

KATALOG DANYCH DOTYCZĄCYCH DZIAŁALNOŚCI PRZEMYSŁOWEJ W POLSCE W ODNIESIENIU DO WYMAGAŃ DYREKTYWY 2015/996

Zamawiający:

Główny Inspektorat Ochrony Środowiska
ul. Wawelska 52/54
00-922 Warszawa

Wykonujący

KFB Acoustics Sp. z o.o.
ul. Mydlana 7
51-502 Wrocław

Autor wiodący

dr inż. Tomasz Malec – kierownik zespołu

Współautorzy

dr inż. Barbara Rudno-Rudzińska
mgr inż. Justyna Chojnacka
mgr inż. Aleksandra Klimek

Recenzenci wewnętrzni

dr inż. Filip Barański
dr inż. Radosław Kucharski
mgr inż. Patrycja Chacińska
mgr inż. Bartosz Chmielewski

Recenzenci

mgr inż. Marek Jucewicz
dr hab. inż. Tadeusz Wszolek

Nadzór merytoryczny GIOŚ

Katarzyna Kaczorowska
Paulina Pilaszek
Anna Taras

Nr projektu 842-20P-LBA-1
Wersja dokumentu 3.1
Wrocław, 18 maja 2021

Spis treści

SPIS SYMBOLI	7
WYKAZ PODSTAWOWYCH OZNACZEŃ	7
WYKAZ SKRÓTÓW	8
WPROWADZENIE	9
CNOSSOS-EU – PRZEMYSŁ – STRESZCZENIE METODY	11
A. STRATEGICZNE MAPY HAŁASU	15
A.1 PRZEDMIOT ANALIZY	16
A.2 ŹRÓDŁA DANYCH DO BUDOWY MODELU AKUSTYCZNEGO	16
A.2.1 DANE PRZESTRZENNE – GEOMETRYCZNE	17
A.2.2 DANE AKUSTYCZNE	21
A.2.2.1 Dane o źródłach - inwentaryzacja i parametry emisji	21
A.2.2.1.1 Inwentaryzacja	21
A.2.2.1.2 Parametry emisji	23
A.2.2.2 Dane o przestrzeni	25
A.2.2.3 Warunki propagacji	27
A.3 WERYFIKACJA POZYSKANYCH DANYCH	27
A.4 CZAS PRACY ŹRÓDEŁ	30
A.5 TWORZENIE MODELI ZASTĘPCZYCH ŹRÓDEŁ	31
A.6 POMIARY HAŁASU	33
A.7 USTAWIENIA OBLICZEŃ	35
A.8 SPRAWDZENIE MODELU AKUSTYCZNEGO	36
B. INNE OPRACOWANIA AKUSTYCZNE	39
B.1 PRZEDMIOT ANALIZY	40
B.2 ŹRÓDŁA DANYCH DO BUDOWY MODELU AKUSTYCZNEGO	41
B.2.1 DANE PRZESTRZENNE – GEOMETRYCZNE	41
B.2.2 DANE AKUSTYCZNE.....	41
B.2.2.1 Dane o źródłach - inwentaryzacja i parametry emisji	42
B.2.2.1.1 Inwentaryzacja	42
B.2.2.1.2 Parametry emisji	43
B.2.2.2 Dane o przestrzeni	49
B.2.2.3 Warunki propagacji	49
B.3 WERYFIKACJA POZYSKANYCH DANYCH	50

B.4	CZAS PRACY ŹRÓDEŁ	55
B.5	TWORZENIE MODELI ZASTĘPCZYCH ŹRÓDEŁ	55
B.6	POMIARY HAŁASU	55
B.7	USTAWIENIA OBLICZEŃ	56
B.8	WALIDACJA I KALIBRACJA MODELU	57
C.	ZAGADNIENIA AKUSTYCZNE	58
C.1	TWORZENIE ŹRÓDEŁ ZASTĘPCZYCH	58
C.1.1	ZASADY OGÓLNE	58
C.1.2	ŹRÓDŁA NIERUCHOME / STACJONARNE	59
C.1.2.1	Punktowe źródło dźwięku	60
C.1.2.2	Liniowe źródło dźwięku	61
C.1.2.3	Powierzchniowe źródło dźwięku	62
C.1.2.4	Złożone źródło dźwięku	64
C.1.2.5	Najczęstsze błędy i problemy w modelowaniu źródeł i geometrii	65
C.1.2.5.1	Nieodpowiedni dobór źródeł zastępczych	65
C.1.2.5.2	Źródło zlokalizowane na dachu budynku	65
C.1.2.5.3	Modelowanie źródeł w pobliżu obiektu składających się z 2 typów elementów	66
C.1.2.5.4	Źródło zlokalizowane w budynku otwartym	67
C.1.2.5.5	Propagacja pod budynkami	67
C.1.3	ŹRÓDŁA RUCHOME / NIESTACJONARNE	68
C.1.3.1	Źródła poruszające się wzdłuż toru	69
C.1.3.2	Źródło ruchome poruszające się po obszarze	73
C.1.3.3	Drogi wewnętrzne	75
C.1.3.4	Linie kolejowe zakładowe	75
C.1.3.5	Parkingi	76
C.1.3.5.1	Parking naziemne	76
C.1.3.5.2	Parkingi podziemne	78
C.1.3.5.3	Parking wielopoziomowy	80
C.1.4	KIERUNKOWOŚĆ ŹRÓDEŁ	82
C.1.4.1	Czym jest kierunkowość źródła	82
C.1.4.2	Wyznaczanie poprawki na kierunkowość źródła	83
C.1.4.3	Kiedy należy definiować kierunkowość	84
C.1.4.4	Przykład modelowania – centrala wentylacyjna	85
C.1.4.5	Algorytm postępowania przy uwzględnieniu kierunkowości	87
C.1.5	SYTUOWANIE ŹRÓDEŁ PRZY OBIEKTACH	88
C.1.6	REALIZACJA NUMERYCZNA ZASTĘPCZYCH ŹRÓDEŁ HAŁASU	90
C.2	POMIARY HAŁASU W ŚRODOWISKU	91
C.2.1	KONTROLNE	91
C.2.1.1	Pomiary kontrolne krótkookresowe	91
C.2.1.2	Długookresowe	97
C.2.1.3	Lokalizacja i liczba punktów	99

C.2.2	KALIBRACYJNE I WERYFIKACYJNE	102
C.2.2.1	Lokalizacja i liczba punktów	102
C.2.3	WALIDACYJNE	104
C.2.3.1	Lokalizacja i liczba punktów	104
C.2.4	RAPORTOWANIE POMIARÓW	105
C.2.5	WYBRANE ZAGADNIENIA PRAKTYCZNE	106
C.2.5.1	Czas pomiarów, a czas pracy źródeł	106
C.2.5.1.1	S1 – Tryb 1– stacjonarna praca zakładu wraz zakłóceniami	108
C.2.5.1.2	S2 – Tryb 2 – stacjonarna dwustopniowa praca zakładu bez zakłóceń,	109
C.2.5.1.3	S3 – praca w trybie zmiennym cyklicznie,	110
C.2.5.1.4	S4 – praca z dużą zmiennością w emisji hałasu,	111
C.2.5.1.5	S5 – niestacjonarna praca w trybie wolnozmiennym	112
C.2.5.2	Pomiar tła akustycznego	113
C.2.5.3	Poprawki na sytuowanie punktów zgodnie z ISO 1996-2:2017	116
C.2.6	POMIARY NIETYPOWYCH ŹRÓDEŁ HAŁASU	118
C.2.6.1	Myjnie bezdotykowe	118
C.2.6.1.1	Metoda ciągła	119
C.2.6.1.2	Metoda próbkowania	119
C.2.6.2	Hałas impulsowy	121
C.2.6.3	Turbiny wiatrowe	124
C.2.7	NAJCZĘSTSZE BŁĘDY I PROBLEMY	125
C.3	POMIAR POZIOMU MOCY AKUSTYCZNEJ	125
C.3.1	ZASADY OGÓLNE	125
C.3.2	ZALECANE METODY	126
C.3.2.1	PN-EN ISO374x	129
C.3.2.2	PN-EN ISO 9614	131
C.3.2.3	PN-ISO 8297	131
C.3.2.4	PN-EN ISO 12354-4	132
C.3.3	PRZYDATNE METODY	133
C.3.3.1	DIN 45635-47	134
C.3.4	INŻYNIERSKIE METODY	134
C.3.4.1	Metody ogólne	134
C.3.4.2	Źródło liniowe i powierzchniowe	136
C.3.4.3	Źródła ruchome	138
C.3.4.4	Obszar całego zakładu	139
C.3.4.5	Źródło o charakterze impulsowym	140
C.3.5	NAJCZĘSTSZE BŁĘDY I PROBLEMY	141
C.4	WPLYW PARAMETRÓW MODELU AKUSTYCZNEGO NA WYNIKI	142
C.4.1	PARAMETRY AKUSTYCZNE	142
C.4.1.1	Współczynnik gruntu – G	142
C.4.1.1.1	Wpływ gruntu a warunki meteorologiczne	142
C.4.1.2	Warunki meteorologiczne	146
C.4.1.3	Współczynnik pochłaniania dla przeszkód	149

C.4.2	PARAMETRY OBLICZEŃ	151
C.4.2.1	Liczba odbić	151
C.4.2.2	Promień poszukiwań	154
C.4.2.2.1	Promień szukania źródeł	154
C.4.2.2.2	Promień szukania powierzchni odbijających	155
C.4.2.3	Krok siatki	155
C.5	RODZAJE HAŁASU O WIĘKSZEJ UCIAŹLIWOŚCI	158
C.5.1	HAŁAS IMPULSOWY	158
C.5.1.1	Regulacje prawne	158
C.5.1.2	. Rodzaje hałasu impulsowego i kwalifikacja źródeł hałasu impulsowego	159
C.5.1.3	Ocena hałasu impulsowego	162
C.5.1.4	Metoda obliczeniowa	163
C.5.2	HAŁAS TONALNY	164
C.5.2.1	Regulacje prawne i metodyki do opisu hałasu tonalnego	164
C.5.2.2	Poprawka na tonalność hałasu	165
D.	ANEKSY	168
D.1	TEORETYCZNE MODELE ŹRÓDEŁ	168
D.1.1	WPROWADZENIE	168
D.1.2	ŹRÓDŁO PUNKTOWE	168
D.1.3	ŹRÓDŁO LINIOWE	170
D.1.4	ŹRÓDŁO POWIERZCHNIOWE	172
D.2	PROPAGACJA DŹWIĘKU	175
D.3	PRZEGLĄD METOD OCENY HAŁASU TONALNEGO	179
D.4	ANKIETA – PRZYKŁAD	180
D.5	SKORYGOWANE WIDMO HAŁASU – KRZYWA A	182
D.6	KOMPETENCJE ZAWODOWE	184
E.	BIBLIOGRAFIA:	186
F.	ŹRÓDŁA INTERNETOWE:	192

Spis symboli

Wykaz podstawowych oznaczeń

L_5, L_{50}, L_{95}	poziomy statystyczne dźwięku, [dB]
L_p	poziom chwilowego ciśnienia akustycznego, [dB]
L_{pA}	poziom chwilowego ciśnienia akustycznego ważony krzywą korekcyjną A, [dB(A)]
$\overline{L_{pA}}$	średni poziom dźwięku ważony krzywą korekcyjną A, [dB]
L_{AE}	poziom ekspozycji na dźwięk ważony krzywą korekcyjną A, [dB]
L_{EC}	ekspozycyjny poziom ciśnienia akustycznego, ważony krzywą korekcyjną C, [dB]
L_{AeqT}	poziom równoważny dźwięku za czas T , ważony krzywą korekcyjną A, [dB]
L_{AeqD}	poziom równoważny dźwięku dla pory dnia (6^{00} - 22^{00}), ważony krzywą korekcyjną A – wskaźnik oceny hałasu, [dB]
L_{AeqN}	poziom równoważny dźwięku dla pory nocy (22^{00} - 6^{00}), ważony krzywą korekcyjną A – wskaźnik oceny hałasu, [dB]
L_{DWN}	długookresowy średni poziom dźwięku A wyznaczony w ciągu wszystkich dób w roku, z uwzględnieniem pory dnia (6^{00} - 18^{00}), wieczoru (18^{00} - 22^{00}), i nocy (22^{00} - 6^{00}), [dB]
L_N	długookresowy średni poziom dźwięku A wyznaczony w ciągu wszystkich nocy w roku (22^{00} - 6^{00}), [dB]
L_W	poziom mocy akustycznej, [dB]
L_{WA}	poziom mocy akustycznej źródła, ważony krzywą korekcyjną A, [dB(A)]
$L_{W,eq}, L_{Weq}$	równoważny poziom mocy akustycznej za czas pracy T , [dB]
$L_{W,1m}, L'_{W}, L_{W/m}$	jednostkowy poziom mocy źródła liniowego (na 1 m długości), [dB]
$L_{WA,1m}, L'_{WA}, L_{WA/m}$	jednostkowy poziom mocy źródła liniowego (na 1 m długości), ważony krzywą korekcyjną A, [dB]
$L_{W,1m}, L_W'', L_{W/m^2}$	jednostkowy poziom mocy źródła powierzchniowego (na 1 m ² powierzchni), [dB]
$L_{WA,1m}, L_{WA}'', L_{WA/m^2}$	jednostkowy poziom mocy źródła powierzchniowego (na 1 m ² powierzchni), ważony krzywą korekcyjną A, [dB]

t	czas pracy źródła, w sekundach [s], minutach [min] lub godzinach [h]
T	czas odniesienia, w sekundach [s], minutach [min] lub godzinach [h]

Wykaz skrótów

BDOT10k	Bazy Danych Obiektów Topograficznych
CNOSSOS-EU	Common Noise Assessment Methods in Europe
DTR	Dokumentacja Techniczno-Ruchowa urządzenia
GIOŚ	Główny Inspektorat Ochrony Środowiska
FFT	Fast Fourier Transform – szybka transformata Fouriera
KIP	Karta Informacyjna Przedsięwzięcia
NMT	Numeryczny Model Terenu
POŚ	Prawo Ochrony Środowiska
PWL	Sound Power Level – poziom mocy akustycznej
PZ	Pozwolenie Zintegrowane
RDOŚ	Regionalna Dyrekcja Ochrony Środowiska
ROŚ	Raport o Oddziaływaniu Przedsięwzięcia na Środowisko
SEL	Sound Exposition Level - poziom ekspozycji na hałas
SHM	Strategiczna Mapa Hałasu
SIWZ	Specyfikacja Istotnych Warunków Zamówienia
SWZ	Specyfikacja Warunków Zamówienia
SPL	Sound Pressure Level – poziom ciśnienia akustycznego
TBA	Tonal Band Adjustment – poprawka do pasma tonalnego

Wprowadzenie

Przedmiotem opracowania jest problematyka prognozowania hałasu przemysłowego w środowisku w ramach Strategicznych Map Hałasu oraz innych opracowaniach akustycznych zgodnie z wymaganiami Dyrektywy Komisji (UE) 2015/996 i powołanej przez nią metodyki obliczeniowej CNOSSOS-EU. Ponieważ temat monitorowania i modelowania stanu akustycznego środowiska wokół zakładów jest bardzo obszerny, w niniejszym opracowaniu opisano całościowo większość zagadnień z tym związanych, tj.:

- ▣ streszczenie metody CNOSSOS-EU - Rozdział CNOSSOS-EU,
- ▣ ocenę oddziaływania na potrzeby Strategicznych Map Hałasu, - Rozdział A,
- ▣ ocenę oddziaływania na potrzeby innych opracowań akustycznych, - Rozdział B,
- ▣ tworzenie modeli zastępczych źródeł, - Rozdział C.1,
- ▣ pomiary hałasu przemysłowego w środowisku, - Rozdział C.2,
- ▣ pomiary poziomu mocy akustycznej, - Rozdział C.3,
- ▣ wpływ parametrów akustycznych i obliczeń na wyniki modelowania akustycznego, - Rozdział C.4,
- ▣ metody oceny hałasu impulsowego i tonalnego. - Rozdział C.5,

W celu zwiększenia czytelności, całość dokumentu podzielono na 3 części:

- ▣ A – zbieranie danych i modelowaniu hałasu na potrzeby Strategicznych Map Hałasu,
- ▣ B – zbieranie danych i modelowaniu hałasu na potrzeby Innych Opracowań Akustycznych,
- ▣ C – poświęconą zagadnieniom akustycznym niezbędnym do poprawnego opracowania części A i B

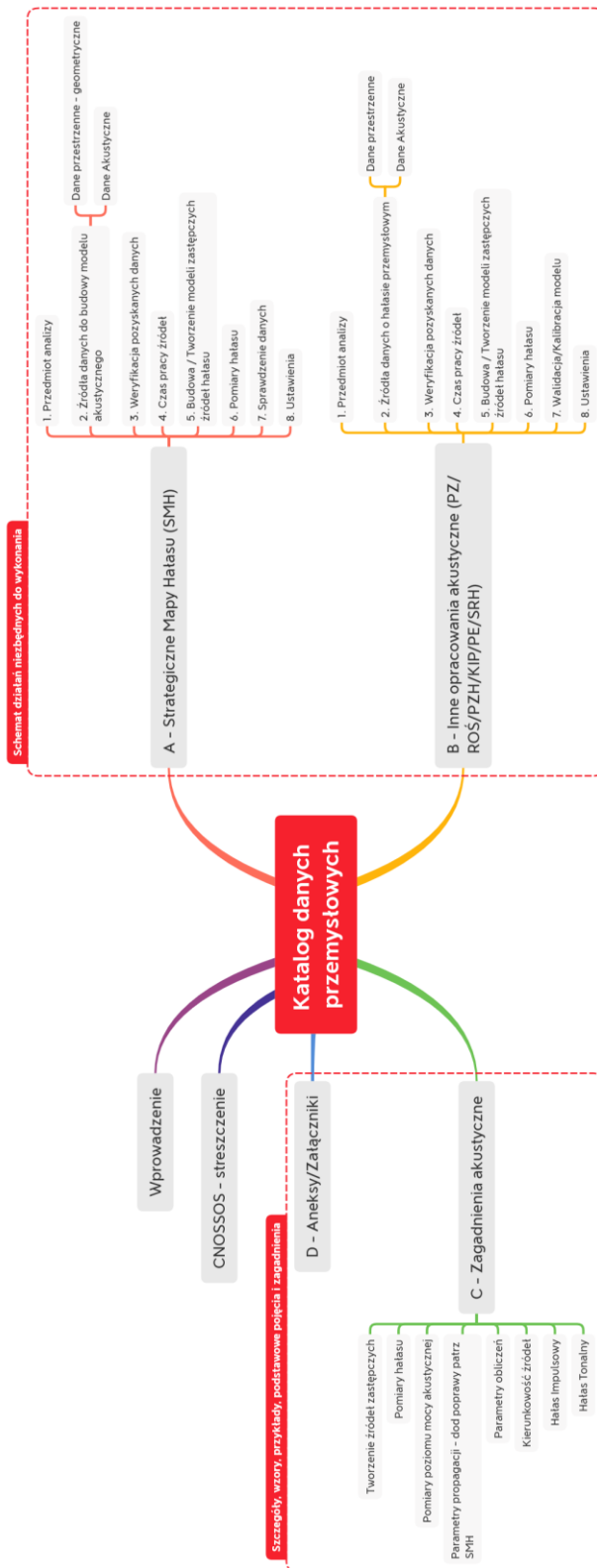
Dodatkowo w części D Aneksy i Załączniki, zamieszczono informacje uzupełniające treść główną

Przedstawione treści skierowane są do trzech grup docelowych:

- ▣ Zleceniodawców – część A, B i D6,
- ▣ Odbiorców – część A i B,
- ▣ Wykonawców – część A, B, C i D.

