



# Hałas komunikacyjny:

## źródła i metody przeciwdziałania

Projekt zrealizowany przez:



**TOR**

ZESPÓŁ DORADCÓW  
GOSPODARCZYCH

Partnerzy medialni:

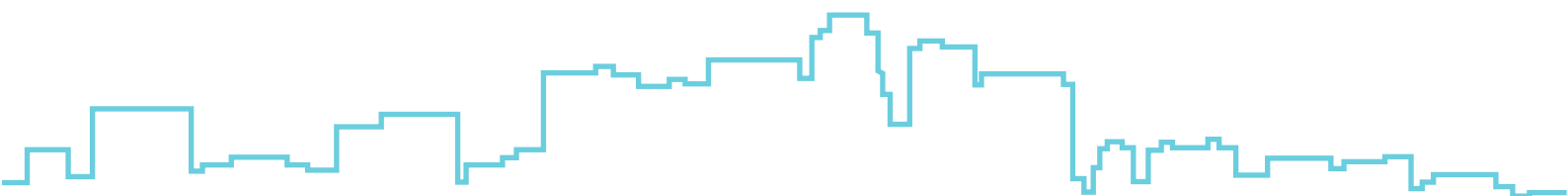






# **Hałas komunikacyjny:**

źródła i metody przeciwdziałania



# Spis treści

---

<b>1. Źródła hałasu</b>	<b>8</b>
1.1. Hałas drogowy	8
1.2. Hałas szynowy	9
1.3. Hałas lotniczy	10
1.4. Pozakomunikacyjne źródła hałasu	11
<b>2. Metody ograniczenia hałasu komunikacyjnego</b>	<b>14</b>
2.1. Dopuszczalne poziomy hałasu. Polskie normy i zalecenia WHO	14
2.2. Sposoby redukcji hałasu	16
2.2.1. Redukcja hałasu u jego źródła	16
2.2.2. Redukcja hałasu na drodze propagacji	18
<b>3. Aspekty zdrowotne oddziaływania hałasu drogowego – wybrane zagadnienia</b>	<b>22</b>
<b>4. Klimat akustyczny – obowiązujące normy i sposoby pomiaru</b>	<b>26</b>
4.1. Ustawowa definicja hałasu	26
4.2. Warunki meteorologiczne	27
4.3. Zestawy pomiarowe	27
4.4. Lokalizacja punktu pomiarowego	28
4.5. Charakterystyka źródła	29
Załącznik	32

# Hałas to też zanieczyszczenie

**Adam Struzik** – Marszałek Województwa Mazowieckiego  
**Adrian Furgalski** – Wiceprezes Zarządu Zespołu Doradców Gospodarczych TOR

Hałas to też zanieczyszczenie – jedno z większych zagrożeń ekologicznych, zaraz po zanieczyszczonym powietrzu. To zjawisko towarzyszące człowiekowi w miejscu pracy, ale i zamieszkania, niestety także w zmieniającym się środowisku naturalnym. Od dawna wiadomo, że hałas zagraża zdrowiu – w szczególności pogarsza stan psychiczny i powoduje wzrost napięcia nerwowego, ponieważ nie pozwala organizmowi ludzkiemu wypocząć.

Hałas stał się więc jednym z tematów poruszanych w ramach Kongresu Czystego Powietrza zorganizowanego 27 lutego 2019 r. przez Samorząd Województwa Mazowieckiego, Mazowiecką Agencję Energetyczną Sp. z o.o. oraz Zespół Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o. Chodziło właśnie o pokazanie hałasu jako jednego z poważniejszych problemów, z jakimi muszą się zmierzyć samorządy: województw, gmin i powiatów oraz zarządzający drogami, liniami kolejowymi czy portami lotniczymi.

## Wskazanie kierunków naprawczych

Problemy dotyczące uciążliwości akustycznej w województwie mazowieckim występują najczęściej wokół głównych ciągów komunikacyjnych, tj. Obwodnicy Marek, Południowej Obwodnicy Warszawy oraz ostatnio przebudowywanych dróg krajowych do parametrów dróg ekspresowych, np. S7, S8 oraz Portu Lotniczego im. F. Chopina w Warszawie, co potwierdzają liczne wystąpienia mieszkańców w sprawie nadmiernego hałasu. Aby poprawić warunki życia mieszkańców w zakresie ochrony środowiska przed hałasem, wydawane są decyzje zobowiązujące zarządzających drogami lub portem do wykonania przeglądów ekologicznych. Pozwalają one nie tylko określić zasięg i wielkość oddziaływania instalacji na środowisko, ale też wskazują możliwości rozwiązań organizacyjnych, technicznych i technologicznych w zakresie zwalczania hałasu, a także ewentualną konieczność utworzenia obszaru ograniczonego użytkowania. W konsekwencji czego nakładane są na zarządzających drogami lub portem obowiązki ograniczenia oddziaływania na środowisko lub przywrócenia stanu środowiska do naturalnego lub tworzone są w formie uchwały obszary ograniczonego użytkowania. Poza tym opracowywane

są programy ochrony środowiska przed hałasem dla terenów poza aglomeracjami położonych wzdłuż głównych dróg, linii kolejowych i lotniska. Są to dokumenty strategiczne, wskazujące kierunki działań naprawczych w celu wyeliminowania hałasu w środowisku.

## Mapy i programy dotyczące akustyki

Zorganizowana w ramach Kongresu debata dotyczyła głównie problemów związanych ze zbieraniem danych potrzebnych do sporządzenia map akustycznych i programów naprawczych – tzw. programów ochrony środowiska przed hałasem. Konieczność opracowania powyższych dokumentów wynika z uregulowań Dyrektywy 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. odnoszącej się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku (Dz. Urz. WE L 189 z 18.07.2002, z późn. zm.), z której regulacje prawne zostały przetransponowane do polskiego ustawodawstwa ustawą z 27 kwietnia 2001 roku Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2018 r., poz. 799, z późn. zm.).

Przepisy te wskazują obowiązek wykonywania i aktualizowania mapy akustycznej oraz programu ochrony środowiska przed hałasem co 5 lat. Dyskusja w debacie dotyczyła również sposobów redukcji hałasu w środowisku na terenach aglomeracji i poza nimi. W toku dyskusji ustalono, że najistotniejszym aspektem mającym duży wpływ na ograniczenie oddziaływania akustycznego środowiska, w tym poprawę warunków życia mieszkańców, jest właściwe planowanie przestrzenne.

## Właściwe planowanie przestrzeni

Podstawowym aktem prawnym regulującym proces planowania w Polsce jest ustawa z 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. z 2018 r. poz.1945 z późn. zm.), zgodnie z którą zadaniem planowania przestrzennego jest przeznaczanie terenów na wybrane cele oraz określanie zagospodarowania tych terenów, przyjmując zasadę zrównoważonego rozwoju jako podstawę działań.

Pod pojęciem zrównoważonego rozwoju należy rozumieć rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz założeń wynikających z ochrony środowiska przed hałasem, których zasadniczą część regulacji zawarta jest w Tytule II, Dziale V „Ochrona przed hałasem” ustawy z 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska. Ochrona przed hałasem rozumiana jest tu jako zapewnienie jak najlepszego stanu akustycznego środowiska, w szczególności przez utrzymanie poziomu hałasu poniżej dopuszczalnego lub co najmniej na tym poziomie lub też zmniejszaniu poziomu hałasu co najmniej do dopuszczalnego, gdy nie jest on dotrzymany. Główną podstawą prawną regulującą dopuszczalne poziomy hałasu jest rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. z 2014 r. poz. 112).

## Zapisywanie hałasu w planach

Aby zagwarantować możliwość zaspokajania podstawowych potrzeb społeczności – zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń (zwłaszcza stworzenia właściwego klimatu akustycznego i zapewnienia możliwości odpoczynku),

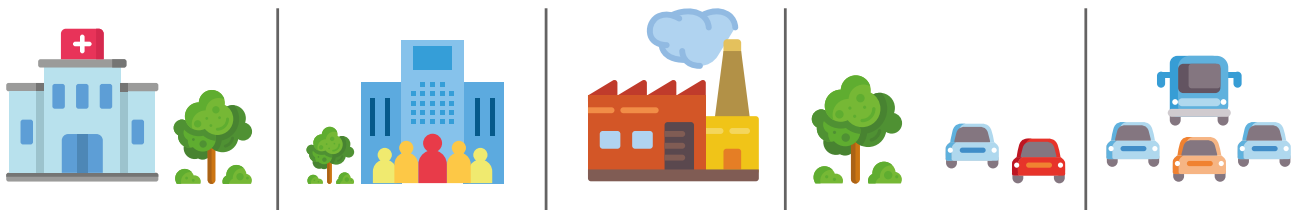
ważne jest, żeby wójtowie (burmistrzowie, prezydenci), opracowując miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego, umieszczali zapisy dotyczące ochrony środowiska przed hałasem w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego. Zapisy takie będą wiążące, ponieważ – zgodnie z treścią ustawy o zagospodarowaniu przestrzennym – plany miejscowe są aktem prawa miejscowego.

Właściwe kształtowanie zapisów pozwoli uniknąć lokalizowania terenów chronionych akustycznie, w tym zabudowy mieszkaniowej, w pobliżu głównych obszarów zagrożonych hałasem. Do zidentyfikowania obszarów zagrożonych hałasem można wykorzystać sporządzane przez starostów i zarządzających drogami, liniami kolejowymi lub portem lotniczym mapy akustyczne dla terenów aglomeracji powyższej 100 tys. mieszkańców i terenów poza aglomeracjami położonych wzdłuż głównych dróg, linii kolejowych i lotnisk, zaliczanych do obiektów, których eksploatacja może powodować negatywne oddziaływanie akustyczne na znacznych obszarach.

## Wydzielanie stref

Perspektywiczne planowanie przestrzenne, uwzględniające aspekty ochrony przed hałasem powinno dotyczyć przede

### Strefy hałasu w planowaniu przestrzennym



#### STREFA IV:

Strefa wymagająca ochrony przed hałasem (zabudowa szpitali, zabudowa oświaty, tereny uzdrowiskowe, zabudowa jednorodzinna – teren podlegający obniżonym wartościom standardów akustycznych)

#### STREFA III:

Strefa wymagająca ochrony przed hałasem (zabudowa mieszkaniowo-usługowa wielorodzinna, zagrodowa – teren podlegający podwyższonym wartościom standardów akustycznych)

#### STREFA II:

Strefa obojętna pod względem akustycznym (zabudowa usługowa i gospodarcza – teren ekranizujący nie podlegający standardom akustycznym)

#### STREFA I:

Strefa hałaśliwa (ekrany akustyczne, zieleń izolacyjna, drogi wewnętrzne i parkingi)

#### ŹRÓDŁO HAŁASU

Opracowano na podstawie uchwały Nr 48/18 Sejmiku Województwa Mazowieckiego z dnia 24 kwietnia 2018 r. w sprawie określenia programu ochrony środowiska przed hałasem dla terenów poza aglomeracjami, o których mowa w art. 179 ust. 1 ustawy Prawo ochrony środowiska, tj. obszarów dróg wojewódzkich zaliczanych do obiektów, których eksploatacja może powodować negatywne oddziaływanie akustyczne (Dz. Urz. Woj. Maz. z 2018 r. poz. 5525).

wszystkim odpowiedniego lokalizowania obiektów mogących stanowić źródła hałasu, najlepiej w pewnej odległości od obszarów zamieszkałych, w rejonach: przemysłowych, wolnych od zabudowy mieszkaniowej. Natomiast dla terenów niezagospodarowanych minimalizacja uciążliwości związanych z oddziaływaniem hałasu na etapie planowania przestrzennego możliwa jest również dzięki stosowaniu tzw. zasady strefowania. Polega ona na wprowadzeniu odpowiedniego zagospodarowania terenu w zależności od istniejącego lub prognozowanego poziomu hałasu. Stosowanie tych zasad sprawdza się wokół tras komunikacyjnych. Trzeba tylko właściwie zlokalizować poszczególne strefy, przyjmując podział na strefy: od najbardziej zagrożonej hałasem do strefy o najbardziej rygorystycznych wymaganiach dotyczących ochrony akustycznej (najniższych wartościach obowiązujących poziomów normatywnych hałasu).

Podstawowym założeniem zasady strefowania jest ekranowanie źródeł hałasu zabudową niepodlegającą ochronie akustycznej (usługową, przemysłową) oraz zwartymi pasami zieleni izolacyjnej. Zieleń izolacyjna wprowadza jedynie niewielkie tłumienie poziomu hałasu, jednak główną rolę w takich przypadkach odgrywa aspekt psychologiczny. Dla człowieka źródło hałasu wydaje się mniej dokuczliwe wówczas, gdy staje się ono niewidoczne. Odpowiednie stosowanie zasady strefowania pozwala zatem na wcześniejsze ograniczenie uciążliwości związanych z ponadnormatywnym hałasem. Należy też zaznaczyć, że stosowanie tej zasady powinno być ograniczone wyłącznie do ulic, będących źródłem ponadnormatywnego hałasu. Zasada ta nie obowiązuje dla ulic lokalnych, z których następuje bezpośrednia obsługa komunikacyjna usytuowanej w bliskim ich otoczeniu zabudowy wrażliwej.

Planowanie przestrzenne jako narzędzie ochrony przed hałasem wymaga zatem perspektywistycznego myślenia oraz specjalistycznej wiedzy z zakresu kształtowania klimatu akustycznego. Świadome kształtowanie polityki przestrzennej jest formą ciągłego procesu, polegającego na poznawaniu i analizowaniu zmieniających się w czasie i przestrzeni zjawisk społeczno-gospodarczych.

Już dziś warto zadbać o to, by zminimalizować skutki hałasu, by stworzyć mieszkańcom przyjaźniejsze warunki życia. Jest to przede wszystkim zadanie dla samorządów. Czas, abyśmy spojrzeli na swoje gminy, powiaty, ale i województwo właśnie pod kątem zagrożeń akustycznych.

Niniejsza publikacja ma stanowić kompendium aktualnych informacji o oddziaływaniu hałasu na zdrowie człowieka, o normach i metodach jego mierzenia, a także dostępnych sposobach jego ograniczania. Niech jej lektura będzie punktem wyjścia do szerszej dyskusji na temat walki z hałasem.

# 1. Źródła hałasu

Jan Felcyn – Instytut Akustyki, Wydział Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

W codziennym życiu człowiek otoczony jest przez dźwięki. Niektóre z nich są dla niego niezbędne do funkcjonowania w społeczeństwie i otaczającym świecie (np. mowa). Pozostałe mogą być mu obojętne, bądź mogą być niepożądane – wówczas nazwiemy je hałasem. Definicji hałasu jest sporo, jedną z najczęściej przywoływanych jest ta, którą zaproponowała Międzynarodowa Organizacja Pracy. Wg niej hałasem jest „każdy dźwięk, który może doprowadzić do utraty słuchu, albo być szkodliwy dla zdrowia lub niebezpieczny z innych względów”.

W ostatnich latach hałas staje się coraz mocniej dostrzeganym problemem. Wg instytucji europejskich hałas, obok smogu, jest najpoważniejszym zagrożeniem cywilizacyjnym dla obywateli Unii Europejskiej. Europejska Agencja Środowiska zauważa, że obywatele 33 krajów w Europie najczęściej są narażeni na hałas drogowy, kolejowy oraz lotniczy (rys. 1). Wszystkie te źródła razem często nazywa się łącznie hałasem komunikacyjnym.

