

Barbara GALIŃSKA, Joanna KOPANIA

ORGANIZACYJNE I TECHNICZNE METODY REDUKCJI HAŁASU KOMUNIKACYJNEGO W PRZESTRZENI MIEJSKIEJ

W artykule omówione zostały organizacyjne i techniczne metody redukcji hałasu w przestrzeni miejskiej. Opisano oddziaływanie hałasu na jakość życia ludzi w mieście, podstawy prawne monitoringu hałasu oraz wskaźniki długookresowe średniego poziomu dźwięku i zasady ich wyznaczania. Wśród metod organizacyjnych skupiono się na strategicznych dokumentach planistycznych miasta, jak Program ochrony przed hałasem, plan rozwoju transportu i polityka edukacyjna. Wśród technicznych metod redukcji hałasu wymieniono i scharakteryzowano ekrany akustyczne, ciche nawierzchnie drogowe oraz metody wpływające na ograniczenie ruchu samochodowego w mieście.

WSTĘP

Hałas to jeden z bardziej uciążliwych czynników środowiskowych, który powoduje często trudne do oszacowania straty odbijające się na jakości życia człowieka. Szczególnie dokuczliwy staje się w dużych skupiskach ludzkich, powstających wraz z rozwojem miast, czemu towarzyszy także rozwój komunikacji. Uważa się, że to właśnie hałas jest przyczyną emigracji mieszkańców na tereny podmiejskie, co miało odzwierciedlenie także w przeszłości. Znana jest bowiem historia ucieczki bogatych patrycjuszów ze starożytnego Rzymu na tereny podmiejskie, kiedy Juliusz Cezar, ze względu na nadmierny tłok na ulicach miasta, wydał zakaz ruchu kołowego w obrębie murów miasta od wschodu słońca do dwóch godzin przed zachodem. Skutkiem tego cały ruch różnego typu wozów, łącznie z zaopatrzeniem miasta odbywał się w nocy, a drewniane koła o żelaznych obręczach wozów, poruszających się po wybrukowanych ulicach Rzymu, powodowały trudny do wytrzymania hałas [1].

Koncentracja hałasu występująca na terenie miast ma wiele przyczyn. Źródła hałasu mają związek najczęściej z prowadzoną działalnością gospodarczą, która generuje hałas przemysłowy lub z transportem, który odpowiada za hałas komunikacyjny. Hałas przemysłowy ma charakter lokalny i jego zasięg jest ograniczony do najbliższego otoczenia zakładu. Natomiast hałas komunikacyjny występuje na znacznych obszarach, położonych wzdłuż ciągów ulic i arterii. Ma on najczęściej decydujący wpływ na klimat akustyczny przestrzeni miejskiej. W zasięgu bowiem tego rodzaju hałasu często znajdują się budynki mieszkalne, szkoły, obiekty sportowe, kulturalne, sakralne, parki, tereny wypoczynkowe poza miastem oraz inne obiekty związane z przebywaniem ludzi, które są kwalifikowane jako tereny ochrony przed hałasem na podstawie art. 115 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska oraz zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku [2,3].

Gwałtowny rozwój miast, a co za tym idzie również rozwój komunikacji (wzrost liczby samochodów, skuterów, motorów, powiększanie siatki i częstotliwości połączeń miejskich) spowodował, że problem hałasu komunikacyjnego nabiera rangi jednego z trudniejszych problemów w zagadnieniach ochrony środowiska. Według raportu Unii Europejskiej z 2011 r. [4] około 40% ludności w krajach UE jest narażonych na hałas powodowany przez ruch drogowy na poziomie przekraczającym 55 dB (A). Natomiast 20-30% mieszkań-

ców Europy jest narażonych na poziomy przekraczające 65 dB (A) w ciągu dnia i na poziomy przekraczające 55 dB (A) w nocy. Według Komisji Europejskiej koszty wynikające z wpływu hałasu drogowego na zdrowie publiczne wynoszą 40 mld euro rocznie [5].