Głównym celem dokumentu jest przedstawienie źródeł danych, metod ich zbierania i oceny oraz opisanie dobrych praktyk w tym zakresie. Złożoność i obszerność tematyki hałasu przemysłowego w środowisku sprawia, że Wykonawcą całościowych analiz w tym zakresie powinni być specjaliści z dziedziny akustyki posiadający wiedzę ekspercką i doświadczenie.

W celu ułatwienia poruszania się po dokumencie na Rysunek 0. przedstawiono graficznie strukturę całego dokumentu.



Rysunek 0.0 Schemat ideowy struktury opracowania

CNOSSOS-EU – Przemysł – streszczenie metody

Informacje ogólne

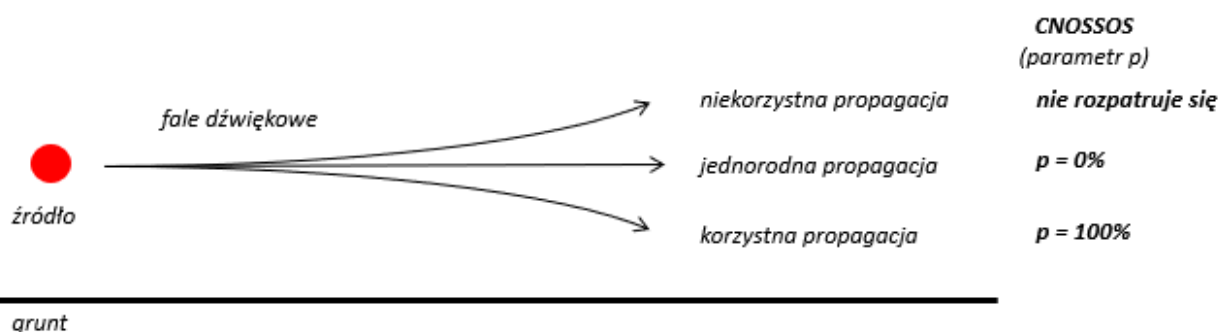
CNOSSOS-EU (Common Noise aSSessment MethOdS) to wspólna metoda oceny hałasu EU wprowadzona do obiegu prawnego Dyrektywą Komisji (UE) 2015/996 z dnia 19 maja 2015 r. Dyrektywa ta zastępuje w całości Załącznik II dyrektywy 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. odnoszącej się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku. W polski obieg prawny metodę CNOSSOS-EU wprowadza Art. 112c ustawy Prawo Ochrony Środowiska (Dz.U. 2001 nr 62 poz. 627, tekst jednolity: Dz.U. 2020 poz. 1219). Metoda CNOSSOS-EU opracowana została w celu ujednoczenia na obszarze Unii Europejskiej metod oceny hałasu wykonywanej w ramach strategicznych map hałasu dla miast o liczbie mieszkańców większej niż 100 tysięcy (zwanym dalej miastami), głównych dróg, linii kolejowych i lotnisk.

Jednym z elementów oceny hałasu na terenie miast jest określenie poziomu hałasu pochodzącego z obszarów działalności przemysłowej. Przed wprowadzeniem metodyki obliczeniowej CNOSSOS-EU, w ramach strategicznych map hałasu, ocena oddziaływania akustycznego obszarów przemysłowych prowadzona była w oparciu o dostosowane metodyki krajowe lub zalecaną przejściową metodykę opisaną w normie ISO 9613-2.

Wprowadzenie metodyki CNOSSOS-EU wprowadza do ocen hałasu przemysłowego nowe podejście do oceny wpływu warunków meteorologicznych. W dotychczas stosowanej metodzie (ISO 9613-2) założeniem wstępnym była ocena hałasu w korzystnych warunkach propagacji (tj. z wiatrem, od źródła do punktu odbioru) i ewentualna korekcja wyniku w przypadku występowania mniej korzystnych warunków (wprowadzana korekcja nie miała wpływu na obliczanie tłumienia gruntu i przeszkód). Obecnie w metodzie CNOSSOS-EU zawsze rozpatrywane są dwie sytuacje:

- ▣ warunki korzystne propagacji – z załamaniem fali dźwiękowej ku dołowi,
- ▣ warunki jednorodne propagacji – z prostoliniowym rozchodzeniem się fali dźwiękowej.

W zależności od przyjętych warunków meteorologicznych, zmianie ulegają wielkości tłumienia gruntu i przeszkód. Końcowy wynik, długookresowego oddziaływania, określany jest na podstawie częstości występowania korzystnych warunków propagacji (parametr „p”). Metodyka CNOSSOS-EU nie umożliwia obliczania oddziaływania dla niekorzystnych warunków propagacji (załamanie fali dźwiękowej ku górze), przy czym warunki te przybliża się za pomocą warunków jednorodnych (patrz: Rysunek 0.1).



Rysunek 0.1 Podstawowe warunki propagacji i odpowiadające im wartości parametru „p” (opracowanie własne)

Podstawowe zależności

Wynik końcowy, w zadanym punkcie odbioru, jest sumą logarytmiczną oddziaływań od poszczególnych źródeł hałasu i jest opisany zależnością:

$$L_p = L_{p,1} \oplus L_{p,2} = 10 \cdot \lg[10^{\frac{L_{p,1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p,2}}{10}}] \quad (0.1)$$

Poziom oddziaływanie od pojedynczego źródła, jest poziomem emisji danego źródła pomniejszonym o tłumienia związane z propagacją fali dźwiękowej w przestrzeni otwartej, i jest opisany zależnością:

$$L_{p,1} = L_{W,dir} - A_{prop} = L_{WA} - A_{div} - A_{atm} - A_{ground,p} - A_{dif,p} - RL \quad (0.2)$$

gdzie:

$L_{p,1}$ – poziom ciśnienia akustycznego w punkcie kontrolnym, [dB]

$L_{W,dir}$ – poziom mocy akustycznej źródła uwzględniający kierunkowość, [dB]

A_{prop} – tłumienie fali akustycznej na drodze propagacji, [dB]

A_{div} – tłumienie wywołane rozbieżnością geometryczną, [dB]

A_{atm} – tłumienie wywołane pochłanianiem atmosferycznym, [dB]

$A_{ground,p}$ – tłumienie wywołane oddziaływaniem akustycznym podłoża w zadanych warunkach propagacji, [dB]

$A_{dif,p}$ – tłumienie wywołane dyfrakcją w zadanych warunkach propagacji, [dB]

RL – straty odbić, [dB].

Zakres stosowania

Obliczenia poziomu hałasu w metodyce CNOSSOS-EU wykonuje się w oktaowych pasmach częstotliwości w zakresie od 63 Hz do 8 kHz.

W zakres metody nie wchodzi źródła hałasu emitujące hałas impulsowy lub hałas tonalny o dużym nasileniu, definiowany zgodnie z normą ISO 1996-2:2007.

W zakres metody obliczeń i modelowania nie wchodzi przegrody półpełne i przeszkody o nachyleniu względem płaszczyzny pionowej przekraczającym 15°.

Ramy jakości

Wszystkie wartości wejściowe wpływające na poziom emisji ze źródła wyznacza się z dokładnością odpowiadającą co najmniej poziomowi niepewności ± 2 dB(A) dla tego poziomu.

Dane wejściowe powinny opierać się na wartościach rzeczywistych. Z zasady nie należy opierać się na wartościach, czy założeniach domyślnych. Wartości i założenia domyślne dopuszcza się, jeżeli pozyskanie danych rzeczywistych wiąże się z nieproporcjonalnie wysokimi kosztami.

Oprogramowanie stosowane do obliczeń musi wykazywać zgodność z metodyką.¹

Hałas z działalności przemysłowej

Wymiary źródeł hałasu z działalności przemysłowej mogą być bardzo zróżnicowane. Mogą to być duże instalacje przemysłowe, składające się z wielu identyfikowalnych źródeł składowych, obszary składające się z wielu nieidentyfikowalnych źródeł lub pojedyncze urządzenia o zdefiniowanym, zgodnie z przepisami, poziomie emisji. W związku z tym każde oceniane źródło wymaga zastosowania właściwej techniki modelowania. Źródła można modelować jako:

- ▣ punktowe,
- ▣ liniowe,
- ▣ powierzchniowe.

Każde rzeczywiste źródło hałasu modeluje się za pomocą wymienionych powyżej równorzędnych źródeł zastępczych, z wykorzystaniem jednego lub większej liczby źródeł. Sumaryczny poziom mocy akustycznej zastępczych źródeł składowych musi być równy rzeczywistemu poziomowi mocy akustycznej danego źródła.

W programach komputerowych, przy obliczaniu oddziaływania, każdy typ źródła zastępowany jest elementarnym źródłem punktowym lub zbiorem źródeł punktowych.

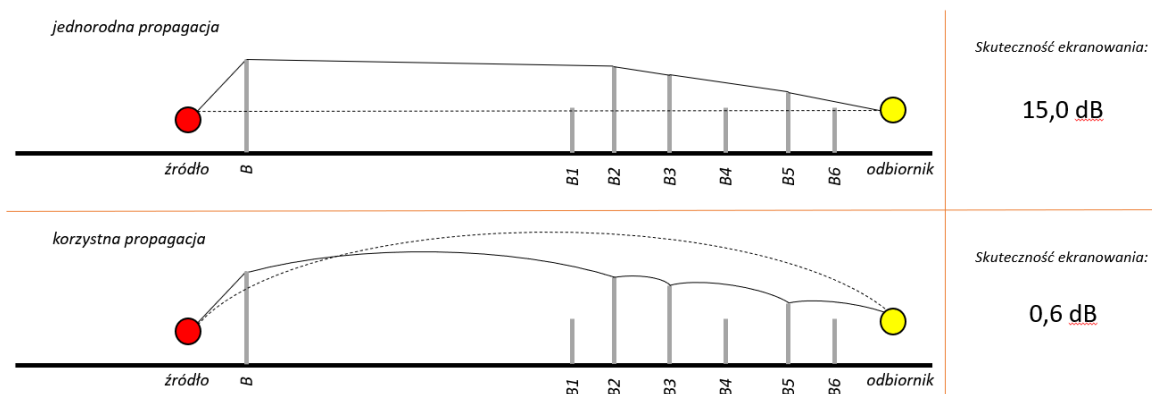
W celu poprawnego określenia oddziaływania akustycznego w środowisku, każde zastępcze źródło hałasu zdefiniowane w modelu, powinno posiadać co najmniej:

- ▣ widmo poziomu mocy akustycznej w pasmach oktaowych,
- ▣ czas pracy (średnioroczny dla pory dnia, wieczoru i nocy),
- ▣ usytuowanie w przestrzeni (x, y, z),
- ▣ wymiary i położenie (gabaryt źródła i kierunek emisji),
- ▣ typ zastosowanego źródła zastępczego (punktowe, liniowe, powierzchniowe, mieszane),
- ▣ warunki/tryb pracy,
- ▣ kierunkowość emisji hałasu.

¹ Uwaga: Obecnie profesjonalne programy obliczeniowe z wdrożoną metodyką obliczeniową CNOSSOS-EU powinny spełniać wymagania normy ISO/TR 17534-4:2020 Acoustics — Software for the calculation of sound outdoors — Part 4: Recommendations for a quality assured implementation of the COMMISSION DIRECTIVE (EU) 2015/996 in software according to ISO 17534-1

Komentarz autorski

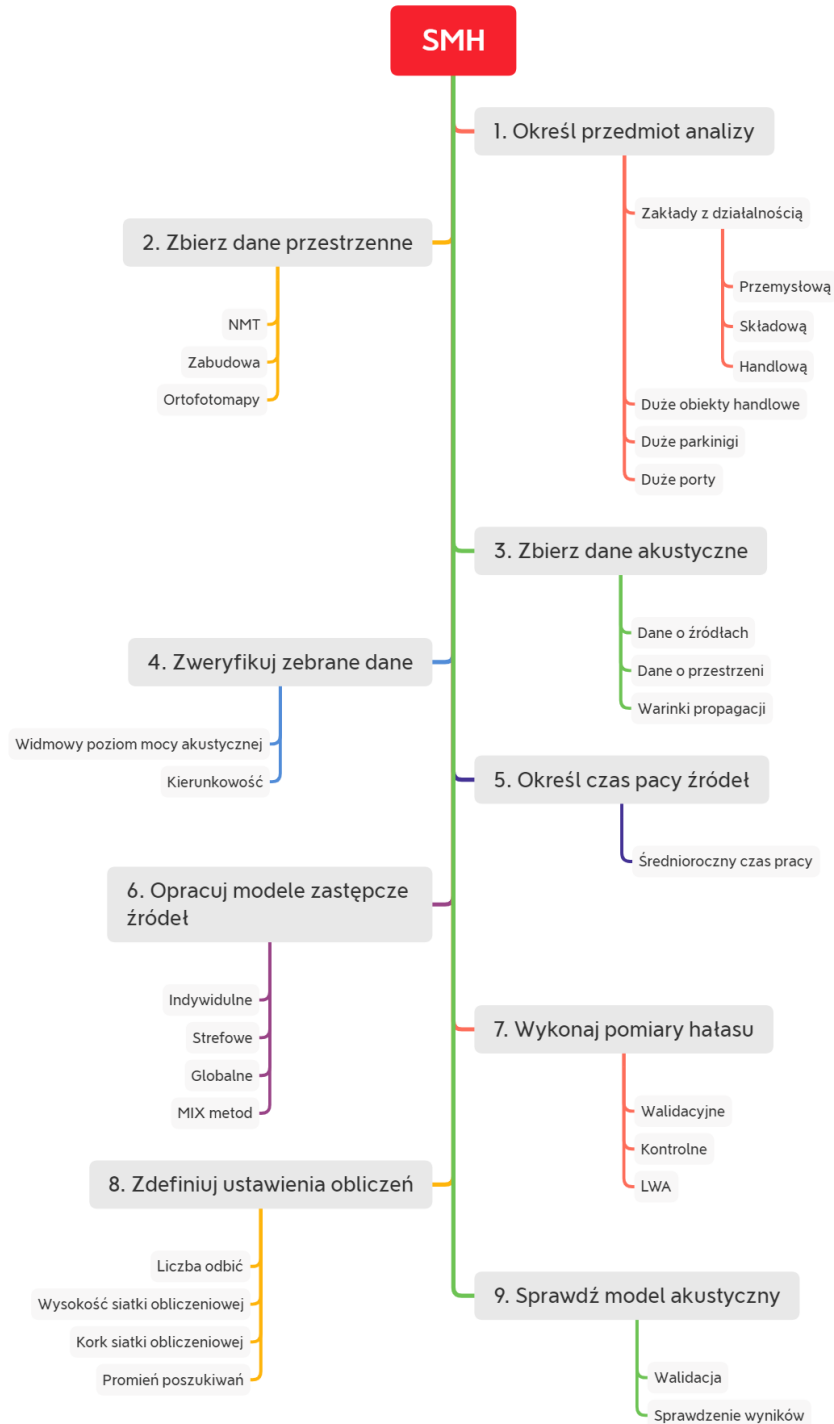
Zmiana metodyki z ISO 9613-2 na CNOSSOS-EU przy ocenie hałasu przemysłowego wymaga szczególnego zwrócenia uwagi na wpływ warunków meteorologicznych na wynik końcowy. Wszystkie elementy modelu akustycznego definiuje się w sposób dotychczas stosowany, jednakże wpływ tych elementów na wynik końcowy może być znacząco różny. Główne zmiany w ocenie oddziaływania związane są z wpływem warunków meteorologicznych, definiowanych parametrem „p”, na tłumienie gruntu i przeszkód. W skrajnych przypadkach ekranowanie przez przeszkody może zmaleć z kilkunastu decybeli do ledwie jednego decybeli (patrz: Rysunek 0.2)². W przedstawionym przykładzie, podczas propagacji w warunkach jednorodnych (p=0%), metodyka obliczeniowa uwzględnia wszystkie znaczące przeszkody na drodze propagacji i skuteczność ekranowania przez nie wprowadzona jest rzędu 15 dB. Przy zastosowaniu warunków korzystnej propagacji (p=100%), następuje ugięcie fali dźwiękowej, co prowadzi do zmniejszenia skuteczności nawet poniżej 1 dB. Przykład ten pokazuje, że świadome użycie wybranej metodyki obliczeniowej, wymaga znajomości podstaw akustyki, zależności opisanych w metodyce i ich implementacji programowej.



Rysunek 0.2 Ocena skuteczności ekranowania w warunkach jednorodnych (p=0) i korzystnych (p=100) propagacji (opracowanie własne na podstawie materiałów konferencyjnych [63])

² Obecnie (maj 2021) prowadzone są prace grupy ekspertów przy Dyrekcji Generalnej ds. Środowiska Komisji Europejskiej mające na celu zmianę części zależności opisujących efekty propagacji w metodyce CNOSSOS-EU.

A. Strategiczne Mapy Hałasu



Rysunek A.1 Etapy tworzenie modelu akustycznego dla SMH (opracowanie własne)

A.1 Przedmiot analizy

Przedmiotem analiz Strategicznych Map Hałasu [SMH] w zakresie hałasu przemysłowego są [65 – Załącznik 1]:

- ▣ zakłady z działalnością przemysłową, składową lub transportową,
- ▣ obiekty handlowe o powierzchni sprzedaży powyżej 5000 m²,
- ▣ parkingi powyżej 300 miejsc parkingowych przy obiektach użyteczności publicznej oraz działające w systemie Parkuj i Jedź,
- ▣ porty do obsługi statków o nośności większej niż 1350 t, z wyłączeniem przystani dla promów.

Stopień szczegółowości SMH jest ściśle powiązany z celem map i musi odzwierciedlać ten sam poziom istotności. Sposoby wyboru obiektów objętych mapowaniem w ramach SMH szczegółowo opisano *Dobrych praktykach wykonywania strategicznych map hałasu* [20]

A.2 Źródła danych do budowy modelu akustycznego

Dokładność wyników oceny oddziaływania akustycznego hałasu przemysłowego, w tym strategicznych map hałasu, w dużej mierze zależy od danych wejściowych wprowadzonych do modelu. Dane te dotyczą źródeł hałasu występujących na obszarze przemysłowym jak i danych przestrzennych obszaru (patrz: Rysunek A.2). Dane geometryczne są aktualnie łatwo dostępne. Sposób ich pozyskiwania oraz korzystanie z nich został opisany w podrozdziale A.2.1. Bardziej złożony problem pojawia się w przypadku danych dotyczących źródeł hałasu. Pozyskanie pełnych danych akustycznych (lokalizacja źródeł, poziom mocy akustycznej, tryby działania, czas pracy i inne) wymaga zebrania i przeanalizowania bardzo wielu zbiorów danych, a następnie wykonania odpowiednich wyborów. Kwestie związane z danymi akustycznymi opisane zostały w podrozdziale A.2.2.



Rysunek A.2 Główne elementy składowe pełnej inwentaryzacji danych o źródłach hałasu przemysłowego [źródło: <https://aci.acoucou.org>]

A.2.1 Dane przestrzenne – geometryczne

Większość podstawowych danych przestrzennych potrzebnych do inwentaryzacji geometrycznej dostępna jest publicznie w zasobach Geoportalu (<https://geoportal.gov.pl/>). Szczegółowy sposób korzystania z danych Geoportalu został opisany w poradnikach internetowych, podręcznikach udostępnionych do pobrania (<https://www.geoportal.gov.pl/o-geoportalu/materialy-do-pobrania>) oraz filmach instruktażowych na serwisie Youtube (<https://www.youtube.com/user/GUGiKPL>).