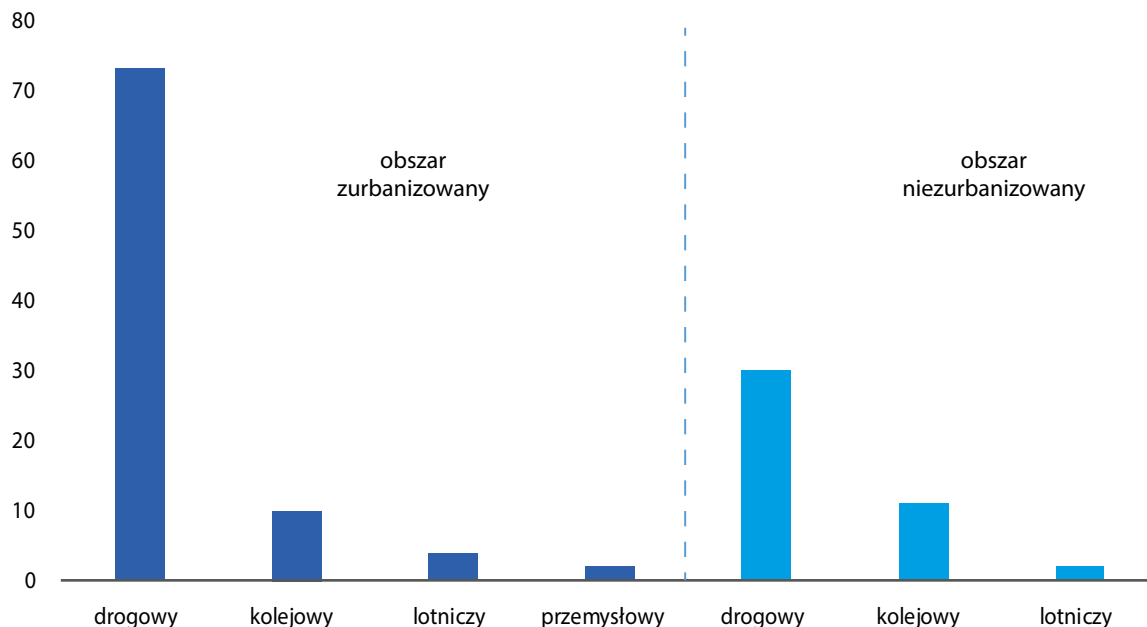
## 1.1. Hałas drogowy

Hałas drogowy jest najpowszechniejszym typem hałasu, który dotyka mieszkańców UE. Zgodnie z rys. 1, ok. 75 milionów obywateli jest narażonych na ten typ hałasu, który osiąga wartości w decybelach mogące wywoływać już pierwsze negatywne efekty (m.in. rozdrażnienie i stres), tj. 55 dBA. Podobnie jak większość źródeł, również te można rozbić na dwa obszary działania: obszary miejskie i obszary pozamiejskie.

Na obszarach miejskich hałas drogowy jest związany z siecią ulic, zwłaszcza głównych. Poza miastami, hałas drogowy jest obecny przede wszystkim wzdłuż najważniejszych dróg (w Polsce są to autostrady i drogi ekspresowe oraz drogi krajowe, niektóre wojewódzkie).

Natura powstawania hałasu wywoływanego przez samochody jest złożona. Można wyróżnić kilka źródeł i mechanizmów, które

### Osoby narażone na hałas powyżej 55 dB (w mln)





są za niego odpowiedzialne: silnik, tzw. hałas toczenia (powstający w wyniku styku opon z podłożem) oraz hałas aerodynamiczny (wynikający z turbulentnych przepływów powietrza wokół karoserii samochodu). W przypadku pojazdów ciężkich, dochodzą czasem jeszcze wibracje niektórych elementów (np. chwilowe, impulsowe drgania naczepy/kontenerów na przyczepie wywołane jazdą po nierównościach).

Hałas silnika w ogólnym hałasie drogowym ma znaczenie tylko przy niskich prędkościach. Przy prędkościach wyższych, tych najczęściej obserwowanych, najważniejszy w generacji hałasu jest hałas toczenia – podczas gdy dla prędkości bardzo wysokich dochodzi jeszcze wpływ hałasu aerodynamicznego.

Ponieważ oba mechanizmy – i hałas toczenia, i aerodynamiczny – zależą od prędkości, prowadzi to do wniosku, że im szybciej samochód się przemieszcza, tym również wyższe poziomy hałasu będzie generował.

W analizach dotyczących ruchu wyróżnia się najczęściej dwie kategorie pojazdów: pojazdy lekkie (samochody osobowe i małe samochody dostawcze) oraz pojazdy ciężkie (duże pojazdy dostawcze, ciężarówki, autobusy itd.). Znaczna różnica w masie pomiędzy nimi powoduje, że zarówno parametry akustyczne poszczególnych kategorii jak i ich postrzeganie przez ludzi są różne. Osobną kwestią są też jednoślady – przede wszystkim motocykle i skutery. Ich mniejsze silniki (zwłaszcza w przypadku skuterów) generują inne dźwięki, co również powoduje, że są łatwo rozróżnialne od innych drogowych źródeł hałasu.

W ostatnich latach na popularności zyskują również pojazdy elektryczne. Ich silniki, nieoparte na procesie spalania paliwa, są znacznie cichsze od konwencjonalnych. Jak jednak pokazują pierwsze badania, nie wpływa to znacząco na ograniczenie hałasu generowanego przez samochody – zysk jest niewielki, rzędu 2 dB, i to tylko dla niższych prędkości, dla których hałas silnika jest jeszcze istotnym czynnikiem „dokładającym się” do ogólnego poziom dźwięku<sup>1</sup>. Przy wyższych prędkościach, podobnie jak w autach „tradycyjnych” najważniejszy staje się hałas toczenia, który przecież nie jest zależny od typu napędu zastosowanego w pojeździe.

Z drugiej zaś strony badania przeprowadzone przez firmę Yanosik w roku 2017<sup>2</sup> pokazują, że w większości centrów polskich miast średnia prędkość pojazdów nie przekracza 30 km/h. W takiej sytuacji auta wolno się poruszające bądź też

stojące w korku emitują hałas głównie w wyniku działania silnika; do tego dochodzi również emisja spalin. Z tego punktu widzenia auta elektryczne mają nad autami konwencjonalnymi oczywistą przewagę: nie emitują spalin a ich silniki są praktycznie niesłyszalne.

W warunkach miejskich, wpływ na poziom hałasu drogowego ma też geometria ulicy. Najgorszym przypadkiem są tzw. „miejskie kaniony”, to jest ulice o gęstej zabudowie z obu stron, których przekrój przypomina literę „U”. Elewacje budynków z twardych materiałów i asfalt jezdni mają wysoki współczynnik odbicia dźwięku. W efekcie, dźwięk generowany przez auta wielokrotnie odbija się od budynków i drogi – prowadząc do wzrostu natężenia dźwięku, co jednak nie zawsze przekłada się na większą postrzeganą przez mieszkańców dokuczliwość<sup>3</sup>.

## 1.2. Hałas szynowy

Drugim w kolejności najbardziej dokuczliwym hałasem dla obywateli Unii Europejskiej jest hałas szynowy. Podobnie jak w przypadku hałasu drogowego, również ten można podzielić ze względu na miejsce występowania i rodzaj.

W przypadku miast, zwłaszcza polskich, hałas szynowy jest najczęściej reprezentowany nie przez kolej a przez tramwaje. Istnieje wiele badań dotyczących hałasu kolejowego w wielkich aglomeracjach miejskich, jak np. Hongkong<sup>4</sup>, jednak w takich miejscach funkcjonuje silnie rozwinięta sieć kolei aglomeracyjnej, kursującej nierzadko co kilka minut. W Polsce idea takiego rozwiązania dopiero przebija się do świadomości samorządowców, choć oczywiście w tym kontekście warto wspomnieć rozwiązanie trójmiejskie (Szybka Kolej Miejska) czy też warszawskie (Warszawska Kolej Dojazdowa) oraz funkcjonujące w coraz większej liczbie miast koleje metropolitalne.

Warto również zauważyć, że w ostatnich latach hałas kolejowy w polskich miastach zmniejszył się, głównie za sprawą inwestycji w modernizację infrastruktury bądź montaż ekranów akustycznych. Tę spadkową tendencję potwierdza między innymi ostatni raport EEA<sup>5</sup>.

Skupiając się na problemie hałasu tramwajowego należy zauważyć, że główne jego źródła to silnik (w mniejszym stopniu) oraz hałas toczenia kół po szynach (w większym stopniu). W przypadku kiepskiej jakości taboru, znów możemy mieć do

1. Campello-Vicente, Peral-Orts, Campillo-Davo, & Velasco-Sanchez, 2017.

2. <https://yanosik.pl/ranking-miasta-w-polsce-najbardziej-przyjazne-kierowcom>.

3. Camusso & Pronello, 2016.

4. Lam, Chan, Chan, Au, & Hui, 2009.

5. <https://www.eea.europa.eu/themes/human/noise/noise-fact-sheets/noise-country-fact-sheets-2018/poland>. Dostęp: 20.04.2019.

czynienia z wibracjami pewnych elementów konstrukcji wagonu czy też dźwiękami powstającymi w wyniku tarcia jakichś elementów o siebie. Jeśli zaś torowisko jest w złym stanie technicznym, może występować charakterystyczny stukot będący wynikiem pokonywania przez tramwaj nierówno wykończonych połączeń szyn.

Tym, na co często zwracają uwagę ludzie, którym dokucza hałas tramwajowy, są piski, które powstają na skutek tarcia kół o szynę przy pokonywaniu zakrętów. Są to dźwięki wysokie (o wysokich częstotliwościach), wyjątkowo dobrze słyszalne na tle innych dźwięków postrzeganych przez nas w tym samym czasie. Jak pokazują badania, często to właśnie one są wskazywane jako najbardziej dokuczliwy aspekt hałasu tramwajowego<sup>6</sup>.

Z drugiej zaś strony, tabor tramwajowy jest stale modernizowany, również w polskich miastach. Pewne problemy związane z dźwiękami generowanymi przez tramwaje (np. automatyczne zamykanie drzwi, co często skutkowało trzaskiem przy ich domykanii się) obecnie już nie występują, tramwaje stają się cichsze a ich dźwięki zaczynają się upodabniać do dźwięków generowanych przez samochody. Niektóre badania wskazują, że w sytuacji, w której mamy do czynienia z ruchem drogowym i tramwajowym, ludzie nie zawsze potrafią odróżnić hałas tramwajowy od drogowego<sup>7</sup>.

Hałas kolejowy, podobnie jak tramwajowy, związany jest z hałasem toczenia kół po szynach. Jednak, w przeciwieństwie do tramwajów, pociągi (konkretniej składy pasażerskie) osiągają znacznie wyższe prędkości, co też prowadzi do powstawania hałasu aerodynamicznego. Ze względu na swoją masę, pociągi w trakcie przejazdu generują dużo dźwięków o niskich częstotliwościach. To właśnie one są odpowiedzialne za to, że kolej bywa słyszalna często nawet w odległości kilku kilometrów od samego torowiska. Dotyczy to zwłaszcza ciężkich i długich składów towarowych, poruszających się z dużo mniejszymi prędkościami niż składy osobowe.

Dla kolei również obserwujemy powstawanie pisków na zakrętach bądź też rozjazdach. Dodatkowo, piski są generowane również często w wyniku tarcia hamulców o szyny w trakcie hamowania w pobliżu stacji.

Ogólna charakterystyka hałasu szynowego (zwłaszcza kolejowego, choć pewne prace dotyczące tego tematu w kontekście hałasu tramwajowego również istnieją) doprowadziła badaczy do opisanie zjawiska tzw. bonusu kolejowego. Ów bonus objawia się, najogólniej rzecz ujmując, w tym, że dźwięki

kolejowe są mniej dokuczliwe dla ludzi niż dźwięki hałasu drogowego i lotniczego. Żeby hałas kolejowy wywoływał taką samą reakcję jak hałas kolejowy, poziom tego drugiego musi być wyższy od pierwszego o kilka dB (istnieje pewna rozbieżność pomiędzy badaniami jak duża powinna być to wartość, przyjmuje się m.in. 5 dB<sup>8</sup>).

Jak pokazują najnowsze prace naukowe, bonus kolejowy ma sens jedynie dla kolei konwencjonalnej, o niskich prędkościach. Badania przeprowadzone dla kolei wysokich prędkości (np. Shinkansen w Japonii) wykazały, że dokuczliwość hałasu generowanego przez takie linie kolejowe jest wysoka a powstający hałas zmienia swoją naturę – w efekcie prowadząc do zaniku wspomnianego bonusu<sup>9</sup>. Polski ten problem na razie nie dotyczy, jednak w przypadku doprowadzenia do skutku inwestycji w kolej wysokich prędkości (tzw. „ygreka”) warto byłoby wziąć ten aspekt pod uwagę.

### 1.3. Hałas lotniczy

Wśród źródeł hałasu komunikacyjnego to właśnie hałas lotniczy był jednym z głównych powodów, dla których naukowcy zainteresowali się problemem wpływu hałasu na ludzi. Rozkwit lotnictwa pasażerskiego w latach 50. i 60. spowodował potrzebę zbadania wpływu hałasu wokół lotnisk na ludzi a pierwsze prace dotyczące np. Heathrow były publikowane na początku lat sześćdziesiątych.

Natura hałasu lotniczego jest znacząco różna od hałasu drogowego i szynowego. Pierwsza różnica wynika z aspektów przestrzennych – samoloty poruszają się w powietrzu, zatem, w przeciwieństwie do obu wcześniejszych źródeł, które postrzegamy na powierzchni ziemi, te maszyny słyszymy „z góry”, przelatują nad naszymi głowami. Z tego też powodu, ponieważ w tej płaszczyźnie jest znacznie mniej barier mogących skutecznie odbić fale akustyczne (poza wysoką zabudową miejską), samoloty słyszymy już z daleka (kiedy nadlatują) i również długo po ich bezpośrednim przelocie słyszymy cichnący hałas oddalającego się samolotu.

Druga kwestia wynika z prędkości osiąganych przez samoloty. Ponieważ są one znacząco wyższe od prędkości samochodów i pojazdów szynowych, percepcja hałasu lotniczego wiąże się m.in. z efektem Dopplera. Nie wdając się w szczegóły fizyczne, efekt Dopplera odpowiada za pozorną zmianę wysokości dźwięku emitowanego przez źródło. W praktyce oznacza to, że

6. Trollé, Marquis-Favre, & Klein, 2014.

7. Camusso & Pronello, 2016.

8. Jerson, Ögren, Öhrström, & Gunnarsson, 2012.

9. Sato, Yano, & Morihara, 2004; Yano, Morihara, & Sato, 2005.

kiedy samolot się do nas zbliża, mamy wrażenie iż jego dźwięk jest wyższy niż wówczas, kiedy nas już minie i zaczyna się od nas oddalać. Podobne zjawisko można też zaobserwować np. w przypadku karetki pogotowia – wówczas wydaje nam się, że po minięciu nas sygnał alarmowy jest niższy niż był wcześniej.

Trzeci aspekt hałasu lotniczego wiąże się oczywiście z naturą napędu używanego w samolotach. W dużych maszynach są to najczęściej tzw. silniki turbowentylatorowe, w mniejszych jednostkach stosuje się też napędy turbośmigłowe. Ich działanie wiąże się z uzyskiwaniem wysokich prędkości obrotowych śmigieł i turbin – to jedno ze źródeł hałasu. Drugim jest, ponownie, przepływ turbulentny powietrza zasysanego i wyrzucanego gwałtownie z silnika.

