PUNKT POMIAROWY NR 5		WYNIKI POMIARU	
Lokalizacja		Laq	46,1
53.126150, 17.861572		LAFmax	66,7
Adres		LAFmin	39,1
Spacerowa 27, 86-065 Łochowo		LAPKmax	80,6
Data	10 września 2025	LCPKmax	95,0
Godzina	10:43	LCeq	62,9
Czas trwania	2 godziny 30 minut	LZeq	68,9

I. INFORMACJE OGÓLNE I METODYKA

1.1. Lokalizacja punktu pomiarowego

Pomiar hałasu został przeprowadzony w miejscowości Łochowo (województwo kujawsko-pomorskie, gmina Białe Błota) na działce mieszkalnej przy ulicy Spacerowej 27. Punkt pomiarowy PP5 zlokalizowany został w ogrodzie domu mieszkalnego, od strony kompleksu magazynowego Panattoni, w pozycji geograficznej o współrzędnych 53°07'34.1"N, 17°51'41.7"E.

Miernik został ustawiony w odległości 3,5 metra od elewacji budynku mieszkalnego, zgodnie z metodologią pomiarów przy elewacjach budynków określoną w Załączniku nr 7 do Rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska. W odległości około 5 metrów przed mikrofonem znajduje się płot graniczny działki, za którym rośnie naturalna roślinność w postaci drzew i krzewów liściastych. Należy zaznaczyć, że bariery roślinne w okresie jesienno-zimowym, po opadnięciu liści, tracą swoją skuteczność akustyczną, szczególnie w zakresie ważenia A, co ma istotne znaczenie dla oceny długoterminowego oddziaływania akustycznego na mieszkańców.

W najbliższym otoczeniu punktu pomiarowego znajdują się następujące źródła hałasu: kompleks magazynowy Panattoni z 12-metrowymi konstrukcjami blaszanymi, droga ekspresowa S5 oraz infrastruktura logistyczna związana z centrum dystrybucyjnym. Podczas rekonesansu terenu zaobserwowano odczuwalne wibracje w ciele ludzkim (w okolicy brzucha) podczas postoju ciężkich pojazdów transportowych w bezpośredniej bliskości punktu pomiarowego, co wskazuje na znaczący udział drgań niskotonowych w całkowitym oddziaływaniu akustycznym obiektu.

1.2. Parametry pomiaru

Pomiar został wykonany w dniu 10 września 2025 roku, rozpoczynając o godzinie 10:43 czasu lokalnego. Całkowity czas pomiaru wynosił 2 godziny i 30 minut, co zapewnia reprezentatywność wyników zgodnie z wytycznymi metodyki referencyjnej dla pomiarów hałasu środowiskowego.

Wysokość umieszczenia mikrofonu pomiarowego została ustalona na 150 cm (1,5 m) ponad poziomem gruntu, co odpowiada standardom określonym w normach pomiarowych dla oceny hałasu w środowisku mieszkalnym. Ta wysokość jest zgodna z wymaganiami metodyki referencyjnej i odzwierciedla rzeczywistą ekspozycję akustyczną mieszkańców na poziomie uszu osoby dorosłej.

Do pomiarów wykorzystano profesjonalną aparaturę firmy NTi Audio , spełniającą wymagania normy IEC 61672-1 dla klasy pomiarowej 1, co gwarantuje wysoką dokładność i wiarygodność uzyskanych wyników. Zastosowana metodologia obejmowała jednoczesny pomiar poziomów dźwięku w trzech charakterystykach częstotliwościowych: A, C oraz Z (linear).

1.3. Warunki atmosferyczne

Pomiary zostały przeprowadzone w stabilnych warunkach atmosferycznych, które sprzyjały reprezentatywnemu odwzorowaniu rzeczywistego klimatu akustycznego lokalizacji. Ciśnienie atmosferyczne wynosiło 1018,0 hPa, co wskazuje na stabilną sytuację baryczną bez znaczących zakłóceń meteorologicznych.

Temperatura powietrza w trakcie pomiaru utrzymywała się na poziomie 22,6°C, co stanowi optymalne warunki dla pracy aparatury pomiarowej oraz minimalizuje błędy związane z wpływem temperatury na propagację fal akustycznych. Wilgotność względna powietrza wynosiła 62%, co mieści się w zakresie optymalnym dla pomiarów akustycznych - poniżej krytycznej wartości 90%, powyżej której mogłyby wystąpić zawyżenia wyników pomiarów.

Prędkość wiatru podczas pomiarów wynosiła 11,5 km/h (około 3,2 m/s), przy kierunku prostopadłym do osi kapsuły mikrofonowej. Zgodnie z wytycznymi metodyki pomiarowej, prędkość wiatru poniżej 5 m/s jest uważana za akceptowalną dla pomiarów hałasu

środowiskowego, jednak odnotowana wartość wymaga uwzględnienia w interpretacji wyników z uwagi na potencjalny wpływ na propagację dźwięku oraz możliwość generowania szumów pseudoakustycznych.

1.4. Wykorzystany sprzęt

Miernik: NTi Audio XL2-TA
Mikrofon pomiarowy: NTi Audio M2230
GPS: Garmin Montana 700
Dalmierz: Bosch GLM 50-27 CG
Miernik warunków atmosferycznych (temperatura, wilgotność, siła wiatru): Trotec BA16WP
Pomiar ciśnienia: Camco Trac Outdoor
Do rejestrowania dźwięku i obrazu: Sony RX100VII, Rode NT4, Zoom F3

II. WYNIKI POMIARÓW - PARAMETRY PODSTAWOWE

2.1. Ważenie A (dB(A))

Pomiary z zastosowaniem charakterystyki częstotliwościowej A, która odzwierciedla percepcję ludzkiego ucha w zakresie średnich poziomów głośności, wykazały następujące wartości kluczowych parametrów akustycznych. Równoważny poziom dźwięku LAeq osiągnął wartość 46,1 dB(A), co stanowi podstawowy wskaźnik długotrwałego oddziaływania akustycznego na mieszkańców. Wartość ta mieści się poniżej progów normatywnych dla terenów mieszkaniowych, jednak wymaga dalszej analizy w kontekście specyfiki źródeł hałasu.