Szczególnie istotnymi danymi przestrzennymi, niezbędnymi do przygotowania modelu akustycznego, będą:

- ▣ Numeryczny Modelu Terenu (NMT),
- ▣ Ortofotomapy,
- ▣ Baza Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k),
- ▣ Model 3D budynków.

Dane numerycznego modelu terenu (NMT) to punktowa reprezentacja wysokości topograficznej powierzchni terenu. NMT udostępniony został m.in. w plikach tekstowych zawierających współrzędne w punktach – w siatce o gęstości 1m. Dla modelu akustycznego reprezentacja tych danych jest nadmiarowa i konieczna jest ich redukcja poprzez ich filtrację (patrz: Tabela A.1).



Rysunek A.3 Numeryczny model terenu – wizualizacja 3D (źródło: geoportal.gov.pl)

Ortofotomapy, będące przetworzoną prezentacją zdjęć lotniczych lub satelitarnych, w modelu akustycznym służą jako podkład do celów weryfikacji elementów geometrycznych. Na ich podstawie możliwe jest dodawanie i usuwanie obiektów nie wykazanych w innych zbiorach danych. Przy ocenie ortofotomapy istotne jest sprawdzenie w którym roku została ona wykonana (patrz: Rysunek A.4 i Rysunek A.5)



Rysunek A.4 Ortofotomapa z 2015 roku
(źródło: geoportal.gov.pl)



Rysunek A.5 Ortofotomapa z 2020 roku
(źródło: geoportal.gov.pl)

Informacje o budynkach i innych obiektach oraz ich usytuowaniu i wysokości, można pozyskać z trzech źródeł danych (patrz: Tabela A.1). Każde ze źródeł różni się stopniem szczegółowości oraz liczbą informacji dodatkowych. Podstawowym źródłem danych jest Baza Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k), która oprócz budynków zawiera dane dotyczące lokalizacji przestrzennej oraz charakterystyki obiektów takich jak: sieci wodne, sieci uzbrojenia terenu, sieć komunikacyjna, budynki, budowle, kompleksy użytkowania terenu. W przypadku budynków, spośród atrybutów opisujących obiekt, na uwagę zasługuje „x_kod” i „liczbaKond”. W atrybucie „x_kod” zawarta jest informacja o funkcji budynku, szczególnie użyteczna przy kwalifikacji budynków mieszkalnych (patrz: Rysunek A.6). W atrybucie „liczbaKond” zawarta jest informacja o liczbie kondygnacji, która w praktyce sprawdza się tylko przy budynkach mieszkalnych i usługowych. Przy budynkach przemysłowych najczęściej przyjmuje ona wartość 1 i na jej podstawie nie jest możliwe poprawne określenie wysokości budynków. Drugim i trzecim źródłem danych o budynkach i ich wysokości jest model 3d budynków w saski dokładności LOD1 lub LOD2. Dane z dokładności LOD1 zawierają informacje tylko o maksymalnej wysokości, natomiast dane z dokładnością LOD2 zawierają wysokości szczegółowe każdej części budynku. Dane te są wyrażone w wysokościach tzw. absolutnych (względem poziomu morza) i umożliwiają dodatkowo odczytanie danych o wysokości terenu poprzez import linii wysokości podstawy budynku. W przypadku modelowania akustycznego dane LOD2 dla obiektów mieszkalnych są zbyt szczegółowe i znacząco spowalniają lub uniemożliwiają proces obliczania mapy, natomiast dla obiektów przemysłowych pozwalają dokładnie określić poprawną geometrię. Dobrą praktyką przy określaniu modelu geometrycznego jest określanie zabudowy poza zakładami w oparciu o dane połączone BDOT10k i LOD1, natomiast dla obiektów przemysłowych w oparciu o dane LOD2. Dodatkowo przy obiektach przemysłowych część danych, takich jak ekrany akustyczne na terenie zakładu, obiekty kubaturowe dużych źródeł, wały, place magazynowe, przyzmy powstające w trakcie procesów, wymagają ręcznego wprowadzania na podstawie wizji lokalnej, wywiadu z przedstawicielem zakładu, dostępnych danych o źródłach hałasu, planu zagospodarowania zakładu itp.

Dodatkowo w ramach SMH, oprócz zdefiniowania poprawnie geometrii, budynki powinny mieć przypisane informacje o rodzaju/typie budynku, liczbie kondygnacji, liczbie lokali mieszkalnych i mieszkańców oraz zastosowaniu dodatkowych zabezpieczeń akustycznych [20]

BUDYNKI, BUDOWLE I URZĄDZENIA część 1			
Poziom 2		Poziom 3	
Kod	Nazwa klasy obiektów	Kod	Nazwa obiektu
BUBD	budynek	BUBD01	budynki mieszkalne jednorodzinne
		BUBD02	budynki o dwóch mieszkaniach
		BUBD03	budynki o trzech i więcej mieszkaniach
		BUBD04	budynki zbiorowego zamieszkania
		BUBD05	budynki hoteli
		BUBD06	budynki zakwaterowania turystycznego, pozostałe
		BUBD07	budynki biurowe
		BUBD08	budynki handlowo - usługowe
		BUBD09	budynki łączności, dworców i terminali
		BUBD10	budynki garaży
		BUBD11	budynki przemysłowe
		BUBD12	ziarniki, silosy i budynki magazynowe
		BUBD13	ogólnodostępne obiekty kulturalne
		BUBD14	budynki muzeów i bibliotek
		BUBD15	budynki szkół i instytucji badawczych
		BUBD16	budynki szpitali i zakładów opieki medycznej
		BUBD17	budynki kultury fizycznej
		BUBD18	budynki gospodarstw rolnych
		BUBD19	budynki przeznaczone do sprawowania kultury religijnej i czynności religijnych
		BUBD20	obiekty budowlane wpisane do rejestru zabytków i objęte indywidualną ochroną konserwatorską oraz nieruchome, archeologiczne dobra kultury
		BUBD21	pozostałe budynki niemieszkalne, gdzie indziej nie wymienione

Rysunek A.6 Przykład struktury danych BDOT10k (źródło: https://www.wodgik.katowice.pl/www/pobierz/wykaz_BDOT10k.pdf)

A) BDOT10k: $h_{budynku} = liczbaKondx3 + 3 = 6\text{ m}$

B) LOD1: $h_{budynku} = h_{MAX} = 10\text{ m}$



C) LOD2: $h_{budynku} = realH$



Rysunek A.7 Odwzorowania budynków i ich geometrii w zbiorach danych A – BDOT10k, B- LOD1, C – LOD2 (opracowanie własne na podstawie danych z geoportal.gov.pl)

Tabela A.1 Model geometryczny – źródła danych wraz komentarzem.

L.p.	Obiekt	Źródła danych	Zbiór danych	Format danych	Komentarz
1	Numeryczny model terenu	geoportal.gov.pl	Numeryczny Model Terenu	ASCII GRID XYZ	<p>Numeryczny model terenu z rozdzielczością 1x1(NMT1) lub 2x2 (NMT2).</p> <p>Konieczne zastosowanie filtracji w celu zmniejszenia liczby danych.</p> <p>Maksymalna wartość filtra x = 0,5 m (rekomendowana 0,3 m), maksymalna wartość filtra y = 0,2 m.</p> <p>Wartość tą należy ustalić indywidualnie biorąc pod uwagę ukształtowanie terenu i zmiany wysokości a także stopień dokładności danych.³</p>
2	Zabudowa	geoportal.gov.pl	Baza Obiektów Topograficznych (BDOT10k)	XML	<p>Baza posiada informacje o funkcji budynku oraz liczbie kondygnacji.</p> <p>Dla obiektów przemysłowych liczba kondygnacji najczęściej przyjmuje wartość 1 i nie ma możliwości oceny wysokości budynku.</p> <p>Dla obiektów niemieszkalnych konieczne pozyskiwanie danych o wysokości z innych źródeł.</p>
			Modele budynków 3D (LOD1)	CityGML	<p>Baza posiada informacje tylko o maksymalnej wysokości budynku.</p> <p>Przy złożonych budynkach o wielopoziomowych dachach może dojść do znacznego przeszacowania wysokości.</p>
			Modele budynków 3D (LOD2)	CityGML	<p>Baza posiada dokładne dane o wysokości.</p> <p>Przy złożonych geometriach dane te są zbyt szczegółowe i wymagają uogólnienia.</p>
3	Inne obiekty geometryczne	geoportal.gov.pl	Baza Obiektów Topograficznych (BDOT10k)	XML	<p>W ramach bazy BDOT dostępne są klasy obiektów nietypowych, takich jak mosty, estakady, ekrany, które mogą być pomocne przy tworzeniu mapy akustycznej.</p>

³ Należy przyjąć, że błąd odwzorowania wysokości terenu wynoszący do 0,5 m jest w większości przypadków satysfakcjonujący.

A.2.2 Dane akustyczne

Dane akustyczne do budowy modelu akustycznego podzielić można na trzy zbiory:

- ▣ dane o źródłach,
- ▣ dane o przestrzeni,
- ▣ dane o warunkach propagacji.

Dane o źródłach koncentrują się na inwentaryzacji oraz identyfikacji źródeł hałasu i ich parametrów emisji.

Dane o przestrzeni koncentrują się na parametrach akustycznych elementów na drodze propagacji fali dźwiękowej.

Dane o warunkach propagacji koncentrują się na określeniu dla jakich ustawień należy przeprowadzać ocenę.

W kolejnych podrozdziałach omówiono zakres danych z ww. zbiorów niezbędny do sporządzenia SMH.

A.2.2.1 Dane o źródłach - inwentaryzacja i parametry emisji

Proces zbierania danych o źródłach podzielić można na **dwa etapy**. Pierwszym jest **inwentaryzacja** źródeł, w ramach której identyfikowane są obiekty emitujące hałas do środowiska. Drugim jest **określenie poziomu emisji** od zidentyfikowanych źródeł.

Pozyskiwanie pełnych i kompletnych informacji o źródłach hałasu obiektów przemysłowych jest procesem wieloetapowym. W tym celu konieczne jest nawiązanie współpracy z Zarządzającym źródłami, którymi są podmioty gospodarcze niezależne od Zlecającego wykonanie mapy.

A.2.2.1.1 Inwentaryzacja

Na początkowym etapie przygotowania map hałasu należy pozyskać ogólne informacje dotyczące zakresu działalności obszaru objętego analizą. **W przypadku typowych działalności można wskazać jakie źródła hałasu mogą znajdować się na zakładzie i które z nich mogą decydować o hałasie emitowanym przez zakład. Informacje takie znajdują się najczęściej w następujących dokumentach:**

- ▣ **PZ** - część akustyczna do **Pozwolenia Zintegrowanego** (jeżeli zakład jest nimi objęty),
- ▣ **ROŚ / KIP** – część akustyczna do **Raportów Oddziaływania na Środowisko / Kart Informacyjnych Przedsięwzięcia** sporządzanych na etapie budowy / rozbudowy zakładu,
- ▣ **PE** – części akustycznej **Przeглядów Ekologicznych**,
- ▣ **SRH** – **Strategii Redukcji Hałasu** opracowanych w celu poprawy stanu klimatu akustycznego wokół zakładu,
- ▣ **PZH** - **Planach Zarządzania Hałasem** opracowywanych w ramach wsparcia Systemów Zarządzania Środowiskowego,
- ▣ **Raporty z akredytowanych pomiarów emisji hałasu do środowiska**,

- ▣ **Decyzji o dopuszczalnym poziomie hałasu** (jeżeli zostały wydane),
- ▣ **PZT - Planach Zagospodarowania Zakładu.**

Dokumenty takie pozyskuje się najczęściej w kontakcie z działem Ochrony Środowiska/BHP/EHS badanego zakładu.

Na podstawie powyższych dokumentów powinno dać się wyodrębnić następujące informacje:

- ▣ typowe źródła hałasu związane z obszarem działalności zakładu przemysłowego,
- ▣ główne źródła hałasu, które wpływają na poziomy emitowane przez badany obszar,
- ▣ wykaz instalacji i czas ich pracy (przedstawiane np. przy wynikach akredytowanych pomiarów),
- ▣ zmierzone poziomy emisji hałasu dla badanego obszaru,
- ▣ przekroczenia poziomów dopuszczalnych i/lub ryzyka z tym związane.

Dodatkowo, w przypadku większości działalności przemysłowej istnieje możliwość wyróżnienia źródeł hałasu, które są typowe np.:

- ▣ wentylacja bytowa,
- ▣ wentylacja procesowa,
- ▣ sprężarkownie,
- ▣ produkcje wody lodowej,
- ▣ czepnie i wyrzuty technologiczne,
- ▣ transport wewnętrzny,
- ▣ ruch na zakładach i związane z tym odbiory, dostawy surowców, transport pracowniczy, itp.

W celu zebrania powyższych danych, można przeprowadzić z zakładem ankietę umożliwiającą zebranie danych już dostępnych. W tym celu, Zamawiający może zapewnić Wykonawcy wsparcie w gromadzeniu takich danych (np. list intencyjny, oficjalna korespondencja urzędowa, itp.)⁴. Pozyskiwane informacje powinny odzwierciedlać stan za rok poprzedzający sporządzenie mapy. Przykład ankiety podano w Rozdziale D.4. Wszelkie informacje wypełnia się w zależności od ich dostępności. W przypadku posiadania danych bardziej ogólnych należy również je zgromadzić i skatalogować (np. średnia liczba pojazdów na 24h, bez podziału na porę dnia, wieczora i nocy).

Po przeanalizowaniu wyników ankiety przez Wykonawcę mapy hałasu, zaleca się zaplanowanie spotkania z przedstawicielem zakładu w celu omówienia danych/wyników, przeprowadzenia pogłębionego wywiadu, omówienia wszystkich kwestii wątpliwych i niezrozumiałych oraz zaplanowania pomiarów hałasu.

⁴ Ponieważ zbieranie tego typu danych jest procesem czasochłonnym, dobrą praktyką jest przeprowadzenia takich badań ankietowych w odrębnym procesie, przed przystąpieniem do właściwej realizacji Strategicznej Mapy Hałasu.

Głównym wynikiem pracy na tych etapach powinno być przygotowanie wstępnego spisu źródeł znajdujących się na zakładzie. Etap ten jest to bardzo istotny i umożliwi lepszą współpracę na kolejnych etapach i pozyskiwanie bardziej szczegółowych informacji w stosunkowo krótkim czasie.

Następnie wykonać należy dokładną ocenę zebranych danych w celu określenia brakujących i nadmiarowych danych. Brakujące dane uzupełnić będzie można w oparciu o już posiadane zbiory oraz materiały dostępne w bazach danych źródeł hałasu (patrz: Rozdział A.3). Nadmiarowe dane należy zagregować na etapie tworzenia modeli zastępczych źródeł (patrz: Rozdział C.1).

A.2.2.1.2 Parametry emisji

Posiadając pełny spis oraz lokalizację źródeł hałasu znajdujących się na badanym obszarze przemysłowym, w kolejnym etapie należy uzyskać dokładniejsze dane akustyczne dla wytypowanych źródeł hałasu.

Jeżeli na etapie inwentaryzacji stwierdzono, że zakład posiada dokumenty opisujące emisję hałasu do środowiska, należy je dokładnie przeanalizować. Przy pozwoleniach zintegrowanych, instalacje nimi objęte posiadają szczegółowy wykaz emitorów hałasu wraz z ich poziomem mocy akustycznej oraz czasem pracy w czasie odniesienia T (patrz: Rysunek A.8). W przypadku raportów oddziaływania na środowisko, załącznikiem do nich powinny być dane wprowadzone do modelu akustycznego, z którego również odczytać można informacje o poziomie mocy akustycznej oraz czasie pracy (patrz: Rysunek A.9).

Lp.	Urządzenie stanowiące źródła hałasu	Symbol źródła hałasu	Status źródła hałasu	L _{wa} [dB]	Rozkład czasu pracy źródeł hałasu [h]	
					Pora dnia	Pora nocy
1	Pompa załadunkowa	W1	Istniejące źródło hałasu	81,0	16	8
2	Pompa załadunkowa	W2	Istniejące źródło hałasu	81,0	16	8
3	Pompa załadunkowa	W3	Istniejące źródło hałasu	81,0	16	8

Rysunek A.8 Wycinek wykazu źródeł wskazanego w Pozwoleniu zintegrowanym lub/i wniosku o jego wydanie.

Base sources

Point sources

PROGRAM A

Name	M.	ID	Result, PWL			Lw / Li		norm.	K0	Freq.	Direct.	Height	Coordinates		
			Day	Evening	Night	Type	Value						(dB(A))	(dB)	(Hz)
K4-1	+	old_3	61,8	61,8	61,8	Lw	68	0	0,0	(none)	1,00	g			12,90
K4-2	+	old_3	61,8	61,8	61,8	Lw	68	0	0,0	(none)	1,00	g			12,90
K4-8	+	old_3	61,8	61,8	61,8	Lw	68	0	0,0	(none)	1,00	g			12,90
K4-19	+	old_3	64,8	64,8	64,8	Lw	71	0	0,0	(none)	1,00	g			12,90
K1-4	+	old_3	69,8	69,8	69,8	Lw	76	0	0,0	(none)	1,00	g			12,90
K1-5	+	old_3	68,8	68,8	68,8	Lw	75	0	0,0	(none)	1,00	g			12,90
K1-1	+	old_3	68,8	68,8	68,8	Lw	75	0	0,0	(none)	1,00	g			12,90
K1-2	+	old_3	68,2	68,2	68,2	Lw	74,4	0	0,0	(none)	1,00	g			12,90
K1-3	+	old_3	72,8	72,8	72,8	Lw	79	0	0,0	(none)	1,00	g			12,90
K4-34	+	old_3	63,8	63,8	63,8	Lw	70	0	0,0	(none)	1,00	g			12,90

ŹRÓDŁA WSZECHKIERUNKOWE, liczba = 102

PROGRAM B

Lp	Symbol	x[m]	y[m]	z[m]	Lwa[dB]	K0
1	Z1	30,5	879,4	5,0	101,0	3
2	Z2a	144,5	895,9	2,0	86,0	3
3	Z3	47,7	880,3	44,0	104,0	3
4	Z2b	144,5	907,5	2,0	86,0	3

Rysunek A.9 Wycinek z załączników tekstowych opisujących dane wprowadzone do modelu akustycznego.

Jeżeli zakład posiada decyzję o dopuszczalnym poziomie hałasu lub/i wykonuje akredytowane pomiary poziomu hałasu w środowisku, należy przeanalizować wyniki pomiarów na przestrzeni ostatnich lat, aby mieć najlepszy pogląd na charakterystykę akustyczną rozpatrywanego obszaru. Dodatkowo w ramach sprawozdań wykazane powinny być najważniejsze instalacje i obiekty emitujące hałas, wraz z ich czasem pracy w czasie odniesienia T.

