

Wojciech Ambroszko, Krzysztof Miksiewicz

Analiza hałasu w ruchu drogowym w wybranej miejscowości i ocena jego wpływu na bezpieczeństwo ruchu

JEL: R41 DOI: 10.24136/atest.2018.351

Data zgłoszenia: 19.11.2018 Data akceptacji: 15.12.2018

W artykule omówiono zagadnienia związane z hałasem, w odniesieniu do bezpieczeństwa w ruchu drogowym. Praca dotyczy zagadnień szerzej przeprowadzonych badań poziomu hałasu we Wrocławiu oraz kilku miejscowościach województwa dolnośląskiego. Niniejsze opracowanie zawiera wyniki badań poziomu hałasu oraz ich omówienie na jednym ze skrzyżowań we Wrocławiu.

Słowa kluczowe: hałas, ruch drogowy, badania doświadczalne.

Wstęp

Ruch drogowy jest nieodłącznym elementem funkcjonowania miast w XXI wieku. Niestety niesie on ze sobą wiele czynników, które niekorzystnie wpływają na otoczenie, a są to m.in. emisja spalin czy też hałas generowany przez pojazdy.

Hałas z definicji to słyszalne dźwięki o dowolnym charakterze akustycznym, które niezależnie od częstotliwości i poziomu są szkodliwe i wywołują zaburzenia u odbiorcy - począwszy na zmyśle słuchu a skończywszy na innych organach człowieka.

Zjawisko to można także definiować, jako wszystkie dźwięki, które prowadzą do irytacji, odczuwania lęku, rozproszenia uwagi czy też utrudnień do wykonywania pracy. Hałasem należy także nazywać zjawiska akustyczne nie wywołujące żadnych wrażeń i odczuć, jednak ich działanie może także prowadzić do uszkodzenia zdrowia - są to infradźwięki i ultradźwięki [1].

Zjawisko to wymaga szczególnej uwagi i prób zniwelowania niekorzystnych następstw, wśród których możemy wymienić osłabienie układu odpornościowego, zaburzenia snu, zaburzenia i wadliwe działanie układu słuchu, zwiększenie podatności na stres czy choroby psychiczne [2].

Poziom hałasu mierzy się w belach, jednak bardziej powszechną miarą jest dziesiąta część bela - decybel. Jest to logarytmiczna jednostka mierząca natężenie dźwięku czy też poziom ciśnienia akustycznego. Istota stosowania tej jednostki polega na porównaniu wielkości zmieniających się liniowo w szerokim zakresie.

Hałas, jaki dociera do odbiorcy ze źródeł zewnętrznych można podzielić na [3]:

- a) hałas drogowy - 61%,
- b) hałas kolejowy - 20%,
- c) hałas przemysłowy - 15%,
- d) hałas lotniczy - 4%.

Obecnie obserwuje się stały wzrost ilości pojazdów, czego następstwem jest trwający już od wielu lat problem hałasu w ruchu drogowym. Jego poziom zawiera się w przedziale 68-95 dB, przy czym należy zaznaczyć, iż każda wartość powyżej 60 dB zaczyna działać niekorzystnie na człowieka. Ponadto ruch drogowy jest także źródłem infradźwięków, czyli dźwięków o niskiej częstotliwości (poniżej 16Hz). Charakteryzują się one bardzo dużą długością fal przez co mogą rozchodzić się na duże odległości i są bardzo słabo tłumione, nawet przez ekrany akustyczne.

Problem został zauważony przez Unię Europejską, czego następstwem było uchwalenie Dyrektywy 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. w sprawie oceny i kontroli poziomu hałasu w środowisku. Celem wprowadzenia dyrektywy było przyjęcie przez państwa członkowskie wspólnego stanowiska w sprawie zmniejszenia poziomu hałasu komunikacyjnego i jego negatywnych skutków, szczególnie w miejscach, gdzie ludzie są na niego najbardziej narażeni.

Obecnie istnieje wiele metod walki z tym zjawiskiem, przy czym dla wyboru odpowiedniej należy najpierw poznać klimat akustyczny badanego obszaru i stworzyć prognozę na przyszłość posługując się geometrycznym i akustycznym modelem otoczenia.

1. Cel i zakres badań

Niniejsza praca ma charakter doświadczalny. Materiał zawarty w niniejszym opracowaniu stanowi fragment szeroko przeprowadzonych badań w ruchu drogowym, na pięciu dużych skrzyżowaniach Wrocławia: Rondzie Reagana, skrzyżowaniu ulic Hallera i Powstańców Śląskich, Placu Legionów, Placu Jana Pawła II oraz skrzyżowaniu ulic Legnickiej i Na Ostatnim Groszu oraz w wybranych miejscowościach aglomeracji wrocławskiej, w których został uwzględniony wpływ hałasu na właściwości psychofizyczne kierującego. Wszystkie pomiary zostały przeprowadzone w 3 różnych porach dnia z uwagi na różne natężenie ruchu - o poranku ok. godz. 8.00, w południe ok. godz. 12.00 oraz po południu ok. godz. 15-16. Podczas opracowywania pomiarów brano pod uwagę występujące warunki pogodowe, rodzaj skrzyżowań oraz rodzaj przejeżdżających w trakcie badań pojazdów.