Maksymalny poziom dźwięku z zastosowaniem stałej czasowej Fast (LAFmax) wyniósł 66,7 dB(A), wskazując na występowanie znaczących zdarzeń akustycznych podczas pomiaru. Różnica między wartościami maksymalnymi a równoważnymi (20,6 dB(A)) świadczy o dynamicznym charakterze klimatu akustycznego z okresowymi wzrostami emisji. Minimalny poziom dźwięku LAFmin osiągnął 39,1 dB(A), określając podstawowe tło akustyczne lokalizacji w warunkach względnego spokoju.

Szczególną uwagę zwraca wartość LAPKmax wynosząca 80,6 dB(A), która reprezentuje najwyższy poziom szczytowy zarejestrowany podczas pomiaru. Ta wartość wskazuje na występowanie impulsowych zdarzeń akustycznych o znacznej intensywności, charakterystycznych dla operacji z udziałem pojazdów ciężarowych i sprzętu przemysłowego.

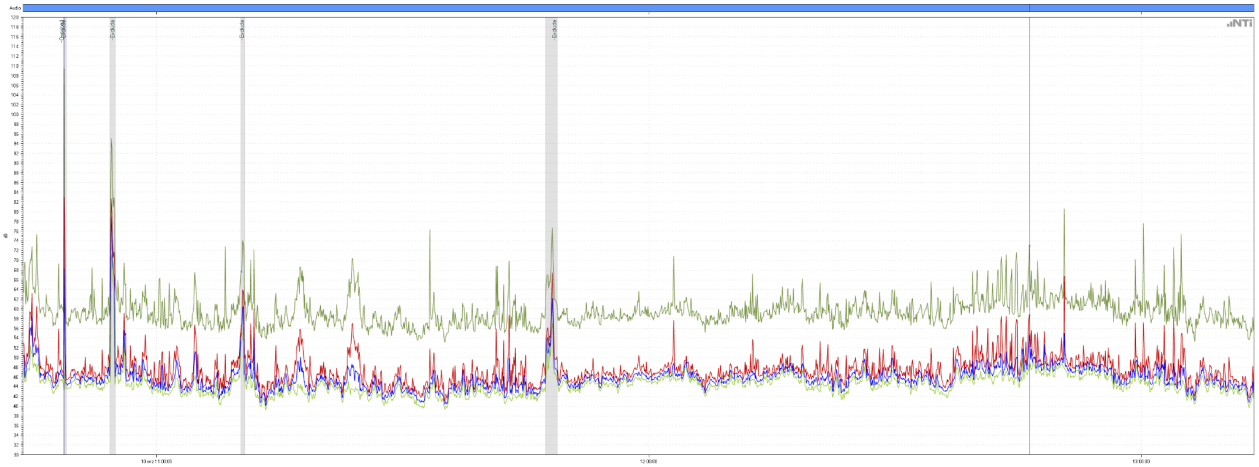
2.2. Ważenie C (dB(C))

Charakterystyka ważenia C, która w większym stopniu uwzględnia składowe niskotonowe dźwięku, wykazała LCeq na poziomie 62,9 dB(C). Różnica między wartościami LCeq a LAeq wynosząca 16,8 dB wskazuje na znaczny udział częstotliwości niskich w całkowitym spektrum akustycznym, co jest typowe dla hałasu komunikacyjnego pochodzącego od pojazdów ciężarowych i instalacji przemysłowych.

Maksymalny poziom szczytowy w ważeniu C (LCPKmax) osiągnął wartość 95,0 dB(C), co potwierdza obecność intensywnych zdarzeń akustycznych z dominacją składowych

niskotonowych. Ta wartość jest szczególnie istotna z punktu widzenia odczuwalnych drgań mechanicznych, które mieszkańcy mogą odczuwać jako wibracje przekazywane przez grunt i konstrukcje budowlane.

Znaczna różnica między wartościami w ważeniu A i C (14,4 dB dla poziomów szczytowych) wskazuje na charakterystyczny profil spektralny typowy dla źródeł transportowych, gdzie dominują częstotliwości poniżej 1000 Hz. Ten rodzaj widma akustycznego jest szczególnie uciążliwy ze względu na niską skuteczność naturalnych i sztucznych barier akustycznych w zakresie niskich częstotliwości.