W SMH uwzględniać należy tylko główne i istotne źródła hałasu. Jeżeli w częściach akustycznych dokumentacji środowiskowych nie uwzględniono jakichś emitorów hałasu lub brak jest danych o emisji akustycznej dla części źródeł (np. małe urządzenia klimatyzacyjne, wentylacja sanitarna, itp.), oznacza to, że źródła te nie są istotne i nie kwalifikują się do kategorii strategicznych oddziaływań⁵. Jeżeli zakład nie posiada żadnych danych o emisji hałasu określonych na podstawie dokumentacji środowiskowej, należy ponownie zweryfikować czy obiekt taki powinien być uwzględniony w strategicznej mapie hałasu. Jeżeli potwierdzimy konieczność jego analizy w SMH, to dane o emisji akustycznej należy zebrać w oparciu o metody przedstawione w Rozdziale B.2.2.1 lub C.3.4.4. Dla części najistotniejszych źródeł hałasu informacje o poziomie mocy akustycznej pozyskać można z dokumentacji techniczno-ruchowej (DTR) producentów urządzeń, których analizę szerzej opisano w Rozdziale B.2.2.1.

Część danych o emisji może być nie pełna lub cząstkowa (np. tylko jednoliczbowy poziom mocy akustycznej). Wynika to z różnego charakteru opracowań środowiskowych, gdzie nie wszystkie

⁵ Uwaga: Jeżeli na etapie weryfikacji danych stwierdzone zostanie, że analizowane dane nie uwzględniają istotnych/głównych źródeł hałasu, Zarządzający instalacją powinien zaktualizować przekazywane dane. Wykonawca mapy może w takich przypadkach, do czasu przekazania zaktualizowanych danych, wykonać pomiary dodatkowe mające na celu oszacowanie emisji hałasu z danego źródła, w celu uwzględnienia go na mapie akustycznej. Pomiary takie należy przeprowadzać w oparciu o metody przedstawione w Rozdziale C.3. Dodatkowo, do czasu otrzymania pełnych danych, możliwe jest szacowanie poziomu mocy akustycznej z wykorzystaniem metod przedstawionych w Rozdziale B.2.2.1.

dane są raportowane w sposób wymagany dla SMH. Dane takie należy zweryfikować, a jeżeli to konieczne rozszerzyć, zgodnie z zaleceniami przedstawionymi w Rozdziale A.3).

A.2.2.2 Dane o przestrzeni

Parametrami akustycznymi opisującymi przestrzeń, które należy zdefiniować w celu przeprowadzenia oceny stanu akustycznego środowiska na potrzeby SMH są współczynnik gruntu G oraz współczynnik pochłaniania dźwięku α (alfa).

Dla SMH należy stosować wartości przedstawione w Tabeli A.2, Tabela A.3 i Tabela A.4. Szczegółowy opis poszczególnych współczynników, wraz z analizą ich wpływu na wyniki przedstawiono w Rozdziale C.4.1.1 (współczynnika G) i Rozdziale C.4.1.3 (współczynnika α).

Na potrzeby sporządzania SMH wartości współczynnika G powinny odzwierciedlać typowe średnioroczne warunki.

Tabela A.2. Wartość współczynnika G wg. CNOSSOS-EU [13].

Opis podłoża	Rodzaj	G (wartość)
Bardzo miękkie (zaśnieżone lub zbliżone do porośniętego mchem)	A	1
Miękkie poszycie leśne (krótkie, zwarte, zbliżone do wrzosowiska lub porośnięte gęstym mchem)	B	1
Niezwarne, luźne podłoże (torf, trawa, luźna gleba)	C	1
Normalne, niezwarne podłoże (poszycia leśne, pastwiska) Normalne, niezwarne podłoże (poszycia leśne, pastwiska)	D	1
Zwarne pole i żużel (zwarne trawniki, tereny parków)	E	0,7
Gęste, zwarte podłoże (droga żużlowa, parking samochodowy)	F	0,3
Powierzchnie utwardzone (większość normalnych rodzajów asfaltu, beton)	G	0
Bardzo twarde i zwarte powierzchnie (zwały asfalt, beton, woda)	H	0

Tabela A.3. Rozszerzona tabela wartości G [20]

Pokrycie terenu wg BDOT10k				G	CNOSSOS
klasa	nazwa	kod	obiekt		
PTWP	woda powierzchniowa	PTWP01	woda morska	0	H
		PTWP02	woda płynąca	0	H
		PTWP03	woda stojąca	0	H
PTZB	zabudowa	PTZB01	zabudowa wielorodzinna	0,6	-
		PTZB02	zabudowa jednorodzinna	0,6	-
		PTZB03	zabudowa przemysłowo-składowa	0,2	-
		PTZB04	zabudowa handlowo-usługowa	0,2	-
		PTZB05	pozostała zabudowa	0,2	-
PTLZ	teren leśny i zadrzewiony	PTLZ01	las	1	
		PTLZ02	zagajnik	1	
		PTLZ03	zadrzewienie	1	
PTRK	roślinność krzewiasta	PTRK01	kosodrzewina	1	
		PTRK02	krzewy	1	
PTUT	uprawa trwała	PTUT01	ogród działkowy	1	A-D
		PTUT02	plantacja	1	
		PTUT03	sad	1	
		PTUT04	szkółka leśna	1	
		PTUT05	szkółka roślin ozdobnych	1	
PTTR	roślinność trawiasta i uprawa rolna	PTTR01	roślinność trawiasta	1	
		PTTR02	uprawa na gruntach ornych	1	
PTMK	teren pod drogami kołowymi, szynowymi i lotniskowymi	PTKM01	teren pod drogą kołową	0,3 ^(a)	F
		PTKM02	teren pod torowiskiem	0,3 ^(a, b)	F
		PTKM03	teren pod drogą kołową i torowiskiem	0,3 ^(a, b)	F
		PTKM04	teren pod drogą lotniskową	0,3 ^(a)	F
PTGN	grunt nieużytkowany	PTGN01	piarg, usypisko lub rumowisko skalne	0,5	-
		PTGN02	teren kamienisty	0,2	-
		PTGN03	teren piaszczysty lub żwirowy	0,3	-
		PTGN04	pozostały grunt nieużytkowany	0,5	-
PTPL	plac	PTPL01	plac	0,3	F
PTSO	składowisko odpadów	PTSO01	teren składowania odpadów komunalnych	0,5	-
		PTSO02	teren składowania odpadów przemysłowych	0,5	-
PTWZ	wzrost i zwałowisko	PTWZ01	wzrost	0,2	-
		PTWZ02	zwałowisko	0,2	-
PTNZ	pozostały teren niezabudowany	PTNZ01	teren pod urządzeniami technicznymi lub budowlami	0,2	-
		PTNZ02	teren przemysłowo-składowy	0,2	-

(a) Dane w BDOT10k dla klasy terenu PTMK nie są gromadzone w sposób jednorodny. Zdarza się, że teren ten obejmuje cały pas drogowy/teren kolejowy lub tylko jezdnię/torowisko. Dlatego wstępnie należy przypisać wartość G = 0,3. Po weryfikacji, dla odpowiedniego pasa terenu wartości należy zmienić (jeśli zachodzi taka potrzeba)

(b) Dotyczy standardowego torowiska wydzielonego na podsypce tłuczniowej. W przypadku innej konstrukcji torowiska dla torowiska bezpodsypkowego G=0, dla torowiska wypełnionego trawą i inną roślinnością G=0,7

Tabela A.4 Współczynnik pochłaniania α

Parametr	Wartość	Komentarz
Współczynnik pochłaniania dźwięku (α)	0,2	Wartość domyślna dla wszystkich budynków
	0,0	Wartość dla dużych bardzo gładkich powierzchni (np. szklana elewacja)
	0,4	Fasady o bardzo zróżnicowanej strukturze (np. duża liczba balkonów)
	0,6	Typowe ekrany akustyczne o właściwościach pochłaniających ⁶

A.2.2.3 Warunki propagacji

Parametrami akustycznymi opisującymi warunki propagacji jest parametr „p”, którym określa się procent występowania warunków korzystnej propagacji względem jednorodnej. Na potrzeby strategicznych map hałasu zaleca się stosowanie następujących wartości [20]:

- ▣ Pora dnia: p = 50%,
- ▣ Pora wieczoru: p = 55%,
- ▣ Pora nocy: p = 80%.

Szczegółowy opis wpływu warunków meteorologicznych, wraz z analizą wpływu na wyniki przedstawiono w Rozdziale C.4.1.2.

A.3 Weryfikacja pozyskanych danych

Weryfikacja danych akustycznych, które pozyskano na etapie zbierania danych o źródłach powinna opierać się na odpowiedzi na poniższe pytania:

- ▣ Jaki parametr akustyczny został podany? (poziom ciśnienia akustycznego, czy poziom mocy akustycznej?)
- ▣ Jeżeli poziom ciśnienia akustycznego, to czy posiadamy informacje na temat odległości pomiarowej/powierzchni pomiarowej?
- ▣ Czy parametr akustyczny jest przedstawiony w pasmach częstotliwościowych (widmo)?
- ▣ Czy dane akustyczne są niezważone/ważone krzywą korekcyjną A (lub C)?
- ▣ Czy źródło emituje hałas kierunkowo?

Rozpoczynając weryfikację danych akustycznych konieczna jest znajomość podstawowych parametrów akustycznych oraz różnic i zależności występujących między nimi. W Tabeli A.5 przedstawiono spis standardowych parametrów charakteryzujących poszczególne rodzaje źródeł hałasu przemysłowego. Od tego jaki parametr został zdefiniowany, zależy jak będziemy go wprowadzać do modelu akustycznego. Oprogramowanie do modelowania akustycznego umożliwia pracę na różnych typach danych, umożliwiając m.in. obliczanie poziomu mocy akustycznej na

⁶ Przez typowe ekrany pochłaniające rozumie się ekrany wykonane z prefabrykowanych paneli akustycznych z materiałem pochłaniającym fale akustyczną. Obecnie część producentów podaje widmowe rozkłady współczynnika pochłaniania i możliwe jest szczegółowe definiowanie tego parametru.

podstawie pomiaru ciśnienia z zadanej odległości, zastosowania różnych krzywych ważenia, normalizowania widma do zadanej wartości. W przypadku operowania na dużej liczbie danych, z różnymi parametrami akustycznymi, zaleca się wybranie jednego standardu wprowadzania danych do programu obliczeniowego, w celu minimalizowania możliwości popełnienia błędów (np. definiowania wszystkich poziomów w oparciu o ważenie krzywą A, posługiwanie się równoważnym poziomem mocy akustycznej zastępczego źródła punktowego do zestawiania danych wejściowych, itp.).

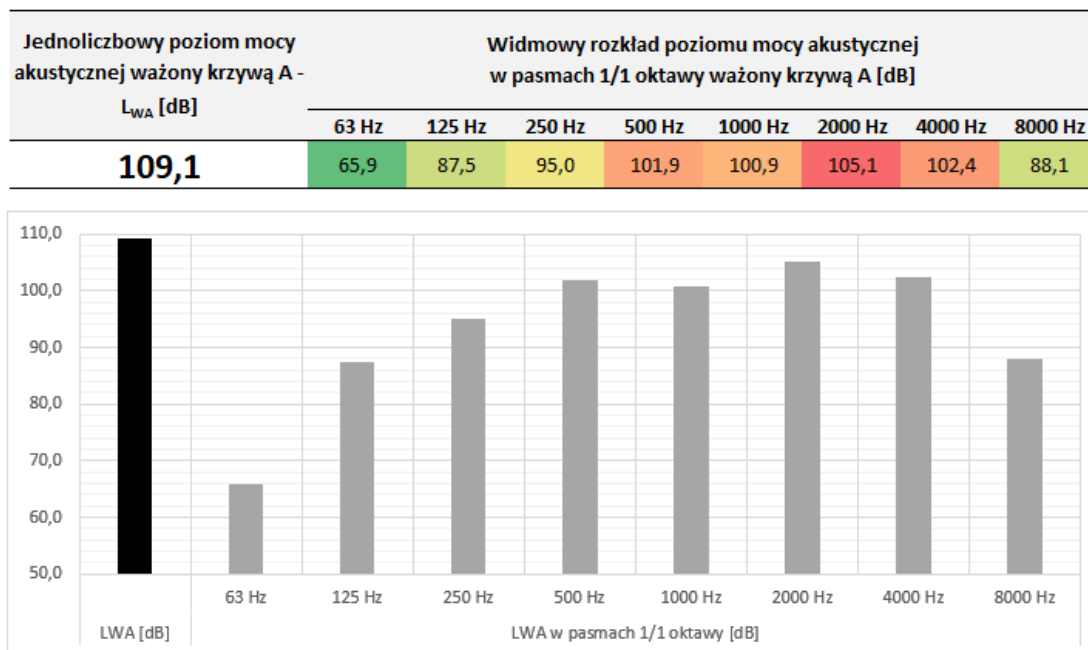
Podstawowym wskaźnikiem opisującym emisję hałasu danego źródła jest poziom mocy akustycznej zastępczego źródła punktowego. Jego wartość jest ściśle związana z danym źródłem i jest parametrem, stanowiącym podstawę do modelowania akustycznego. Przy jego definiowaniu ważne jest wskazywanie źródła danych (pomiar, dane katalogowe, dane z baz ogólnych), metody jego określania oraz warunków pracy badanego urządzenia przy których została określona. W zależności od trybu pracy, warunków montażu oraz współpracy z innymi elementami instalacji, urządzenia mogą cechować się różnym poziomem mocy akustycznej.

Tabela A.5. Standardowe parametry akustyczne charakteryzujące poszczególne rodzaje źródeł hałasu przemysłowego.

Nazwa parametru	Oznaczenie parametru	Jednostka parametru	Opis
Poziom mocy akustycznej	Lw, LwA	dB, dB(A)	Podstawowy parametr charakteryzujący źródło, niezależny od odległości i warunków akustycznych otoczenia. Zależy od warunków pracy urządzenia
Poziom mocy akustycznej na jednostkę długości	Lw', LwA' Lw/m, LwA/m	dB/m, dB(A)/m	Poziom mocy akustycznej przeliczany na jednostkę długości (definiowany dla źródeł liniowych)
Poziom mocy akustycznej na jednostkę powierzchni	Lw'', LwA'' Lw/m2, LwA/m2	dB/m2, dB(A)/m2	Poziom mocy akustycznej przeliczany na jednostkę powierzchni (definiowany dla źródeł powierzchniowych)
Poziom ciśnienia akustycznego (w odległości)	Lp, LpA,	dB, dB(A)	Parametr akustyczny określający średni poziom dźwięku, parametr zależny od odległości oraz warunków w jakich został zmierzony.

Podstawowe zależności łączące poziom mocy akustycznej z poziomem ciśnienia akustycznego i powierzchnią pomiarową opisano w Rozdziale C.3.

Analizy przeprowadzane na potrzeby SMH powinny uwzględniać widmowy rozkład poziomu mocy akustycznej w pasmach 1/1 lub 1/3 oktawy [13]. Dzięki stosowaniu widmowych rozkładów poziomów mocy akustycznej wyniki wykonywanych obliczeń mogą uwzględniać poprawnie warunki propagacji związane z częstotliwością fali dźwiękowej. Warunki propagacji znacząco zmieniają nasz odbiór hałasu przemysłowego. W pobliżu źródeł hałasu, często największe uciążliwości obserwuje się przy źródłach wysokoczęstotliwościowych (spusty pary, piski). Oddalając się od źródła znaczącą rolę zaczynają odgrywać składowe nisko i średnio- częstotliwościowe. Dzieje się tak z kilku powodów. Po pierwsze powietrze dobrze tłumia wysokie częstotliwości. Po drugie dźwięki o niskich częstotliwościach mają dużą długość fali akustycznej, w wyniku, czego są gorzej ekranowane przez przeszkody (tzn., aby przeszkoda mogła je efektywnie ekranować musi być większa niż długość fali). Przykładowy rozkład widmowy poziomu mocy akustycznej w pasmach 1/1 oktawy, ważony krzywą A wraz z jego jednoliczbową reprezentacją przedstawiony został na Rysunek A.10.



Rysunek A.10 Jednoliczbowy poziom mocy akustycznej wraz z jego widmowym rozkładem.

Przy definiowaniu poziomu mocy akustycznej spotkać się można z danymi nieważonymi lub ważonymi krzywą ważenia A⁷ (patrz: Rozdział D.5). Przy definiowaniu danych do modelu akustycznego, niezwykle ważna jest informacja, czy wprowadzane wartości są ważne czy nieważone. Przy wprowadzaniu danych do programu informację tą należy zdefiniować. Programy obliczeniowe mają możliwość automatycznego ważenia krzywymi korekcyjnymi. W przypadku wprowadzenia danych już zważonych z jednoczesnym brakiem odpowiedniego wskazania w programie i następnie użyciu w programie automatycznego ważenia, możliwe jest błędne ponowne zważenie, powodujące znaczące obniżenie deklarowanego poziomu mocy akustycznej.

Bardzo często brak jest danych o widmowym rozkładzie i dostępne są tylko wartości jednoliczbowe. W przypadku, kiedy istnieje potrzeba oceny hałasu w pasmach częstotliwościowych możliwe jest zastosowanie widma innego źródła i dostosowanie go do znanej wartości jednoliczbowej. Operację taką można wykonywać tylko dla tożsamyh źródeł, których parametry pracy, wymiary, warunki pracy oraz technologią są takie same lub bardzo zbliżone (np. źródła są z tego samego typoszeregu). Policzenie unormowanego widma do zadanego poziomu hałasu dla analizowanego źródła można wykonać w następujących krokach:

- odjąć jednoliczbowy poziom dla źródła o znanym widmie od jednoliczbowego poziomu dla źródła o nieznanym widmie (obliczenie poprawki k),
- dodać poprawkę k do każdego pasma częstotliwościowego źródła o znanym widmie,
- obliczyć jednoliczbowy poziom po dodaniu poprawki (sprawdzenie czy suma ta zgadza się z deklarowanymi wartościami, źródła o nieznanym widmie).

⁷ Krzywa ważenia A – krzywa normująca widmo sygnału do charakterystyki ucha ludzkiego dla poziomu głośności 40 fon.

W tabeli poniżej (Tabela A.6) przedstawiono przykład przeprowadzenia takich obliczeń.

Tabela A.6. Dostosowanie widma hałasu dla źródła z deklarowanym jednolicebowym poziomem mocy akustycznej

	Opis parametru	Sumaryczny poziom	Środkowe pasmo częstotliwościowe							
			63 [Hz]	125 [Hz]	250 [Hz]	500 [Hz]	1000 [Hz]	2000 [Hz]	4000 [Hz]	8000 [Hz]
1	Zadeklarowany poziom mocy akustycznej źródła Lw1	82,5	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Poziom mocy akustycznej takiego samego źródła o znanym widmie (np. na podstawie baz danych) Lw2	86,6	44,5	57,1	78,9	83,0	81,0	76,1	72,1	62,1
3	Różnica całkowitych poziomów między urządzeniem analizowanym i urządzeniem o znanym widmie (k=Lw1-Lw2)	-4,1	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Poziom mocy akustycznej wraz z dostosowanym widmem analizowanego źródła hałasu	82,5	40,4	53,0	74,8	78,9	76,9	72,0	68,0	58,0

Informacja o tym czy dane źródło ma kierunkowy charakter emisji bardzo często nie jest dodawana do informacji o poziomie mocy akustycznej. Przy dużych źródłach, składających się z wielu źródeł składowych, kierunkowość emisji hałasu nie może zostać pominięta. Szczegółowy opis zjawiska kierunkowości, wraz z przykładami i praktycznymi poradami przedstawiony został w Rozdziale C.1.4.