2. Przegląd literatury

2.1. Hałas wynikający z ruchu samochodowego w miastach

Hałas będący następstwem ruchu samochodów jest funkcją bardzo wielu zmiennych, wśród których można wyróżnić liczbę pojazdów przejeżdżających w jednostce czasu, dobową strukturę natężenia ruchu pojazdów, rodzaj pojazdów i ich stan techniczny, jakość i stan nawierzchni dróg czy też urbanistyczne rozwiązania sieci drogowej.

Geneza poziomu hałasu w ruchu drogowym w mieście jest bardzo złożona i trudna do określenia w prosty sposób, głównie z racji istnienia w nim dużej liczby skrzyżowań. Inaczej jest na drogach zamiejskich, gdzie ruch odbywa się stosunkowo płynnie i na jego wielkość wpływ mają takie parametry jak natężenie ruchu, prędkości chwilowe pojazdów, udział w ruchu pojazdów ciężarowych czy charakterystyka nawierzchni drogowej. Miasto jest elementem, które zespala wiele dróg klasy gminnej, wojewódzkiej czy krajowej, dlatego też skrzyżowania są w nim istotnym i nieodłącznym elementem. Skrzyżowanie definiuje się jako połączenie dróg na jednym poziomie, które powinno zapewnić pełną bądź częściową możliwość wyboru kierunku jazdy. Najważniejszym czynnikiem, który decyduje o sprawności i funkcjonalności skrzyżowania jest jego przepustowość, czyli maksymalna ilość pojazdów, jaka może bezpiecznie przejechać przez skrzyżowanie w ciągu jednej godziny. Ważnym parametrem funkcjonalności skrzyżowania, który określa warunki ruchu, jest ocena tzw. średnich strat czasu ponoszonych przez

kierowców w oczekiwaniu na możliwość przejazdu. Parametr ten ma swoje odniesienie do wysokości poziomu hałasu, gdyż wiąże się z odczuciami kierowców i w sytuacjach, gdy tracą dużo czasu w kolejce przed sygnalizacją świetlną są bardziej nerwowi, ruszają w sposób agresywny czego wynikiem jest zwiększony poziom generowanego hałasu.

Wpływ na poziom hałasu mają zarówno geometria skrzyżowania, jak również sposób organizacji ruchu.

Ze względu na geometrię wyróżnić można skrzyżowania:

- zwykle bez poszerzeń i o poszerzonych wlotach,
- skanalizowane z dodatkowymi pasami ruchu na wlotach drogi głównej,
- małe, średnie i duże rondo,
- z wyspą centralną lub z szerokim pasem rozdzielającym jezdnie.

Ze względu na organizację ruchu wyróżnić można skrzyżowania:

- z sygnalizacją świetlną,
- bez sygnalizacji,
- równorzędne,
- z pierwszeństwem przejazdu
- z ruchem okrężnym.

W skrzyżowaniach o poszerzonych wlotach możemy zaobserwować pozytywne zjawisko tworzenia klimatu akustycznego, gdyż dźwięk ulega większemu rozproszeniu. W skrzyżowaniu skanalizowanym poziom hałasu jest uzależniony od ilości pojazdów korzystających z poszczególnych wlotów. Rondo, jako skrzyżowania o ruchu okrężnym zmuszają kierowców do zmniejszenia prędkości i zachowania szczególnej uwagi, czego następstwem jest zmniejszenie poziomu hałasu o 4 dB w stosunku do skrzyżowania skanalizowanego bez sygnalizacji. Dobór odpowiednich programów w sygnalizacji świetlnej także może przyczynić się do zmniejszenia hałasu o 4 dB. Popularne zjawisko tzw. "zielonej fali" umożliwia kierowcom osiąganie wyższych prędkości co wiąże się z wyższym hałasem o ok. 3 dB. Wpływ na hałas w otoczeniu skrzyżowań mają także przejścia dla pieszych oraz przystanki komunikacji miejskiej, gdyż zmuszają one kierowców do zwrócenia szczególnej uwagi, a co za tym idzie zmniejszenia prędkości.

Na hałas w ruchu drogowym w mieście wpływ ma bardzo duża ilość różnych czynników. Począwszy od rodzaju skrzyżowania, poprzez ilość pojazdów hałaśliwych (ciężarówki, motocykle, autobusy) a skończywszy na zróżnicowanej strukturze kierunkowej czy zmiennym obciążeniu wlotów.[4]

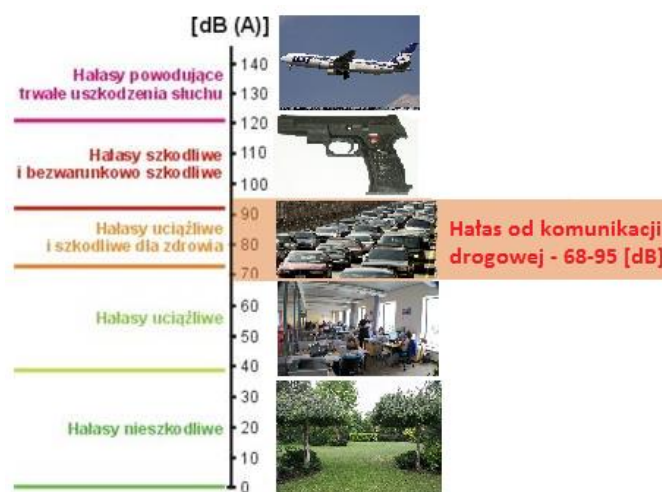
2.2. Wpływ hałasu na zdrowie człowieka

Dźwięk jako zjawisko powstające w wyniku drgań ciał lub cząstek powietrza i przenoszone w postaci fali akustycznej, pełni w życiu człowieka bardzo ważną rolę. Z jednej strony stanowi podstawowy środek porozumienia się, ostrzegania i odbioru wrażeń estetycznych, z drugiej zaś jako hałas wywiera szkodliwy wpływ na zdrowie fizyczne i psychiczne człowieka.