Redukcja hałasu w mieście wydaje się raczej niemożliwa. Rozwój miasta powoduje, że rośnie liczba środków transportu oraz wielkość gładkich – betonowych i szklanych powierzchni, które odbijają fale dźwiękowe, co często zwielokrotnia i potęguje hałas. W Polsce to hałas komunikacyjny, szczególnie drogowy, ma największy wpływ na klimat akustyczny miast. Istotny jest również aspekt hałasu lotniczego na obszarach położonych wokół lotnisk, któremu sprzyja rozwój komunikacji lotniczej. Przy czym w tym przypadku mamy do czynienia często z terenami położonymi na obrzeżach miast, co ogranicza liczbę osób, którym on przeszkadza lub szkodzi. Narażenie na hałas w Polsce dotyczy około 13 mln osób. Liczne i kompleksowe badania prowadzone są szczególnie wśród dzieci, młodzieży i studentów. Na ich podstawie stwierdzono, że 20 - 30% badanych ma problemy ze słuchem, a około 7 mln dzieci i młodzieży powinno być badanych regularnie [6].

Oddziaływanie hałasu na człowieka związane jest bezpośrednio z jego zdrowiem i jakością życia. Rozpatruje się je w trzech aspektach:

oddziaływanie bezpośredniego – na ucho środkowe i wewnętrzne,
oddziaływanie pośredniego – na układ nerwowy i psychikę,
oddziaływanie na narządy wewnętrzne.

Niestety skutki hałasu nie pojawiają się od razu. Na ogół podlegają kumulacji i objawiają się po dłuższym czasie. Człowiek jest zmęczony, ma gorszą wydajność nauki, trudności w skupieniu uwagi, zaburzenia orientacji, jest drażliwy, ma podwyższone ciśnienie krwi, bóle i zawroty głowy, czasowe lub trwałe uszkodzenia słuchu lub szumy uszne. U małych dzieci hałas budzi duży niepokój, niepewność, zagubienie, wywołuje płacz [7]. To wszystko wpływa na poszukiwania nowych metod i dróg redukcji hałasu. Warto zacząć od drobnych kroków w zakresie organizacyjnym, tj. planowania przestrzeni, hierarchizacji ulic, planowania rozmieszczenia przestrzennego budynków mieszkalnych, zmian w zakresie organizacji ruchu i transportu, edukacji kierowców w kierunku ecodevingu. Innym sposobem redukcji hałasu w przestrzeni miejskiej są odpowiednie rozwiązania inżynierskie, jak poprawa izolacyjności budynków mieszkalnych, stosowanie tzw. "cichych" nawierzchni lub poprawa stanu technicznego nawierzchni istniejących, stosowanie

wiać Program ochrony środowiska przed hałasem [10]. Program taki musi składać się z:

- 1) części opisowej, gdzie umieszcza się charakterystykę obszaru objętego programem, wskazania naruszeń dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku, zakres działań niezbędnych do przywrócenia dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku oraz terminy i koszty realizacji programu i źródła jego finansowania;
- 2) części wyszczególniającej ograniczenia i obowiązki wynikające z realizacji programu, w której wskazywane są organy administracji właściwe w poszczególnych sprawach (transport, inwestycje, remonty) oraz podmioty korzystające ze środowiska i ich obowiązki;
- 3) części uzasadniającej zakres zagadnień objętych programem, gdzie znajdują się: dane, wnioski opracowane na podstawie sporządzonych map akustycznych, zestawienie zrealizowanych zadań w zakresie ochrony środowiska przed hałasem, ocena ich skuteczności, analiza poniesionych kosztów, analiza materiałów, dokumentów i publikacji wykorzystanych do opracowania programu.

W programie zawarty jest również harmonogram realizacji poszczególnych zadań, który opiera się na wielkościach przekroczeń dopuszczalnych poziomów hałasu w zależności od przeznaczenia terenu, na którym zostały zmierzone. Za program odpowiedzialna jest jednostka samorządu terytorialnego, która ze względu na zmienność sytuacji finansowej tworzy działania w zakresie ochrony przed hałasem, jako cele krótko- (ok. 5-letnie), średnio- (ok. 10-letnie) i długookresowe (>10-letnie). Podstawowym kryterium typowania kolejności poszczególnych zadań jest wielkość przekroczenia dopuszczalnych wartości poziomu dźwięku oraz liczba narażonych osób, definiowana jako wskaźnik M, zależny od liczby mieszkańców na danym terenie lub w budynku, dla którego wartość dopuszczalna jest przekroczona o ΔL decybeli.