Zasięg oddziaływania hałasu lotniczego silnie zależy od profilu lotu jaki przyjmuje dana maszyna. Ów profil jest oczywiście regulowany szeregiem przepisów. Jednak najogólniej rzecz ujmując, samolot powinien jak najszybciej osiągać docelową wysokość – zwłaszcza w przypadku startu, kiedy silniki pracują z dużą mocą. Z drugiej zaś strony, w przypadku lądowania powinno się dążyć do minimalizowania obrotów silnika aby hałas również był możliwie najmniejszy.

Na koniec warto wspomnieć o jeszcze jednej różnicy pomiędzy hałasem lotniczym a hałasem szynowym i drogowym. W przypadku ruchu samochodowego trudno oddzielić od siebie pojedyncze przejazdy aut – najczęściej pojazdów jest tak dużo, że ich hałas zlewa się w jeden, przerywany co najwyżej okresowo ciszą wynikającą z pracy sygnalizatorów na skrzyżowaniach. Podobnie bywa też na zatłoczonych liniach tramwajowych i trasach kolejek miejskich, gdzie kolejne przejazdy następują bardzo blisko siebie. Inaczej jest w przypadku przelotów samolotów. Ze względu na procedury startów i lądowań, rzadko zdarza się aby nie dało się odróżnić od siebie poszczególnych samolotów, a każdy przelot ma dobrze słyszalną fazę narastania i opadania dźwięku.

Z wielu badań dotyczących percepcji hałasu wynika, że ludziom najłatwiej znieść hałas jednostajny, który nie wykazuje dużych chwilowych zmian głośności i struktury czasowej. Tymczasem hałas lotniczy najczęściej objawia się właśnie okresowym gwałtownym wzrostem natężenia dźwięku. Dodatkowo, hałas powstający w wyniku działania silników lotniczych przejawia dość dużo energii w wyższych częstotliwościach – innymi słowy, słuchacz może mieć wrażenie, że dźwięki pochodzące od maszyn lotniczych są piskliwe i są bardziej jaskrawe od hałasu drogowego i szynowego.

Wszystkie omówione wyżej aspekty związane z generacją hałasu lotniczego powodują, że ów hałas jest najczęściej postrzegany przez słuchaczy jako najbardziej drażniący i dokuczliwy. Podsumowując zatem, jeśli hałas drogowy, szynowy i lotniczy mają te same wartości poziomu dźwięku (te same wartości w decybelach), to ludzie najmniej będą się skarżyć na hałas szynowy. Następnie będzie hałas drogowy, a najbardziej dokuczliwy będzie hałas lotniczy<sup>10</sup>. Warto też pamiętać, że zgodnie z obwieszczeniem Ministra Środowiska z dnia 15 października 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku, normy hałasu zostały określone osobno dla hałasu drogowego i szynowego oraz osobno dla hałasu lotniczego.

Oczywiście, poza źródłami hałasu komunikacyjnego istnieje też cały szereg innych źródeł, które zostaną omówione w następnej sekcji niniejszego artykułu.

## 1.4. Pozakomunikacyjne źródła hałasu

Jednym z najbardziej oczywistych pozakomunikacyjnych źródeł hałasu są... sami ludzie. W badaniach ankietowych przeprowadzanych w Poznaniu wielu respondentów wskazywało na dokuczliwość hałasu sąsiedzkiego<sup>11</sup>. Ów hałas też można określać szeroko: począwszy od dźwięków generowanych przez samych ludzi (krzyki, głośne rozmowy, śmiechy), aż do rozmaitych dźwięków będących następstwem używanych urządzeń – by wymienić choćby głośną muzykę, włączony głośno telewizor czy też wszelkie hałasy powstające w wyniku działań remontowych i budowlanych. Hałas wynikający z ludzkiej działalności bywa bardzo dokuczliwy. W Poznaniu, w bezpośrednim sąsiedztwie Starego Rynku, ograniczono możliwość nocnej sprzedaży alkoholu<sup>12</sup>, w wyniku konsultacji z mieszkańcami wprowadzono też określone godziny korzystania z przyrestauracyjnych ogródków<sup>13</sup>. Z kolei sąd w Łodzi zarządził odszkodowanie na rzecz mieszkańców uskarżających się na ustawiczne krzyki zawodników korzystających z pobliskiego boiska<sup>14</sup>.

Z działalnością ludzką wiąże się również duże imprezy plenerowe, takie jak koncerty czy też wydarzenia sportowe. Nagłośnienie koncertu na wolnym powietrzu wymaga często wygenerowania dużej mocy akustycznej co skutkuje rozchodzeniem się dźwięku daleko poza obszar publiczności. W wyniku zjawiska załamywania się fali akustycznej często taki koncert może być słyszalny nawet z kilku kilometrów. W polskim prawie nie ma

10. Miedema & Oudshoorn, 2001.

11. Felcyn, Preis, Kokowski, & Gałuszka, 2018.

12. <http://bip.poznan.pl/bip/uchwaly/uchwala-nr-lxvi-1213-vii-2018-z-dnia-2018-05-08,75438/>. Dostęp: 20.04.2019.

13. [https://epoznan.pl/news-news-65065-Ogrodki\\_na\\_Starym\\_Rynku\\_beda\\_otwarte\\_do\\_polnocy.\\_W\\_weekend\\_nieco\\_dluzej](https://epoznan.pl/news-news-65065-Ogrodki_na_Starym_Rynku_beda_otwarte_do_polnocy._W_weekend_nieco_dluzej). Dostęp: 20.04.2019.

14. <https://prawo.money.pl/aktualnosci/wiadomosci/arttykul/zadoscuczynienie-sad-rekompensata-halas,66,0,2371906.html>. Dostęp: 20.04.2019.

jednak uregulowanej kwestii dopuszczalnego poziomu dźwięku na tego typu imprezach. Podobnie rzecz się ma na przykład z wydarzeniami sportowymi. W tym przypadku mieszkańcy uskarżają się czasem nie tylko na hałas niosący się od stadionu (a związany najczęściej z głośnym dopingiem kibiców), ale również wibracje. Wskutek skarg okolice stadionu Lecha Poznań były swego czasu monitorowane przy użyciu... sejsmografu<sup>15</sup>.

Z działalnością ludzką wiążą się też wszystkie dźwięki powstające w wyniku działalności usługowej i komunalnej. Wśród pojawiających się w zgłoszeniach mieszkańców rodzajów hałasu zdarzają się doniesienia dotyczące na przykład dostaw do sklepów. Większość towarów trafia do punktów usługowych wczesnym rankiem (kiedy niektórzy z mieszkańców jeszcze śpią) a rozładowywanie towarów oraz ich przewożenie do sklepu najczęściej nie jest działaniem cichym. Podobne zarzuty pojawiają się również wobec śmieciarek – opróżnianie kubłów na śmieci oraz ich transport po nierównym chodniku także generuje hałas.

Hałas generowany jest przez pojazdy uprzywilejowane. Poza hałasem związanym z samym samochodem, wynika to oczywiście z posiadania przez nie sygnałów dźwiękowych, które celowo zostały tak stworzone, aby były słyszalne z daleka i przyciągały uwagę. Dźwięki generowane przez syreny są wysokie, często modulowane (a więc ich wysokość zmienia się, skokowo bądź płynnie) co powoduje, że słuch ludzki nie jest w stanie się do nich łatwo zaadaptować. Mieszkańcy miast w Polsce wielokrotnie podnosili problem używania przez pojazdy uprzywilejowane sygnałów dźwiękowych późną nocą, kiedy ulice są puste a większość ludzi śpi. Wydaje się, że w takiej sytuacji wystarczy użycie jedynie sygnałów świetlnych. Kwestia ta jest regulowana przez artykuł 53 Prawa o Ruchu Drogowym, w którym czytamy między innymi, że „Kierujący pojazdem uprzywilejowanym może, pod warunkiem zachowania szczególnej ostrożności, nie stosować się do przepisów o ruchu pojazdów, zatrzymaniu i postoju oraz do znaków i sygnałów drogowych tylko w razie, gdy: (...) pojazd wysyła jednocześnie sygnały świetlne i dźwiękowe; po zatrzymaniu pojazdu nie wymaga się używania sygnału dźwiękowego”. Zatem zgodnie z polskim prawem, wymagane jest używanie obu sygnałów jednocześnie o ile pojazd się nie zatrzymał.

Wśród innych źródeł hałasu można jeszcze wymienić wszelkiego rodzaju działalność przemysłową. Hałas przemysłowy często bywa wyjątkowo uciążliwy ze względu na swoją specyficzną naturę – bywają to dźwięki 'nieprzyjemne', o charakterze impulsowym (uderzenia, trzaski). Wyjątkowo specyficznym źródłem

są farmy turbin wiatrowych – jest to źródło stosunkowo nowe, które emituje bardzo charakterystyczny hałas. W dalszych odległościach od turbin pojawia się niskoczęstotliwościowy, głuchy dźwięk, którego amplituda (głośność) periodycznie się zmienia. Ten mechanizm powoduje, że hałas turbin wiatrowych uznawany jest za wyjątkowo dokuczliwy<sup>16</sup> i w niektórych państwach wprowadzono już prawo ukierunkowane na ten konkretny rodzaj hałasu<sup>17</sup>. Wypada również wspomnieć o hałasie pochodzącym z placów budowy. Tego typu dźwięki także mogą skutecznie zakłócić spokój okolicznych mieszkańców, zwłaszcza jeśli prace są prowadzone także w nocy.

Wymienione w tym artykule źródła hałasu nie stanowią oczywiście zamkniętego zbioru. Warto jeszcze wspomnieć, że powszechny i ciągły hałas jest regulowany odpowiednimi normami określonymi przez ministra środowiska (normy odnoszą się do przedziałów 24-godzinnych bądź rocznych). W przypadku źródeł okazjonalnych, nie występujących jednostajnie, ewentualne działania prawne są zwykle podejmowane na podstawie zakłócania ciszy nocnej oraz zakłócania porządku i prawa do spokoju. Wyroki sądów z ostatnich lat wskazują, że w sytuacji narażenia na uporczywy hałas coraz częściej zapadają wyroki na korzyść pokrzywdzonych<sup>18</sup>.

15. <https://www.rp.pl/artykul/559554-Lech-Poznan--Sejsmograf-bada-drgania-przy-stadionie.html>. Dostęp: 20.04.2019.

16. Janssen, Vos, Eisses, & Pedersen, 2011.

17. Jakobsen, 2012.

18. <https://prawo.money.pl/aktualnosci/wiadomosci/artykul/zadoscuczynienie-sad-rekompensata-halas,66,0,2371906.html>. Dostęp: 20.04.2019.

## Bibliografia

- [1] Campello-Vicente, H., Peral-Orts, R., Campillo-Davo, N., & Velasco-Sanchez, E. (2017). The effect of electric vehicles on urban noise maps. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.09.018>.
- [2] Camusso, C., & Pronello, C. (2016). A study of relationships between traffic noise and annoyance for different urban site typologies. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 44(44), 122–133. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.02.007>.
- [3] European Environment Agency. (2017). Managing exposure to noise in Europe. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/publications/managing-exposure-to-noise-in-europe>.
- [4] Felcyn, J., Preis, A., Kokowski, P., & Gałuszka, M. (2018). A comparison of noise mapping data and people's assessment of annoyance: How can noise action plans be improved? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 63, 72–120. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2018.04.019>.
- [5] Jakobsen, J. (2012). Danish Regulation of Low Frequency Noise from Wind Turbines. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 31(4), 239–246. <https://doi.org/10.1260/0263-0923.31.4.239>.
- [6] Janssen, S. A., Vos, H., Eisses, A. R., & Pedersen, E. (2011). A comparison between exposure-response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 130(6), 3746–3753. Retrieved from <http://scitation.aip.org/content/asa/journal/jasa/130/6/10.1121/1.3653984>.
- [7] Jerson, T., Ögren, M., Öhrström, E., & Gunnarsson, A. G. (2012). How Does Noise Annoyance Relate to Traffic Intensity? In T. Maeda, P.-E. Gautier, C. E. Hanson, B. Hemsworth, J. T. Nelson, B. Schulte-Werning, ... P. de Vos (Eds.), *Noise and Vibration Mitigation for Rail Transportation Systems: Proceedings of the 10th International Workshop on RailwayNoise*, Nagahama, Japan, 18–22 October 2010 (pp. 323–328). Tokyo: Springer Japan. [https://doi.org/10.1007/978-4-431-53927-8\\_38](https://doi.org/10.1007/978-4-431-53927-8_38).
- [8] Lam, K.-C., Chan, P.-K., Chan, T.-C., Au, W.-H., & Hui, W.-C. (2009). Annoyance response to mixed transportation noise in Hong Kong. *Applied Acoustics*, 70(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2008.02.005>.
- [9] Miedema, H. M., & Oudshoorn, C. G. (2001). Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives*, 109(4), 409. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1240282/>.
- [10] Sato, T., Yano, T., & Morihara, T. (2004). Community Response to Noise from Shinkansen in Comparison with Ordinary Railways: A Survey in Kyushu, Japan. In *ICA 2004* (pp. 2865–2868). Retrieved from [file:///C:/Users/Jachu/Documents/IA/conference proceedings/ICA-2004/pdf/Th4.X1.3.pdf](file:///C:/Users/Jachu/Documents/IA/conference%20proceedings/ICA-2004/pdf/Th4.X1.3.pdf).
- [11] Trollé, A., Marquis-Favre, C., & Klein, A. (2014). Short-Term Annoyance Due to Tramway Noise: Determination of an Acoustical Indicator of Annoyance Via Multilevel Regression Analysis. *Acta Acustica United with Acustica*, 100(1), 34–45. <https://doi.org/10.3813/AAA.918684>.
- [12] Yano, T., Morihara, T., & Sato, T. (2005). Community response to Shinkansen noise and vibration: a survey in areas along the Sanyo Shinkansen Line. In *Forum Acusticum* (pp. 1837–1841). Retrieved from <http://webistem.com/acoustics2008/acoustics2008/cd1/data/fa2005-budapest/paper/353-0.pdf>.

## 2. Metody ograniczenia hałasu komunikacyjnego

Jan Felcyn – Instytut Akustyki, Wydział Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Badania nad wpływem hałasu na ludzi trwają już prawie sto lat. Temat ten na dobre zagościł w literaturze mniej więcej na początku lat 60. XX wieku kiedy zaczęły pojawiać się prace dotyczące zarówno hałasu wokół lotnisk, jak i w największych metropoliach. Pod koniec lat 70. Theodore Schultz<sup>19</sup> wskazał jak zmienia się reakcja ludzi na hałas w zależności od jego rosnącego poziomu. Relacja ta została zaprezentowana tzw. krzywą dose-response, uzależniła zatem „odpowiedź” od „dawki” hałasu. Odpowiedź została przedstawiona w wartościach procentowych dotyczących ludzi, którzy twierdzili, że hałas o danym poziomie jest skrajnie dokuczliwy. Im poziom dźwięku większy, tym również większy procent ludzi raportujący jego skrajną dokuczliwość.

Schultz swoją krzywą wykreślił dla wszystkich rodzajów hałasu łącznie (zatem potraktował tak samo hałas drogowy i lotniczy). Późniejsze prace wykazały jednak, że różne typy hałasu inaczej wpływają na percepcję dokuczliwości u ludzi. Najmniej dokuczliwy okazał się hałas kolejowy, następnie drogowy a najgorszy – hałas lotniczy.