A.4 Czas pracy źródeł

Źródła hałasu oprócz poziomu emisji oraz usytuowania zdefiniowany mają czas pracy t w zadanym czasie odniesienia T . W przypadku kontroli dobowych wskaźników oceny hałasu L_{AeqD} i L_{AeqN} czasem odniesienia T jest jedna doba (badana lub najmniej korzystna), a dokładnie 8 najmniej korzystnych kolejno po sobie występujących godzin pory dnia (6-22) oraz 1 najmniej korzystna godzina pory nocy (22-6). W przypadku kontroli średniorocznych wskaźników oceny hałasu L_{DWN} i L_N czasem odniesienia jest średnioroczna doba. Poziom mocy akustycznej użyty do prognozowania pomniejsza się o poprawkę na czas pracy źródła. W większości programów obliczeniowych wartość poprawki obliczana jest automatycznie na podstawie zdefiniowanego czasu odniesienia oraz zdefiniowanego czasu pracy źródła. Wartość poprawki korekcyjnej związanej z czasem pracy źródła opisana jest wzorem (A.1)

$$C_W = 10 \log_{10} \left(\frac{t}{T} \right)$$

(Wzór A.1)

gdzie:

t – czas pracy źródła w zadanym czasie odniesienia T , [h],
 T – czas odniesienia, [h].

Uwaga. Czas odniesienia można definiować w odniesieniu do godzin, minut lub sekund ($8 \text{ h} = 480 \text{ min} = 28\,800 \text{ s}$). Ważne aby przy obliczaniu poprawki stosować tą samą jednostkę czasu. Stosowanie różnych jednostek da błędny wynik.

Czasem odniesienia dla strategicznych map hałasu jest okres jednego roku, tzn. średnioroczna doba. Wszystkie dane o czasie pracy poszczególnych źródeł wprowadzane do modelu muszą być

uśrednione do rocznego okresu. Określenie średniorocznego czasu pracy źródła zaleca się wykonać w następujący sposób:

- Określić dobowy rozkładu czasu pracy z podziałem na porę dnia, wieczora i nocy w okresie kiedy dane źródło hałasu pracuje (czasem odniesienia będą tu 12h pory dnia, 4h pory wieczoru i 8h pory nocy),
- Określić liczbę dni w roku, w które dane źródło pracuje i podzielić ją przez 365 (czas odniesienia dla roku),
- Pomnożyć czas pracy zdefiniowany w punkcie 1 przez wynik z punktu 2,
- Otrzymany wynik jest czasem pracy jaki należy wprowadzić do programu obliczeniowego dla danego źródła.

Przykład 2.

Źródło hałasu pracuje 6h w porze dnia. Jego praca odbywa się tylko 3 miesiące w roku. Jaki zatem jest średnioroczny czas pracy danego źródła.

Odpowiedź to $6h * 3m * 30dni / 365dni = 1,5h$. Średnio roczny czas pracy danego źródła w porze dnia wynosi ok 1,5 godziny.

A.5 Tworzenie modeli zastępczych źródeł

Tworzenie modeli zastępczych źródeł hałasu stanowi najważniejszy element budowy modelu akustycznego źródeł hałasu przemysłowego. Proces ten polega na zastąpieniu realnych miejsc emisji hałasu (elementów urządzeń, całych urządzeń, obszarów, instalacji, zakładów) jednym z trzech typów zastępczych źródeł (punktowe, liniowe, powierzchniowe). Równoważne źródło zastępcze może składać z jednego lub wielu typów źródeł zastępczych.

Zagadnienie związane z tworzeniem modelu zastępczych źródeł bardziej szczegółowo zostało opisane w Rozdziale C.1.

W zależności od wymagań dotyczących szczegółowości danych wejściowych oraz istotności oddziaływania danego źródła, grupy źródeł czy obszaru, w tworzeniu modeli zastępczych źródeł wyróżnić można trzy podejścia:

- Indywidualne źródła hałasu,
- Strefowe źródła hałasu,
- Globalne źródła hałasu.

Indywidualne źródła hałasu. Stworzenie modelu akustycznego w oparciu o indywidualne źródła wymaga bardzo wielu danych, które nie zawsze są dostępne. W przypadku braku tych danych, czasem lepsze może być zgrupowanie źródeł i zastosowanie jednego z pozostałych typów. (patrz: Rozdział C.1.2)

Strefowe źródła powierzchniowe definiuje się dla zidentyfikowanych obszarów emisji na terenie zakładu przy pomocy źródeł powierzchniowych ze zdefiniowanym poziomem mocy akustycznej na jeden metr kwadratowy. Podejście takie najczęściej stosuje się do dużych źródeł powierzchniowych

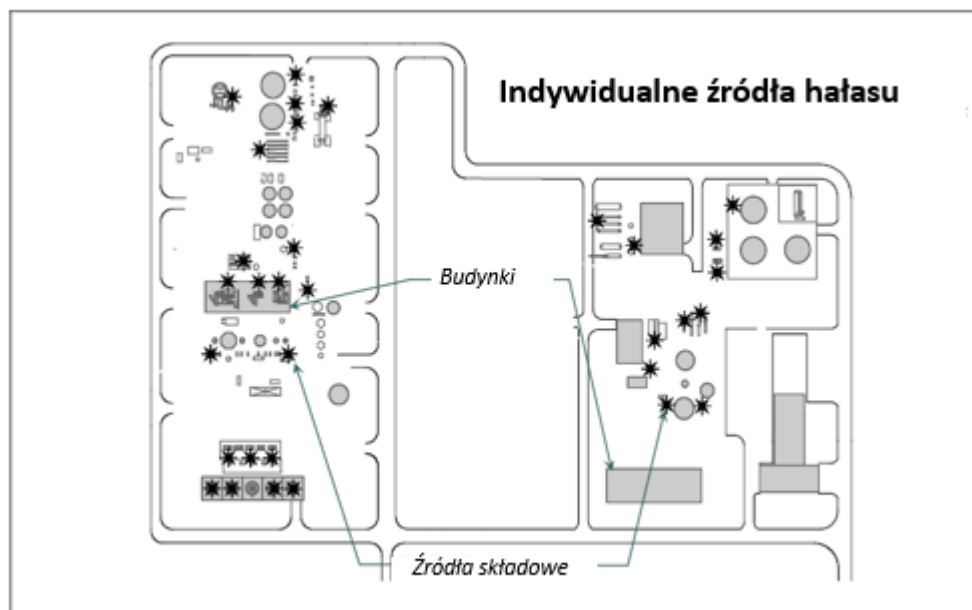
typu dachy i ściany, obszarów z bardzo dużą liczbą cichych źródeł lub obszarów z dużą liczbą źródeł i trudnym dostępem. (patrz: Rozdział C.1.2.3 i Rozdział C.3.4.4)

Globalne źródła powierzchniowe są definiowane przy pomocy jednego źródła powierzchniowego (dla całego zakładu) ze zdefiniowanym poziomem mocy akustycznej na jeden metr kwadratowy i nie posiadają one bardziej szczegółowej informacji na temat wewnętrznego rozkładu poziomu hałasu.

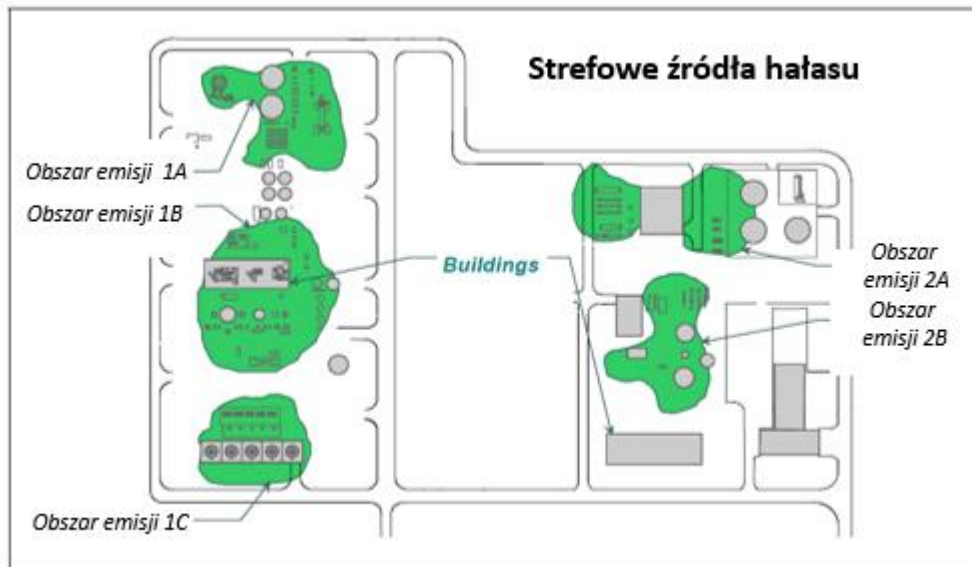
Przy sporządzaniu SMH zleca się stosować mieszankę powyższych rozwiązań z przeważającą rolą źródeł strefowych (dla obszarów z dużą liczbą mniej istotnych źródeł) i indywidualnych źródeł dla najistotniejszych emitorów. Nie jest to jednak wymóg konieczny, aczkolwiek zdecydowanie poprawi dokładność mapy.

W ogólnym rozrachunku przy ocenie oddziaływania najważniejsze są źródła o największej emisji. Może to być jedno dominujące źródło albo duża liczba źródeł cichych (np. 1000 emitorów o poziomie emisji 10 dB od pojedynczego źródła, da skumulowane oddziaływanie na poziomie 40 dB) lub duża powierzchnia.

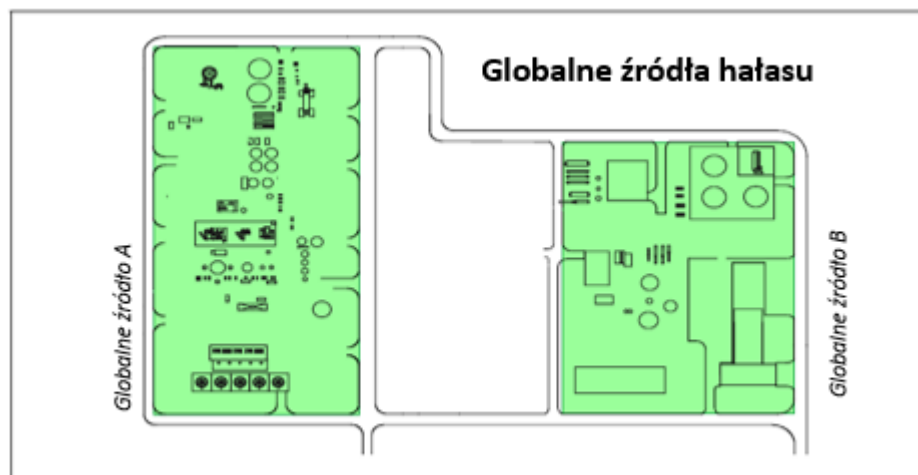
W przypadku dróg i linii kolejowych na terenach obiektów przemysłowych ich modelowanie należy opierać o zdefiniowane w CNOSSOS-EU metody modelowania źródeł komunikacyjnych. Jedynie operacje nie związane z typowym ruchem, takie jak rozładunki, przeładunki, praca na postoju, itp. należy modelować przy wykorzystaniu metod dedykowanych hałasowi przemysłowemu.



Rysunek A.11 Przykład indywidualnych źródeł hałasu [75]



Rysunek A.12 Przykład strefowych źródeł powierzchniowych [75]



Rysunek A.13 Przykład globalnego źródła powierzchniowego [75]

A.6 Pomiary hałasu

Typy pomiarów

Na potrzeby sporządzania SMH, na etapie tworzenia mapy, pomiary hałasu wykonuje się głównie w celach walidacyjnych, w celu porównania wartości zmierzonych:

- ▣ z wynikami akredytowanych pomiarów kontrolnych,
- ▣ z danymi przedstawionymi w raportach, z których uzyskano dane o źródłach,
- ▣ z wynikami własnych obliczeń.

Dodatkowo, jeżeli to konieczne, w ramach zbierania danych o źródłach hałasu wykonuje się pomiary poziomu mocy akustycznej najistotniejszych emitorów (patrz: Rozdział C.3) i całych zakładów (patrz: Rozdział C.3.2.3 i C.3.4.4) oraz pomiary kalibracyjne (patrz: Rozdział C.2.2).

Na etapie użytkowania mapy, w celu kontroli długookresowej stanu środowiska oraz kalibracji mapy w oparciu o wskaźniki długookresowe L_{DWN} i L_N , konieczne jest cykliczne wykonywanie całodobowych pomiarów kontrolnych⁸.

Szczegółowy opis typów pomiarów wraz z komentarzem przedstawiony jest w Rozdziale C.2. Metody pomiaru poziomu mocy akustycznej przedstawione są w Rozdziale C.3.

Lokalizacja punktów:

Na potrzeby walidacji pomiary wykonuje się w wybranych, najistotniejszych punktach kontrolnych na terenach objętych ochroną przed hałasem oraz wokół zakładu na jego granicy, w oparciu o metodykę przedstawioną w normie PN-ISO 8297 (patrz: Rozdział C.2.3.1 i Rozdział C.3.2.2)

Pomiary poziomu mocy akustycznej wykonuje się w oparciu o zalecenia wybranej normy (patrz: Rozdział C.3).

Pomiary kontrolne, wykonywane w celu określenia długookresowych wskaźników wykonywać należy w jednym z dotychczas stosowanych punktów, w których oddziaływanie badanego zakładu ma charakter dominujący i nie jest silnie zakłócone poziomem tła akustycznego.

Liczba punktów:

Pomiary walidacyjne wykonuje się w kilku do kilkunastu punktach pomiarowych, w zależności od wielkości zakładu (patrz: Rozdział C.2.3.1).

Liczba punktów pomiarowych służących wyznaczeniu poziomu mocy akustycznej zależy jest od wybranej metody badawczej i wynosić może od jednego do kilkunastu punktów (patrz: Rozdział C.3)

Pomiary kontrolne, wykonywane w celu określenia długookresowych wskaźników, wykonywać należy w co najmniej jednym punkcie.

⁸ W nowym cyklu mapowania zaleca się wytypowanie punktów kontrolnych oraz wykonanie pierwszych pomiarów z planowanej pełnej serii pomiarów. Za cykl pomiaru można przyjąć kwartał. Cykl pomiarów powinien umożliwić obserwację rocznej zmienności w immisji.

A.7 Ustawienia obliczeń

Na potrzeby obliczania SMH należy przyjmować wskazane w Tabeli A.7 parametry ustawień. Opis działania części parametrów wraz z przykładami liczbowymi przedstawiono w Rozdziale C.4.2.

Tabela A.7 Parametry obliczeń dla SMH

Parametr ustawień	Obszar mapowania
	Przemysł
Metodyka obliczeniowa	CNOSSOS-EU
Ocena hałasu na budynkach	Rozkład punktów zgodnie z wymaganiami CNOSSOS-EU (wybór odpowiedniego ustawienia w programie obliczeniowym - dodatkowy opis patrz: [20])
Wysokość obliczeń w siatce	4 m nad poziom gruntu W przypadku planowania działań ochronnych w sytuacji, gdy jest to konieczne należy wykonać dodatkowo, na wytypowanych obszarach planowanych działań obliczenia na innych wysokościach
Krok siatki obliczeniowej*	10x10 m (obligatoryjne) 5x5 m (wartość rekomendowana)
Liczba odbić	3 (zalecane) 1 (minimalne)
Promień poszukiwań źródła hałasu	2000 m (zalecane) 1000 m (minimalne)
Promień poszukiwań odbić	100 m
Inne ustawienia (np. Podział źródeł liniowych i powierzchniowych)	Należy stosować ZAWSZE wartości zgodnie z instrukcją stosowanego oprogramowania, w którym zaimplementowano metodykę CNOSSOS-EU. (patrz instrukcje opasujące ustawienia programu)

*Dopuszcza się stosowanie narzędzi interpolacji (patrz instrukcja stosowanego programu do obliczeń) z krokiem nie większym niż 10x10, maksymalną różnicą w narożnikach siatki 10 dB i maksymalną różnicą względem środka siatki 0,1 dB.

A.8 Sprawdzenie modelu akustycznego

Sprawdzenie modelu akustycznego opracowanego na potrzeby SMH jest procesem dwu etapowym, składającym się z walidacji całego modelu i sprawdzenia wyników obliczeń.

Etap 1 – Walidacja model akustycznego

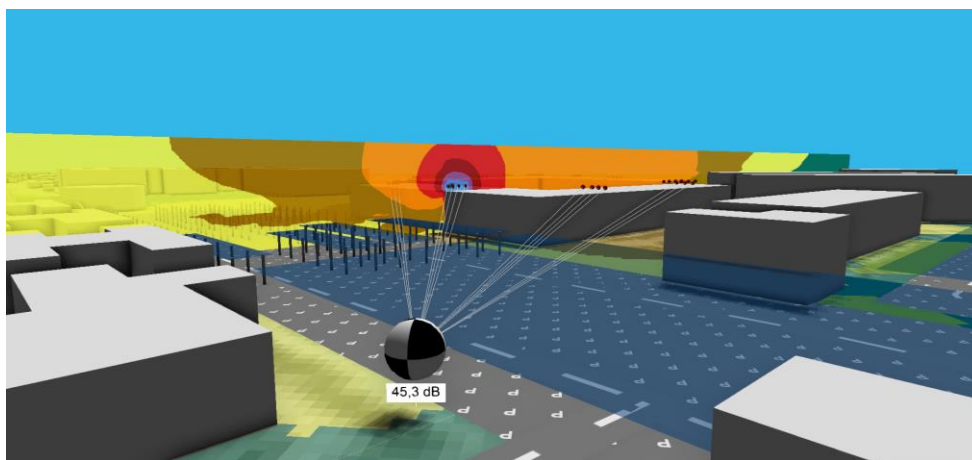
W pierwszym kroku kontroli należy przeprowadzić walidację modelu akustycznego. Walidacja ta jest bardzo ważnym elementem tworzenia mapy. Powinna ona być wykonywana dwu krokowo, przez Wykonawcę mapy w trakcie jej tworzenia oraz Zamawiającego w trakcie jej odbioru.

Sprawdzenie modelu powinno się odbywać poprzez:

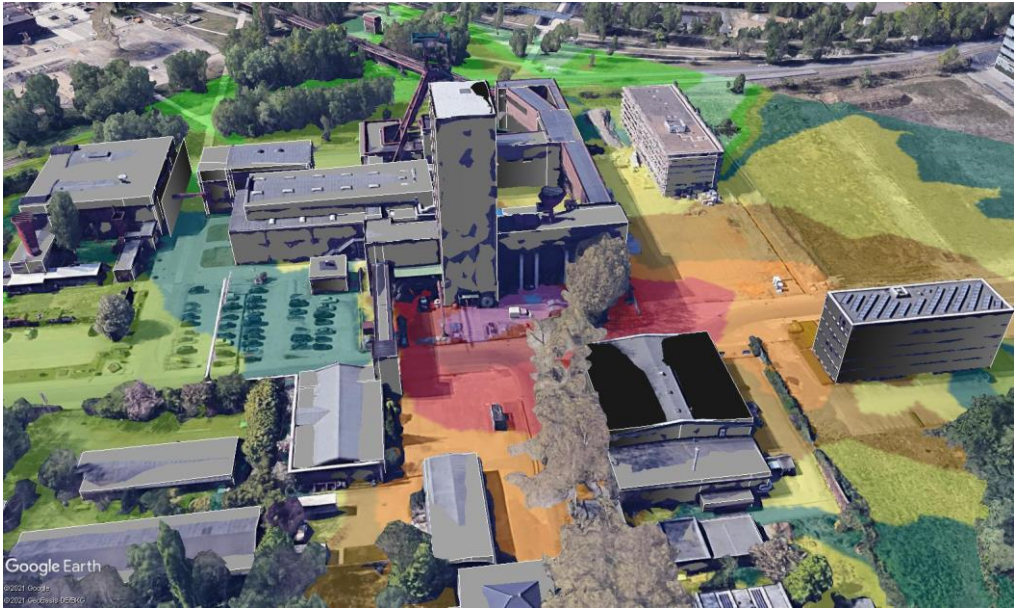
- Kontrolę wizualną modelu 3D (Rysunek A.15, Rysunek A.14), w tym:
 - geometrię terenu (brak wystrzelonych w górę punktów, dziwnych załamaniań, itp),
 - geometrię budynków (brak budynków „do nieba”, zbyt uproszczona geometria, budynki „pod powierzchnią ziemi”),
 - lokalizację źródeł (lokalizacja źródeł na dachach i przy ścianach, przebieg źródeł liniowych).