Hałas komunikacyjny, którego jednym ze źródeł jest ruch drogowy, stanowi jedno z największych zagrożeń zdrowotnych dla społeczeństwa żyjącego w środowisku miejskim. Na rysunku 1 zaprezentowano zaszeregowanie hałasu komunikacyjnego w otoczeniu wszystkich dźwięków towarzyszących ludziom. Można zaobserwować, że poziom natężenia dźwięku, który nie wpływa negatywnie na ludzkie odczucia wynosi do ok. 40 dB, a jego źródłem może być np. cichy ogród, szmer liści przy lekkim wietrze czy też bardzo spokojna ulica bez ruchu kołowego.

Dźwięk o poziomie natężenia od 40 dB do ok. 65 dB nie stanowi bezpośredniego zagrożenia dla zdrowia, jednak w pewien sposób może być uciążliwy i pogarszać ogólne samopoczucie.

Źródłem tego dźwięku mogą być np. szmer w biurze, w mieszkaniu czy też prowadzenie zwykłej rozmowy.



Rys.1. Zaszeregowanie hałasu komunikacyjnego w otoczeniu człowieka [12].

Dźwięk o poziomie natężenia od 40 dB do ok. 65 dB nie stanowi bezpośredniego zagrożenia dla zdrowia, jednak w pewien sposób może być uciążliwy i pogarszać ogólne samopoczucie. Źródłem tutaj może być np. szmer w biurze, w mieszkaniu czy też prowadzenie zwykłej rozmowy.

Hałas komunikacyjny, którego częścią jest hałas wynikający z ruchu drogowego znajduje się w przedziale od 68 dB do ok. 95dB i stanowi bezpośrednie zagrożenie dla ludzkiego zdrowia. Wszystkie dźwięki powyżej 100 dB i 120 dB takie, jak wystrzał z pistoletu, huk związany z wybuchem materiałów wybuchowych czy też hałas pochodzący od startującego samolotu, są bezwarunkowo szkodliwe dla ludzkiego zdrowia i mogą trwale uszkodzić słuch.

Negatywne oddziaływanie na człowieka hałasu pochodzącego od ruchu drogowego można sklasyfikować wg Makarewicza na 3 kategorie:

- oddziaływanie na zdrowie człowieka,
- wpływ na aktywność człowieka z uwzględnieniem zakłóceń w czasie snu,
- dokuczliwość hałasu.

Klasyfikacja ta pokazuje, że hałas początkowo może przeszkadzać, ale jest możliwe jego tolerowanie, następnie wraz ze wzrostem poziomu natężenia wpływa negatywnie na aktywność człowieka i może powodować zaburzenia snu oraz bezpośrednio przyczynić się do trwałego uszczerbku na zdrowiu.

Stopień uszkodzenia układu słuchowego zależy nie tylko od wartości poziomu hałasu, ale także od czasu, w jakim ludzie są narażeni na jego ekspozycję. Należy przyjąć, że dla czasu 8 godzin ciągłej ekspozycji, dla wartości poziomu równoważnego dźwięku mieszczącej się w przedziale od 70 dB do 75 dB, człowiek narażony jest na czasowy uszczerbek zdrowotny, natomiast dla wyższych wartości istnieje duże ryzyko wystąpienia długotrwałego uszkodzenia słuchu [5].

Powszechnie wiadomo, że hałas powoduje wiele zaburzeń w organizmie człowieka i przyczynia się do wielu schorzeń, ponadto może spowodować skrócenie życia nawet o 12 lat. Negatywne skutki oddziaływania hałasu na zdrowie człowieka zauważono już w Starożytności, bowiem w starożytnych Chinach stosowano karę dla przestępców w postaci długotrwałego hałasu od bicia bębnow i krzyków aż do śmierci skazańca.

Drogi nerwowe narządu słuchu są bardzo specyficzne i zdecydowanie odbiegają od pozostałych dróg nerwowych innych zmy-

słów. Narząd słuchu jest silnie unerwiony i połączony nie tylko z ośrodkiem słuchu znajdującym się w korze mózgowej, ale także z innymi ośrodkami nerwowymi w ośrodkach podkorowych i pniu mózgu. Części te odpowiedzialne są za sterowanie różnymi procesami życiowymi, dlatego też hałas tak bardzo ingeruje w ludzkie życie.

Negatywnych skutków hałasu na życie człowieka należy szukać na wielu płaszczyznach, począwszy na funkcjach psychointelektualnych, a skończywszy na zdrowiu fizycznym i zaburzeniach w sferze socjalnych zachowań i utrudnieniach w komunikacji międzyludzkiej.

Jednym z najpoważniejszych skutków, jakie wywiera hałas na zdrowie fizyczne jest trwałe uszkodzenie słuchu, choć istnieją także poważniejsze jego następstwa, co zostało poparte wieloma badaniami laboratoryjnymi. Wysoki poziom dźwięku pobudzając system nerwowy i układ gruczołowy może doprowadzić do wzrostu ciśnienia krwi, skurczu naczyń krwionośnych i przyspieszenia akcji serca. Długi czas ekspozycji hałasu może doprowadzić do powstania choroby nadciśnieniowej czy niedokrwiennej choroby serca.