W roku 2002 Unia Europejska uchwaliła dyrektywę „Environmental Noise Directive”, nazywaną w skrócie END<sup>20</sup>. Jej publikacja spowodowana była rosnącą liczbą prac o wpływie hałasu na organizm człowieka. Dyrektywa ta nakłada na państwa członkowskie następujące obowiązki związane z zarządzaniem hałasem:

- Minimum co pięć lat dla każdego miasta powyżej 100 tys. mieszkańców, głównych szlaków kolejowych i drogowych oraz portów lotniczych należy wykreślać tzw. mapy akustyczne, tj. mapy terenu pokazujące poziomy hałasu emitowane przez poszczególne źródła,
- W przypadku przekroczeń dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku należy przedstawić tzw. plan naprawczy. Jest to zbiór działań, które trzeba podjąć aby hałas ograniczyć do dopuszczalnych wartości,
- Należy zadbać o tzw. ciche strefy, tj. miejsca, w których hałas powinien być ograniczony do minimum i wdrażać

działania, które pozwolą zachować takie tereny nienaruszone przez hałas, zwłaszcza na terenach miejskich.

Warto przy tym zaznaczyć, że mapy akustyczne oraz plany naprawcze obligatoryjnie muszą być dostępne publicznie do wglądu dla każdego obywatela. Wraz z wejściem do Unii Europejskiej Polski, również w naszym kraju zaczęto tworzyć mapy akustyczne oraz wdrażać plany naprawcze – które czasem są nazywane programami ochrony środowiska przed hałasem.

### 2.1. Dopuszczalne poziomy hałasu. Polskie normy i zalecenia WHO

Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku reguluje rozporządzenie ministra środowiska. Ostatnia zmiana w wartościach miała miejsce w roku 2012 (tekst jednolity ogłoszono w roku 2013, Dz.U. 2014 poz. 112). Warto w tym miejscu wspomnieć o dwóch rzeczach. Rozporządzenie reguluje dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku przy użyciu dwóch różnych wskaźników:

- Wskaźnika dobowego, dziennego oraz nocnego. Te wskaźniki są używane do bieżącej kontroli środowiska – a więc np. do interwencyjnych (tj. wskutek skargi mieszkańca) pomiarów kontrolnych i odniesieniu ich wyników do wskazanych w rozporządzeniu norm,
- Wskaźnika rocznego, który dzieli się na dwa rodzaje: średnioroczny dziennie-wieczornonocny poziom dźwięku oraz średnioroczny poziom nocny. Oznacza to, że pomiar hałasu odbywa się całodobowo w sposób ciągły przez cały rok i następnie, stosując odpowiednie równania, oblicza się jedną wartość charakteryzującą cały rok. Te wskaźniki służą do długofalowych działań zarządzania hałasem – a więc m.in. do tworzenia wspomnianych map akustycznych czy też planów naprawczych.

19. Schultz, 1978.

20. European Union, 2002.



Oba rodzaje wskaźników są zdefiniowane dla różnych typów zabudowy. Wg rozporządzenia „najgłośniejsz” może być na „terenach śródmiejskich miast powyżej 100 tys. mieszkańców”. Najniższe poziomy hałasu są zaś ustanowione dla stref uzdrowskich oraz pozamiejskich szpitali. Każde miasto, które podlega tworzeniu mapy akustycznej, składa się z wielu różnych stref – oznacza to, że inne normy będą obowiązywały np. w ścisłym centrum miasta a inne w dzielnicach sypialnych (zabudowa wielorodzinna) czy na terenach zabudowy jednorodzinnej.

Wypada jeszcze wspomnieć, że dopuszczalne poziomy hałasu są określone dla czterech grup źródeł. Najważniejsza grupa to hałas drogowy i szynowy (potraktowane łącznie). Druga grupa to starty, lądowania i przeloty statków powietrznych, trzecia grupa – linie elektroenergetyczne a czwarta – wszystkie inne źródła hałasu. Obowiązujący w Polsce podział źródeł hałasu nie jest zgodny z powszechnie obowiązującym w Europie – gdzie np. odróżnia się hałas drogowy od szynowego, a jako dodatkowe źródło hałasu wspomina się turbiny wiatrowe. W polskim rozporządzeniu hałas turbin wiatrowych należy do kategorii „inne”, do której zalicza się też hałas przemysłowy.

Normy hałasu są definiowane suwerennie przez lokalne rządy państw członkowskich UE. Oznacza to, że polskie normy mogą – i rzeczywiście różnią się – od norm innych państw. We wspomnianym roku 2012 polskie normy zostały podwyższone, co oznacza, że od tego czasu hałas może być „nieco głośniejszy” niż miało to miejsce wcześniej. Polskie normy są uważane za mocno tolerancyjne – w większości państw dopuszczalne poziomy są niższe. Aby zilustrować rozdźwięk pomiędzy polskim prawodawstwem a europejskimi zaleceniami posłużę się dwoma przykładami.

Wspomniano już w poprzednim artykule, że Europejska Agencja Środowiska traktuje poziomy hałas powyżej 55 dBA jako ten, który może wywoływać niepożądany wpływ na organizm ludzki. Tymczasem w Polsce dopuszczalny średnioroczny dziennie-wieczorno-nocny poziom hałasu obserwowany w strefie śródmiejskiej dużych miast wynosi 70 dBA. Jest to różnica 15 dB! Pamiętajając, że skala ta jest logarytmiczna, różnica jest ogromna.

Inną organizacją, która bada wpływ hałasu na ludzi jest Światowa Organizacja Zdrowia (WHO). Pod koniec ubiegłego roku WHO opublikowało kolejny raport dotyczący hałasu wraz z zaleceniami działań antyhałasowych oraz wartości dopuszczalnych poziomów hałasu<sup>21</sup>. Zalecane przez WHO wartości dopuszczalne zestawiono w Tabeli 1 z wartościami pochodzącymi z polskiego prawodawstwa.

Jak widać z tabeli nr 1, największy rozdźwięk między polskimi normami a zaleceniami WHO występuje dla hałasu drogowego w ciągu nocy – polskie normy dopuszczają hałas o 20 dB większy niż wynika to z dokumentu WHO! Warto w tym miejscu nadmienić, że różnica 10 dB jest interpretowana przez ludzi jako wrażenie podwojenia głośności. Oznacza to, że gdyby polskie normy zostały zrównane z zaleceniami WHO, to mielibyśmy wrażenie, że jest cztery razy ciszej niż było dotychczas.

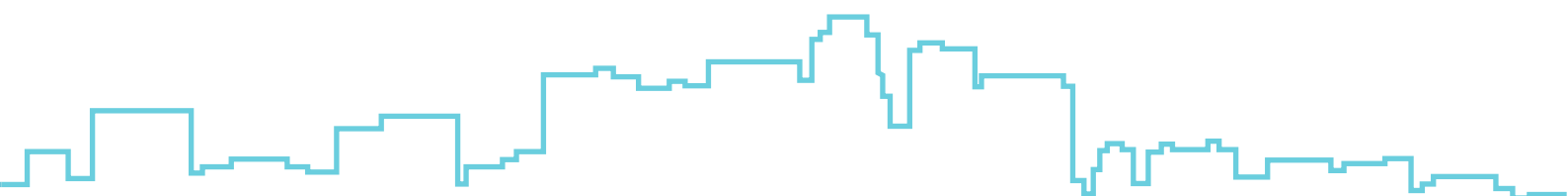
Zalecenia WHO najpewniej znajdą przełożenie na zalecenia Unii Europejskiej. Wydaje się jednak, że na razie nie ma planów zrównania norm hałasu dla wszystkich państw członkowskich. Gdyby tak się jednak stało, to należy liczyć się z tym, że polskie normy będą musiały być w znaczący sposób obniżone, co pociągnie za sobą konieczność wdrożenia ogromnych sił i środków na radykalne ograniczenie hałasu obserwowanego w środowisku.

**Tabela 1. Porównanie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku wg polskiego prawodawstwa z zaleceniami WHO.**

Źródło	Polskie normy (2013)		Zalecenia WHO (2018)	
	doła	noc	doła	noc
Ruch drogowy	70 dBA	65 dBA	53 dBA	45 dBA
Kolej	70 dBA	65 dBA	54 dBA	44 dBA
Lotnictwo	60 dBA	50 dBA	45 dBA	40 dBA

Przez oznaczenie „doła” należy rozumieć średnioroczny, dziennie-wieczorno-nocny poziom dźwięku; „noc” to średnioroczny nocny poziom dźwięku. Dla norm polskich wzięto pod uwagę najwyższe dopuszczalne wartości, tj. „strefę śródmiejską miast powyżej 100 tys. mieszkańców”.

21. World Health Organization, 2018.



Tak czy inaczej, już teraz tam, gdzie normy są przekroczone, wdraża się konkretne działania redukujące hałas. Przyjrzyjmy się im zatem bliżej.

## 2.2. Sposoby redukcji hałasu

Działania związane z ograniczaniem hałasu można w uproszczeniu podzielić na dwie główne kategorie:

- Redukcja hałasu u źródła. Ten zabieg polega na ograniczaniu energii akustycznej emitowanej przez samo źródło. W tym miejscu znajdują się wszelkie usprawnienia technologiczne i konstrukcyjne a także usprawnienia infrastruktury, po której poruszają się źródła hałasu,
- Redukcja na drodze propagacji. Wśród tych działań do rangi symbolu urosły już oczywiście ekrany akustyczne. Ale w tej grupie znajdują się również wały ziemne, „zielone ściany” z roślinności, podwójne okna czy nawet aktywne systemy redukcji hałasu.

Omówienie metod redukowania hałasu rozpoczniemy od pierwszej wspomnianej kategorii. Najwięcej rozwiązań można wyróżnić dla transportu drogowego, ponieważ to on jest najpowszechniejszym źródłem hałasu.

### 2.2.1. Redukcja hałasu u jego źródła

Najskuteczniejszą i najprostszą metodą jest ograniczanie prędkości oraz natężenia (liczby) aut. Freitas, Mendonça, Santos, Murteira, & Ferreira w roku 2012 pokazali, że dokuczliwość hałasu rośnie wraz ze wzrostem prędkości w sposób liniowy. Z kolei w Programie Ochrony Środowiska przed Hałasem dla miasta Poznania (POŚpH) 2018<sup>22</sup> wskazano, że przy redukcji prędkości pojazdów lekkich (głównie samochody osobowe) z 60 do 30 km/h można osiągnąć redukcję hałasu rzędu 5 dB a przy zmianie z 50 na 30 km/h – niecałe 4 dB.

W tym kontekście warto również wspomnieć, że Unia Europejska już kilka razy domagała się od Polski ujednolicenia dopuszczalnej prędkości na terenie zabudowanym zarówno w dzień jak i w nocy<sup>23</sup>. Polskie prawo w ciągu dnia dopuszcza 50 km/h zaś w nocy (w godzinach 23-5) – 60 km/h. Jesteśmy

jedynym państwem UE, gdzie takie rozgraniczenie występuje. Zgodnie z danymi ze wspomnianego POŚpH 2018 redukcja prędkości z 60 na 50 km/h już na wstępie daje redukcję hałasu o ok. 1,5 dB.

Polskim problemem jest też powszechne przekraczanie dozwolonych prędkości. Rzeczywiste średnie prędkości osiągane na miejskich trasach wielopasmowych są najczęściej znacznie wyższe, niż wynika to z oznakowania i polskiego Prawa o ruchu drogowym<sup>24</sup>. Powoduje to powstawanie rozdzźwięku między rzeczywistością a teorią. Tym samym należy podkreślić, że ograniczenie hałasu następuje wyłącznie w wyniku rzeczywistego ograniczenia prędkości aut a nie jedynie wskutek wprowadzenia nowego oznakowania na danym odcinku drogi.

Z tego też powodu wprowadza się wiele innych rozwiązań mających na celu ograniczenie prędkości przejazdu samochodów. Wśród nich można wymienić między innymi:

- Ograniczanie prędkości przez zwężanie pasów ruchu a także ich esowanie,
- Stosowanie tzw. progów zwalniających, wyniesionych przejść dla pieszych czy też tzw. poduszek berlińskich – a więc progów, które łatwo może minąć autobus miejski, jednak auto osobowe musi na nim zwolnić,
- Wprowadzanie stref ograniczonej prędkości, np. Tempo 30 w Poznaniu<sup>25</sup>,
- Przeznaczanie jednego z pasów ruchu na parking, zwłaszcza w porze nocnej – czasowe ograniczanie liczby pasów ruchu,
- Zastępowanie skrzyżowań z sygnalizacją skrzyżowaniami równorzędnymi – gdzie konieczne staje się zwolnienie i uważanie na innych uczestników ruchu; zastępowanie skrzyżowań rondami celem upłynnienia ruchu.

Obok rozwiązań skoncentrowanych na ograniczaniu prędkości stosuje się również rozwiązania ograniczające samo natężenie ruchu drogowego:

- Wprowadzanie stref tzw. czystego transportu, gdzie prawo wjazdu mają tylko pojazdy spełniające określone normy. Pierwsza taka strefa w Polsce obowiązuje od 5 stycznia tego roku na krakowskim Kazimierzu<sup>26</sup>,
- Czasowe zamykanie niektórych ulic, na przykład w pobliżu szkół – o czym ostatnio dużo się mówiło w kontekście wypowiedzi prezydenta Poznania<sup>27</sup>,

22. (AkustiX sp. z o. o. & LEMITOR ochrona środowiska sp. z o. o., 2018 <http://www.poznan.pl/mim/wos/program-2018,p,11105,43243.html>).

23. <https://gazetawroclawska.pl/unia-chce-nowych-ograniczen-predkosci-w-polsce/ar/12727666>. Dostęp: 20.04.2019.

24. <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/warszawa-miasto-ktore-gna-na-zlamanie-karku-60165.html>. Dostęp: 20.04.2019.

25. <http://www.poznan.pl/mim/main/,-,p,35473,35902.html>. Dostęp: 20.04.2019.

26. [http://krakow.pl/aktualnosci/226354,1912,komunikat,od\\_5\\_stycznia\\_strefa\\_czystego\\_transportu\\_na\\_kazimierzu.html](http://krakow.pl/aktualnosci/226354,1912,komunikat,od_5_stycznia_strefa_czystego_transportu_na_kazimierzu.html). Dostęp: 20.04.2019.

27. [https://wtk.pl/news/43891-prezydentowi-poznania-podoba-si-pomys-ograniczenia-mo-liwo-ci-odwo-enia-dzieci-do-szk-samochodem?src=epoznan\\_box](https://wtk.pl/news/43891-prezydentowi-poznania-podoba-si-pomys-ograniczenia-mo-liwo-ci-odwo-enia-dzieci-do-szk-samochodem?src=epoznan_box).



- Wprowadzanie ograniczeń w ruchu pojazdów ciężkich na terenie miasta, kierowanie ich na obwodnice oraz trasy leżące poza ścisłym centrum miasta,
- Prowadzenie polityki zrównoważonego transportu przez zachęcanie mieszkańców do korzystania z komunikacji miejskiej, rowerów, innych osobistych środków transportu (najczęściej elektrycznych, takich jak hulajnogi, deskorolki czy też pojedyncze koła, tzw. onewheel); promowanie idei korzystania z aut współdzielonych (carsharing) czy też wspólnych dojazdów jednym autem (carpooling). Warto jednak pamiętać, że sama promocja nie wystarcza, jeśli nie idą za tym konkretne ułatwienia infrastrukturalne (wprowadzanie buspasów, budowa bezpiecznych tras rowerowych, przystanki z ułatwieniami dla osób z trudnościami w poruszaniu się) i taborowe (modernizacja floty tramwajów i autobusów, stosowanie pojazdów niskopodłogowych).