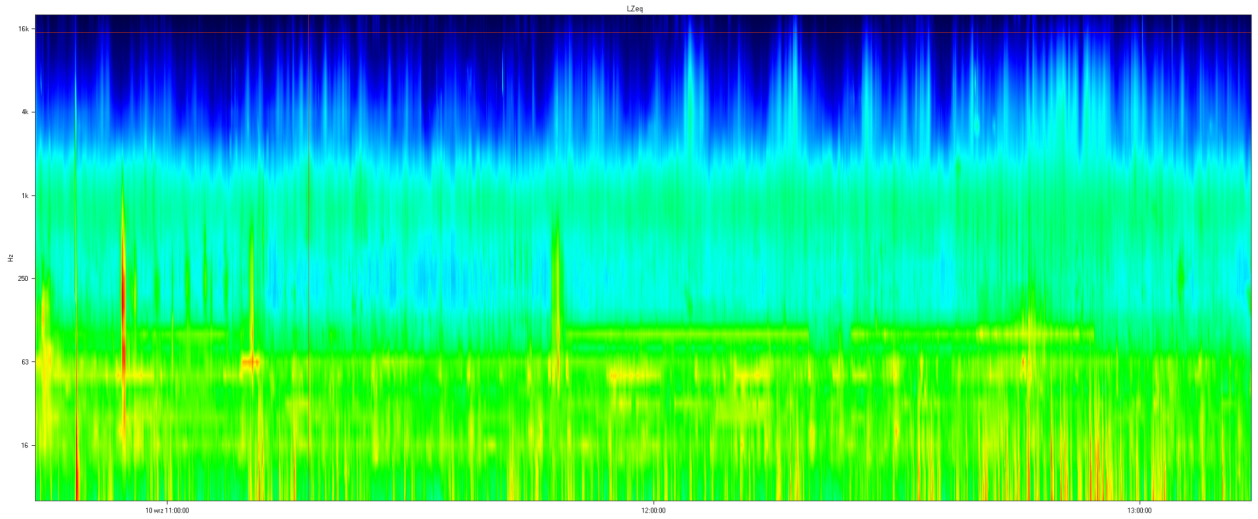


Wykres z oprogramowania NTi Audio Data Explorer, ukazujący pomiary w ważeniu A. Szare kolumny oznaczają wykluczone z pomiaru zdarzenia akustyczne, którymi były przeloty samolotów.

2.3. Ważenie Z (linear)

Pomiar z zastosowaniem charakterystyki liniowej (bez korekcji częstotliwościowej) wykazał LZeq na poziomie 68,9 dB(Z). Wartość ta odzwierciedla rzeczywisty poziom ciśnienia akustycznego bez uwzględnienia właściwości percepcyjnych ludzkiego ucha. Różnica między LZeq a LAeq wynosząca 22,8 dB ponownie potwierdza znaczący udział bardzo niskich częstotliwości w całkowitym spektrum emisji.

Charakterystyka liniowa jest szczególnie przydatna do oceny potencjalnego wpływu wibracji i drgań związanych z infradźwiękami, które mogą być odczuwalne jako dyskomfort fizyczny mimo relatywnie niskich wartości w ważeniu A. Różnica między pomiarami liniowymi a korygowanymi krzywą A dostarcza cennych informacji o charakterze spektralnym źródeł hałasu i ich potencjalnym wpływie na komfort mieszkańców.

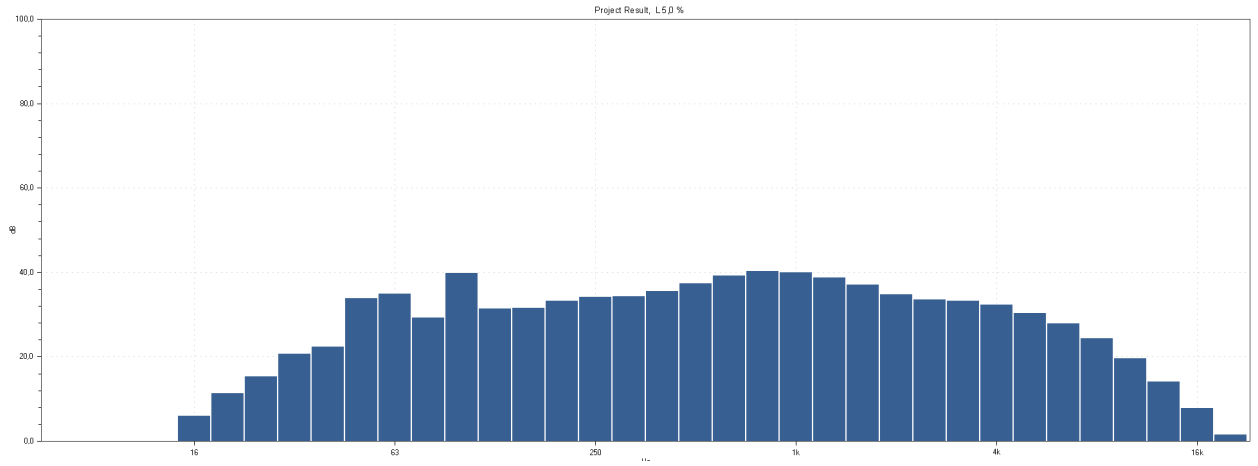


Spektrogram częstotliwościowy z programu NTi Audio Data Explorer w ważeniu Z, obrazujący rozkład energii akustycznej w funkcji częstotliwości, potwierdzając dominację niskich częstotliwości.

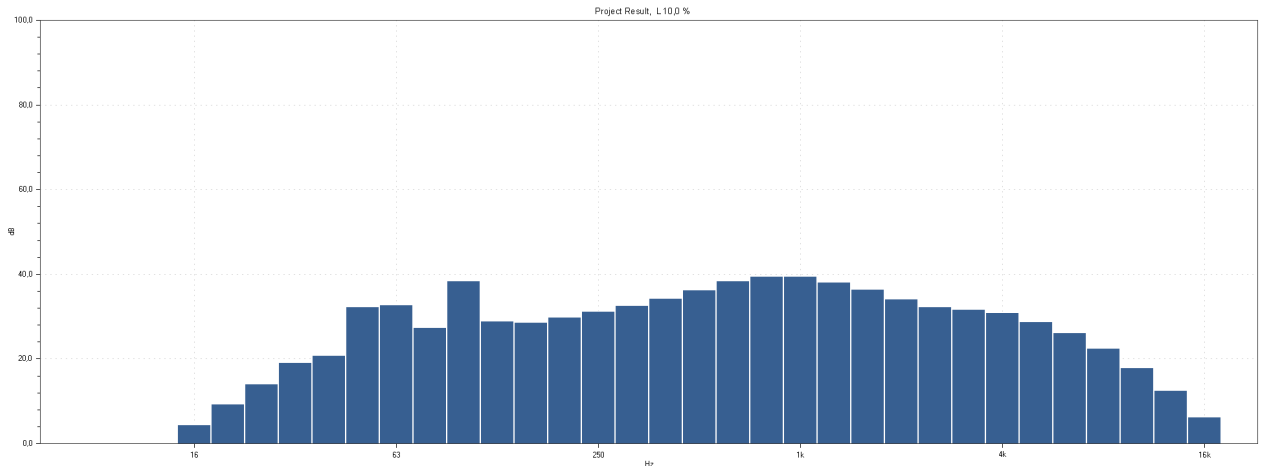
III. ANALIZA STATYSTYCZNA POZIOMÓW DŹWIĘKU