Z programem ochrony przed hałasem nieodzownie związany jest plan/program transportu miejskiego, który diagnozuje obszar miasta pod kątem problemów występujących w układzie drogowo-ulicznym oraz w pracy systemu transportu miejskiego i podmiejskiego. Plan ten skupia się na zagadnieniach związanych z minimalizacją zatłoczenia w układzie komunikacyjnym, maksymalizacją bezpieczeństwa pasażerów i innych uczestników ruchu oraz minimalizacją uciążliwości dla otoczenia, co oznacza, że pod uwagę brane są również kwestie uciążliwości akustycznej. W planie jednostka samorządu terytorialnego wskazuje:

- 4) docelowe formy transportu miejskiego: tramwaje, autobusy, trolejbusy, metro, pociąg miejski, z uwzględnieniem tzw. „cichej” komunikacji miejskiej - transport miejski w Genewie [11];
- 5) zasady jego organizacji, które wpłyną na ograniczenie hałasu w pewnych obszarach miasta, jak typy parkingów (Parkuj i Jedź) [12], punkty przesiadkowe, car sharing – Lublin jako pierwsze w Polsce miasto wprowadziło samochód miejski [13].

Organizacyjne formy redukcji hałasu na terenie miasta związane są również z uchwaloną i prowadzoną polityką edukacyjną. Umieszczone w niej zapisy odnoszą się do kształcenia mieszkańców w temacie zjawiska hałasu, jego przyczyn, sposobów kontroli, oceny i ograniczania. Promowane są również ekologiczne postawy obywateli, jak rezygnacja z indywidualnych podróży samochodowych na rzecz komunikacji zbiorowej, rowerowej [14] czy pieszej. Propagowane są proekologiczne trendy komunikacyjne, w tym carpooling [15] (udostępnianie wolnego miejsca we własnym samochodzie lub wykorzystanie wolnych miejsc w samochodach innych użytkowników w ramach cyklicznych podróży, np. dojazdów do

pracy i miejsc nauki); carsharing (system wspólnego użytkowania samochodów osobowych, wynajmowanych za opłatą); ECO-driving [16] (styl i technika kierowania pojazdami, poprawiająca ekonomikę ich użytkowania, bezpieczeństwo podróżowania oraz ograniczająca negatywny wpływ na środowisko). Obecnie kilka dużych miast w Polsce przymierza się również do wprowadzenia miejskiego samochodu [17].

3. TECHNICZNE METODY REDUKCJI HAŁASU W PRZESTRZENI MIEJSKIEJ

Metody techniczne redukcji hałasu w przestrzeni miejskiej polegają głównie na realizacji fizycznych zabezpieczeń przed hałasem. Ich typem są ekrany akustyczne wolnostojące lub zawieszane na budynkach narażonych na hałas, cichobieżne nawierzchnie i „ciche” torowiska (szlifowanie szyn oraz kół pojazdów szynowych, spawanie łącz szynowych, rozwiązania zmniejszające hałas szynowy na mostach i wiaduktach), wyprowadzenie ruchu z miasta, np. na obwodnice, zmniejszenie prędkości jazdy pojazdów samochodowych, zmniejszenie udziału pojazdów ciężkich w ogólnym potoku ruchu, stosowanie pasów zieleni wokół dróg.

Wybór technicznej metody redukcji hałasu zależy od rodzaju hałasu, wielkości przekroczeń dopuszczalnych poziomów hałasu na analizowanym obszarze, możliwości terenowych i technicznych, wysokości zabudowy wymagającej ochrony akustycznej i wymagań bezpieczeństwa. Techniczne metody redukcji hałasu w przestrzeni miejskiej zazwyczaj są poddawane konsultacjom społecznym. Mieszkańcy mogą bowiem negatywnie wypowiadać się o zaproponowanych metodach redukujących hałas i uniemożliwić budowę np. ekranu akustycznego.

3.1 Ekrany akustyczne

Ekran akustyczny jest przegrodą dla źródła hałasu. Powoduje powstanie cienia akustycznego (ekranowanie), w którym poziom dźwięku jest znacznie mniejszy od poziomu przed ekranem. Ekran akustyczny lokalizowany jest w otoczeniu ciągu komunikacyjnego (drogi, kolei), jak najbliżej źródła hałasu – czyli na krawędzi jezdni po której poruszają się pojazdy. Niekiedy jednak ze względu na ograniczenia przestrzeni, ekran, a raczej osłona akustyczna, może być lokalizowana bezpośrednio przed lub na budynku (rys. 2).