Na końcu wspomnieć jeszcze należy o rozwiązaniach dotyczących stosowanego materiału na drodze oraz w oponach. Aby ograniczać hałas toczenia, będący (powyżej pewnej prędkości) głównym źródłem hałasu drogowego, wprowadzono tzw. ciche opony oraz ciche nawierzchnie. W obu przypadkach chodzi o takie ukształtowanie powierzchni (bieżnika opony bądź warstwy asfaltu) aby ograniczyć emisję dźwięku.

Ciche nawierzchnie dzielą się na kilka typów, jednak największą skuteczność mają te, które są nawierzchniami porowatymi. Kształt i głębokość porów jest tak dobrana, aby maksymalnie zredukować hałas emitowany do środowiska. Ciche nawierzchnie dają redukcję hałasu rzędu nawet kilku decybeli. Ich wadą jest jednak konieczność dokładnego czyszczenia – kiedy pory w nawierzchni zostaną zatkane nagromadzonym na powierzchni brudem, ich działanie jest praktycznie pomijalne. Warto również pamiętać, że takie nawierzchnie sprawdzają się przede wszystkim na drogach o wysokich średnich prędkościach, gdyż wówczas redukcja hałasu jest największa.

W ostatnim czasie modny staje się również temat elektromobilności.auta elektryczne mają znacznie cichszy napęd w porównaniu do aut konwencjonalnych i pod tym względem mogą przyczynić się do redukcji hałasu, zwłaszcza przy niskich prędkościach. Z drugiej zaś strony pojawiają się głosy, że takie pojazdy bywają momentami prawie niesłyszalne, co może stanowić zagrożenie dla pieszych, zwłaszcza słabo widzących i niewidomych. Jednak udział aut elektrycznych wśród polskich samochodów nadal jest marginalny i trudno na razie oszacować, czy ten problem w ogóle występuje.

Redukcja hałasu może być zastosowana również w odniesieniu do hałasu szynowego. Ów hałas w dużej mierze zależy od budowy torowiska oraz jego bieżącego utrzymania. Należy

dążyć do ograniczania drgań powstających w czasie przejazdu pojazdu (w mieście najczęściej tramwaju). Można to robić przez stosowanie elastycznych sposobów mocowania szyn do podkładów a także używanie mat antywibracyjnych podkładanych w odpowiedni sposób pod torowisko. Same szyny, zwłaszcza na odcinkach gdzie bieżą one po jezdni, mogą być również obudowane odpowiednią gumą, która ogranicza przenoszenie drgań.

Oczywiście głównym źródłem hałasu szynowego pozostaje hałas toczenia. Jego emisja najczęściej związana jest z nierównościami powstałymi zarówno na powierzchni koła, jak i szyn. Szyny ulegają stopniowej degradacji nie tylko ze względu na ścieranie się ich powierzchni, ale również w wyniku obciążeń na nie działających – co może prowadzić do zaburzenia linowości szyn (torowisko staje się „pofalowane”). Wpływ na szyny ma również stosowany w tramwajach mechanizm hamowania – znane choćby z tramwajów typu 105N duże klocki hamulcowe zawieszane między kołami wózków jezdnych prowadzą do ścierania się torowiska. Pod tym względem dużo lepsze są stosowane we współczesnych tramwajach hamulce tarczowe – generują one również mniejsze hałas w porównaniu do swoich klockowych odpowiedników<sup>28</sup>.

Ważną rolę w ograniczaniu hałasu szynowego ma sposób łączenia główek szyn. W sytuacji kiedy jedna szyna zachodzi na drugą mogą powstawać nierówności na ich styku co prowadzi do emitowania charakterystycznego stukotu na takim łączeniu. Z tego też powodu zaleca się stosowanie bezстыkowego łączenia szyn.

Przy omówieniu różnych źródeł hałasu komunikacyjnego wspomniano też o charakterystycznych piskach, które mogą powstawać na zakrętach torowisk w wyniku tarcia kół o szyny. Dlatego też zaleca się, o ile to możliwe, stosowanie łagodnych promieni skrętu oraz użycie smarownic.

Hałas szynowy zależy przede wszystkim od odpowiedniego stanu technicznego zarówno torowiska, jak i pojazdów. Dlatego należy dbać o konserwację torowisk i dokonywać bieżących napraw, nie pozwalając na zbyt daleko idącą jego degradację. Do równania powierzchni szyn stosuje się specjalne szlifierki. Niestety, ich użycie bywa kosztowne, w dodatku część polskich miast nie dysponuje własnymi tego typu maszynami, co powoduje, że takie szlifowanie odbywa się rzadziej, niż wymagałyby tego bieżące potrzeby konserwacyjne.

Na koniec jeszcze parę słów o redukcji hałasu lotniczego. Ruch statków powietrznych podlega szeregowi regulacji prawnych, zatem również ograniczanie hałasu musi iść w parze z odpowiednimi zapisami. Przede wszystkim dąży się do tego, aby

28. AkustiX sp. z o. o. & LEMITOR ochrona środowiska sp. z o. o., 2018.

zminimalizować hałas emitowany w czasie startów i lądowań. Ponieważ start wymaga stosowania dużego ciągu w silnikach, najczęściej samolot jak najszybciej wznosi się na docelową wysokość. Z drugiej strony, w czasie lądowania silniki są ustawiane na minimalny bezpieczny ciąg aby hałas przez nie emitowany miał jak najniższe poziomy.

Przez lata udało się również zastosować szereg zmian konstrukcyjnych, zwłaszcza w obrębie silników, które znacząco zredukowały hałas generowany przez samoloty. Dąży się przede wszystkim do ograniczenia prędkości obrotu turbin oraz zmniejszenia prędkości zarówno zasysania powietrza do komory spalania, jak i wyrzutu spalin z silnika<sup>29</sup>.

Ograniczanie hałasu lotniczego opiera się również na odpowiednim prowadzeniu kalendarza startów i lądowań. Ogranicza się liczbę prowadzonych operacji lotniczych – zwłaszcza w ciągu nocy. Przykładowo, od 25 marca 2018 roku całkowity zakaz prowadzenia operacji lotniczych w ciągu nocy obowiązuje na lotnisku im. Fryderyka Chopina w Warszawie<sup>30</sup>. Dodatkowo dąży się do obsługiwaniania przewoźników z nowoczesną flotą – ogranicza się używanie wyeksploatowanych a, co za tym idzie, głośnych samolotów.

Na koniec niniejszej sekcji warto jeszcze wspomnieć o ograniczeniach hałasu u źródła wynikających wprost z podjętych uchwał czy aktów prawnych. Wspomniano już wcześniej, że tego typu ograniczenia, wiążące się na przykład z ustaleniem godzin działania ogródków w kawiarniach i restauracjach, mogą być podejmowane przez lokalne samorządy.

## 2.2.2. Redukcja hałasu na drodze propagacji

Druga grupa rozwiązań ograniczających poziomy hałas w środowisku wiąże się z stosowaniem wszelkich rozwiązań, które utrudnią dotarcie fal akustycznych emitowanych przez źródło do potencjalnego odbiorcy. Jest to tzw. ograniczanie emisji hałasu, a więc tego hałasu, który dociera do punktu obserwacji.

Tego typu redukcja odbywa się przez postawienie przeszkody na drodze, którą pokonuje dźwięk między źródłem a odbiorcą. Najślynniejszym przykładem takiego rozwiązania są oczywiście tzw. ekrany akustyczne – a więc fizyczne przeszkody o wysokości kilku, czasem nawet kilkunastu metrów, ustawiane najczęściej wzdłuż ważnych szlaków komunikacyjnych (dróg bądź torowisk).

Ekrany akustyczne, ze względu na działanie, można podzielić na dwa typy: ekrany odbijające oraz ekrany pochłaniające. Te pierwsze są budowane z materiałów silnie odbijających dźwięk, m.in. ze szkła czy też betonu. Pamiętać należy, że w takiej sytuacji – o ile ekran będzie stał tylko z jednej strony ulicy – po drugiej stronie drogi hałas może być większy niż bez ekranu. Ekrany pochłaniające budowane są tak, aby ich większą powierzchnię zajmowały materiały silnie pochłaniające, najczęściej mocno porowate; może to być też odpowiednio zabezpieczona wełna mineralna. Możliwe jest oczywiście także rozwiązanie kombinowane, w którym część ekranu jest odbijająca a część pochłaniająca.

Skuteczność ekranu zależy przede wszystkim od jego wysokości i długości, odległości od źródła oraz od położenia strefy, którą ma przed hałasem chronić. Prawidłowo zastosowane ekrany pozwalają na znaczącą redukcję hałasu – jednak z drugiej strony nie brakuje głosów krytyki wymierzonych w ich estetykę. Mnogość zastosowanych ekranów dominuje w krajobrazie, ich zastosowanie dodatkowo mocno ogranicza widoczność poszczególnych budowli.

Osobnym typem ekranów akustycznych są ich niskie odpowiedniki, stosowane wzdłuż torowisk. Ponieważ hałas toczony powstaje bezpośrednio przy powierzchni torowiska, takie ekrany są skuteczne nawet przy niewielkiej wysokości, rzędu około metra. Co za tym idzie, ich ingerencja w krajobraz okolicy jest znacznie mniejsza niż w przypadku ekranów stosowanych wzdłuż głównych dróg.

Ekrany akustyczne nie są jednak jedynymi przeszkodami, które można stosować do ograniczania hałasu. Ich bardziej „naturalnym” odpowiednikiem są gabiony. Z gabionów również można zbudować przeszkodę działającą jak ekran akustyczny. Dodatkowo, buduje się je tak, aby docelowo gabiony były porośnięte roślinnością. Elementy zielone nie tylko czynią ekran bardziej przyjaznym w wizualnym odbiorze, ale również działają silnie rozpraszająco na dźwięk dobiegający do przeszkody.

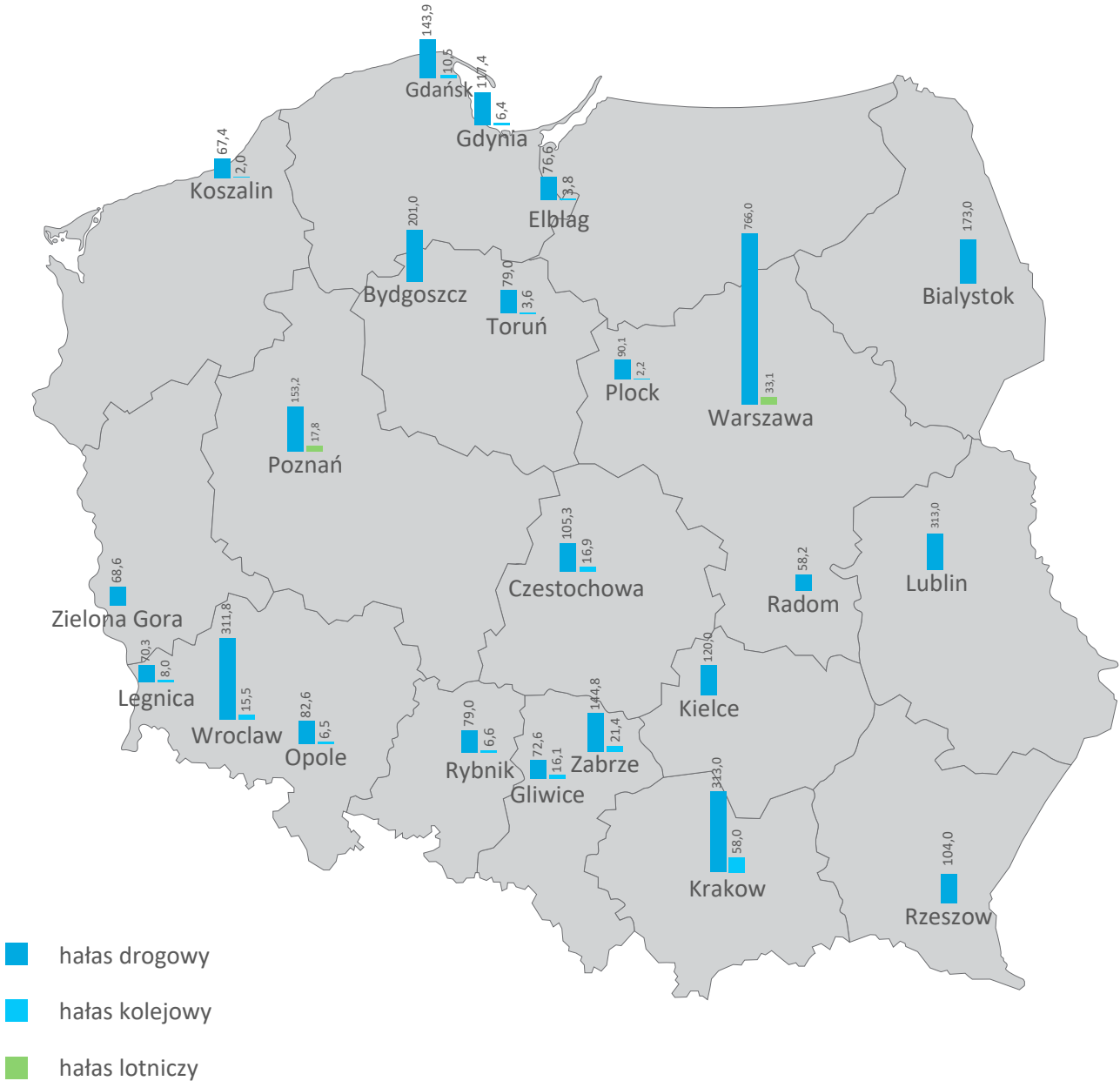
Kolejnym skutecznym, lecz zajmującym stosunkowo dużo miejsca rozwiązaniem, jest stosowanie wałów ziemnych. Usypane na odpowiednią wysokość również wydatnie redukują hałas. Takie rozwiązania spotyka się najczęściej wzdłuż obwodnic miast czy też niektórych torowisk. W Poznaniu wały ziemne izolują torowisko Poznańskiego Szybkiego Tramwaju od sąsiednich osiedli.

Najbardziej naturalnym sposobem redukcji hałasu (jednak o różnej skuteczności w zależności od zastosowanego rozwiązania) jest tworzenie tzw. „zielonych ścian”. Zielone ściany mogą polegać po prostu na dowieszeniu do ścian budynków

29. Śliwińska, 2018.

30. <https://www.radiozet.pl/Co-gdzie-kiedy-jak/Lotnisko-Chopina-cisza-nocna-w-jakich-godzinach-nie-polecimy>. Dostęp: 20.04.2019.

## Miasta w Polsce z największą populacją narażoną na negatywne oddziaływanie hałasu komunikacyjnego



\* pokazano dane jeśli udział populacji danego miasta narażonej na hałas z danego środka transportu przekraczał lub był równy 2%  
 Źródło: European Environment Agency (EEA)

czy murów specjalnych mat z drobną roślinnością. Ożywia to przestrzeń, powoduje również lepsze rozpraszanie dźwięku padającego na taką zieloną powierzchnię. W bardziej rozbudowanej formie zielone ściany mogą polegać na sadzeniu gęstego szpaleru krzewów czy też niskich drzew. Takie

rozwiązanie ma być zastosowane m.in. w Warszawie w okolicach ulicy Wawelskiej<sup>31</sup>.

Hałas można też redukować stosując odpowiednie elementy budowlane. Aby odizolować mieszkanie od zewnętrznych

31. <https://tvnwarszawa.tvn24.pl/informacje,news,dwukilometrowa-zielona-sciana-brma-odgrodzic-od-spalini-halasu,258276>.