3.1. Parametry percentylowe LAeq

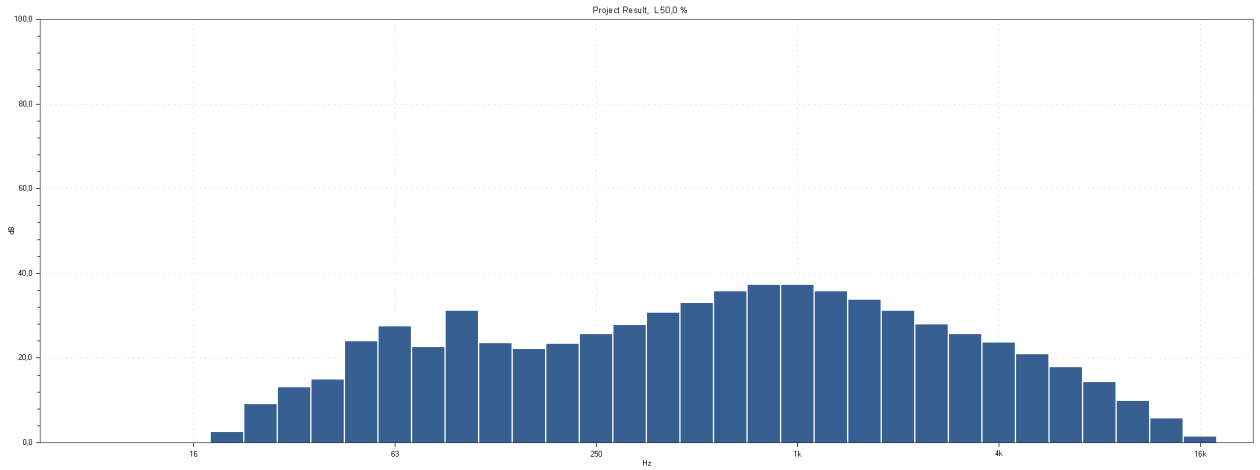
Analiza statystyczna rozkładu poziomów dźwięku w ważeniu A dostarcza kluczowych informacji o charakterze klimatu akustycznego w punkcie pomiarowym. Parametry percentylowe pozwalają na szczegółową ocenę zmienności poziomów hałasu w czasie i identyfikację dominujących wzorców emisji.



Parametr L5 osiągnął wartość 75,5 dB(A), wskazując na poziom dźwięku przekraczany jedynie przez 5% czasu trwania pomiaru. Ta wartość odzwierciedla najintensywniejsze zdarzenia akustyczne, prawdopodobnie związane z przejazdem pojazdów ciężarowych w bezpośredniej bliskości punktu pomiarowego lub szczytowymi operacjami w centrum logistycznym Panattoni. Różnica między L5 a LAeq wynosząca 29,4 dB świadczy o znacznej dynamice klimatu akustycznego.



Poziom L10 wyniósł 68,3 dB(A), określając wartość przekraczaną przez 10% czasu pomiaru i reprezentującą zdarzenia akustyczne o wysokiej intensywności ale większej częstotliwości występowania. Różnica L10-L90 wynosząca 21,6 dB stanowi prostą miarę rozrzutu danych hałasu i wskazuje na znaczną zmienność klimatu akustycznego typową dla lokalizacji z mieszanym oddziaływaniem źródeł transportowych i przemysłowych.



Medianowy poziom dźwięku L50 osiągnął wartość 54,1 dB(A), reprezentując typowy poziom akustyczny występujący przez połowę czasu trwania pomiaru. Różnica między L50 a LAeq wynosząca 8,0 dB wskazuje na asymetrię rozkładu poziomów w kierunku wyższych wartości, co jest charakterystyczne dla środowisk z okresowymi źródłami o wysokiej emisji.

3.2. Charakterystyka tła akustycznego

Parametr L90 na poziomie 46,7 dB(A) określa podstawowe tło akustyczne lokalizacji, reprezentując poziom przekraczany przez 90% czasu pomiaru. Ta wartość odzwierciedla stały składnik klimatu akustycznego, wynikający z odległego hałasu komunikacyjnego z drogi S5 oraz działalności systemów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych kompleksu Panattoni.

Najniższy percentyl L95 wyniósł 46,0 dB(A), wskazując na minimalny poziom tła akustycznego w najcichszych momentach pomiaru. Niewielka różnica między L90 a L95 (0,7 dB) świadczy o stabilności podstawowego tła akustycznego, co jest typowe dla lokalizacji z ciągłym oddziaływaniem źródeł o stałej emisji. Wartość L95 jest szczególnie istotna dla oceny wpływu na

jakość snu mieszkańców, ponieważ reprezentuje najkorzystniejsze warunki akustyczne w danej lokalizacji.

Porównanie wartości tła akustycznego (L90 = 46,7 dB(A)) z równoważnym poziomem dźwięku (LAeq = 46,1 dB(A)) wskazuje na dominujący udział stałego tła w całkowitym bilansie akustycznym lokalizacji. Ta charakterystyka sugeruje, że mimo występowania okresowych zdarzeń o wysokiej intensywności, podstawowy klimat akustyczny jest kształtowany przez ciągłe źródła emisji.