Hałas wpływa także na zaburzenia snu, zdecydowanie przeszkadza w zaśnięciu czyli przyczynia się zaburzeń pierwotnych oraz potęguje zaburzenia wtórne czyli te będące następstwem zaburzeń pierwotnych, mianowicie uczucie zmęczenia, gorsze samopoczucie czy zmniejszenie sprawności intelektualnej i psychicznej.

Wysoki poziom dźwięku utrudnia ludziom wykonywanie zadań wymagających dużej podzielności uwagi, wysokiej sprawności pamięci krótkotrwałej oraz długotrwałego skupienia. Przeprowadzono nawet pewne badanie w Japonii, które jednoznacznie udowodniło, że dzieci mieszkające w bardziej hałaśliwych dzielnicach cechowały się znacznie gorszymi wynikami w nauce aniżeli ich rówieśnicy z innych rejonów.

Można stwierdzić, iż hałas pośrednio przyczynia się także do pogorszenia się stanu psychicznego ludzi, co widać po tym, iż populacje bardziej narażone na intensywny hałas cechują się zwiększoną konsumpcją leków psychotropowych czy też większą ilością porad psychologicznych.

Wysoki poziom dźwięku wpływa także negatywnie na zachowania społeczne ludzi, bowiem w warunkach natężonego hałasu obserwuje się zmniejszoną skłonność do wzajemnej pomocy, obojętność do drugiego człowieka a nawet agresję [1].

2.3. Wpływ technologii budowy dróg na hałas

Jednym z głównych składników hałasu w ruchu drogowym, obok dźwięku generowanego przez układ napędowy pojazdów, jest zjawisko tarcia opony o nawierzchnię. Technologia wykonania warstwy ścieralnej, jak i również stan techniczny nawierzchni odpowiadają w dużej mierze za poziom dźwięku emitowanego w trakcie przejazdu pojazdów. Obecnie jednym z najważniejszych zadań stojącym przed inżynierami drogowymi jest projektowanie i budowa takich dróg, które będą się charakteryzować zarówno odpowiednim współczynnikiem tarcia, odpowiednio szybkim odprowadzeniem wód opadowych jak i również pozwolą na ograniczenie poziomu hałasu.

Obecnie najczęściej stosowaną metodą obniżenia poziomu hałasu w ruchu drogowym jest stosowanie ekranów akustycznych. Wieloletnie doświadczenie krajów Europy Zachodniej pokazuje, że stosując nawierzchnie, których warstwy ścieralne charakteryzują się większym pochłanianiem energii akustycznej; może przynieść wymierne korzyści w walce z hałasem.

Od wielu lat są prowadzone badania na temat hałaśliwości różnych rodzajów nawierzchni. Parametrem, jaki stosuje się do ich oceny jest maksymalny poziom emitowanego dźwięku L_{max} w chwili przejazdu pojazdu. Jedną z metod badań jest metoda SPB (Statistical Pass-By method), która pozwala ustalić maksymalny poziom dźwięku od przejazdu statystycznego pojazdu osobowego, lekkiego ciężarowego czy też wieloosobowego pojazdu. Inną metodą badań poziomu hałasu generowanego przez styk opony z nawierzchnią jest metoda CPX (Close Proximity Method). Zostało przyjęte, iż dla metody SPB hałas emitowany przez statystyczny pojazd osobowy przy prędkości 80km/h stanowi podstawę do klasyfikacji wszystkich nawierzchni pod względem poziomu emitowanego hałasu.

Wieloletnie badania pozwoliły na stworzenie klasyfikacji dróg pod względem hałaśliwości. W tym miejscu prym wiodą nawierzchnie porowate (średni poziom hałasu na poziomie 69 dB+75 dB), następnie dywaniki bitumiczne, beton asfaltowy, nawierzchnie powierzchniowo utrwalone oraz beton cementowy (średni poziom hałasu 80+83 dB) [6].

Nawierzchnie porowate, w przeciwieństwie do tradycyjnych nawierzchni o warstwach ścieralnych z betonu asfaltowego czy cementowego, charakteryzują się występowaniem wolnych przestrzeni, nie tracąc przy tym na odpowiedniej twardości czy współczynniku tarcia. Dzięki temu umożliwiają redukcję hałasu powstającego w wyniku toczenia się opon po drodze jak i również są w stanie częściowo tłumić hałas pochodzący od korpusu poruszającego się pojazdu. Budowa takiej nawierzchni jest specyficzna, mieszanka mineralna takiej konstrukcji charakteryzuje się krzywą o nieciągłym charakterze uziarnienia. Ponadto w tej nawierzchni, jako warstwę wierzchnią, stosuje się beton asfaltowy, który jest oddzielony od pozostałych warstw nośnych nawierzchni warstwą wodoszczelną. Dzięki temu woda odprowadzona jest na pobocze drogi w wyniku zastosowania spadku poprzecznego wewnątrz tej warstwy.

Można wnioskować w prosty sposób, że nawierzchnie porowate powinny stanowić przyszłość inżynierii drogowej z racji bardzo dobrych parametrów, zarówno pod względem odprowadzania wody jak i redukcji poziomu emitowanego hałasu [7].