źródeł hałasu instaluje się odpowiednio szczelne okna. Należy zadbać, aby dźwięk nie przedostawał się do wnętrza przez ewentualne szczeliny, np. przy progu drzwi balkonowych. W wyjątkowo głośnych miejscach można też stosować dodatkową szklaną elewację – najczęściej w formie przesuwnej, na zewnątrz okna. Wówczas, kiedy hałas jest duży, elewacja jest zasłaniana i otwierana gdy hałas się zmniejsza (np. w nocy).

Ostatni rozwój technologiczny sprawił również upowszechnienie się sposobów aktywnej redukcji hałasu. Stosuje się je np. w hotelach na lotniskach, w telefonach komórkowych czy też słuchawkach. Główna idea polega na tym, aby tak przetworzyć sygnał hałasu, by zminimalizować jego energię przy zachowaniu jak najwyższej jakości pożądanego sygnału (np. mowy w przypadku rozmowy przez telefon).

Najnowsze badania pokazują, że percepcja hałasu jest różna w zależności od typu hałasu a wpływ na nią ma również zmysł wzroku<sup>32</sup>. Źródła naturalne, takie jak szum morza, fontanny czy lasu, są dla ludzi znacznie mniej dokuczliwe niż źródła sztuczne – w tym komunikacyjne. Dodatkowo, jeśli krajobraz zawiera dużo elementów zielonych, potrafi on wpłynąć na obniżenie dokuczliwości słyszanego hałasu. Z tego też względu coraz częściej mówi się o konieczności nie tylko redukcji hałasu, ale również tworzenia zielonych przestrzeni i skwerów, które pośrednio wpływają na odbiór samego hałasu w okolicy. Ostatnie prace wskazują, że dźwięki wody mogą obniżyć dokuczliwość hałasu drogowego, dlatego postuluje się tworzenie miejskich fontann<sup>33</sup>. Silny jest również nurt wykorzystywania nowych technologii w procesie monitorowania poziomu hałasu w środowisku, zwłaszcza przy użyciu dedykowanych aplikacji na smartfony. Wciągnięcie do procesu oceny hałasu „statystycznego Polaka” powinno uwrażliwić go na otoczenie akustyczne okolicy i sprawić, że bardziej świadomie będzie korzystał z przestrzeni wokół siebie.

Warto pamiętać, że ostatecznie zdecydowana większość hałasu, który nam dokucza, jest wynikiem naszej, ludzkiej, działalności. Zatem to przede wszystkim od nas zależy czy hałas nadal będzie negatywnie wpływał na nasze zdrowie czy też w sposób świadomy zaczniemy go ograniczać. Jest coraz więcej dowodów na to, że smog i hałas wydatnie skracają nasze życie. Tylko od naszych wyborów zależy jak szybko ten trend uda nam się zahamować.

---

32. Preis, Hafke-Dys, Szychowska, Kocinski, & Felcyn, 2016.

33. Skoda, Steffens, & Becker-Schweitzer, 2014.

## Bibliografia

- [1] AkustiX sp. z o. o., & LEMITOR ochrona środowiska sp. z o. o. (2018). Program ochrony środowiska przed hałasem miasta Poznania 2018 - Środowisko - Poznan.pl. Retrieved March 3, 2019, from <http://www.poznan.pl/mim/wos/program-2018,p,11105,43243.html>.
- [2] Aspuru, I., García, I., Herranz, K., & Santander, A. (2016). CITI-SENSE: methods and tools for empowering citizens to observe acoustic comfort in outdoor public spaces. *Noise Mapping*, 3(1). <https://doi.org/10.1515/noise-2016-0003>.
- [3] European Union. (2002). DIRECTIVE 2002/49/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0049&from=en>.
- [4] Freitas, E., Mendonça, C., Santos, J. A., Murteira, C., & Ferreira, J. P. (2012). Traffic noise abatement: How different pavements, vehicle speeds and traffic densities affect annoyance levels. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 17(4), 321–326. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2012.02.001>.
- [5] Guillaume, G., Can, A., Petit, G., Fortin, N., Palominos, S., Gauvreau, B., ... Picaut, J. (2016). Noise mapping based on participative measurements. *Noise Mapping*, 3(1). <https://doi.org/10.1515/noise-2016-0011>.
- [6] Murphy, E., & King, E. A. (2016). Smartphone-based noise mapping: Integrating sound level meter app data into the strategic noise mapping process. *Science of The Total Environment*, 562(2016), 852–859. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.076>.
- [7] Preis, A., Hafke-Dys, H., Szychowska, M., Kocinski, J., & Felcyn, J. (2016). Audio-visual interaction of environmental noise. *Noise Control Engineering Journal*, 64(1), 34–43. <https://doi.org/10.3397/1/376357>.
- [8] Schultz, T. J. (1978). Synthesis of social surveys on noise annoyance. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 64(377). <https://doi.org/10.1121/1.382013>.
- [9] Skoda, S., Steffens, J., & Becker-Schweitzer, J. (2014). Road traffic noise annoyance in domestic environments can be reduced by water sounds. In 7th Forum Acusticum. Krakow. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/266970366\\_Road\\_traffic\\_noise\\_annoyance\\_in\\_domestic\\_environments\\_can\\_be\\_reduced\\_by\\_water\\_sounds](https://www.researchgate.net/publication/266970366_Road_traffic_noise_annoyance_in_domestic_environments_can_be_reduced_by_water_sounds).
- [10] Śliwińska, A. (2018). Sposoby ograniczenia hałasu emitowanego do środowiska przez transport lotniczy. *Budownictwo i Inżynieria Środowiska*, Vol. 9(2). Retrieved from <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-9a42aec1-48d9-4cb6-bf98-2643819b26da>.
- [11] World Health Organization. (2018). Environmental Noise Guidelines for the European Region (2018). World Health Organization.
- [12] Zuo, J., Xia, H., Liu, S., & Qiao, Y. (2016). Mapping Urban Environmental Noise Using Smartphones. *Sensors*, 16(10), 1692. <https://doi.org/10.3390/s16101692>.

### 3. Aspekty zdrowotne oddziaływania hałasu drogowego – wybrane zagadnienia

**dr inż. Radosław Kucharski** – Zakład Akustyki Środowiska, Instytut Ochrony Środowiska – PIB  
**mgr inż. Patrycja Chacińska** – Zakład Akustyki Środowiska, Instytut Ochrony Środowiska – PIB

Według rozpowszechnionej przez Światową Organizację Zdrowia (WHO, 1999) i chyba w pełni akceptowanej definicji „Zdrowiem nazywamy stan pełni dobrego samopoczucia w sferze:

- fizycznej,
- psychicznej (mentalnej),
- i społecznej,

a nie tylko brak konkretnego schorzenia, ułomności czy cierpienia.”

Z powyższą, ogólną definicją zdrowia<sup>34</sup> koresponduje dobrze jedna z definicji hałasu<sup>35</sup>, używana w Polsce, która stanowi, iż hałasem nazywany jest każdy dźwięk, który w danych warunkach jest szkodliwy dla zdrowia, powoduje uciążliwości lub jest po prostu nieakceptowany z różnych powodów.

Z uwagi na drugi z wymienionych w definicji aspektów zjawiska oddziaływania hałasu, w ramach którego podmiotem oceniającym jest człowiek z jego bogactwem zindywidualizowanych wrażeń i reakcji, poznanych niezbyt dokładnie, o różnorodnych wpływach hałasu na zdrowie odbiorcy można mówić głównie w kontekście zależności statystycznych (przede wszystkim ogólnych, obejmujących populację, a rzadziej – zindywidualizowanych, odnoszących się do jednostek). Przyjmuje się, że oddziaływanie hałasu na człowieka ma charakter niespecyficzny, a więc nie w każdym przypadku dany bodziec powoduje wystąpienie określonego, poznanego wcześniej efektu.

Jak wynika z raportu WHO[3], co najmniej 100-130 milionów ludzi jest narażonych na hałas drogowy. Przeprowadzone badania pokazały silny związek między niektórymi problemami zdrowotnymi a hałasem drogowym.

Grupa Robocza opracowująca wytyczne WHO[3,] zwana dalej GDP, określiła wzorcowe poziomy hałasu mówiące o tym, że poziom hałasu powyżej poziomu uznanego za rekomendowany

powoduje potwierdzone niekorzystne efekty zdrowotne. Identyfikacja konkretnej rekomendowanej wartości poziomu hałasu sprowadza się do pięciu kroków, opisanych szczegółowo w raporcie WHO[3]. Główne kryteria zdrowotne, które zostały wzięte pod uwagę przy wyznaczaniu poziomu wzorcowego to: zachorowalność na niedokrwiennosc serca (ang. IHD), zachorowalność na nadciśnienie, powszechne występowanie silnych dokuczliwości związanych z hałasem, trwałe osłabienie słuchu, umiejętności czytania i zrozumiałość mowy wśród dzieci, a także najbardziej powszechne do tej pory uwzględniane oddziaływania, powodujące:

- uciążliwość hałasu, związaną głównie z porą dzienną.
- zakłócenia snu (oceny obiektywne, jak też subiektywne).

Podkreślić należy, że w ostatnich 15-20 latach dokonał się znaczny postęp w omawianej dziedzinie, a opracowane zależności statystyczne są na tyle jednoznaczne, że stworzono mniej lub bardziej praktyczne modele pozwalające na dokonanie oceny skutków oddziaływania hałasu na człowieka wyrażane przy użyciu różnych wskaźników[2][3], a w konsekwencji – także w jednostkach monetarnych.

Zagadnieniom zakłócenia snu na skutek hałasu poświęcono szczególną uwagę na przełomie wieków. Podsumowując szereg badań stwierdzono[2], że sen jest biologiczną potrzebą człowieka i jego zakłócenia wiążą się z szeregiem niekorzystnych wpływów na zdrowie. I tak:

- Zarejestrowano niewątpliwe, biologiczne efekty wpływu hałasu na jakość snu, takie jak podwyższenie tętna, pobudzenie, zmiany stanów snu (sen płytki, głęboki etc.), budzenie się.
- Stwierdzono ponad wszelką wątpliwość, że ekspozycja na nadmierny hałas w porze nocnej jest przyczyną:
  - zakłóceń snu (subiektywnie ocenianym),
  - wzrostu częstości zażywania środków medycznych,

34. W materiale: Good practice Guide on noise exposure and potential health effects. (EEA, 2010) podano jeszcze kilka dodatkowych, innych definicji zdrowia; sprecyzowana powyżej definicja jest chyba jednak najpowszechniej stosowana.

35. W Polsce używa się kilku definicji hałasu.

- wzrostu liczby spontanicznych ruchów ciała podczas snu (motility),
- bezsenności (środowiskowej).
- Zakłócenia snu spowodowane oddziaływaniem hałasu są postrzegane jako problem zdrowotny sam w sobie. Powodują one także jednak dalsze konsekwencje zdrowotne i związane z ocenami samopoczucia.
- Ograniczona liczba obserwacji wskazuje, że zakłócenia snu są przyczyną przemęczenia, wypadków oraz zmniejszenia jakości i kreatywności w pracy.
- Ograniczona liczba obserwacji wskazuje także, iż hałas w porze nocnej powoduje zmiany poziomu hormonów i objawów klinicznych takich jak choroby sercowo-naczyniowe, depresje i inne choroby o podłożu psychofizjologicznym. Należy podkreślić, że wyniki tych obserwacji są oparte o wiarygodny model biologiczny z wystarczającym udokumentowaniem elementów łańcucha przyczynowo-skutkowego.

Specjalną uwagę warto też zwrócić na efekty chronicznej bezsenności, powodowanej oddziaływaniem hałasu[4]. Nie wchodząc w coraz bardziej szczegółową problematykę można stwierdzić

w podsumowaniu, że praktycznie do poziomu o wartości:

**LN ≤ 40 dB**

nie odnotowuje się istotnych efektów zdrowotnych w odniesieniu do populacji, jako całości. Ten zakres ekspozycji na hałas można nazwać komfortem akustycznym.

Między poziomami dźwięku w porze nocnej, w zakresie:

**40 dB ≤ LN ≤ 55 dB**

zidentyfikować już można niekorzystne efekty zdrowotne, lecz większość populacji dostosowuje swój „sposób życia” do aktualnych warunków akustycznych. Tylko stosunkowo niewielkie grupy osób odczuwają znaczną irytację z uwagi na niewłaściwe warunki akustyczne.

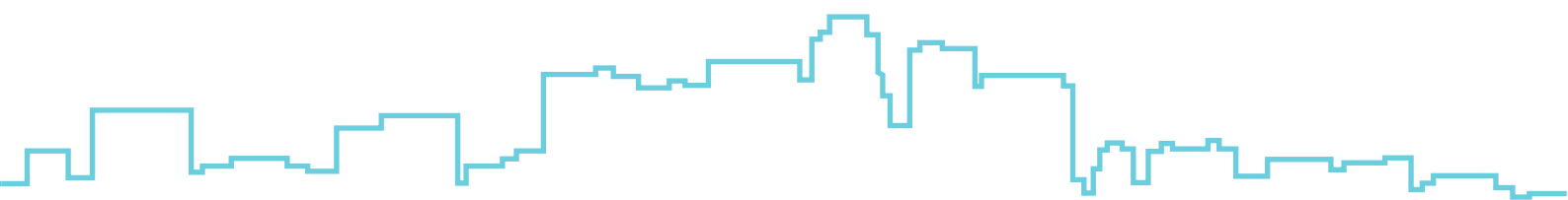
Natomiast prawdziwe problemy związane z nadmiernym hałasem w porze nocnej zaczynają się w zakresie poziomów:

**LN > 55 dB**

**Przedziały poziomów dźwięku, w których zidentyfikowano konkretne reakcje zdrowotne:**

Długookresowy, średnioroczny poziom dźwięku LN w porze nocnej	Reakcje zdrowotne zaobserwowane w populacji
<b>do 30 dB</b>	Poza pewnymi indywidualnymi przypadkami, w zakresie tym nie zaobserwowano żadnych istotnych efektów biologicznych. Poziom L <sub>night</sub> ≈30 dB na zewnątrz budynku może odzwierciedlać wartość NOEL („poziom graniczny braku obserwowanych efektów”) dla pory nocnej.
<b>30 do 40 dB</b>	W zakresie tym obserwuje się kilka efektów związanych z przebiegiem snu: spontaniczne ruchy ciała, przebudzenia, subiektywnie oceniane zakłócenia snu, pobudzenie. Intensywność tych efektów związana jest z rodzajem hałasu i liczbą zjawisk akustycznych. Grupy szczególnie wrażliwe (dzieci, przewlekle chorzy, osoby starsze) są bardziej podatne na efekty hałasowe w porze nocnej. Jednakże, nawet najgorsze przypadki w tym zakresie wydają się mieć charakter umiarkowany. Poziom L <sub>night</sub> ≈40 dB na zewnątrz budynku może odzwierciedlać wartość LOAEL („najniższy poziom hałasu, przy którym zaobserwować można zmiany szkodliwe”) dla pory nocnej.
<b>40 do 55 dB</b>	Niekorzystne efekty zdrowotne obserwowane w populacjach ekspozowanych na hałas. Wiele osób dostosowuje swój sposób życia tak, aby podjąć uciążliwym warunkom akustycznym środowiska w porze nocnej.
<b>powyżej 55 dB</b>	W tym zakresie poziomów dźwięku istotnie wzrasta niebezpieczeństwo pogarszania się zdrowia publicznego. Niekorzystne zjawiska zdrowotne występują z dużą częstotliwością a istotna część populacji jest narażona na wysoką uciążliwość oraz znaczące zakłócenia snu. Ten zakres poziomów dźwięku charakteryzuje się znaczącym ryzykiem wzrostu liczby chorób sercowo – naczyniowych.