Rys. 2. Budynek biurowy przy ul. Piotrkowskiej 234/236 w Łodzi (źródło: <http://www.urbanity.pl/lodzkie/lodz/siedziba-tu-warta,b373>)

Mechanizm działania ekranu polega na pochłonięciu fali dźwiękowej, następnie jej wyłumieniu wewnątrz lub odbiciu. Na wybór konkretnej osłony ma wpływ natężenie ruchu drogowego (perspektywy jego wzrostu), struktura rodzajowa pojazdów, ich średnia prędkość, rodzaj nawierzchni drogi, rodzaj terenu dostępnego pod

budowę osłony, odległość od terenów chronionych, koszty. Obecnie wszystkie stosowane w środowisku ekrany akustyczne muszą posiadać certyfikaty zaświadczone o spełnieniu norm izolacyjności oraz pochłaniałości, a także norm bezpieczeństwa. Ekrany akustyczne dzieli się na: elementy dźwiękochłonna-rozpraszające (zieleni), elementy ekranizujące sztuczne (ekrany, budynki) i naturalne (wzgórza) oraz elementy dźwiękochłonna-odbijająco-ekranizujące (nasypy pokryte zielenią) [18].

Ekrany dźwiękochłonne to najczęściej ekrany typu „zielona ściana”, wykonywane z płyt wełnianych osłoniętych siatkami PE lub ekrany wykonane z perforowanych paneli aluminiowych, paneli PCV, rzadziej stalowych czy drewnianych, które umieszczane są w stalowych ocynkowanych ramach. Ekrany dźwiękoizolacyjne wykonane są najczęściej ze szkła akrylowego (pleksi zbrojonej lub nie) i stosowane wszędzie tam, gdzie niezbędne jest zapewnienie światła oraz wymagane jest, aby konstrukcja była lekka i przezroczysta, jak wiadukty kolejowe, drogowe, rejonów wlotów dróg. Jednak ich mankamentem jest brak pochłaniania fali akustycznej, gdyż na powierzchni ekranu następuje odbicie fali, przez co zwiększa się poziom dźwięku przed ekranem. Ekrany rozpraszające są wykonane z płyt trocinobetonowych kształtowanych w taki sposób, by zapewnić jak największe rozproszenie padającej fali akustycznej lub jako ekrany betonowe układane ze specjalnych kształtek (np. donic) w postaci muru oporowego, które mogą być dodatkowo obsadzone roślinnością.

Skuteczność ekranu akustycznego jest różnicą pomiędzy poziomem dźwięku w danym punkcie przed zainstalowaniem ekranu a poziomem dźwięku w danym punkcie po jego montażu [19]. Jednym z rozwiązań, które wpływa na skuteczność ekranu, jest zastosowanie dodatkowych elementów rozpraszających, instalowanych na krawędzi szczytowej ekranu. Dzięki temu mamy do czynienia z odchyleniem kierunku rozchodzenia się fali akustycznej, a przy zastosowaniu odpowiednich materiałów również z dodatkowym pochłanianiem fali akustycznej. Badane elementy mają różne kształty – w formie litery T, Y [20], trójkątne z zaokrąglonymi krawędziami [21] lub jako bryły przestrzenne (prostopadłościანი n-kątnie) [22].

W przestrzeni miejskiej ekrany akustyczne mają jednak wielu przeciwników. Wśród ich wad wymienia się efekt zasłaniania otoczenia, wysoki koszt wykonania, stosunkowo niewielką efektywność akustyczną (dla wysokich kondygnacji budynków mieszkalnych), małą odporność na warunki atmosferyczne (korozja, promieniowanie UV), wygląd i estetykę, konieczność czyszczenia i konserwacji. Do negatywnego postrzegania ekranów przyczynia się również ich duża liczba wzdłuż ciągów komunikacyjnych oraz wątpliwe ozdoby tzw. graffiti.

Obecna tendencja w projektowaniu ekranów przesuwają się raczej w kierunku elementów architektonicznych w układzie miasta, które spełniałyby również funkcje estetyczne i ekologiczne (rys. 3).



Rys. 3. Projekt ekranu akustycznego przygotowany przez BREAD Studio (źródło: <http://www.breadstudio.com/news.html>)

3.2 Cichobieżne nawierzchnie

Hałas drogowy jest związany z toceniem się opony po nawierzchni drogi na skutek nierówności nawierzchni oraz w wyniku generowania hałasu aerodynamicznego związanego ze sprężaniem i rozprężaniem powietrza w bieźniku opony. Ma to znaczenie przy małych prędkościach jazdy poniżej 50 km/h w przypadku samochodów osobowych i poniżej 70 km/h w przypadku samochodów ciężarowych. W celu zmniejszenia hałasu powstającego na styku opony z nawierzchnią można bądź zmniejszyć prędkość ruchu pojazdów, bądź zastosować ciche nawierzchnie, do których należą: asfalt modyfikowany, dwuwarstwowe nawierzchnie porowate, drobnopokrywane mieszanki o nieciągłym uziarnieniu (SMA, BBTM), mieszanki modyfikowane gumą.