2.4. Główne źródła hałasu w ruchu drogowym

Hałas w ruchu drogowym jest funkcją złożoną, która zależy przede wszystkim od ilości i rodzaju pojazdów mechanicznych poruszających się w określonym czasie w danym miejscu. Na poziom hałasu wpływ ma wiele źródeł, wśród których za główne można uznać dźwięk generowany przez zespół napędowy pojazdów (silnik, skrzynia biegów i inne elementy odpowiedzialne za przeniesienie napędu) oraz hałas powstający w wyniku tarcia opony w miejscu styku z nawierzchnią drogi. Można także wyróżnić źródła poboczne hałasu - związane ze zjawiskami aerodynamicznymi na skutek zawirowań powietrza podczas ruchu pojazdu jak i również hałas pochodzący od luźnych, źle zamocowanych elementów w pojeździe. Układ napędowy pojazdu generuje hałas poprzez ssanie i wydech spalin, drgania silnika, drgania powstające w skrzyni biegów czy też w wyniku działania układu chłodzącego silnik [8].

Hałas pochodzący od toczących się kół po nawierzchni drogi jest wynikiem występowania dwóch zjawisk fizycznych - mechanicznych związanych z drganiami opony oraz aerodynamicznych związanych z dynamiką gazu znajdującego się w oponie. Do zjawisk mechanicznych zalicza się przede wszystkim drgania promieniowe oraz styczne, będące jednym z głównych przyczyn powstawania hałasu pochodzącego od opon.

Zewnętrzna część opony zwana bieżnikiem uderza o powierzchnię na krawędzi natarcia oraz krawędzi wyjścia. Powstały w ten sposób hałas cechuje się częstotliwością dochodzącą do 2000 Hz.

Do innych zjawisk związanych z drganiami można zaliczyć oddziaływanie adhezyjne opony związane z przylepianiem się bieżnika do nawierzchni; zjawisko "stick-slip", czyli miejscowe zmiany geometrii opony, spłaszczenia oraz powstanie naprężeń ściskających

i rozciągających w bieźniku oraz drgania opasania związane z odkształceniem bieźnika. Zjawiska aerodynamiczne to m.in.: wypompowanie i zasysanie powietrza czyli jego sprężanie i rozprężanie w zamkniętych rowkach bieźnika; rezonans powietrza zachodzący w kanałach utworzonych przez bieźnik opony i nawierzchnię; "efekt rogu", czyli dźwięk powstały w miejscu wejścia i wyjścia opony ze styku z powierzchnią oraz rezonans Helmholtza powstający w przestrzeni za toczącą się oponą podczas utraty kontaktu z nawierzchnią [9].

W ruchu miejskim, gdzie prędkość dopuszczalna zawiera się w granicach 50-60 km/h, dominującym źródłem hałasu jest zespół napędowy pojazdów. Dźwięk pochodzący od tarcia opony z nawierzchnią pełni dominującą rolę na drogach pozamiejskich, gdzie płynność ruchu jak i prędkości pojazdów są zdecydowanie większe aniżeli w mieście [10].

Głównymi problemami, które mają istotny wpływ na poziom hałasu w ruchu drogowym jest ciągły wzrost natężenia pojazdów w ruchu miejskim, nieprzestrzeganie przepisów ruchu drogowego i poruszanie się z większymi prędkościami, duży odsetek pojazdów w złym stanie technicznym czy też ze zmodyfikowanym układem wydechowym jak i również nieodpowiednia hierarchizacja dróg, przez co w wielu miastach ruch tranzytowy biegnie przez centrum.

Na hałas w ruchu drogowym, poza omówionymi już źródłami głównymi i pobocznymi, wpływ mają także inne czynniki, a mianowicie związane z:

1. rodzajem drogi takie jak typ przekroju poprzecznego, pochylenie podłużne jak i rodzaj i stan nawierzchni.
2. ruchem pojazdów, mianowicie jego natężenie jak i prędkości pojazdów,
3. zagospodarowaniem terenu wokół drogi, czyli rodzaje zabezpieczeń przed nadmiernym hałasem, roślinność w postaci krzewów itp.,
4. temperaturą powietrza, występowaniem opadów, prędkością wiatru - czyli atmosferyczne [11].

2.5. Przegląd metod zmniejszenia emisji hałasu

Do problemów ochrony przed hałasem w ruchu drogowym powinno się podchodzić już w fazie projektowania, gdy jeszcze teren nie jest zagospodarowany. Takie działanie umożliwia przede wszystkim ograniczenie kosztów związanych z budową elementów redukujących hałas na terenach już komunikacyjnie zurbanizowanych. W układach komunikacyjnych, które już istnieją można wykorzystać zarówno środki organizacyjno-prawne jak i również środki techniczne do ograniczenia hałasu. Uregulowania prawne mające na celu zmniejszenie niepożądanych dźwięków w układzie urbanistycznym należą do najtańszych i najprostszych rozwiązań. Mowa tutaj o prawidłowej organizacji ruchu czyli np. wprowadzanie zakazów pracy pojazdów szczególnie hałaśliwych w centrach miast czy też wydzielenia specjalnych akustycznych stref ochronnych. Środki techniczne możemy podzielić na ochronę czynną oraz bierną. Ochrona czynna polega na ingerencji w samo źródło hałasu, zatem w budowę pojazdów. Istnieją specjalne uregulowania dotyczące budowy m.in. układu wydechowego w celu zmniejszenia emitowanego przez niego hałasu. Ochrona bierna polega na zabezpieczeniu odbiorcy przed wpływem uciążliwych hałasów, bez ingerencji w samo źródło problemu.