Cytując w tekście opracowania WHO oraz opracowania Europejskich Grup Roboczych, stosowano notację oznaczenia długookresowego poziomu nocnego zgodnie z Dyrektywą 2002/49/WE – L<sub>night</sub>. W prawodawstwie polskim poziom ten oznaczany jest jako L<sub>N</sub>.





W anonsowanych dalej, dokładniejszych badaniach[3], odnosząc się do numerycznych ocen wpływu hałasu na zdrowie w różnych jego aspektach, przyjęto wyniki analiz ryzyka. W celu określenia wzrostu względnego ryzyka niezbędnego przy wyznaczaniu rekomendowanego poziomu hałasu, GDG na podstawie przesłanek z literatury oraz niezależnych badań przyjmowała najmniejsze ryzyko względne, przy którym pojawiają się niekorzystne efekty zdrowotne. Wartość tego najmniejszego ryzyka została określona jako poziom, który można nazwać – wzorcowym. Działania te oparto na szczegółowych analizach (wg ujednoczonych metod) wyników dostępnych badań, wykonywanych w różnych krajach i w różnym czasie. Jakość uzyskanych rezultatów dotyczących konkretnych danych, została weryfikowana w cztero-stopniowej skali:

- Wysoka jakość – gdzie dalsze badania, z bardzo niewielkim prawdopodobieństwem mogą zmienić dotychczasowe wyniki a tym samym szacowaną na ich podstawie – wartość rekomendowaną. Wysoką wartość ocen potwierdzono w odniesieniu do relacji między hałasem drogowym, a zachorowalnością na niedokrwienność serca.
- Średnia jakość – gdzie dalsze badania, z pewnym prawdopodobieństwem mogą zmienić dotychczasowe wyniki a tym samym szacowaną wartość rekomendowaną.
- Średnią wartość ocen potwierdzono w odniesieniu do relacji między hałasem drogowym a powszechnym występowaniem silnych dokuczliwości związanych z hałasem; poziom całkowitego ryzyka wyniósł 10% dla poziomu hałasu  $L_{DWN} = 53,3\text{dB}$  oraz zakłóceniem snu; 3% osób uczestniczących w badaniu podlegała wysokim zakłóceniom snu z powodu oddziaływania hałasu o poziomie  $L_N = 45,4\text{dB}$ .
- Niska jakość – gdzie dalsze badania, z dużym prawdopodobieństwem mogą zmienić dotychczasowe wyniki a tym samym szacowaną wartość rekomendowaną.
- Bardzo niska jakość – otrzymana wartość rekomendowana jest niepewna.

W efekcie przyjęto[3] następujące wartości poziomów rekomendowanych:

Dla średniej ekspozycji na hałas drogowy bardzo zdecydowanie rekomenduje się zmniejszenie poziomu dźwięku poniżej  $L_{DWN} \leq 53\text{ dB}$

W przypadku ekspozycji na hałas drogowy w porze nocnej bardzo zdecydowanie rekomenduje się zmniejszenie poziomu dźwięku poniżej  $L_N \leq 45\text{ dB}$

gdzie:

$L_{DWN}$  – poziom dziennie-wieczorno-nocny, do wyznaczenia którego wykorzystuje się roczne wartości poziomów uśrednione dla pory dziennej, pory wieczornej oraz pory nocnej (definicja

tego wskaźnika jest zawarta m.in. w Dyrektywie 2002/49/WE oraz normie międzynarodowej ISO-1996-1:2003),

$L_N$  – wartość poziomu uśredniona w okresie rocznym dla pory nocnej (definicja tego wskaźnika jest zawarta m.in. w Dyrektywie 2002/49/WE oraz normie międzynarodowej ISO-1996-1:2003).



## Bibliografia

[1] Community Noise Guidelines. World Health Organization, 1999 (WHO, 1999).

[2] Night Noise Guidelines for Europe. World Health Organization, Regional Office for Europe, 2009 (WHO, 2009).

[3] Environmental Noise Guidelines for the European Region. World Health Organization, Regional Office for Europe, 2018 (WHO, 2018).

[4] Good practice guide on noise exposure and potential health effects. EEA Technical report, No 11/2010 (EEA, 2010).

## 4. Klimat akustyczny – obowiązujące normy i sposoby pomiaru

dr inż. Radosław Kucharski, – Zakład Akustyki Środowiska, Instytut Ochrony Środowiska – PIB  
mgr inż. Patrycja Chacińska – Zakład Akustyki Środowiska, Instytut Ochrony Środowiska – PIB

### 4.1. Ustawowa definicja hałasu

Zgodnie z ustawą Prawa ochrony środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 r. (Dz.U. 2018 poz. 799 t.j.) zwanej dalej Poś, hałasem są dźwięki o częstotliwości od 16 Hz do 16 000 Hz[1]. Pojęcie to jest szerzej ujęte w Dyrektywie 2002/49/WE, gdzie „hałas w środowisku oznacza niepożądane lub szkodliwe dźwięki powodowane przez działalność człowieka w wolnym powietrzu, w tym hałas emitowany przez środki transportu, ruch drogowy, ruch kolejowy, ruch samolotowy, oraz hałas pochodzący z obszarów działalności przemysłowej” [2].

Emisję hałasu do środowiska określa się zgodnie z Dyrektywą 2002/49/WE z dnia 25 czerwca 2002 r. odnoszącą się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku[3] oraz ustawą – Prawo ochrony środowiska[1]. Dyrektywa 2002/49/WE służy określeniu skali zagrożenia oraz przeciwdziałaniu hałasowi w Unii Europejskiej. Wszystkie państwa członkowskie w celu ustalenia stopnia narażenia na hałas w środowisku zostały zobligowane między innymi do sporządzania map akustycznych, a także tworzenia planów działań, których celem jest ograniczenie hałasu. Od 31 grudnia 2018 r. obowiązuje nowa Dyrektywa Komisji (UE) 2015/996 z dnia 19 maja 2015 r. ustanawiająca wspólne metody oceny hałasu zgodnie z dyrektywą 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady (Tekst mający znaczenie dla EOG)[3], która ma na celu ujednoczenie metod pomiarowych i projektowych dla wszystkich państw członkowskich EU, poprzez zmianę załącznika nr II w Dyrektywie 2002/49/WE. Obecnie w Polsce w dalszym ciągu obowiązują zapisy jedynie Dyrektywy 2002/49/WE i rozporządzeń Ministra Środowiska odnośnie referencyjnych metod pomiarowych[4][5]. W chwili obecnej prowadzone są jednak intensywne prace nad wprowadzeniem zmian do Poś, w ramach procesu implementacji nowej Dyrektywy 2015/966.

W zależności od źródła pochodzenia hałasu środowiskowego dokonuje się jego podziału na kilka podstawowych kategorii:

- hałas komunikacyjny (wymagania w zakresie prowadzenia pomiarów hałasu komunikacyjnego zostały przedstawione w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011 r. [Dz.U. 2011 nr 140 poz. 824, Dz.U. 2011 nr 288, poz. 1697] [4]) w tym:

- drogowy,
- lotniczy,
- kolejowy i tramwajowy,
- hałas przemysłowy (wymagania w zakresie pomiarów zostały przedstawione w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r. [Dz. U. 2014, poz. 1542] [5]).

Można wyodrębnić pięć rodzajów pomiarów poziomu hałasu przy ocenie źródeł hałasu środowiskowego [4][5][10], są to:

- ciągłe pomiary poziomów hałasu  $L_{Aeq,D}$ ,  $L_{Aeq,N}$ ,  $L_{DWN}$  i  $L_N$  (związane z eksploatacją lotnisk);
- okresowe pomiary poziomów hałasu  $L_{Aeq,D}$ ,  $L_{Aeq,N}$  (związane z eksploatacją dróg, linii kolejowych, linii tramwajowych, lotnisk, portów morskich, pochodzącego z instalacji lub urządzeń, z wyłączeniem hałasu impulsowego);
- okresowe pomiary hałasu impulsowego  $L_{Aeq,D}$ ,  $L_{Aeq,N}$ ,  $L_{AEI}$ ;
- pomiary izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych wykonywanych zgodnie z normą PN-B-02151-3 Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych w celu weryfikacji czy spełnione są wymagania normy PN-B-02151-02 Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Część 2: Wymagania dotyczące dopuszczalnego poziomu dźwięku w pomieszczeniach. Norma ta jest przywołana w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. [Dz.U. 2015 poz. 1422][6];
- pomiary mocy akustycznej źródeł hałasu, niezbędne w przypadku stosowania metod obliczeniowych opartych na modelu rozprzestrzeniania się hałasu w środowisku zawartym w normie PN ISO 9613-2 Akustyka – Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej. Moce akustyczne mierzone są zgodnie z:
  - PN-EN ISO 3744 Akustyka – Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów poziomów ciśnienia akustycznego. Metoda techniczna w warunkach zbliżonych do pola swobodnego nad płaszczyzną odbijającą dźwięk,

- PN-EN ISO 3746 Akustyka – Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów poziomów ciśnienia akustycznego. Metoda orientacyjna z zastosowaniem otaczającej powierzchni pomiarowej nad płaszczyzną odbijającą dźwięk,
  - PN-ISO 8297 Akustyka – Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej zakładów przemysłowych z wieloma źródłami hałasu w celu oszacowania wartości poziomu ciśnienia akustycznego w środowisku. Metoda techniczna.
- Pomiary skuteczności ekranów akustycznych zgodnie z normą PN-ISO 10847 Akustyka – Wyznaczanie „in situ” skuteczności zewnętrznych ekranów akustycznych wszystkich rodzajów.

Pomiar izolacyjności akustycznej przegród budowlanych może być istotny w przypadku konieczności stosowania rozwiązań technicznych zapewniających właściwe warunki akustyczne w budynkach, tj. zgodnie z:

- art. 114 ust. 4 ustawy Poś, w przypadku zabudowy mieszkaniowej, szpitali, domów pomocy społecznej lub budynków związanych ze stałym albo czasowym pobytem dzieci i młodzieży, zlokalizowanych na granicy pasa drogowego lub przyległego pasa gruntu w rozumieniu ustawy z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym (Dz.U. z 2017 r. poz.2117, z późn. zm.);
- art. 114 ust. 3 ustawy Poś, w przypadku terenów zamkniętych oraz na terenach przeznaczonych do działalności produkcyjnej, składowania i magazynowania, na których znajduje się zabudowa mieszkaniowa, szpitale, domy pomocy społecznej lub budynki związane ze stałym albo czasowym pobytem dzieci i młodzieży.
- w szczególności – w odniesieniu do zarządzania hałasem w ramach Obszaru Ograniczonego Użytkowania (art. 135, ust. 3a oraz art. 136 ust.3 ustawy Poś).

Wykonywanie pomiarów hałasu w środowisku musi przebiegać w określonych warunkach meteorologicznych, przy wykorzystaniu odpowiedniego zestawu pomiarowego, a także w odpowiedniej lokalizacji. Przed i po dokonaniu pomiaru wszystkie przyrządy należy sprawdzać (kalibrować) zgodnie z instrukcją producenta przyrządu. Wszystkie te informacje zostały szczegółowo opisane w stosownych rozporządzeniach Ministra Środowiska [4][5].

Zgodnie z Art. 147a ustawy Poś, prowadzący instalację oraz użytkownik urządzenia są obowiązani zapewnić wykonanie pomiarów hałasu w środowisku przez laboratorium akredytowane w rozumieniu ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz. U. z 2017 r. poz. 1226 oraz z 2018 r. poz. 650). Wymogu takiego nie mają zarządzający infrastrukturą drogową i kolejową oraz lotniczą. W praktyce najczęściej jednak pomiary te także wykonują akredytowane zgodnie z normą PN-EN ISO/

IEC 17025 laboratoria badawcze. Ma to na celu wyłonienie do wykonywania określonych pomiarów kompetentnych zespołów badawczych.

## 4.2. Warunki meteorologiczne

Niezależnie od rodzaju mierzonego źródła hałasu w środowisku (np. hałas lotniczy, drogowy) obowiązują zbliżone wymagania, jeśli chodzi o warunki meteorologiczne, w jakich ten pomiar powinien być przeprowadzany. Pomiar warunków meteorologicznych wykonuje się na wysokości minimum 3,5m. W przypadku pomiaru hałasu lotniczego wysokość ta nie powinna być wyższa niż 10 m. Wymagania odnośnie warunków, jakie powinny panować są następujące:

- temperatura powietrza od -10°C do 50°C,
- wilgotność od 25% do 90% hałas przemysłowy i do 98% hałas komunikacyjny,
- prędkość wiatru do 5m/s,
- ciśnienie atmosferyczne od 900 hPa do 1100 hPa.
- brak opadów atmosferycznych (dla pomiarów hałasu drogowego, kolejowego i tramwajowego).

Jeżeli wyżej wymienione warunki nie są spełnione wówczas:

- w przypadku hałasu lotniczego wyników pomiarów z tego okresu nie uwzględnia się w końcowym wyniku pomiaru,
- w przypadku hałasu drogowego, tramwajowego i kolejowego eliminuje się wyniki uzyskane w czasie trwania tego okresu. Okres ten w przypadku  $L_{Aeq,D}$  nie powinien być dłuższy niż 1,5 godziny w porze dnia lub dla  $L_{Aeq,N}$  dłuższy niż 1 godzina w porze nocy. Przyjmuje się, że nie ma wówczas możliwości wyznaczenia wartości równoważnego poziomu dźwięku A mierzonego hałasu przy wykorzystaniu metody pomiaru ciągłego w czasie odniesienia T.

Niekiedy, ze względu na możliwości pracy aparatury pomiarowej, wymagania te mogą być zastrzone.

## 4.3. Zestawy pomiarowe

Wymagania dotyczące zestawów pomiarowych w zależności od celu pomiarów mogą się między sobą nieznacznie różnić. Są one szczegółowo scharakteryzowane przy opisie każdej z metod pomiarowych. Niezależnie od rodzaju pomiarów powinny być one wykonywane przy wykorzystaniu przyrządów klasy dokładności 1 (miernik, wzorcowe źródło dźwięku) ze świadectwem wzorcowania nie starszym niż 24 miesiące. Mikrofony pomiarowe powinny być wyposażone w osłony przeciwwietrzne,

niezależnie od warunków meteorologicznych. Mikrofon powinien być ustawiony zgodnie z zaleceniami producenta, uwzględniając rodzaj źródła, rodzaj pola akustycznego (pole fali swobodnej, pole rozproszone – odbicia). Przykładowo w przypadku wykonywania pomiarów ciągłych hałasu lotniczego mikrofon lub sondę mikrofonową kieruje się pionowo w górę.

Uwaga! Do pomiarów hałasu w środowisku, wykonywanych zgodnie z rozporządzeniami Ministra Środowiska[4][5] nie mają zastosowania urządzenia typu smartfon lub inne nie spełniające w nich określonych wymagań odnośnie aparatury.

#### 4.4. Lokalizacja punktu pomiarowego

Podobnie jak w przypadku zestawów pomiarowych, również i dla lokalizacji punktu pomiarowego istnieją indywidualne wymogi w zależności od celu wykonywania pomiarów, charakterystyk i usytuowania źródeł hałasu, własności pochłaniających i odbijających terenu oraz zagospodarowania terenu, w szczególności własności ekranowania i uginania fal dźwiękowych[4][5].