3.3. Interpretacja rozkładu widmowego

Analiza częstotliwościowa wykazała charakterystyczny rozkład energii akustycznej z dominacją w pasmach niskich częstotliwości, typowy dla hałasu transportowego i przemysłowego. Najwyższe poziomy zostały zarejestrowane w pasmach 250-500 Hz, co odpowiada charakterystyce emisji silników wysokoprężnych pojazdów ciężarowych oraz systemów wentylacyjnych.

W paśmie 1/3 oktawy o częstotliwości środkowej 250 Hz odnotowano LAeq na poziomie 34,9 dB, co wskazuje na znaczny udział składowych niskotonowych w całkowitym spektrum akustycznym. Ten rozkład spektralny jest szczególnie istotny ze względu na niską skuteczność naturalnych barier akustycznych (roślinność, płoty) w zakresie niskich częstotliwości.

Obecność wyraźnych szczytów w zakresie 500-1000 Hz potwierdza wpływ operacji przemysłowych oraz systemów mechanicznych centrum logistycznego. Ta charakterystyka spektralna jest typowa dla obiektów przemysłowych z intensywną działalnością systemów HVAC i urządzeń technologicznych, co koreluje z odnotowanymi wcześniej wibracjami odczuwalnymi przez mieszkańców.

IV. IDENTYFIKACJA ŹRÓDEŁ HAŁASU

4.1. Źródła stałe

Podstawowym składnikiem klimatu akustycznego w punkcie pomiarowym jest hałas komunikacyjny pochodzący z drogi ekspresowej S5, który stanowi ciągłe tło akustyczne o relatywnie stabilnym charakterze. Trasa ta, będąca częścią korytarza transportowego łączącego Bydgoszcz z Poznaniem, obsługuje intensywny ruch pojazdów ciężarowych, szczególnie w godzinach dziennych związanych z działalnością logistyczną regionu. Charakterystyka spektralna tego źródła wykazuje dominację częstotliwości w zakresie 250-500 Hz, typową dla hałasu pochodzącego od silników wysokoprężnych i kontaktu opon z nawierzchnią.

Drugi znaczący składnik stałego tła akustycznego stanowią systemy techniczne centrum logistycznego Panattoni, w szczególności instalacje HVAC (wentylacja, klimatyzacja) obsługujące magazyny o łącznej wysokości 12 metrów. Systemy te działają w trybie ciągłym lub semi-ciągłym, dostosowując swoją pracę do warunków temperatury zewnętrznej i wewnętrznych wymagań technologicznych. Emisja akustyczna z tych źródeł charakteryzuje się przeważnie tonalnym charakterem w zakresie średnich częstotliwości (500-1000 Hz), z możliwymi składowymi niskotonowymi pochodzącymi od sprężarek i nawiewów.

Istotnym elementem kształtującym klimat akustyczny są również systemy chłodnicze i klimatyzacyjne obsługujące magazyny, które w okresie letnim mogą pracować intensywniej, generując dodatkowe obciążenie akustyczne. Te instalacje często charakteryzują się cyklicznym włączaniem i wyłączaniem, co może powodować zmienność poziomów hałasu i wibracji w krótkich okresach czasu.

4.2. Źródła zmienne

Dominującym źródłem zmiennych zdarzeń akustycznych jest ruch pojazdów ciężarowych obsługujących centrum logistyczne, w szczególności zespoły trakcyjne (TIR-y) wykonujące operacje załadunku i rozładunku. Przejazd pojedynczego pojazdu ciężarowego może generować poziomy dźwięku sięgające 75-80 dB(A) w odległości kilkudziesięciu metrów, co odpowiada obserwowanym wartościom percentylu L5. Te zdarzenia charakteryzują się krótkim czasem trwania (30-60 sekund) ale znaczną intensywnością akustyczną. Na propagację dźwięku z S5 ma wpływ również fakt braku odpowiednich barier i ekranów akustycznych izolujących okoliczne tereny mieszkaniowe od hałasu transportowego.

Operacje ładunkowe w centrum dystrybucyjnym stanowią kolejne źródło zmiennej emisji akustycznej, obejmujące pracę wózków widłowych, systemów przenośników taśmowych oraz innych urządzeń manipulacyjnych. Działalność ta funkcjonująca 24/h na dobę może generować charakterystyczne dźwięki impulsowe związane z przemieszczaniem kontenerów, palet i innych jednostek ładunkowych. Poziomy emisji z tych źródeł są zazwyczaj niższe niż w przypadku transportu ciężkiego, ale mogą być szczególnie uciążliwe ze względu na swoją nieregularność i impulsowy charakter.

Dodatkowym czynnikiem wpływającym na zmienność klimatu akustycznego są operacje związane z obsługą pojazdów, w tym długotrwałe postoje z włączonymi silnikami (szczególnie w okresie zimowym), co może generować ciągłą emisję o poziomach 60-65 dB(A) w bliskiej odległości. Te sytuacje są szczególnie istotne z perspektywy odczuwania drgań mechanicznych przez mieszkańców, które zostały odnotowane podczas rekonesansu terenu.

4.3. Efekty odbiciowe i propagacja dźwięku

Konstrukcja magazynów Panattoni, charakteryzująca się 12-metrowymi ścianami wykonanymi z materiałów blaszanych, działa jako rozległe powierzchnie odbijające fale akustyczne. Materiały te, ze względu na swoją sztywność i gładkość, wykazują wysokie współczynniki odbicia dla większości częstotliwości słyszalnych, co może prowadzić do wzmocnienia poziomów dźwięku w otoczeniu o 3-6 dB w zależności od geometrii i warunków meteorologicznych.

Efekt odbiciowy jest szczególnie wyraźny dla częstotliwości średnich i wysokich (powyżej 500 Hz), gdzie powierzchnie blaszane działają jak zwierciadła akustyczne. W przypadku niskich częstotliwości (poniżej 250 Hz), dominuje zjawisko dyfrakcji wokół konstrukcji, co może prowadzić do powstawania obszarów wzmocnień i osłabień w różnych punktach otoczenia. Ta złożoność propagacji dźwięku w środowisku zurbanizowanym z wielkogabarytowymi konstrukcjami przemysłowymi znacznie utrudnia precyzyjną prognozę oddziaływania akustycznego.