Ważną kwestią jest konstrukcja i lokalizacja drogi. Wybór rodzaju nawierzchni stanowi bardzo ważny czynnik w walce z nadmiernym hałasem. Lokalizacja drogi w zależności od jej przeznaczenia i przewidywanego natężenia ruchu, powinna być wybrana przez lokalne władze w taki sposób, aby była jak najmniej uciążliwa dla ludzi żyjących w jej najbliższym otoczeniu. Mowa tutaj o budowie obwodnic dużych miast i przeniesienia ruchu tranzytowego z cen-

trum, dzięki czemu można zmniejszyć zarówno szkodliwy hałas jak i zmniejszyć zatkanie na ulicach miast [8].

Obecnie najbardziej popularnym środkiem ochrony przed hałasem w ruchu drogowym jest budowa specjalnych ekranów akustycznych. Można je zdefiniować, jako naturalne bądź sztuczne przeszkody usytuowane między źródłem hałasu a jego odbiorcą. Sposób ich działania polega na wytworzeniu tzw. cienia akustycznego czyli obszaru gdzie nie dociera dźwięk emitowany przez źródło. Fala dźwiękowa, po napotkaniu na ekran akustyczny zostaje rozproszona i w części zostaje pochłonięta przez ekran, w części odbita oraz ugięta na krawędzi ekranu.

Najważniejszym parametrem prawidłowego funkcjonowania ekranów akustycznych jest ich skuteczność czyli część fali akustycznej jaka zostanie przez niego pochłonięta oraz przeniesiona wskutek dyfrakcji do cienia akustycznego. Można ją obliczyć za pomocą poniższego wzoru:

$$L_A = L_{A2} - L_{A1} \text{ [dB]} \quad (1)$$

gdzie:

L_{A1} - poziom dźwięku przed budową ekranu

L_{A2} - poziom dźwięku z zastosowanym ekranem

Jeśli delta wynosi powyżej 10 dB, wówczas ekran uznaje się jako bardzo skuteczny, natomiast w sytuacji, gdy różnica wynosi poniżej 4 dB, to ekran jest praktycznie nieskuteczny.

Czynnikami decydującymi o skuteczności ekranów są głównie rodzaj użytych do jego budowy materiałów, jego geometria czy też jego usytuowanie względem źródła hałasu i jego odbiorcy.

Ekran dźwiękoszczelne ze względu na rodzaj użytych materiałów można podzielić na:

a) pochłaniające - zbudowane z materiałów, które skutecznie pochłaniają dźwięki; przykładami takich rozwiązań są np. ekrany typu "zielona ściana", metalowe lub z tworzywa sztucznego wypełnione go panelami drewnianymi czy wełną mineralną,

b) odbijające - które kierują fale akustyczne w kierunku źródła i nie dopuszczają do przejścia jej przez przegrodę; przykładem takiego rozwiązania są ekrany wybudowane np. z poliwęglanu czy szkła akrylowego [10].

3. Metodyka pomiarów i obliczeń

3.1. Wykonanie pomiarów

Pomiary poziomu hałasu zostały przeprowadzone w odległości ok. 1.5 metra od krawędzi jezdni, z perspektywy pieszego idącego wzdłuż chodnika. Do tego celu zostało wykorzystane urządzenie do pomiaru głośności Sonopan T-10.

Jednym z głównych założeń pomiarów była zmienność poziomu hałasu w zależności od natężenia ruchu, który w miastach charakteryzują się pewną zmiennością w różnych porach dnia. Pomiary zostały przeprowadzone w trzech różnych porach dnia.

Wykonano 5 pomiarów, z których została obliczona wartość średnia za pomocą poniższego wzoru:

$$z = \frac{a1 + a2 + a3 + a4 + a5}{5}; \text{ [dB]} \quad (2)$$

gdzie:

z - wartość średnia,

a1, a2, a3, a4, a5 - wartości poszczególnych pomiarów.

3.2. Obliczenia poziomu ekwiwalentnego

Hałas w ruchu drogowym charakteryzuje się zmiennością w czasie. Jego poziom zmienia się w miarę zbliżania i oddalania się pojazdów od punktu pomiarowego. Podanie jednej wartości, jaka występowała w jednym czasie było ze względów technicznych niewystarczające i nie dawało pełnego obrazu sytuacji. Dla hałasów zmiennych w czasie, do których należy hałas emitowany przez pojazdy w ruchu drogowym stosuje się poziom równoważny hałasu,

zwany także poziomem ekwiwalentnym, który jest odpowiednikiem średniej ilości energii emitowanej przez źródła dźwięków w danym przedziale czasu.

Poziom ekwiwalentny wyznaczono korzystając z następującej zależności:

$$L_{Aeq} = \frac{10}{3} m \log \left(\frac{1}{t} \sum t_i \cdot 10^{3L_i/10} \right); [dB] \quad (3)$$

gdzie:

m - współczynnik ekwiwalentny, dla hałasów komunikacyjnych, przyjmuje się wartość m=4

t - całkowity czas pomiaru hałasu,

t_i - czasowy czas występowania danego poziomu hałasu

L_i - poziom hałasu występującego w danym czasie czasowym t_i.