Komentarz: Każdy program do modelowania akustycznego umożliwia włączenie widoku 3D, w którym można sprawdzić wymienione poniżej elementy. Można wymagać od Wykonawcy przedstawienia modelu 3D.

- Przegląd tabel z danymi wprowadzonymi do modelu, poprzez ich presortowanie po wartościach max/min, sprawdzając:
 - poziom mocy akustycznej,
 - wysokość usytuowania,
 - chłonność akustyczną budynków (współczynnik α),
 - współczynnik gruntu G ,
 - pozostałe, inne istotne współczynniki dla danego obiektu,
- Weryfikacja parametrów i ustawień obliczeń.
- Przegląd ankiet i danych zgromadzonych w trakcie wywiadu oraz wybiórcze sprawdzenie tych danych z wprowadzonymi do modelu akustycznego.



Rysunek A.14 Przykładowa kontrola 3D modelu akustycznego z wykorzystaniem programu do obliczeń akustycznych (opracowanie własne)



Rysunek A.15 Przykładowa kontrola 3D modelu akustycznego z wykorzystaniem GoogleEarth (opracowanie własne)

Etap 2 - sprawdzenie wyników obliczeń

W przypadku SMH przeprowadzanie pełnej kalibracji wszystkich elementów modelu akustycznego (poziomu mocy akustycznej, kierunkowości źródeł i propagacji fali akustycznej) jest praktycznie nie wykonalne. Przy SMH mówić można jedynie o sprawdzeniu wyników pomiarów w oparciu o własne pomiary walidacyjne. Do oceny jakości danych wejściowych poziomu emisji hałasu ze źródeł zaleca się używanie 2,0 dB kryterium oceny⁹. Do oceny wyników pomiarów wokół zakładu zaleca się używanie kryterium 2,5 dB¹⁰ (parz: Rozdział B.8 – wzór B.1).

Dodatkowo, jeżeli przeprowadzono pomiary poziomu mocy akustycznej, to możliwe jest przeprowadzanie kalibracji przy użyciu metod opisanych w Rozdziale C.2.2.

W kolejnych iteracjach mapowania akustycznego, kiedy dostępne będą pomiary dla długookresowych wskaźników L_{DWN} i L_N , możliwe będzie przeprowadzanie pełniejszej kalibracji.

Jeżeli w wyniku sprawdzenia, okaże się, że wyniki obliczeń są większe od wyników pomiarów i nie można osiągnąć zakładanego kryterium, należy:

- ▣ sprawdzić wyniki pomiarów i upewnić się, że poprawnie określono oddziaływanie metodą pomiarową,
- ▣ potwierdzić, czy podczas pomiaru pracowały te same źródła i z taką samą intensywnością, jak wprowadzono do modelu akustycznego (część mogła nie pracować w trakcie pomiaru),
- ▣ sprawdzić które źródło dominuje w modelu akustycznym,

⁹ Zgodnie z ramami jakości Dyrektywy Komisji (EU) 2015/996 [13]

¹⁰ Zgodnie z wymaganiami przedstawionymi w Dorych praktykach wykonywania strategicznych map hałasu [20]

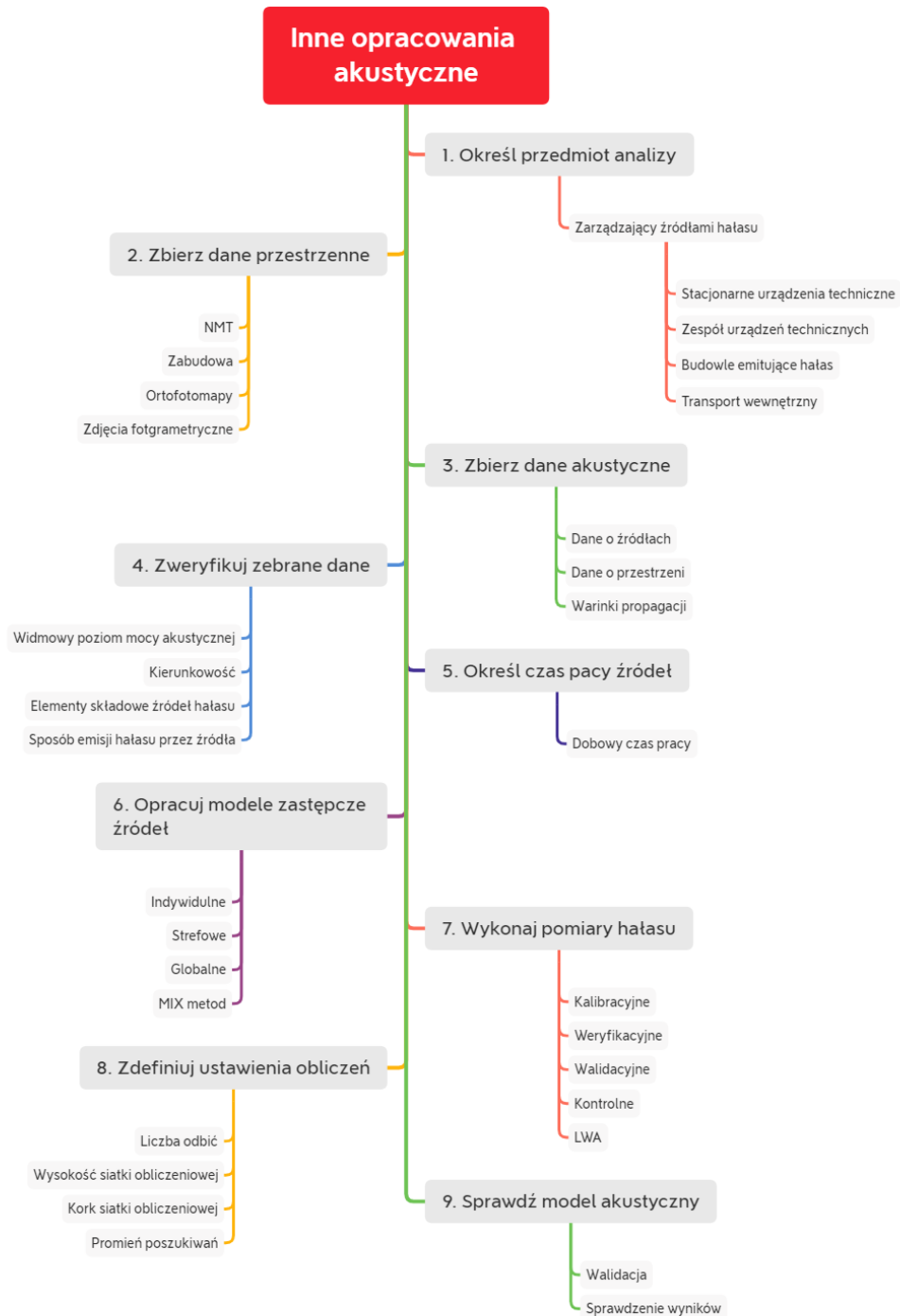
- jeżeli to konieczne, przeprowadzić ponowną walidację dla dominujących źródeł i naprawić błędy,
- jeżeli to konieczne, na czas kalibracji modelu, należy wyłączyć źródła nie pracujące w dniu pomiaru (należy pamiętać, aby je potem włączyć),
- jeżeli wyniki dalej są za duże, to:
 - jeżeli to możliwe wykonać dodatkowe pomiary własne emisji z tego źródła,
 - potwierdzić dane katalogowe emisji u Zarządzającego instalacją,
 - jeżeli to konieczne wprowadzić ręcznie poprawkę do modelu akustycznego¹¹

Jeżeli w wyniku sprawdzenia wyniki obliczeń są niższe od wyników pomiarów i nie można osiągnąć 2,5 dB kryterium sprawdzenia, należy:

- sprawdzić wyniki pomiarów i upewnić się, że poprawnie określono oddziaływanie metodą pomiarową,
- potwierdzić, czy podczas pomiaru pracowały te same źródła i z taką samą intensywnością, jak wprowadzono do modelu akustycznego (zdarza się że ,któregoś źródła już fizycznie nie ma terenie zakładu),
- spróbować określić jakie źródło lub grupa źródeł dominowała w dniu pomiaru,
- wystosować prośbę do zarządzającego o podanie parametrów emisji w dniu pomiarów i wprowadzić je do modelu,
- jeżeli to możliwe, skorzystać z własnych wyników pomiarów wykonanych na etapie zbierania danych i samodzielnie określić emisję,
- jeżeli wszystkie źródła są już wprowadzone, przeprowadzić ponowną walidację modelu i naprawić błędy (czasem błędy wynikają ze złego zamodelowania źródeł i obiektów kubaturowych wokół lub wprowadzenie czasów pracy innych niż w dniu pomiaru),
- jeżeli to konieczne na czas kalibracji modelu włącz do obliczeń wszystkie źródła które pracowały w dniu pomiarów (należy pamiętać, aby ich czas pracy potem przywrócić do stanu pierwotnego),
- jeżeli wyniki dalej są za małe, to:
 - jeżeli to możliwe, wykonać pomiary własne emisji źródeł dominujących,
 - potwierdzić dane katalogowe emisji u Zarządzającego instalacją,
 - jeżeli to konieczne, wprowadzić ręcznie poprawkę do modelu akustycznego¹¹

¹¹ Poprawki do 1 dB charakteryzują typową zmienność immisji; Przy poprawkach do 3 dB należy być ostrożnym, bo błąd może wynikać ze złej geometrii lub innych kluczowych parametrów modelu (np. brak istotnego odbicia, itp.); Dla większych poprawek wymagana jest wiedza ekspercka (najczęściej problemem jest zły dobór źródła zastępczego oraz nie poprawna geometria i warunki propagacji na drodze źródło – punkt odbioru)

B. Inne opracowania akustyczne



Rysunek B.1 Etapy tworzenie modelu akustycznego dla Innych opracowań akustycznych (opracowanie własne)

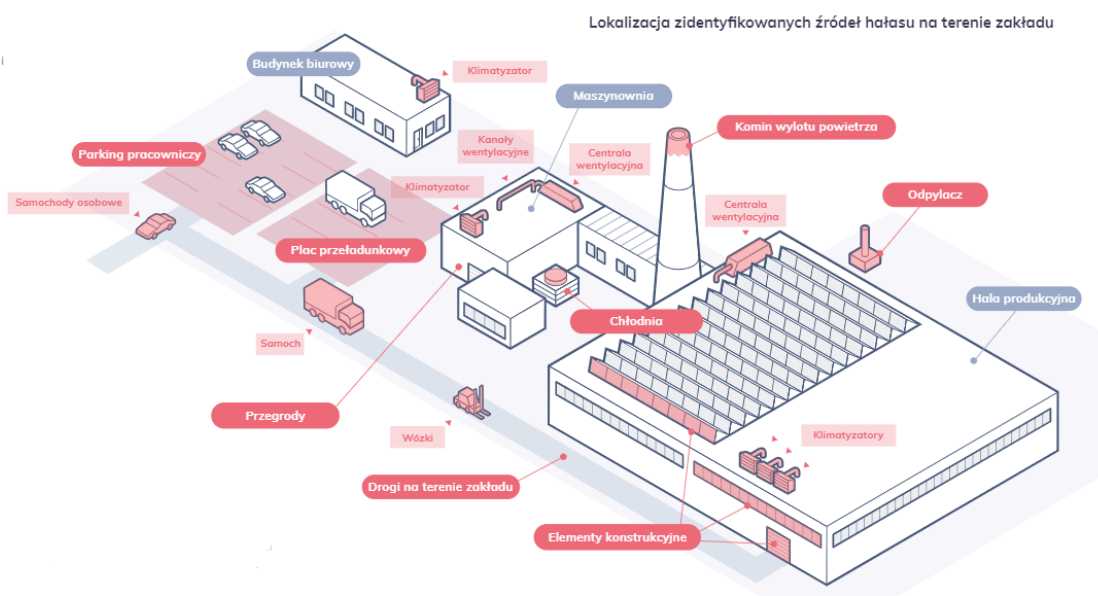
B.1 Przedmiot analizy

Poza Strategicznymi Mapami Hałasu modele akustyczne źródeł przemysłowych opracowuje się dla wielu innych opracowań, z czego część również wymagana jest przepisami prawa. Stopień szczegółowości tych modeli jest różny, ale w przeważającej części dokładniejszy niż ten wymagany dla SMH. Często modele te stanowią dane wejściowe do SMH. Przedmiotem analiz zgodnie z definicją przedstawioną w art. 3 ust. 6 ustawy Prawo Ochrony Środowiska [73] są instalacje typu:

- ▣ stacjonarne urządzenia techniczne,
- ▣ zespół stacjonarnych urządzeń technicznych powiązanych technologicznie, do których tytułem prawnym dysponuje ten sam podmiot i położonych na terenie jednego zakładu,
- ▣ budowle niebędące urządzeniami technicznymi ani ich zespołami, których eksploatacja może spowodować emisję.

Do powyższego katalogu zalicza się też wszelką inną działalność emitującą hałas, typu transport wewnętrzny, urządzenia ruchome, taśmociągi itp., znajdującą się na terenie danego podmiotu i związaną z jego funkcjonowaniem. Co do zasady zarządzający danym terenem nie ma prawa powodować uciążliwości akustycznej na terenach poza swoimi granicami, objętych prawną ochroną przed hałasem.

W praktyce każdy obszar prowadzenia działalności przemysłowej, handlowej i portowej posiada urządzenia, maszyny, budynki oraz wewnętrzną infrastrukturę transportową. Każde urządzenie, maszyna emituje hałas. Emisja tego hałasu może być bezpośrednia, jeżeli źródło pracuje na zewnątrz lub pośrednia, jeżeli źródło pracuje w pomieszczeniu. Typowy przykład źródeł hałasu wchodzących w skład działalności przemysłowej przedstawiono na Rysunek B.2.



Rysunek B.2 Przykład lokalizacji zidentyfikowanych źródeł hałasu na terenie zakładu [źródło: <https://aci.acoucou.org>]

B.2 Źródła danych do budowy modelu akustycznego

Budowanie modelu akustycznego opiera się o dane, z których część jest ogólnie dostępna, część wymaga zebrania i przetworzenia, a część wymaga przygotowania. W Rozdziale A.2 omówiono źródła danych niezbędne do opracowania SMH, które również potrzebne są przy tworzeniu modeli akustycznych dla innych celów, opisywanych w tej części opracowania. Dodatkowo, w tej części, opisuje się inne źródła i metody pozyskiwania danych, nie opisane wcześniej.

B.2.1 Dane przestrzenne – geometryczne

Sposób gromadzenia i analizy danych przestrzennych szczegółowo został opisany w Rozdziale A.2.1.

Dodatkowo przy opracowaniach akustycznych wymagających dużej dokładności możliwe jest zebranie danych przy użyciu drona, który może wykonywać zdjęcia fotogrametryczne. Na podstawie tych zdjęć użytkownik otrzymuje chmurę punktów, z której może odczytywać informacje o geometrii oraz opracowywać własne modele 3d przestrzeni. Przykład takich danych przedstawiono na Rysunek B.3.



Rysunek B.3 Numeryczny model pokrycia terenu zebranych przy pomocy drona (opracowanie własne)

B.2.2 Dane akustyczne

Tak samo jak przy SMH, dane akustyczne do budowy modelu akustycznego podzielić można na trzy zbiory:

- ▣ dane o źródłach,
- ▣ dane o przestrzeni,
- ▣ dane o warunkach propagacji.

Wszystkie informacje przedstawione w Rozdziale A.2.2 mogą okazać się przydatne także na etapie sporządzania modeli akustycznych do innych celów. Dodatkowo tam, gdzie to konieczne możliwe jest korzystanie z innych źródeł danych, często bardziej szczegółowych lub wymagających głębszej analizy (np. plany instalacji, dane techniczne urządzeń, parametry pracy urządzeń, itp.).

B.2.2.1 Dane o źródłach - inwentaryzacja i parametry emisji

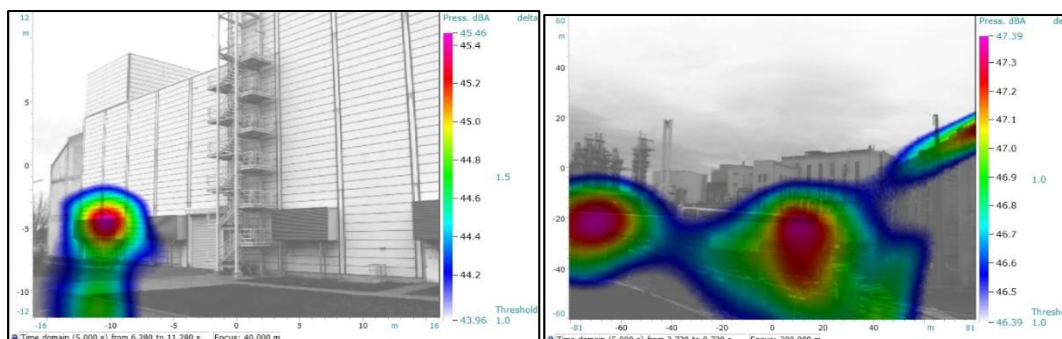
Etapy zbierania danych o źródłach są takie same jak dla SMH, jednak ich zakres znacząco się różni.

B.2.2.1.1 Inwentaryzacja

Oprócz informacji przedstawionych w Rozdziale A.2.2.1.1, przy sporządzaniu innych opracowań akustycznych, inwentaryzację źródeł przeprowadza się dodatkowo w oparciu o:

- ▣ szczegółowy wywiad z Zarządzającym lub wyznaczonym przez niego podmiotem,
- ▣ wizję lokalną, podczas której weryfikuje się pozyskane informacje oraz uzupełnia brakujące dane,
- ▣ własne, pełne inwentaryzacje, podczas których szczegółowo identyfikuje się wszystkie źródła hałasu,
- ▣ przegląd dokumentacji projektowych i danych techniczno-ruchowych, na podstawie których można wskazać miejsca emisji hałasu.

Przy inwentaryzacji i identyfikacji głównych źródeł hałasu pomocne mogą być najnowsze narzędzia badawcze takie jak kamera akustyczna.



Rysunek B.4 Identyfikacja głównych miejsc emisji hałasu przemysłowego przy użyciu kamery akustycznej (opracowanie własne)

Przedstawiony schemat działania dotyczy głównie obiektów już istniejących oraz rozbudowywanych. W przypadku obiektów nowoplanowanych dane akustyczne opierają się o dane techniczne, założenia projektowe, dane pomiarowe z analogicznych instalacji i procesów oraz prawne i normatywne limity zdefiniowane na etapie opracowywania założeń (np. wynikające z wymogów BREEAM).

