czyszczenia. Okres użytkowania to minimum 40 lat, natomiast w okresie 20 lat powinno się jak najmniej ingerować, a tym samym wykładać środków finansowych na utrzymanie ekranów akustycznych. Oczywiste jest, że w zależności od zastosowanego systemu, typu paneli lub elementów konstrukcyjnych należy liczyć się z koniecznością okresowych konserwacji lub napraw, jednakże na etapie projektowania można i należy przeanalizować czynniki mogące polepszyć ich trwałość. Przykładowo: panele wykonane z metalu należy okresowo pokrywać powłokami antykorozyjnymi, elementy drewniane należy impregnować i malować, ekrany przeźroczyste wymagają częstego mycia, a w przypadku konserwacji ekranów na mostach i wiaduktach może zaistnieć potrzeba zastosowania specjalistycznego sprzętu. Częstotliwość konserwacji zależy w dużej mierze od stopnia zanieczyszczenia oraz od agresywności środowiska. W sąsiedztwie pasa drogowego można spodziewać się wysokiej agresywności środowiska, a konstrukcja ekranów narażona jest na takie czynniki, jak:

a) częste występowanie wilgoci pochodzącej z opadów atmosferycznych i kondensacji pary wodnej na powierzchni ekranów,
b) duże zanieczyszczenie atmosfery tlenkami siarki, węgla i azotu, pochodzącymi ze spalin samochodowych i innych źródeł,
c) zanieczyszczenie powierzchni higroskopijnymi i rozpuszczalnymi solami powodującymi zwiększenie przewodności elektrycznej elektrolitu oraz przyspieszenie procesów korozyjnych,
d) duże zanieczyszczenie powierzchni jonami chloru pochodzącymi ze środków odladzania jezdni.

Należy zwrócić uwagę, że zastosowanie paneli wykonanych z blachy stalowej w bliskim sąsiedztwie pasa drogowego okazało się w kilku przypadkach niezbyt trafnym rozwiązaniem. Elementy stalowe w celu ochrony przed korozją pokrywane są zazwyczaj powłokami metalowymi oraz dodatkowo powłokami malarskimi. Jako powłoki metalowe najczęściej stosuje się cynk lub aluminium, nakładane zanurzeniowo lub natryskiwane cieplnie. Jeżeli w przypadku natryskiwania cieplnego można otrzymać powłokę o grubości określonej w wymaganiach technicznych, tak w przypadku powłoki nakładanej w sposób zanurzeniowy grubość ta jest ograniczona i zależna od grubości oraz geometrii elementu. Wg [7] dla blachy o grubości ≤ 1,5 mm średnia grubość powłoki uzyskana na elementach, które nie były odwirowane to 55 μm. Przyjmując, że stopień korozyjności w bliskim sąsiedztwie pasa drogowego znajduje się na poziomie C4 (tereny przemysłowe w głębi lądu oraz miejskie na wybrzeżu), otrzymujemy zalecaną minimalną grubość powłoki równą 85 μm, przy dwudziestoletnim okresie trwałości do pierwszej konserwacji. Ubytki korozyjne w takim środowisku wynoszą od 2 do 4 μm na rok [6]. Bardziej zaostrzone w tym przypadku wymagania stawia norma [8], określając minimalną grubość powłoki cynkowej, natryskiwanej cieplnie w atmosferze przemysłowej równą 200 μm, przy jednoczesnym pokryciu wielowarstwową powłoką malarską. Na rysunku 8 przedstawiono korodujące panele wykonane z blachy stalowej.

Problemem, który dotyczy również ekranów akustycznych, jest wandalizm. Jest to czynnik, który można przewidzieć na etapie projektowania, lecz niestety trudno mu zapobiegać. Można się spodziewać, iż najbardziej narażone są ekrany sytuowane na terenach zurbanizowanych, przy dużych skupiskach ludzkich oraz wzdłuż chodników i ścieżek rowerowych. Częstym zjawiskiem są uszkodzenia w postaci dziur, wypaleń bądź wyłamań fragmentów paneli, jak również graffiti, które w wielu przypadkach odbiegają od kanonów artystycznych. W takich przypadkach może się okazać właściwe zastosowanie materiałów trwałych, odpornych na uderzenia, takich, z których łatwo można usunąć graffiti oraz unikanie materiałów łatwopalnych. Na rysunkach 9 i 10 pokazano przykłady wandalizmu na ekranach akustycznych.

Rys. 8. Znaczne ubytki korozyjne na panelach wykonanych z blachy stalowej

Rys. 9. Wypalone dziury w panelu z wełny mineralnej

Rys. 10. Spalona powierzchnia panelu

Literatura

[1] PN-EN 1794-1 Drogowe urządzenia przeciwhałasowe. Wymagania pozaakustyczne. Część 1: Właściwości mechaniczne i stateczność.

[2] PN-EN 1794 – 2 Drogowe urządzenia przeciwhałasowe. Wymagania pozaakustyczne. Część 2: Ogólne bezpieczeństwo i wymagania ekologiczne.

[3] Rozporządzenie ministra ochrony środowiska, zasobów naturalnych i leśnictwa z dnia 13 maja 1998 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku. (Dz. U. Nr 66, poz. 436).

[4] PN-77/B-02011 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem.

[5] The Highways Agency. Design Manual for Roads and Bridges: Volume 10, section 5 - Environmental Barriers.

[6] PN-EN ISO 14713 Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych i żeliwnych. Powłoki cynkowe i aluminiowe. Wytyczne.

[7] PN-EN ISO 1461 Powłoki cynkowe nanoszone na stal metodą zanurzeniową (cynkowanie jednostkowe). Wymagania i badania.

[8] PN-H-04684 Ochrona przed korozją. Nakładanie powłok metalizacyjnych z cynku, aluminium i ich stopów na konstrukcje stalowe i wyroby ze stopów żelaza.

ACOUSTIC SCREENS – DESIGNING PRINCIPLES AND SELECTION CRITERIA

In the paper the aspects of designing road sound barriers in reference to the European standards have been introduced (PN – EN 1794 – 1 Road traffic noise reducing devices. Non acoustic performance. Part 1: Mechanical performance and stability requirements; PN – EN 1794 – 2 Road traffic noise reducing devices. Non acoustic performance. Part 2: General safety and environmental requirements). The suggested selection criteria of acoustic screens have been presented and the existing problems connected with operating period of screens in different conditions have been pointed out.