Asfalt porowaty pozwala na redukcję emisji hałasu od 3 dB do 7 dB w zależności od liczby warstw, w porównaniu do konwencjonalnych nawierzchni. Jego wadą jest jednak pogarszanie się redukcji hałasu wraz z upływem czasu, występujące na skutek zatykania się wolnych przestrzeni w nawierzchni. Innym rozwiązaniem są nawierzchnie z dodatkiem gumy. W porównaniu z tradycyjnymi nawierzchniami asfaltowymi wykazują one zwiększoną szorstkość nawierzchni, trwałość zmęczeniową, odporność na spękania odbite, odporność na koleinowanie. Wpływa to na obniżenie kosztów utrzymania nawierzchni, poprzez zmniejszenie liczby remontów. Ponadto nawierzchnie drogowe z dodatkiem gumy wykazują znacznie niższy poziom emisji hałasu niż inne rozwiązania [23].

W przeciwieństwie do ekranów akustycznych, ciche nawierzchnie nie są negatywnie odbierane przez mieszkańców. Jednak stosowanie tylko cichobieżnych nawierzchni, pomimo że jest jednym ze sposobów ograniczających hałas, nie wyeliminuje go w całości.

3.3 Ograniczenia w ruchu miejskim

Wśród rozwiązań technicznych, dotyczących ograniczania hałasu w miastach, znalazły się także pomysły typu:

- 1) wyprowadzanie znacznej części ruchu samochodowego (szczególnie ruchu pojazdów ciężarowych) z centrów miast,
- 2) wprowadzanie ograniczeń w ruchu pojazdów w strefach miejskich,
- 3) ograniczenia prędkości pojazdów.

Najpopularniejszym rozwiązaniem jest budowa obwodnic miast, przejmujących ruch ciężarowy i osobowy. Jest to bardzo dobre posunięcie ze względu na ograniczenie hałasu i bezpieczeństwo. Jednak nie zawsze wykonalne ze względów ekonomicznych i społecznych. Niekiedy od etapu planowania do wykonania fragmentu obwodnicy może upłynąć bardzo długi okres, co wpływa na zmiany w zakresie analizy akustycznej przebiegu nowej drogi i zdefiniowania, czy wymagane są odpowiednie zabezpieczenia przeciwhałasowe.

Ograniczenie prędkości ruchu pojazdów samochodowych znacznie zmniejsza uciążliwość akustyczną ruchu, zarówno w przypadku pojazdów osobowych, jak i ciężarowych. Prędkość ruchu poniżej 40 km/h dla samochodu osobowego jest akustycznie akceptowalna. W przypadku samochodów ciężarowych każdy przejazd powoduje znaczny dyskomfort akustyczny, gdyż wyraźnie słychać pracę silnika i układu wydechowego. Czasami dominujący jest hałas powodowany przez przewożony ładunek, szczególnie gdy mamy do czynienia ze zniszczoną nawierzchnią. Dużym problemem jest jednak skuteczna egzekucja ograniczenia prędkości ruchu pojazdów samochodowych. W tym celu stosuje się fotoradary, progi spowalniające, ronda, wyniesione skrzyżowania, przewężenia jezdni (np. wysepki), fragmenty ulic z nawierzchnią w innym kolorze lub z innym rodzajem nawierzchni (np. z kostki brukowej lub pasy gumowe).

PODSUMOWANIE

Kwestia emisji hałasu w Polsce jest niestety cały czas marginalizowana. Świadczą o tym obowiązujące normy 70 dB w ciągu dnia i 65 dB w nocy, podczas gdy WHO zaleca nieprzekraczanie poziomu 55 dB. Ponadnormatywny poziom hałasu w miastach związany jest głównie ze wzrastającą liczbą samochodów. Problemem są również autobusy komunikacji miejskiej i podmiejskiej. Ich eliminacja może polegać na wprowadzaniu pojazdów hybrydowych, elektrycznych lub transportu szynowego. W praktyce jednak trwa to wiele lat i jest kosztowne. Eliminacja transportu ciężkiego jest z kolei trudna ze względu na zapewnienie ciągłości dostaw. Najlepszym rozwiązaniem wydaje się być stosowanie kilku metod na raz, od właściwego planowania przestrzennego i zarządzania ruchem oraz infrastrukturą, poprzez rozwiązania techniczne jak modernizacja akustyczna budynków (wymiana okien), do ostatecznego elementu łańcucha – stosowania ekranów akustycznych. Do zmian w zakresie prawnym należy zaś zawsze podchodzić ostrożnie, bo może to przynieść nieoczekiwane efekty w postaci poważnych strat związanych z pogorszeniem zdrowia ludzi narażonych na długotrwały hałas.