Wpływ odbić jest dodatkowo komplikowany przez obecność innych elementów infrastruktury technicznej, takich jak podpory, rury wentylacyjne i inne elementy konstrukcyjne, które mogą działać jako wtórne źródła rozpraszania i odbicia dźwięku. Efekty te są szczególnie istotne w kontekście długoterminowej oceny oddziaływania, ponieważ mogą powodować zmienność poziomów hałasu w zależności od kierunku i siły wiatru, wilgotności powietrza oraz innych czynników meteorologicznych.

V. KONTEKST GEOPOLITYCZNY I WYKLUCZENIA Z ANALIZY

5.1. Przeloty wojskowe

W trakcie prowadzenia pomiarów 10 września 2025 roku w polskiej przestrzeni powietrznej odnotowano intensywną aktywność samolotów wojskowych, bezpośrednio związaną z incydentami naruszenia granicy powietrznej przez rosyjskie drony bezzałogowe. Zgodnie z informacjami Dowództwa Operacyjnego Rodzajów Sił Zbrojnych, wzmożona aktywność lotnictwa wojskowego stanowiła bezpośrednią odpowiedź na zagrożenie aktywnością bezzałogowców w regionach Ukrainy graniczących z Polską.

Ze względu na charakter i cel tych operacji, wszystkie pomiary akustyczne wykonane podczas przelotów wojskowych zostały wykluczone z analizy jako reprezentujące działalność obronną państwa o statusie celu publicznego. Wykluczenia te są widoczne na wykresach czasowych z aparatury NTi Audio jako szare paski oznaczające okresy nieuwzględnione w końcowych obliczeniach parametrów akustycznych.

Decyzja o wykluczeniu przelotów wojskowych z analizy wynika z uznania nadrzędnego interesu bezpieczeństwa narodowego nad komfortem akustycznym obywateli w sytuacjach zagrożenia. Zgodnie z projektem specustawy o inwestycjach obronnych, działania związane z obronnością państwa nie podlegają standardowym normom hałasu środowiskowego, co potwierdza zasadność przyjętego podejścia metodologicznego.

5.2. Prowokacje rosyjskie i ich implikacje dla środowiska akustycznego

Kontekst geopolityczny pomiarów należy rozpatrywać w świetle prowokacyjnych działań Federacji Rosyjskiej, które w nocy z 9 na 10 września 2025 roku doprowadziły do wielokrotnego naruszenia polskiej przestrzeni powietrznej przez drony. Incydent ten, określony przez premiera Donalda Tuska jako "najbliżej otwartego konfliktu od II wojny światowej", wymagał natychmiastowej reakcji systemów obronnych Polski i sojuszników z NATO.

W odpowiedzi na te prowokacje, Rada Ministrów podjęła decyzję o przyspieszeniu procedur pozyskiwania systemów dronów i systemów antydronowych. Dodatkowo, sojusznicy Polski, w tym Norwegia i Dania, wzmocnili obronę wschodniej flanki NATO, kierując myśliwce F-35 do działań nad terytorium Rzeczypospolitej. Te działania mają charakter bezpośredniej odpowiedzi na taktykę wojny hybrydowej prowadzoną przez Rosję.

Obecna sytuacja geopolityczna w regionie wymaga przewartościowania priorytetów w zakresie polityki akustycznej państwa. W warunkach zwiększonego zagrożenia bezpieczeństwa narodowego, działania obronne muszą być traktowane jako nadrzędne wobec standardowych

norm komfortu akustycznego społeczności lokalnych. Nie oznacza to jednak rezygnacji z dbałości o jakość życia obywateli w innych obszarach.

Wzmożona aktywność systemów obrony powietrznej, obejmująca zarówno polskie, jak i sojusznicze samoloty oraz systemy radiolokacyjne osiągające stan najwyższej gotowości, prawdopodobnie będzie mogła się pojawiać regularnie. Ta sytuacja wymaga przyjęcia długoterminowej strategii uwzględniającej potrzeby obronne przy jednoczesnym minimalizowaniu uciążliwości dla ludności cywilnej.

Szczególnego znaczenia nabiera w tym kontekście konieczność intensyfikacji działań zmierzających do ograniczenia hałasu z źródeł kontrolowanych, takich jak transport drogowy i działalność przemysłowa. W sytuacji gdy hałas związany z obronnością państwa jest nieunikniony i społecznie akceptowany jako koszt bezpieczeństwa, tym większa odpowiedzialność spoczywa na organach administracyjnych i inwestorach prywatnych w zakresie minimalizowania emisji akustycznej z pozostałych źródeł.

Doświadczenia z pomiarów w Łochowie pokazują, że nawet w okresie wzmożonej aktywności obronnej, podstawowym problemem akustycznym pozostaje hałas komunikacyjny i przemysłowy. To właśnie na te źródła należy skoncentrować wysiłki administracyjne, legislacyjne i techniczne, aby zapewnić mieszkańcom akceptowalny komfort życia mimo trudnej sytuacji geopolitycznej.

VI. OCENA ZGODNOŚCI Z NORMAMI PRAWNYMI

6.1. Klasyfikacja terenu i obowiązujące normy

Lokalizacja punktu pomiarowego w Łochowie jest zakwalifikowana zgodnie z obowiązującym Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku. Łochowo, jako wieś o charakterze mieszkaniowym z dominującą zabudową jednorodzinną i zagrodową, podlega przepisom określonym w pozycji 2a załącznika - "Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej".