B.2.2.1.2 Parametry emisji

W przypadku posiadania przez zakład dokumentów opisujących emisję hałasu, należy dokładnie przeanalizować te dokumenty zgodnie z opisem przedstawionym w Rozdziale A.2.2.1.2. Jeżeli zakład nie posiada części danych lub dane te są niekompletne, dane o emisji hałasu można uzupełnić:

- w oparciu o informacje o typie źródła, parametrach technicznych jego pracy oraz danych technicznych producentów¹²,
- własne pomiary poziomu mocy akustycznej.

Dla wszystkich źródeł konieczne jest wykonanie pomiarów kalibracyjnych (patrz: Rozdział C.2.2). Do oceny końcowej całego modelu akustycznego niezbędne będą pomiary wykonywane w oparciu o metodyki do kontroli stanu środowiska akustycznego. Poprawnie wykonane pomiary mogą być czasochłonne i często skomplikowane technicznie. Użycie wartości domyślnych i skorzystanie z baz danych jest zazwyczaj wygodniejsze, ale może się wiązać z mniejszą dokładnością.

Wykonywanie własnych pomiarów poziomu mocy akustycznej powinno odbywać w oparciu o znormalizowane procedury, które szerzej opisano w Rozdziale C.3.

Dla pozostałych źródeł, dla których nie prowadzono żadnych analiz akustycznych, możliwe jest pozyskanie danych w ramach jednego z poniższych kroków. Poniższe metody dotyczą sposobów określania emisji hałasu bez wykonywania własnych pomiarów hałasu.

W pierwszym kroku należy spróbować pozyskać dane techniczne urządzeń. W tym celu powinno się nawiązać współpracę z pracownikami danego zakładu i pozyskać od nich informacje dotyczące urządzeń, maszyn, tzn. ich typy, modele, karty katalogowe producentów, dokumentację techniczno-ruchową urządzenia (DTR). W dokumentach tych należy poszukiwać informacji o emisji akustycznej oraz warunkach pracy urządzeń.

Powyższe dokumenty nie zawsze są w języku polskim, a dane akustyczne przedstawiane są w różnorodny sposób (Rysunek B.5). W tabeli (Tabela B.1) przedstawiono nazwy parametrów oraz słowa kluczowe, pod którymi najczęściej są one prezentowane (w języku polskim oraz angielskim). Często określenia stosowane przez producentów nie są precyzyjnym nazewnictwem, w związku z czym, w tabeli zebrano spotykane w dokumentacji nazewnictwo wraz komentarzem. Przy analizie otrzymanych dokumentów należy być przygotowanym na to, że wyodrębnienie użytkowych parametrów akustycznych wymaga ich prawidłowej interpretacji i ogólnej wiedzy akustycznej. Na tym etapie, dla urządzeń, posiadających dokumentację, należy wyszukać informacji o emisji akustycznej, a jeżeli ich brak, o parametrach pracy, na podstawie których możliwe będzie szacowanie poziomu mocy akustycznej w późniejszych krokach.

¹² Korzystanie z tych danych wymaga doświadczenia i posiadania wiedzy z obszaru akustyki i podstaw mechaniki maszyn. Dane te należy przyjmować z dużą ostrożnością.

Tabela B.1. Parametry i słowa kluczowe dla danych akustycznych w katalogach producentów urządzeń.

Słowa kluczowe, określenia stosowane przez producentów dla danych akustycznych		Komentarz/prawidłowe nazewnictwo
Nazwy parametrów, słowa kluczowe w języku polskim	Nazwy parametrów, słowa kluczowe w języku angielskim	
Dane techniczne Dane akustyczne	Data sheet Noise characteristics, Noise data sheet, Noise emitted by..	Czasami dane akustyczne nie są domyślnie wpisywane do kart technicznych, a informacje te są deklarowane w ramach oddzielnych dokumentów
Poziom hałas na powierzchni Poziom ciśnienia akustycznego, Poziom ciśnienia akustycznego z 1m (lub innych odległości) Poziom hałasu Hałas LpA SPL Lp	Surface sound pressure level Sound pressure level Sound level at 1m Sound level Noise level LpA SPL Lp	Poziom ciśnienia akustycznego zawsze mierzony w jest w ściśle określonej odległości. Odległości te mogą być różne. Poziom hałasu na powierzchni pomiarowej. Należy szukać informacji opisujących powierzchnię (np. pole powierzchni, kształt powierzchni) Zawsze należy szukać informacji jak dany pomiar został wykonany (tzn. gdzie lokalizowano punkty, jaka była odległość, metoda pomiaru)
Moc akustyczna, Rozkład poziomu mocy akustycznej LW LWA	Sound power level Spectrum LW LWA PWL	Należy sprawdzać czy producent nie zawarł dodatkowych informacji o warunkach pracy urządzenia lub innych istotnych dla oceny deklarowanej wartości. Prawidłowa nazwa: <u>Poziom</u> mocy akustycznej <u>Widmowy</u> rozkład poziomu mocy akustycznej

W drugim kroku, dla urządzeń które nie posiadają danych o emisji akustycznej lub gdy dane te są niepełne, możliwe jest wyszukanie urządzeń analogicznych o zdefiniowanych parametrach akustycznych. Należy wtedy uwzględnić również inne parametry pracy urządzenia, tak aby wybrany odpowiednik był jak najbardziej zbliżony do analizowanego źródła hałasu. Zaleca się zwrócenie szczególnej uwagi na:

- ▣ parametry elektryczne urządzenia,
- ▣ gabaryty urządzenia,
- ▣ przystosowanie do pracy.

W trzecim kroku, w przypadku braku jakichkolwiek danych akustycznych dla konkretnych urządzeń najbardziej podstawowym podejściem przy sporządzaniu ocen akustycznych jest skorzystanie z dostępnych baz typowych źródeł hałasu. Udostępnione są w nich zmierzone wartości dla całych zakładów, typowych źródeł hałasu jak i konkretnych typów urządzeń/maszyn wykorzystywanych na obszarach przemysłowych. Dla części źródeł zdefiniowane są zależności matematyczne pozwalające określać poziom mocy akustycznej w oparciu o parametry pracy urządzeń (patrz: Rysunek B.6). W Tabela B.2 przedstawiono spis przykładowych baz wraz z opisem jakie dane akustyczne są w nich zamieszczone.

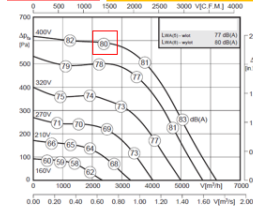
(A)

Wentylatory dachowe
Wielkość: 450



- Wbudowany sterownik EC.
- Kompleksowy system charakteryzujący się niskimi kosztami eksploatacyjnymi, bazujący na wykorzystaniu nowoczesnej technologii EC.
- Łatwe ustawienie wymaganych parametrów pracy.
- Płynna regulacja prędkości obrotowej.
- Dostarczany z zamontowanym wyłącznikiem serwisowym.
- Wzrost z topolarni wygodny do tyłu.
- Silnik nie wymaga dodatkowego zabezpieczenia przed przegrzaniem.

Dane techniczne: **EMISJA DLA INNYCH PUNKTÓW PRACY**



Oszczędność energii
w porównaniu do silników AC
nawet do: **35%***

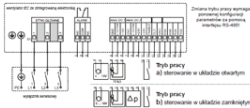
Typ:	Nr art.:
U	400V (50/60Hz)
PN	0,85 kW
In	1,8 A
n	1500 min ⁻¹
Capac	--µF
IK	5
Apw	
M	85
M / g	9 kg

POZIOMY CIŚNIENIE AKUSTYCZNEJ
ORAZ CIŚNIENIA AKUSTYCZNEGO

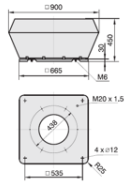
Liniowa [dB(A)] @ V = 0.5 * Vmax	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	
Liniowa [dB(A)] - wydot.	50	64	65	68	70	63	56	57	77												
Liniowa [dB(A)] - wydot.	64	70	74	75	74	67	58	80													

Liniowa [dB(A)] - poziom ciśnienia akustycznego w odległości 4m od odbojowy
Punkt pracy V = 3100 rpm, Ia = 560 Pa

Schemat podłączeniowy:



Wymiary:



(B)

Job Information _____ Selected By _____

Cooling Tower Definition

Manufacturer	Fan Speed (100.0 %)	238 rpm
Product	Fan Tip Speed (100.0 %)	45.138 m/s
Model	Fan Motor Speed (100.0 %)	1000 rpm
Cells	Fan Motor Capacity per cell	45.00 kW
Fan	Fan Motor Output per cell	45.00 kW
Fans per cell	Fan Motor Output total	135.00 kW

Sound » Independently Verified
3-Cell sound data for an unobstructed environment.

Sound Pressure Level (SPL) expressed in dB (re: 20x10⁻⁶ Pa)
Sound Power Level (PWL) expressed in dB (re: 1x10⁻¹² watts)

Distance	Location	POZIOMY CIŚNIENIE AKUSTYCZNEGO									
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Overall	
15.00 m	Air Inlet Face SPL	71	64	60	54	47	43	39	33	57	
15.00 m	Case/Face SPL	73	61	58	54	49	43	39	33	56	
15.00 m	Fan Discharge SPL	73	71	67	63	60	55	53	47	66	
	Tower PWL	106	99	95	91	86	81	79	73	93	

Notes

- Sound levels have been independently verified by a CTI-licensed sound test agency to ensure validity and reliability of the published values.
- Measurement and analysis of the sound levels were conducted by a certified Professional Engineer in Acoustical Engineering.
- Sound pressure levels were measured and recorded on various models in the acoustic near-field and far-field locations using ANSI S1.4 Type 1 precision instrumentation.
- Sound pressure levels were measured and recorded in full conformance with CTI ATC-128 test code published by the Cooling Technology Institute (CTI).

UŻYTA METODYKA POMIAROWA

(C)

Dane techniczne: **POZIOMY CIŚNIENIE AKUSTYCZNEGO**

Typ	Wydajność		Wydajność nominalna	Sprężenie nominalne	Moc silnika	Liczba obrotów	Głośność	Prędk. anemometryczna**		Masa
	MAX	SPRĘŻ. MAX						1x230V	5x400V	
2300	190	1900	100	0,25	2800	61	1,85	1	11	
3600	225	3400	150	0,37	2800	69	2,48	1,2	16	
4300	230	3950	175	0,75	2800	72	4,5	1,7	16	
4800	250	4400	200	0,55	2800	74	3,6	1,4	18	
6300	280	5500	270	1,1	2800	75	7,6	2,5	22	
7200	420	5000	250	1,5	2800	79	9,1	3,3	28	
10100	425	8000	280	2,2	2800	80	-	4,6	28	
12250	525	9000	350	2,2	2800	82	-	4,6	31	
14350	640	10500	400	4	2800	86	-	7,8	44	
15500	680	11000	450	3,0	2800	84	-	6	41	
15500	800	12000	430	4,0	2800	87	-	8,1	58	
20500	880	15200	500	5,50	2800	86	-	10,5	61	
27000	970	18000	615	7,5	2800	88	-	14,5	65	

Wymiary: **PARAMETRY PRACY**

Typ	Wymiary			
	ØD [mm]	ØD2 [mm]	L [mm]	n x 2Ød [mm]
250	275	350	4	4 x 9,5
315	362	350	8	8 x 9,5
355	392	350	8	8 x 9,5
400	438	440	8	8 x 9,5
450	488	440	8	8 x 9,5
500	538	450	8	8 x 9,5
560	600	550	12	12 x 9,5

WYMIARY

Rysunek B.5 Wycinki kart technicznych urządzeń wraz z zaznaczeniem istotnych danych akustycznych i technicznych (A – wentylator dachowy firmy Rosenberg; B – Chłodnia wentylatorowa mokra firmy Marley; C – wentylator osiowy kanałowy firmy Tywent [źródło danych: karty katalogowe producentów]

Source Formula Picture
OPIS ŹRÓDŁA

Description: Centrifugal pump with less than 30 kW power

Date: 01.01.1985 Drive: electric

Date valid through: 01.01.2015 Source type: point (dBA)

Height [m]: 0,5 Quality: good

Height variation [m]: 0,5 Industry (Multiple select): aircraft industries, aluminium production, asbestos production, hars.

Deviation [dB]: 4,00

Source Formula Picture
FORMUŁA DO PROGNOZOWANIA POZIOMU MOCY AKUSTYCZNEJ

Formuła

$$L_{WA} \approx 74 + 10 \log P$$

Variables

Variable	Value
P [kW]	25,00

Sound Power (A-weighted)

Total dB(A)	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	10	
	88,0	38,0	38,0	38,0	44,2	44,2	44,2	61,2	61,2	61,2	69,2	69,2	69,2	76,2	76,2	76,2	79,2	7

Source Formula Picture
PRZYKŁADOWE ZDJĘCIE ŹRÓDŁA



Rysunek B.6 Wycinek danych przedstawionych w bazie programu SourceDB+

Tabela B.2. Bazy danych o emisji hałasu ze źródeł przemysłowych.

Lp.	Nazwa bazy	Opis	Typy danych	Komentarz	Dostęp
1	Baza przygotowana w ramach programu IMAGINE (2003-2006)	Przygotowana w ramach i jako rozszerzenie programów HARMONISE oraz IMAGINE (realizowanych w latach 2001-2003 oraz 2003-2006). Zawarte w niej są dane akustyczne dla standardowych źródeł hałasu w przemyśle oraz możliwość przeliczenia mocy akustycznej dla zadanych parametrów np. mocy elektrycznej (dla kompresorów, pomp itp.) na podstawie zdefiniowanych zależności.	Baza w programie SourceDB+. Podział źródeł w zależności od zastosowania, typu źródła (punktowe, liniowe, powierzchniowe), typu napędów. Poziom mocy akustycznej podany w zależności od typu źródła jako: <ul style="list-style-type: none"> • jednostkowy jednoczłobowy skorygowany poziom mocy akustycznej oraz w tercjowych pasmach częstotliwościowych (dla źródeł punktowych np. pomp, kompresorów, wentylatorów) • skorygowany poziom mocy akustycznej przeliczony na metr kwadratowy LwA/m² (dla całych zakładów, źródeł powierzchniowych) • skorygowany poziom mocy akustycznej przeliczony na metr LwA/m (dla źródeł liniowych) • dla niektórych źródeł - poziom mocy akustycznej przeliczany na podstawie zdefiniowanej formuły po zadaniu danych takich jak moc elektryczna (dla pomp, kompresorów, wentylatorów) 	1) Baza dostępna w programie Predictor	https://softnoise.com/downloads/
2	Baza Komisji Europejskiej (Noise emissions outdoor equipment)	Zawarte są w niej dane akustyczne deklarowane (Dyrektywa 2000/14/EC) przez producentów urządzeń, maszyn mających zastosowania w zakładach przemysłowych na zewnątrz (tzn. emisja hałasu m.in. od wózków widłowych, dźwigów, ciężarówek). <u>Baza jest regularnie aktualizowana.</u>	Pliki przedstawiane w formacie pdf, podzielone w zależności od typów maszyn, kategorii, modelu. W tabeli podane są trzy parametry akustyczne (jednoczłobowo): <ul style="list-style-type: none"> • Equipment Permissible Sound Power Level (dopuszczalny poziom mocy akustycznej wyposażenia) • Guaranteed Sound Level (gwarantowany poziom dźwięku) • Measured Sound Power Level (zmierzony poziom mocy akustycznej) 	1) Wskazane jest korzystanie przede wszystkim z parametru oznaczonego jako zmierzony poziomu mocy akustycznej (Measured Sound Power Level) 2) Baza danych w języku angielskim	https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/noise-emissions-outdoor-equipment_en
3	Wbudowane bazy danych w programach akustycznych (CadnA, SoundPlan, IMMI, Lima, Predictor)	Różna implementacja oraz źródła danych w zależności od programu	Różna implementacja oraz źródła danych w zależności od programu		-

Katalog Danych Przemysłowych

Rozdział B. – Inne opracowania akustyczne

4	Noise Navigator Database	<p>Baza danych dla ponad 1700 źródeł, przygotowana przez firmę 3M na podstawie danych z literatury oraz ich własnych pomiarów. Dane podzielone są na różne kategorie - związane z pracą, rekreacją, hałasem emitowanym przez militaria itp..</p>	<p>Baza danych w formie tabel przygotowanych w formacie .xlsx i .pdf. Przedstawione dane dotyczą zazwyczaj średnich poziomów dźwięku ważonych krzywą A (jednoliczbowo) zmierzonych w różnych odległościach od źródła. Dla źródeł impulsowych podane zostały szczytowe poziomy dźwięku. Dla niektórych źródeł podane są niezważone poziomy dźwięku.</p>	<p>1) Konieczność uwzględnienia warunków pomiarów (odległości od źródła dźwięku) i/lub przeliczenia zmierzonych poziomów dźwięku na poziomy mocy akustycznej. 2) Baza danych w języku angielskim</p>	<p>https://multimedia.3m.com/mws/media/12623120/3m-noise-navigator.xlsx</p> <p>https://multimedia.3m.com/mws/media/8885530/noise-navigator-sound-level-hearing-protection-database.pdf</p>
5	Update of noise database for prediction of noise on construction and open sites	<p>Baza stworzona przez Brytyjski Departament Środowiska (Department for Environment Food & Rural Affairs - DEFRA) Baza emisji hałasu od urządzeń, maszyn, wyposażenia wykorzystywanych na terenach budowlanych oraz pracujących na obszarach przemysłowych (ciągarówki, ładowaczki, koparek, transporterów).</p>	<p>Baza danych udostępniona w pliku .pdf w przygotowanych tabelach z podziałem na kategorie. Dane akustyczne oparte na pomiarach średniego poziomu dźwięku w odległościach 10-30m. Przedstawione dane akustyczne to niezważone średnie poziomy dźwięku w pasmach oktawowych oraz całkowite poziomy dźwięku (zważone krzywą A). W przypadku źródeł ruchomych - maksymalne poziomy. Wszystkie poziomy są znormalizowane do poziomu w odległości 10 m od źródła.</p>	<p>1) Baza w języku angielskim 2) Konieczność uwzględnienia warunków pomiarów (odległości od źródła dźwięku) i/lub przeliczenia zmierzonych poziomów dźwięku na poziomy mocy akustycznej.</p>	<p>http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=NO01043_5581_FRP.pdf</p> <p>http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=NO01102_5302_FRP.pdf</p>

W przypadku całkowitego braku powyższych danych można również przyjąć maksymalne dopuszczalne poziomy dla źródeł lub całych zakładów (patrz: Tabela B.3). Podejście takie jest najmniej dokładne i nie uwzględnia złożoności pracy większości obszarów przemysłowych w związku z czym dla tak przyjętych danych należy każdorazowo wykonać pomiary weryfikacyjne.

Tabela B.3 Poziom mocy akustycznej obszarów przemysłowych – dane ogólne do szacunkowej oceny [34]

Typ działalności przemysłowej	Wartości domyśle powierzchniowego poziomu mocy akustycznej L_w'' (L_w/m^2)	
	Dzień	Noc
Przemysł ciężki	65 dB(A)	65 dB(A)
Przemysł lekki	60 dB(A)	60 dB(A)
Usługi komercyjny (np. galerie handlowe)	60 dB(A)	45 dB(A)
Porty	65 dB(A)	65 dB(A)

Przedstawione zasady pracy z danymi przedstawionymi przydatne są również w przypadku przygotowywania map hałasu dla planowanych rozbudów obszarów przemysłowych i predykcji ich wpływu na hałas w środowisku.