Wartości poziomu ekwiwalentnego wg kryterium szkodliwości dla odbiorcy wynoszą:

L_{Aeq} < 52 dB - mała uciążliwość,

52 dB < L_{Aeq} < 62 dB - średnia uciążliwość,

62dB < L_{Aeq} < 70 dB - duża uciążliwość,

L_{Aeq} < 70dB - bardzo duża uciążliwość.

4. Pomiary i obliczenia

Wrocław, będący stolicą województwa dolnośląskiego, stanowi główne miasto ponad milionowej aglomeracji wrocławskiej, duży ośrodek naukowy, kulturalny i biznesowy w skali całego kraju. Wrocław jest także jednym z największych węzłów drogowych w Polsce, w jego granicach swój przebieg mają drogi o znaczeniu nie tylko krajowym ale i międzynarodowym, są wśród nich autostrady A4 i A8, droga ekspresowa S5 a także drogi krajowe nr 5, 94 i 98.

Pomiary poziomu głośności w ruchu drogowym we Wrocławiu zostały przeprowadzone w dniu 28.07.2014r. i trwały po 90s w każdym miejscu. Wybrano pięć punktów pomiarowych. Ze względów edytorskich w niniejszej publikacji przedstawiono wyniki dla jednego z badanych miejsc.

4.1. Pomiary na Rondzie Reagana we Wrocławiu

Swój obecny wygląd, Rondo Reagana zawdzięcza modernizacji dawnego Placu Grunwaldzkiego, która została zakończona 15 marca 2008r. Jest to wielopasmowe rondo w kształcie elipsy z sygnalizacją świetlną. Na jego środku znajduje się zintegrowany węzeł komunikacji zbiorowej przykryty dachem. Obecnie stanowi jeden z najważniejszych punktów komunikacyjnych Wrocławia. Łączy ze sobą drogę krajową nr 98, drogę wojewódzką nr 455 oraz inne drogi o charakterze miejskim.

Pierwszy pomiar na Rondzie Reagana we Wrocławiu wykonano o godzinie 7:40. Ruch, jaki panował na rondzie był duży, a warunki atmosferyczne bardzo dobre. W tabeli 1 przedstawiono wyniki badań.

Tab. 1. Wyniki dla pomiarów na Rondzie Reagana – godz. 7.40.

Wartości zmierzone [dB]	72	71	73	72	72
t _i [s]	10	9	7	8	9
L _{Aeq} [dB]	59,3	57,6	56,5	58	58,6
Średnia wart. zmierzonych [dB]			72		
Średnia L _{Aeq} [dB]			58		

t_i - jednostkowy czas występowania danego poziomu hałasu

L_{Aeq} - wartość obliczona poziomu ekwiwalentnego

W danej chwili, ruch jaki panował na Rondzie Reagana był duży ale płynny, co widać po wynikach pomiarów, które niewiele się od siebie różnią. Głównym źródłem hałasu były samochody osobowe i kilka pojazdów komunikacji miejskiej.

Drugi pomiar na Rondzie Reagana miał miejsce o godzinie 11:45 tego samego dnia. Warunki pogodowe były bardzo dobre, bezchmurne niebo, doskonała widoczność i temperatura w około 28 °C. W tabeli 2 przedstawiono wyniki badań.

Tab. 1. Wyniki dla pomiarów na Rondzie Reagana – godz. 11:45.

Wartości zmierzone [dB]	74	72	75	74	75
t _i [s]	8	9	10	7	6
L _{Aeq} [dB]	60	58,7	62,2	59,2	59,3
Średnia wart. zmierzonych [dB]			74		
Średnia L _{Aeq} [dB]			59,9		

Poziom hałasu nieznacznie wzrósł w stosunku do pomiaru w godzinach porannych. Ruch, jaki panował był duży, jednak można było zaobserwować większą ilość pojazdów ciężkich takich, jak autobusy czy pojazdy dostawcze, w porównaniu z badaniami w godzinach porannych.

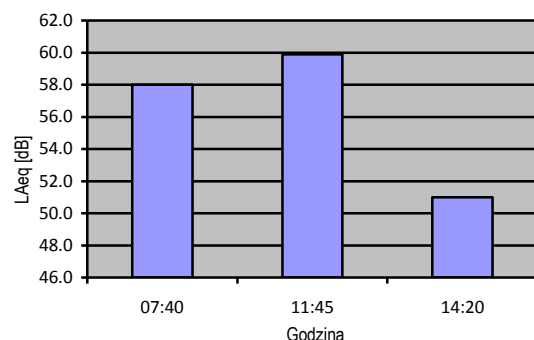
Trzeci pomiar na Rondzie Reagana został przeprowadzony o godzinie 14:20. Warunki atmosferyczne były bardzo dobre, temperatura wynosiła powyżej 30 °C., co mogło negatywnie wpłynąć na właściwości psychofizyczne kierujących pojazdami.

Tab. 3. Wyniki dla pomiarów na Rondzie Reagana godz. 14:20.

Wartości zmierzone [dB]	68	66	65	64	64
t _i [s]	7	9	6	8	8
L _{Aeq} [dB]	53,2	52,6	49,3	50	50
Średnia wart. zmierzonych [dB]			65,4		
Średnia L _{Aeq} [dB]			51		

Podczas pomiaru o godzinie 14:20 na Rondzie Reagana panował zator drogowy i pojazdy praktycznie nie poruszały się, czego wynikiem był poziom hałasu o zdecydowanie niższym poziomie, niż we wcześniejszych godzinach.