Punkty pomiarowe należy lokalizować w taki sposób, by móc przyjąć, że wynik pomiaru w jednym punkcie będzie charakteryzował hałas z danego, jednorodnego pod względem akustycznym odcinka drogi publicznej, linii kolejowej lub tramwajowej, w odniesieniu do odcinków torowisk. Za odcinek jednorodny przyjmuje się odcinek o tych samych parametrach ruchu drogi, linii kolejowej lub linii tramwajowej. Przy wyborze lokalizacji istotne jest również najbliższe otoczenie punktu pomiarowego w tym jego sposób zagospodarowania.

Z uwagi na znaczne koszty wykonania pomiarów hałasu w środowisku in-situ, obecnie w celu wykonania oceny akustycznej danego źródła hałasu najczęściej używane są metody obliczeniowe. Dzięki nim możliwe jest wykonanie obliczeń w punktach i określenie wskaźników LAeq,D, LAeq,N, LDWN i LN oraz dokonanie tak zwanej oceny akustycznej budynków zlokalizowanych w pobliżu źródeł hałasu. Taki model najczęściej wykonywany jest w oparciu o pomiary hałasu w środowisku, których głównym celem pomiaru jest ocena źródła hałasu. Wówczas punkty pomiarowe lokalizuje się w odniesieniu do:

- dróg publicznych znajdujących się poza granicą administracyjną miasta na terenie niezabudowanym – w odległości 10 m od skrajnego pasa ruchu,
- linii kolejowych – w odległości do 25 m,
- linii tramwajowych, w odniesieniu do odcinków torowisk – w odległości 7,5 m od osi toru, po którym porusza się pojazd.

Wartości zmierzone i obliczone są następnie ze sobą porównywane i sprawdzane, czy warunek określony w rozporządzeniu 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, portem (Dz. U. z 2011r. nr 140 poz. 824) – Załącznik nr 3 jest spełniony. Warunek ten jest następujący:

$$\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (L_{zmj} - L_{objj})^2} \leq 2,5 \text{ dB}$$

gdzie:

$L_{zmj}$  – zmierzona wartość wskaźnika hałasu, w dB,

$L_{objj}$  – obliczona dla tych samych warunków wartość wskaźnika hałasu, w dB,

$n$  – liczba pomiarów porównawczych.

W przypadku pomiarów hałasu wykonywanych w celu oceny dokuczliwości źródła hałasu punkty pomiarowe należy lokalizować na terenach objętych ochroną przed hałasem w ten sposób, aby przeprowadzone w nich pomiary pozwoliły na ustalenie miejsca o największym oddziaływaniu źródeł hałasu, których pomiary dotyczą. W przypadku hałasu przemysłowego [5] rozporządzenie określa następujące reguły zgodnie, z którymi powinny być one wyznaczone.

Na terenie niezabudowanym punkty pomiarowe lokalizuje się na wysokości 1,5 m (z dokładnością zawierającą się w przedziale <-0,0 m; +0,1 m >) nad powierzchnią terenu dla hałasu przemysłowego i komunikacyjnego oraz na wysokości 4 m w przypadku hałasu lotniczego.

Na terenie zabudowanym punkty pomiarowe lokalizuje się:

- przy elewacji budynków objętych ochroną przed hałasem w związku z wypełnianiem funkcji, dla których realizacji teren został objęty ochroną przed hałasem, w odległości 0,5–2 m od elewacji tych budynków:
  - w świetle okna kondygnacji eksponowanej na hałas; podczas pomiarów hałasu okno w miarę możliwości powinno być otwarte, choć dopuszcza się wykonanie pomiarów przy oknie zamkniętym; dopuszcza się uchylenie okna w ten sposób, aby możliwe było przeprowadzenie przez nie wysięgnika i kabli łączących mikrofony pomiarowe z przyrządami pomiarowymi znajdującymi się w pomieszczeniu,
  - na wysokości 4 m ± 0,2 m nad powierzchnią terenu, gdy nie ma możliwości wykonania pomiarów hałasu w świetle okna na danej kondygnacji,
- na terenach chronionych akustycznie otaczających budynki objętych ochroną przed hałasem, na wysokości 4 ± 0,2 m nad powierzchnią terenu,

- w przypadku, gdy pomiar hałasu lotniczego jest wykonywany na ostatniej kondygnacji – dopuszcza się lokalizowanie punktu pomiarowego na dachu budynku.

Przy wykonywaniu pomiarów hałasu w środowisku należy wziąć pod uwagę elementy ekranujące, tak by w miarę możliwości pomiary wykonać poza obszarem cienia akustycznego wytworzonego przez ten element. W przypadku pomiarów elementów ekranujących mikrofon lokalizuje się na wysokości minimum 0,5 m nad tym elementem, w miarę możliwości w jego płaszczyźnie.

## 4.5. Charakterystyka źródła

Wykonując pomiary hałasu w środowisku, należy w sposób jednoznaczny opisać źródło, które jest mierzone. W tym celu w miarę możliwości należy dokonać jego parametryzacji i określić jego charakterystykę. W przypadku hałasu przemysłowego jest to między innymi czas pracy poszczególnych źródeł hałasu w czasie odniesienia T. W przypadku hałasu komunikacyjnego jest to liczba i średnia prędkość przejeżdżających pojazdów w czasie odniesienia T. Szczegółowy zakres danych niezbędny do ewidencjonowania w sprawozdaniach z badań opisany jest w rozporządzeniach Ministra Środowiska[4][5]. Podkreślić należy fakt, że bardzo istotna jest również ewidencja różnego rodzaju zakłócenia, jak chociażby sygnały ostrzegawcze od przejeżdżających pociągów.

Innym elementem, który zasługuje na szczególną uwagę jest określenie tzw. tła akustycznego. Są to wszystkie pozostałe dźwięki występujące w danym punkcie pomiarowym, które nie pochodzą z zakładu, instalacji, urzędzeń, źródeł komunikacyjnych aktualnie badanych.

Głównymi wskaźnikami stosowanymi podczas pomiaru hałasu środowiskowego są:

$L_{Aeq D}$  – równoważny poziom dźwięku A dla pory dnia (od godz. 6:00 do godz. 22:00), w decybelach [dB];

$L_{Aeq N}$  – równoważny poziom dźwięku A dla pory nocy (od godz. 22:00 do godz. 6:00), w decybelach [dB].

$L_N$  – oznacza długookresowy średni poziom dźwięku A, wyznaczony, zgodnie z normą ISO 1996-2:1987, w ciągu wszystkich okresów nocnych w ciągu roku rozumianych jako przedział czasu od godz. 22.00 do godz. 6.00;

$L_{DWN}$  – długookresowy średni poziom dźwięku A wyrażony w dB, wyznaczony w ciągu wszystkich dób w roku, z uwzględnieniem pory dnia (rozumianej, jako przedział czasu pomiędzy godz. 6:00 a godz. 18:00), pory wieczoru (godz. 18.00 do godz.

22.00) oraz pory nocy godz. 22.00 do godz. 6.00 (art.112a Poś),

gdzie:

$$L_{DWN} = 10 \log \left[ \frac{1}{24} (12 \times 10^{0,1L_D} + 4 \times 10^{0,1(L_W+5)} + 8 \times 10^{0,1(L_N+10)}) \right]$$

$L_D, L_W, L_N$  – długookresowe średnie poziomy dźwięku A, wyznaczone zgodnie z wymaganiami normy ISO-1996-2

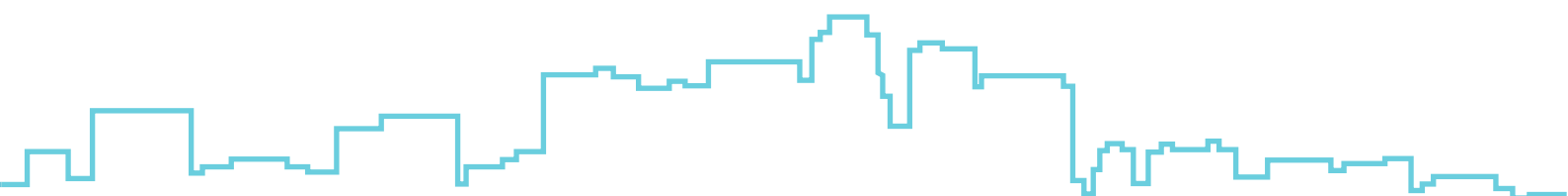
Wszystkie wymienione wskaźniki zostały opisane w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011 r.[4] i powinny być podawane wraz z wartością przedziałów niepewności rozszerzonej wyniku pomiaru hałasu, oszacowanej dla poziomu ufności 95% (U95) w postaci  $L \pm U95$ .

Wskaźniki  $L_{Aeq D}$  oraz  $L_{Aeq N}$  mają zastosowanie do ustalania i kontroli poziomu hałasu w odniesieniu do jednej doby, natomiast  $L_{DWN}$  i  $L_N$  mają zastosowanie do prowadzenia długookresowej polityki w zakresie ochrony środowiska przed hałasem, w szczególności do sporządzania map akustycznych, oraz programów ochrony środowiska przed hałasem. Przy wykonywaniu pomiarów hałasu w środowisku należy również zaznaczyć, że w przypadku hałasu komunikacyjnego w porze dnia dla wskaźnika  $L_{Aeq D}$  czas odniesienia T wynosi całe 16 godzin tj. od godziny 6:00 do godziny 22:00 zaś w przypadku hałasu przemysłowego jest to 8 najmniej korzystnych godzin dnia kolejno po sobie następujących. W przypadku wskaźnika  $L_{Aeq N}$  dla hałasu komunikacyjnego pora nocy trwa od godziny 22:00 do godziny 6:00 i wynosi 8 godzin zaś dla hałasu przemysłowego brana jest pod uwagę 1 najmniej korzystna godzina nocy.

Uwaga! Przy określaniu wartości wyżej wymienionych wskaźników hałasu, tj. równoważnych poziomów dźwięku dla czasu odniesienia T (pory dnia, nocy) bardzo istotny oprócz zmierzonego poziomu dźwięku jest czas trwania aktywności danego źródła (hałas przemysłowy) i/lub częstość występowania danego zjawiska (np. liczba przejeżdżających pociągów). Zmierzone chwilowe wysokie wartości poziomu dźwięku mierzonego źródła hałasu nie zawsze wiązać się mogą z występowaniem przekroczeń poziomów dopuszczalnych w czasie odniesienia T.

W rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2014 poz. 112 t.j.)[7] zostały określone dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku dla wszystkich rodzajów hałasu z uwzględnieniem warunków w odniesieniu do jednej doby a także wskaźników długookresowych (patrz Tab 1).

Zmierzone wartości wskaźników  $L_{Aeq D}$ ,  $L_{Aeq N}$ ,  $L_{DWN}$  i  $L_N$  następnie odnoszone są do poziomów dopuszczalnych. W ten sposób wiadomo, czy wartości dopuszczalne w danym miejscu i w danym czasie zostały przekroczone.



Zakres i układ wyników pomiarów i ocen w odniesieniu do hałasu, przekazywanych organom ochrony środowiska, a wykonanych w oparciu o rozporządzenia zawierające metody referencyjne[4][5] powinien być zgodny z obowiązującymi rozporządzeniami Ministra Środowiska w sprawie rodzajów wyników pomiarów prowadzonych w związku z eksploatacją instalacji lub urządzenia i innych danych oraz terminu i sposobów ich prezentacji (Dz. U. z 2008 r. Nr 215, poz. 1366)[8] oraz rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 17 stycznia 2003 r. w sprawie rodzajów wyników pomiarów prowadzonych w związku z eksploatacją dróg, linii kolejowych, linii tramwajowych, lotnisk oraz portów, które powinny być przekazywane właściwym organom ochrony środowiska, oraz terminów i sposobów ich prezentacji (Dz. U. Nr 18, poz.164)[9].

## Bibliografia

[1] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2018 poz. 799 t.j.).

[2] Dyrektywa 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. odnosząca się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku.

[3] Dyrektywa Komisji (UE) 2015/996 z dnia 19 maja 2015 r. ustanawiająca wspólne metody oceny hałasu zgodnie z dyrektywą 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady (Tekst mający znaczenie dla EOG).

[4] 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 (Dz.U. 2011 nr 140 poz. 824, Dz.U. 2011 nr 288, poz. 1697).

[5] Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody (Dz. U. 2014, poz. 1542).

[6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. [Dz.U. 2015 poz. 1422].

[7] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2014 poz. 112 t.j.).

[8] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie rodzajów wyników pomiarów prowadzonych w związku z eksploatacją instalacji lub urządzenia i innych danych oraz terminu i sposobów ich prezentacji (Dz. U. z 2008 r. Nr 215, poz. 1366).

[9] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 17 stycznia 2003 r. w sprawie rodzajów wyników pomiarów prowadzonych w związku z eksploatacją dróg, linii kolejowych, linii tramwajowych, lotnisk oraz portów, które powinny być przekazywane właściwym organom ochrony środowiska, oraz terminów i sposobów ich prezentacji (Dz. U. Nr 18, poz.164).

[10] PN-B-02151-3 Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych.

[11] PN -B-02151-2 Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Część 2: Wymagania dotyczące dopuszczalnego poziomu dźwięku w pomieszczeniach.



## Załącznik

Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku powodowanego przez poszczególne grupy źródeł hałasu, z wyłączeniem hałasu powodowanego przez starty, lądowania i przeloty statków powietrznych oraz linie elektroenergetyczne, wyrażone wskaźnikami  $L_{AeqD}$  i  $L_{AeqN}$  które to wskaźniki mają zastosowanie do ustalania i kontroli warunków korzystania ze środowiska, w odniesieniu do jednej doby oraz wyrażone wskaźnikami długookresowymi  $L_{DWN}$  i  $L_N$ .

Rodzaje terenu	Drogi lub linie kolejowe 1)				Pozostałe obiekty i działalność będąca źródłem hałasu
	$L_{AeqD}$ przedział czasu odniesienia równy 16 godzinom	$L_{DWN}$ przedział czasu odniesienia równy dobom w roku	$L_{AeqN}$ przedział czasu odniesienia równy 8 godzinom	$L_N$ przedział czasu odniesienia równy wszystkim porom nocy	
a) Strefa ochronna „A” uzdrowiska b) Tereny szpitali poza miastem	50	50	45	45	40
a) Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej b) Tereny zabudowy związanej ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży <sup>2)</sup> c) Tereny domów opieki społecznej d) Tereny szpitali w miastach	61	64	56	59	40
a) Tereny zabudowy mieszkaniowej wielnorodzinnej i zamieszkania zbiorowego b) Tereny zabudowy zagrodowej c) Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe <sup>2)</sup> d) Tereny mieszkaniowo-usługowe	65	68	56	59	45
Tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców <sup>3)</sup>	68	70	60	65	45

- 1) Wartości określone dla dróg i linii kolejowych stosuje się także dla torowisk tramwajowych poza pasem drogowym i kolei linowych.
- 2) W przypadku niewykorzystywania tych terenów, zgodnie z ich funkcją, w porze nocy, nie obowiązuje na nich dopuszczalny poziom hałasu w porze nocy.
- 3) Strefa śródmiejska miast powyżej 100 tys. mieszkańców to teren zwartej zabudowy mieszkaniowej z koncentracją obiektów administracyjnych, handlowych i usługowych. W przypadku miast, w których występują dzielnice o liczbie mieszkańców powyżej 100 tys., można wyznaczyć w tych dzielnicach strefę śródmiejską, jeżeli charakteryzuje się ona zwartą zabudową mieszkaniową z koncentracją obiektów administracyjnych, handlowych i usługowych.