Zgodnie z tabelą 1 rozporządzenia, dla terenów zabudowy jednorodzinnej obowiązują następujące dopuszczalne poziomy hałasu pochodzącego z "pozostałych obiektów i działalności będącej źródłem hałasu" (do których zalicza się działalność centrum logistycznego Panattoni): LAeq D = 50 dB(A) w okresie dnia (8 najmniej korzystnych godzin) oraz LAeq N = 40 dB(A) w porze nocy (1 najmniej korzystna godzina).

Istotnym aspektem prawnym jest rozróżnienie między hałasem komunikacyjnym a przemysłowym. Dla hałasu drogowego z S5 obowiązują odmienne normy: LAeq D = 61 dB(A) i LAeq N = 56 dB(A), co odzwierciedla większą tolerancję prawną dla emisji transportowej w porównaniu z przemysłową.

6.2. Analiza zgodności wyników pomiarów

Równoważny poziom dźwięku LAeq = 46,1 dB(A) zarejestrowany w punkcie pomiarowym mieści się poniżej dopuszczalnej normy dziennej dla terenów zagrodowych (50 dB(A)). Wartość ta

wskazuje na zachowanie zgodności z obowiązującymi przepisami w zakresie długotrwałego oddziaływania akustycznego. Należy jednak podkreślić, że pomiar został przeprowadzony w porze dziennej, a normy nocne są bardziej restrykcyjne (45 dB(A)).

Szczególną uwagę wymagają wartości percentylowe, które mogą wskazywać na okresowe przekroczenia norm. Parametr L5 = 75,5 dB(A) znacząco przekracza dopuszczalne normy zarówno dzienne jak i nocne, jednak zgodnie z metodologią pomiarową, ocena zgodności z przepisami opiera się na parametrze LAeq, a nie na wartościach szczytowych. Niemniej, częste występowanie poziomów przekraczających 70 dB(A) może wskazywać na potencjalne problemy z komfortem akustycznym mieszkańców.

Różnica między wartościami w ważeniu A i C (16,8 dB) sugeruje znaczny udział niskich częstotliwości charakterystycznych dla źródeł przemysłowych, co może mieć znaczenie dla oceny uciążliwości dźwięku mimo formalnej zgodności z normami.

VII. ANALIZA PSYCHOAKUSTYCZNA I WPŁYW NA ZDROWIE

7.1. Charakterystyka psychoakustyczna środowiska dźwiękowego

Analiza różnic między pomiarami w ważeniu A i C ujawnia kluczowe charakterystyki psychoakustyczne klimatu akustycznego w punkcie pomiarowym. Różnica wynosząca 16,8 dB między LCeq (62,9 dB) a LAeq (46,1 dB) wskazuje na dominację składowych niskotonowych w spektrum akustycznym, które są szczególnie istotne z perspektywy oddziaływania na organizm ludzki. Ta charakterystyka jest typowa dla środowisk z oddziaływaniem źródeł transportowych i przemysłowych, gdzie dominują częstotliwości poniżej 200 Hz.

Znaczący udział niskich częstotliwości w całkowitym bilansie akustycznym jest szczególnie niepokojący, ponieważ tradycyjna krzywa korekcyjna A tłumi progresywnie wszystkie częstotliwości poniżej 1000 Hz - dla częstotliwości 31,5 Hz (typowej dla systemów HVAC) tłumienie wynosi aż 39 dB. W efekcie pomiary w ważeniu A mogą wykazywać "bezpieczne" wartości, podczas gdy rzeczywiste oddziaływanie na organizm jest znacznie wyższe.

Odnotowane podczas rekonesansu wibracje odczuwalne w jamie brzusznej potwierdzają obecność infradźwięków o częstotliwościach poniżej 20 Hz, które mogą wywoływać zjawiska rezonansowe w organizmie człowieka. Badania wykazują, że już przy poziomach 100 dB infradźwięki powodują nieprzyjemne uczucie wewnętrznego wibrowania, które jest jednym z najbardziej charakterystycznych objawów ekspozycji na tego typu emisję.

Szczególną uwagę wymaga analiza szczytowych różnic między ważeniem A i C, które w przypadku impulsowych zdarzeń akustycznych osiągają wartości przekraczające 20 dB, a w ekstremalnych przypadkach nawet 40 dB (LAFmax = 55,1 dB vs LCPKmax = 95,0 dB). Te nagłe, impulsowe zdarzenia o wysokim udziale składowych niskotonowych wywierają szczególnie destrukcyjne działanie na układ sercowo-naczyniowy, ponieważ aktywują nagłą odpowiedź stresową organizmu z gwałtownym wzrostem ciśnienia tętniczego i przyspieszeniem rytmu serca. Badania wykazują, że to właśnie nieprzewidywalne, impulsowe zdarzenia akustyczne - a nie stałe tło - są głównym czynnikiem ryzyka dla rozwoju chorób sercowo-naczyniowych, w tym migotania przedsionków i zawału mięśnia sercowego. W kontekście odnotowanych podczas

rekonesansu odczuwalnych wibracji w jamie brzusznej, szczytowe różnice przekraczające 20 dB potwierdzają obecność bardzo intensywnych zdarzeń infradźwiękowych, które mogą bezpośrednio oddziaływać na struktury serca poprzez mechaniczne wibracje klatki piersiowej.

7.2. Mechanizmy szkodliwego oddziaływania na układ sercowo-naczyniowy

Hałas niskotonowy wywiera szczególnie destrukcyjne działanie na układ sercowo-naczyniowy poprzez bezpośrednie oddziaływanie na struktury serca. Badania naukowe wykazują, że niskie częstotliwości wywołują wibracje w klatce piersiowej, co prowadzi do mechanicznego uszkodzenia osierdzia - "woreczka" otaczającego serce. W 97% przypadków długotrwałej ekspozycji dochodzi do strukturalnych zmian serca, w tym pogrubienia osierdzia nawet o 100-300% jako mechanizmu obronnego.