BIBLIOGRAFIA

- Landau M., Plaga Rzymu, „Wprost” 2006, nr 13.
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001r. Prawo ochrony Środowiska (Dz. U. z 2013 r. poz. 1232, z późn. zm.).
- Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 15 października 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku.
- <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-ealth/noise/data-and-statistics>
- Report from the comission to the European Parliament and the Council on the implementation of the Environmental Noise Directive in accordance with Article 11 of Directive 2002/49/EC, COM(2011) 321 final. European Comission, Brussels 2011.
- Kotus J., Ocena wpływu zagrożeń hałasowych na częstość występowania chorób słuchu z zastosowaniem systemów teleinformatycznych – Rozprawa doktorska. Politechnika Gdańska, Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki, Katedra Systemów Multimedialnych, Gdańsk 2007.
- Hałas – dzieci zagrożone głuchotą! Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Warszawa 16 grudnia 2008 r.
- Dyrektywa 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego oraz Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. w sprawie oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów substancji lub energii w środowisku przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem lub portem.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 października 2002 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinien odpowiadać Program ochrony środowiska przed hałasem
- <http://www.abb.pl/cawp/seitp202/de983155d0c68897c1257ff1004b68ea.aspx>
- <http://www.ztm.waw.pl/parkujjedz.php?c=116>
- <http://www.lubelskisamochod.pl/>
- Program ochrony środowiska przed hałasem dla miasta Łodzi na lata 2013 – 2018; <https://lodzkirowerpubliczny.pl/>
- Szołtysek J., Car-pooling w koncepcji podróży pasażerskiej w miastach, „Logistyka” 2008, nr 4.
- Klimska A., Klimski M., Eko-kultura jazdy samochodem, „Studia Ecologiae et Bioethicae” 2009, nr 7, Vol. 2.
- <https://zdm.waw.pl/aktualnosci/miejskie-samochody-juz-w-przyszlym-roku>
- Gronowicz J., Ochrona środowiska w transporcie lądowym, Instytut Technologii Eksploatacji, Poznań – Radom 2003.
- PN-ISO 10847:2002. Akustyka. Wyznaczanie skuteczności zewnętrznych ekranów akustycznych w warunkach rzeczywistych.
- Kim K. H., Yoon G. H., Optimal rigid and porous material distributions for noise barrier by acoustic topology optimization, „Journal of Sound and Vibration” 2015; <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsv.2014.11.030>
- Piechowicz J., Sound diffraction over noise barriers with added devices installed on the top edge, „Acta Physica Polonica A” 2015.
- Galińska B., Kopania J., Hałas drogowy, a skuteczność ekranów z oktagonalnym reduktorami dźwięku, „Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe” 2016, nr 6.
- <http://materialyinzynierskie.pl/tecroad-gumowy-cichy-asfalt/>

Organizational and technical methods of noise reduction in urban space

The article discusses organizational and technical methods of noise reduction in urban space. The impact of noise on people's quality of life in the city, the legal basis for noise monitoring, the long-term indicators of the average sound level and the principle of their designation are described. Among the organizational methods focused on the strategic planning documents of the city, such as the Noise Protection Program, transport development plan and educational policy. Among the technical methods of noise reduction, acoustic screens, silent road surfaces and methods of limiting traffic in the city are listed and characterized.

Autorzy:

dr inż. **Joanna Kopania** – Politechnika Łódzka, Instytut Nauk Społecznych i Zarządzania Technologiami, Zakład Podstaw Techniki i Ekologii Przemysłowej, joanna.kopania@p.lodz.pl

dr inż. **Barbara Galińska** – Politechnika Łódzka, Instytut Nauk Społecznych i Zarządzania Technologiami, Zakład Podstaw Techniki i Ekologii Przemysłowej, barbara.galinska@p.lodz.pl