Rondo Reagana we Wrocławiu stanowi doskonały przykład na to, jak może zmieniać się poziom hałasu na drodze w zależności od pory dnia. Na rys. 2 przedstawiono na wykresie słupkowym wyniki badań.



Rys. 2. Wykres zmian równoważnego poziomu hałasu na Rondzie Reagana we Wrocławiu w zależności od pory dnia

Wyniki pomiarów pokazują, że sytuacja związana z hałasem ruchu drogowego na Rondzie Reagana jest poprawna, mianowicie poziom ekwiwalentny hałasu na poziomie 50÷60 dB nie stanowi bezpośredniego zagrożenia dla zdrowia ludzi, jednak jest w pewien sposób uciążliwy i osoby będące na niego narażone przez dłuższy czas mogą odczuwać zmęczenie czy ból głowy. Należy także zazna-

czyć, że w trakcie pomiarów nie odnotowano przejazdu pojazdu uprzywilejowanego na sygnale czy też ciężkiego pojazdu dostawczego, które generują duży hałas.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania w pięciu newralgicznych punktach komunikacyjnych we Wrocławiu jednoznacznie obrazują, iż poziom hałasu, jaki generuje ruch drogowy jest zbyt wysoki i może być uciążliwy dla mieszkańców miasta. Wrocław jest jednym z największych w Polsce ośrodków edukacyjnych, liczba wszystkich studentów takich uczelni jak Politechnika Wrocławska, Uniwersytet Wrocławski, Uniwersytet Przyrodniczy, Uniwersytet Medyczny, Uniwersytet Ekonomiczny, Akademia Wychowania Fizycznego czy też Wyższa Szkoła Oficerska wynosi ponad 120 tysięcy. Należy wskazać, że pomiary były przeprowadzone w miesiącu wakacyjnym, kiedy zdecydowana większość studentów była poza granicami miasta, może świadczyć, iż w ciągu roku akademickiego natężenie ruchu w mieście jest zdecydowanie większe a co za tym idzie, poziom generowanego hałasu przez ruch drogowy jest także wyższy. Należy stwierdzić, że sytuacja w mieście związana z hałasem znacząco poprawiła się w stosunku do roku 2011 i wcześniejszych lat, bowiem wówczas, w listopadzie otwarto Autostradą Obwodnicę Wrocławia, biegnącą od południa miasta, gdzie łączy się z autostradą A4 i na wschodzie z drogą ekspresową S8. Cały tranzyt, w tym pojazdy ciężkie o masie rzędu kilkunastu ton poruszają się tą obwodnicą i nie wjeżdżają do centrum miasta, dzięki czemu hałas jest zdecydowanie mniejszy.

Bibliografia:

1. Dworak K., Hałas środowiskowy a zdrowie, Katowice 2005r.
2. Olszacki J., Metody walki z hałasem komunikacji drogowej, "Infrastruktura 5/2007.
3. Sygit M., Kolmer R., Opiela R., Zienkiewicz P., Sygit K., Wpływ modernizacji układów komunikacyjnych na klimat akustyczny na skrzyżowaniach miasta Szczecina, Zeszyty naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, 2008r.
4. Motylewicz M., Gardziejczyk W., Hałas od ruchu samochodowego w otoczeniu skrzyżowań, Budownictwo i Architektura 13(1) (2014).
5. Datka S., Suchorzewski W., Tracz M., Inżynieria Ruchu, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1989r.
6. Gardziejczyk W., Wpływ technologii wykonania warstwy ścierniczej na poziom hałasu od przejeżdżających pojazdów, Instytut Inżynierii Budowlanej Politechniki Białostocka.
7. Woźniak M., Asfaltowe nawierzchnie porowate - skuteczna metoda redukcji hałasu komunikacji drogowej, 2010r.
8. Kucharski R., Hałas drogowy, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1979r.
9. Olszacki J., Mechanizm powstawania hałasu, Drogownictwo 3/2008.
10. Kiprian K., Ligus G., Geneza i metody ograniczania hałasu drogowego - ekrany akustyczne, Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych, Opole 2011r.
11. Gardziejczyk W., Hałas drogowy w otoczeniu tras komunikacyjnych, Białowieża, 04.2011r.
12. Karbowski K., Analiza hałasu w ruchu drogowym w wybranych miejscowościach i ocena jego wpływu na bezpieczeństwo ruchu, Praca dyplomowa pod kierunkiem Wojciecha Ambroszki, Wrocław 2015.
13. Wrzecioniarz P., Ambroszko W., Górniak A., Energy efficiency design of powertrain and body, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2011.
14. Ambroszko W., Wrzecioniarz P., Postęp w budowie pojazdów w świetle opinii rzeczoznawczych. Praca zbiorowa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2011.
15. Ambroszko W., Wrzecioniarz P., Zastosowanie metod eksperymentalnych w opiniowaniu, praca zbiorowa. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2018.

Analysis of traffic noise in a selected town and assessment of its impact on traffic safety

The article discusses issues related to noise in relation to road safety. The work concerns issues of broadly conducted noise level research in Wrocław and in several cities of the Lower Silesia Voivodship. This study contains the results of noise level tests and their overview at one of the intersections in Wrocław

Keywords: noise, road traffic, experimental research.

Autorzy:

dr inż. **Wojciech Ambroszko** – Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Pojazdów, wojciech.ambroszko@pwr.edu.pl

dr inż. **Krzysztof Miksiewicz** – Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Pojazdów, krzysztof.miksiewicz@pwr.edu.pl