Proces destrukcji przebiega etapowo, rozpoczynając się od mechanicznych uszkodzeń wywołanych wibracjami, następnie przechodząc w reakcję zapalną z aktywacją inflammasomu NLRP3 i zwiększoną produkcją cytokin prozapalnych (IL-1β, IL-6, IL-18). Końcowym etapem są uszkodzenia strukturalne, obejmujące zwiększoną produkcję kolagenu w sercu nawet o 80%, powiększenie i zmianę struktury mitochondriów oraz zaburzenia rytmu serca przez uszkodzenia połączeń między komórkami.

Szczególnie alarmujący jest fakt, że mechanizm ten działa również podczas snu, gdy organizm jest całkowicie bezbronny wobec tego typu agresji akustycznej. W nocy wyłączone są naturalne mechanizmy ochronne, takie jak refleks akustyczny, który w dzień może zmniejszyć intensywność szkodliwych dźwięków o 15-20 dB. Każde mikroprrzebudzenie wywołane hałasem niskotonowym stanowi dodatkowy stres dla serca, które musi reagować na sygnały alarmowe z mózgu.

7.3. Epidemiologia chorób sercowo-naczyniowych związanych z hałasem

Skala problemu zdrowotnego związanego z hałasem środowiskowym ma charakter epidemiczny. Według aktualnych danych WHO, ekspozycja na hałas środowiskowy przyczynia się rocznie do powstania 50 000 nowych przypadków chorób serca oraz 66 000 przedwczesnych zgonów w krajach Unii Europejskiej. Szczególnie istotne jest to, że już niewielki wzrost poziomu hałasu w otoczeniu - o każde 10 dB - zwiększa ryzyko chorób układu krążenia o 8%.

Polska zajmuje alarmujące miejsce w statystykach europejskich dotyczących śmiertelności z powodu chorób sercowo-naczyniowych. Według aktualnych danych, umieralność z powodu chorób serca w Polsce jest dwukrotnie wyższa niż średnia w Unii Europejskiej, stanowiąc przyczynę około 34,8% wszystkich zgonów (160 000 rocznie). Dla porównania, średnia unijna wynosi 19,7%, co oznacza, że Polska znajduje się w grupie krajów o najwyższej śmiertelności związanej z chorobami serca w Europie.

Społeczny koszt tego zaniedbania jest dramatyczny - rocznie w Polsce dochodzi do około 70 000 zawałów serca i 175 000 zgonów z przyczyn sercowo-naczyniowych, przy czym około 1 milion Polaków cierpi z powodu niewydolności serca.

Metaanaliza obejmująca 14 badań wykazała, że narażenie na hałas drogowy w zakresie 50-75 dB znacząco zwiększa ryzyko wystąpienia zawału serca oraz choroby niedokrwiennej serca. U

osób eksponowanych na hałas w zakresie 95-124 dB ryzyko wystąpienia choroby niedokrwiennej serca jest dwukrotnie wyższe. Szczególnie niepokojące jest to, że negatywny wpływ hałasu utrzymuje się zarówno w dzień, jak i w nocy, prowadząc do zwiększonego ryzyka zawałów serca i udarów mózgu.

W kontekście lokalnym istotne znaczenie ma fakt, że mieszkańcy obszarów wiejskich, takich jak Łochowo, mogą być szczególnie narażeni na skutki zdrowotne z powodu braku przystosowania do wysokich poziomów hałasu charakterystycznych dla środowisk miejskich. Badania wskazują, że osoby żyjące w cichszych środowiskach wykazują większą wrażliwość na nagłe zmiany klimatu akustycznego, co może intensyfikować mechanizmy stresu i reakcje zapalne.

7.4. Grupy szczególnie narażone w kontekście lokalnym

Analiza charakterystyki demograficznej obszaru Łochowa wskazuje na obecność grup szczególnie narażonych na skutki zdrowotne długotrwałej ekspozycji na hałas niskotonowy. Osoby starsze stanowią grupę wysokiego ryzyka, ponieważ badania wykazują wzrost ryzyka udaru o 27% przy długotrwałej ekspozycji na hałas środowiskowy. Ich osłabiona zdolność regeneracji tkanek oznacza, że uszkodzenia wywołane hałasem mogą być nieodwracalne.

Szczególnie istotne jest to, że symptomy zapalenia osierdzia mogą początkowo maskować się pod różnymi objawami, które łatwo pomylić z innymi dolegliwościami. Charakterystyczny ból w klatce piersiowej nasila się przy kaszlu, głębokim oddechu lub zmianie pozycji ciała, często opisywany jako uczucie "kłucia" lub "pieczenia" w okolicy serca. Towarzyszące objawy to duszność uciążliwa w pozycji leżącej, przewlekłe uczucie zmęczenia i osłabienia oraz niska gorączka utrzymująca się tygodniami.

W nocy mieszkańcy są szczególnie bezbronni wobec oddziaływania hałasu niskotonowego. Podczas snu nie można świadomie oddalić się od źródła hałasu, a wyłączone mechanizmy ochronne sprawiają, że każdy dźwięk wywołuje mikroprrzebudzenia fragmentujące sen. Organizm nie może przejść w fazę głębokiego snu, podczas której dochodzi do najważniejszych procesów naprawczych, co prowadzi do przyspieszonego rozwoju chorób układu krążenia.

Nieleczone zapalenie osierdzia stanowi bezpośrednie zagrożenie życia, mogąc prowadzić do zaciskającego zapalenia osierdzia, tamponady serca oraz przewlekłej niewydolności serca. Szczególnie niepokojące jest to, że powikłania te mogą rozwijać się latami bez wyraźnych objawów, aż do momentu gdy uszkodzenia stają się nieodwracalne.

Opracowanie:
Alan Grinde, Klaudia Dąbrowska
Instytut Ekologii Akustycznej