B.2.2.2 Dane o przestrzeni

Przy definiowaniu danych o przestrzeni zaleca się korzystać z danych przedstawionych w Rozdziale A.2.2.2.

Na potrzeby sporządzania analiz akustycznych innych niż SMH wartości współczynnika G powinny odzwierciedlać warunki typowe dla wybranej doby, pomiarowej lub najmniej korzystnej, w zależności od celu opracowania.

Szczegółowy opis poszczególnych współczynników, wraz z analizą ich wpływu na wyniki przedstawiono w Rozdziale C.4.1.1 (współczynnik G) i Rozdziale C.4.1.3 (współczynnik α).

B.2.2.3 Warunki propagacji

Dla SMH stosuje się średnioroczne wskaźniki oceny hałasu L_{DWN} i L_N , co pociąga za sobą stosowanie średniorocznych warunków propagacji. Na potrzeby pozostałych analiza akustycznych, gdzie podstawą oceny są wskaźniki dobowe L_{AeqD} i L_{AeqN} , parametr „p” opisujący warunki propagacji należy ustalać indywidualnie dla wybranej doby lub przyjmować wartości domyślne:

- ▣ Pora dnia: $p = 50\%$,
- ▣ Pora nocy: $p = 100\%$.

Szczegółowy opis wpływu warunków meteorologicznych, wraz z analizą wpływu na wyniki przedstawiono w Rozdziale C.4.1.2.

B.3 Weryfikacja pozyskanych danych

Weryfikacja danych akustycznych, które pozyskano na etapie zbierania danych o źródłach powinna opierać się na odpowiedzi na pytania zdefiniowane dla SMH:

- Jaki parametr akustyczny został podany? (poziom ciśnienia akustycznego czy poziom mocy akustycznej)
- Jeżeli poziom ciśnienia akustycznego, to czy dostępne są informacje na temat odległości pomiarowej/powierzchni pomiarowej?
- Czy parametr akustyczny jest przedstawiony w pasmach częstotliwościowych (widmo)?
- Czy dane akustyczne są niezważone / zważone krzywą korekcyjną A (lub C)?
- Czy źródło emituje hałas kierunkowo?

Przy sporządzaniu innych opracowań akustycznych, dodatkowo konieczna jest odpowiedź na pytania:

- Czy dostępna jest informacja na temat metodyki pomiaru parametru?
- Czy zdefiniowany jest stan pracy urządzenia, który występował podczas pomiarów?
- Czy zmierzony stan pracy odpowiada typowemu stanowi pracy, który będzie prognozowany?

Odpowiedź na pytania postawione przy weryfikacji danych dla SMH przedstawione są w Rozdziale A.3. Przy sprawdzaniu parametrów emisji istotne jest ich rozróżnianie oraz zrozumienie zależności je definiujących. Przy opracowywaniu SMH obliczenia prowadzone powinny być w oparciu o widmowy rozkład poziomu mocy akustycznej w pasmach 1/1 lub 1/3 oktawy. W przypadku strategicznych map hałasu jest to wymóg konieczny [13]. W przypadku raportów oddziaływania na środowisko oraz pozwoleń zintegrowanych jest to podejście zalecane. Natomiast dla kart informacyjnych jest to podejście opcjonalne.

Różni producenci, stosują różne metodyki pomiarowe oraz różne sposoby przedstawiania wyników, przy użyciu różnych wskaźników. Przy odczytywaniu danych podanych przez producentów należy zachować szczególną ostrożność. Na rysunkach poniżej (Rysunek B.7, Rysunek B.8, Rysunek B.9) przedstawiono rzeczywiste przykłady danych akustycznych z typowych źródeł danych, uwzględniające widma hałasu źródeł. W przykładzie 1 wszystkie poziomy są wartościami skorygowanymi krzywą ważoną A, w przykładzie 2 podane są wartości zważone oraz niezważone, natomiast w przykładzie 3 poziomy w pasmach częstotliwościowych są nieskorygowane. Na tych przykładach można zauważyć, że dane niezważone to wartości wyższe (w przykładzie 2 różnica pomiędzy poziomem L_W a L_{WA} to ok. 5 dB, a w przykładzie 3 różnica między L_p a L_{pA} wynosi 3dB). Widmo poziomów niezważonych charakteryzuje się znacznie większymi wartościami w pasmach niskich i średnich częstotliwości z zakresu 31Hz-500 Hz, gdzie krzywa ważenia A ma duże wartości tłumienia. W tabeli (Tabela B.4) przedstawiono analizę danych na podstawie przykładów 1-3 oraz sposób przejścia z danych nieważonych na ważne krzywą A.

Hz	dB(A)								Suma
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ssanie nawiewu	53,9	77,6	75	60,4	56,3	66,6	71,6	67,8	80,6
toczenie nawiewu	65,9	87,5	95	101,9	100,9	105,1	102,4	88,1	109,1
otoczenie nawiewu * (1 m)	38,9	59,6	59	55,4	57,3	62,6	57,6	34,8	67

* Poziom ciśnienia akustycznego

Rysunek B.7. Dane akustyczne - Przykład 1 – wszystkie dane ważone krzywą A

Pasmo oktawy [Hz]	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Lin
Moc akustyczna LW [dB]	95	102	98	97	95	92	89	86	105
Moc akustyczna LWA [dB]	69	86	89	94	95	93	90	85	100

Rysunek B.8. Dane akustyczne - Przykład 2 – dane ważone i nieważone krzywą A

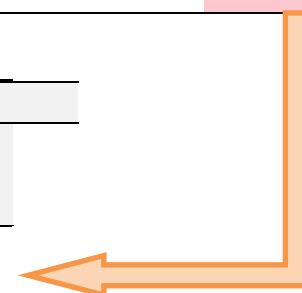
Ref No.	Equipment	Power rating kW	Equipment size, weight (mass) capacity	Octave Band Sound Pressure Levels [Hz]								A-weighted Sound Pressure Level L ₅₀₀ [dB]
				63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Pre-cast Concrete Piling - Hydraulic Hammer												
1	Hydraulic hammer Rig	145	16 m length/ 5t hammer/ plywood dolly	82	82	82	89	83	78	75	70	89

Rysunek B.9. Dane akustyczne - Przykład 3 – dane częściowo ważone i częściowo nie ważone krzywą A

Tabela B.4. Analiza danych akustycznych ważonych i nieważonych krzywą A

	Parametr	Deklaracja parametru w środkowych częstotliwościach pasma oktawowego								SUMA (OBLICZONA)	SUMA (DEKLAROWANA)	Czy poziomy w pasmach oktawowych są zważone?
		63 [Hz]	125 [Hz]	250 [Hz]	500 [Hz]	1000 [Hz]	2000 [Hz]	4000 [Hz]	8000 [Hz]			
Przykład 1	Poziom mocy akustycznej	53,9	77,6	75,0	60,4	56,3	66,6	71,6	67,8	80,6	80,6 dB(A)	TAK
	Poziom mocy akustycznej	65,9	87,5	95,0	101,9	100,9	105,1	102,4	88,1	109,1	109,1 dB(A)	TAK
	Poziom ciśnienia akustycznego	38,9	59,6	59,0	55,4	57,3	62,6	57,6	34,8	67,0	67 dB(A)	TAK
Przykład 2	Poziom mocy akustycznej Lw	95,0	102,0	98,0	97,0	95,0	92,0	89,0	86,0	105,6	105 dB	TAK
	Poziom mocy akustycznej LWA	69,0	86,0	89,0	94,0	95,0	93,0	90,0	85,0	100,1	100 dB(A)	TAK
Przykład 3	Poziom ciśnienia akustycznego	82,0	82,0	82,0	89,0	83,0	78,0	75,0	70,0	92,0	89,0 dB	NIE

UZYSKANIE WARTOŚCI ZWAŻONYCH NA PRZYKŁADZIE 3										
	Parametr	Parametr w środkowych częstotliwościach pasma oktawowego								SUMA (OBLICZONA)
		63 [Hz]	125 [Hz]	250 [Hz]	500 [Hz]	1000 [Hz]	2000 [Hz]	4000 [Hz]	8000 [Hz]	
Przykład 3	Poziom ciśnienia akustycznego NIEZWAŻONY	82,0	82,0	82,0	89,0	83,0	78,0	75,0	70,0	92,0
	Wartości charakterystyki częstotliwościowej A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1	
	Poziom ciśnienia akustycznego ZWAŻONY	55,8	65,9	73,4	85,8	83,0	79,2	76,0	68,9	89,0



Dodatkowym utrudnieniem związanym z interpretacją danych akustycznych może być również to, że producenci podają parametry dla różnych elementów urządzenia. W takich przypadkach przydatna może okazać się ogólna wiedza dotycząca budowy i technologii danego źródła hałasu.

Przykładowo dla wentylatorów dachowych najczęściej podawane są poziomy mocy akustycznej na wylocie i wlocie wentylatora (patrz: Rysunek B.10) lub na wlocie i otoczeniu (patrz: Rysunek B.11). Z punktu widzenia emisji hałasu do środowiska, w przypadku wentylatorów wyrzutowych, interesować będzie nas emisja z wylotu lub do otoczenia, w zależności jak zdefiniował to producent urządzenia. Każdorazowo przy ocenie takich danych należy dowiedzieć się jak dane źródło działa.

Poziom mocy akust.		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Całk.
Wlot	dB(A)	53	65	71	71	67	64	59	56	76
Wylot	dB(A)	55	67	73	73	69	66	60	58	77

Rysunek B.10. Dane akustyczne wentylatora dachowego – przykład 1.

Mid-frequency band, Hz

	Hz	Tot	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
LwA Wlot	dB(A)	66	37	55	59	61	60	57	52	45
LwA Otoczenie	dB(A)	68	39	57	61	63	62	59	54	47

Rysunek B.11. Dane akustyczne wentylatora dachowego – przykład 2.

W przypadku np. central wentylacyjnych istotną będzie informacja o poziomie mocy akustycznej na czerpniach oraz wyrzutniach powietrza do środowiska. Producenci takich urządzeń podają zazwyczaj wszystkie wartości poziomu mocy akustycznej, zarówno tej emitowanej do środowiska jak i tej emitowanej do wewnętrznych kanałów wentylacyjnych (patrz: Rysunek B.12 i Rysunek B.13).

Rozkład poziomu mocy akustycznej

Hz	dB(A)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma
ssanie nawiewu	49	67	81,4	78	81,2	81,8	84,1	81	89,4
tlóczenie nawiewu	50,3	65,8	79,7	83,9	79,7	66,9	61,5	47,9	86,5
otoczenie nawiewu * (1 m)	23	35	44,4	37	37,2	37,8	42,1	23	48
ssanie wyciągu	49,9	69,1	81,8	77,3	80,1	81	84,1	81,3	89,2
tlóczenie wyciągu	56,3	72,3	85,2	90,4	90,2	87,3	90,9	83,8	96,5
otoczenie wyciągu * (1 m)	23,9	37,1	44,8	36,3	36,1	37	42,1	23,3	48,2

* Poziom ciśnienia akustycznego

Rysunek B.12. Dane akustyczne centrali nawiewno-wywiewnej – przykład 1.

NAWIEW

Dane akustyczne										
Poziom mocy akustycznej [dB(A)]	Częstotliwość	63 [Hz]	125 [Hz]	250 [Hz]	500 [Hz]	1000 [Hz]	2000 [Hz]	4000 [Hz]	8000 [Hz]	Lw [dB(A)]
Wlot	[dB(A)]	0,0	39,8	49,3	46,5	41,9	39,6	33,8	27,9	51,8
Wylot	[dB(A)]	0,0	43,4	52,8	51,0	46,4	43,2	36,5	31,5	56,1
Otoczenie	[dB(A)]	0,0	31,4	46,8	40,0	34,4	29,2	4,5	2,0	48,0

Poziom ciśnienia akustycznego w odł. 1m [dB(A)]	Częstotliwość	63 [Hz]	125 [Hz]	250 [Hz]	500 [Hz]	1000 [Hz]	2000 [Hz]	4000 [Hz]	8000 [Hz]	Lp [dB(A)]
	[dB(A)]	0,0	20,4	35,8	29,0	23,4	18,2	2,0	2,0	37,0

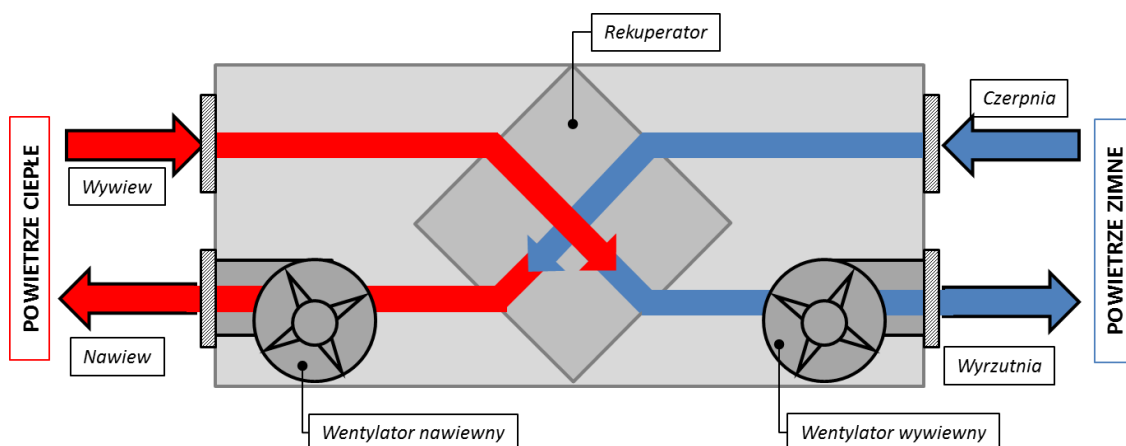
WYWIEW

Dane akustyczne										
Poziom mocy akustycznej [dB(A)]	Częstotliwość	63 [Hz]	125 [Hz]	250 [Hz]	500 [Hz]	1000 [Hz]	2000 [Hz]	4000 [Hz]	8000 [Hz]	Lw [dB(A)]
Wlot	[dB(A)]	0,0	38,8	48,3	46,4	42,8	39,6	33,8	28,7	51,8
Wylot	[dB(A)]	0,0	39,7	49,2	46,4	42,8	36,9	26,6	19,7	52,1
Otoczenie	[dB(A)]	0,0	27,7	43,2	35,4	30,8	25,6	2,0	2,0	44,2

Poziom ciśnienia akustycznego w odł. 1m [dB(A)]	Częstotliwość	63 [Hz]	125 [Hz]	250 [Hz]	500 [Hz]	1000 [Hz]	2000 [Hz]	4000 [Hz]	8000 [Hz]	Lp [dB(A)]
	[dB(A)]	0,0	16,7	32,2	24,4	19,8	14,6	2,0	2,0	33,3

Rysunek B.13. Dane akustyczne centrali nawiewno-wywiewnej – przykład 2.

Analizę tak przedstawionych danych najlepiej oprzeć na schemacie budowy central nawiewno-wywiewnych (Rysunek B.14). Na schemacie tym wyróżnić można część nawiewną oraz wywiewną urządzenia oraz określić, który element będzie odpowiadać za emisję hałasu do środowiska. W Tabeli B.5 przedstawiono, w jaki sposób można przeprowadzić taką analizę. Dodatkowym, często dużo mniej istotnym, źródłem hałasu central wentylacyjnych jest jego obudowa opisywana w danych akustycznych jako otoczenie.



Rysunek B.14. Schemat ideowy pracy centrali wentylacyjnej (opracowanie własne).

Tabela B.5. Analiza źródeł hałasu dla centrali wentylacyjnej/klimatyzacyjnej.

Element centrali wentylacyjnej/klimatyzacyjnej	Funkcjonalność	ANALIZA HAŁASU W POMIESZCZENIU		ANALIZA HAŁASU W ŚRODOWISKU	
		Element emitujący hałas w pomieszczeniu	Oznaczenie w katalogach producentach	Element emitujący hałas w środowisku	Oznaczenie w katalogach producentach
Część nawiewna centrali	Pobranie świeżego powietrza ze środowiska i dostarczenie go (po odfiltrowaniu) <u>do pomieszczenia</u>	nawiew	tłoczenie nawiewu, wylot nawiewu	czerpnia	ssanie nawiewu wlot nawiewu
Część wywiewna centrali	Pobranie powietrza zużytego z pomieszczenia i dostarczenie go (po odfiltrowaniu) <u>do środowiska</u>	wywiew	ssanie wyciągu, wlot wywiewu,	wyrzut	tłoczenie wyciągu, wylot wywiewu,

W przypadku źródeł hałasu związanych z wentylacją pomieszczenia, na rzeczywisty poziom mocy akustycznej na wylocie, wyrzutach oraz czerpniach oprócz samej pracy urządzenia wpływać może również poziom dźwięku wewnątrz pomieszczeń wentylowanych. Jest to szczególnie istotne, gdy w pomieszczeniach takich odbywają się głośne procesy. W związku z tym w momencie przeprowadzania analizy hałasu do środowiska, należy również wyróżniać pomieszczenia, dla których odbywają się głośne procesy oraz zweryfikować, czy może mieć to wpływ na emisję hałasu do środowiska poprzez elementy wentylacyjne. Jeżeli ocenimy, że może to być istotny, poziom hałasu w kanale należy przeliczyć na poziom mocy akustycznej na wylocie i dodać go do poziomu mocy akustycznej samego wentylatora.

Kolejnym elementem weryfikacji danych akustycznych, jest sprawdzenie warunków pomiarowych i pracy urządzeń, dla których deklarowane są poziomy emisji hałasu. Dotyczy to szczególnie nastaw urządzenia. Należy określić, czy są one zgodne ze standardową pracą urządzenia na badanym obiekcie. W przypadku maszyn produkcyjnych, taśmociągów transportujących itp. dodatkowo należy sprawdzić czy wartości emisji deklarowane są dla pracy urządzeń z produktem/obciążeniem czy bez niego (np. praca kruszarki z materiałem lub bez, praca taśmociągu z urobkiem lub bez). Przykładowo, gdy urządzenie pracowało na mniejszych obrotach lub na biegu jałowym, wyznaczony poziom mocy akustycznej może być znacznie mniejszym, a tym samym powstaje ryzyko zaniżenia wyników obliczeń. Weryfikacja nastaw urządzeń jest bardzo istotna również w przypadku przeprowadzania pomiarów poziomu mocy akustycznej opisanych w Rozdziale C.3.

Ostatnim elementem weryfikacji powinno być sprawdzenie, czy deklarowane dane o emisji, określone najczęściej dla maksymalnej wydajności pracy, odpowiadają typowej pracy urządzenia. Jeżeli urządzenie w analizowanym czasie odniesienia T pracuje z mniejszą wydajnością, to za poziom jego emisji należy przyjąć dane dla takiej właśnie, mniej uciążliwej pracy, a w przypadku braku takich danych, poziom emisji należy określić metodami pomiarowymi.

Uwaga 1. Podczas weryfikacji danych akustycznych należy zwrócić uwagę na tłumiki i zabezpieczenia akustyczne znajdujące się na urządzeniach, oraz czy deklarowane przez producentów dane uwzględniają poziomy z tłumieniem.

Uwaga 2Dla źródeł hałasu dla których ciężko jest określić, które parametry akustyczne będą dotyczyć hałasu do środowiska lub istnieją problemy określenia, który poziom należy przyjąć do obliczeń – lepszym założeniem będzie przyjęcie poziomów największych z prezentowanych przez producentów, aby uniknąć ryzyka zaniżenia wyników obliczeń w modelu akustycznym.

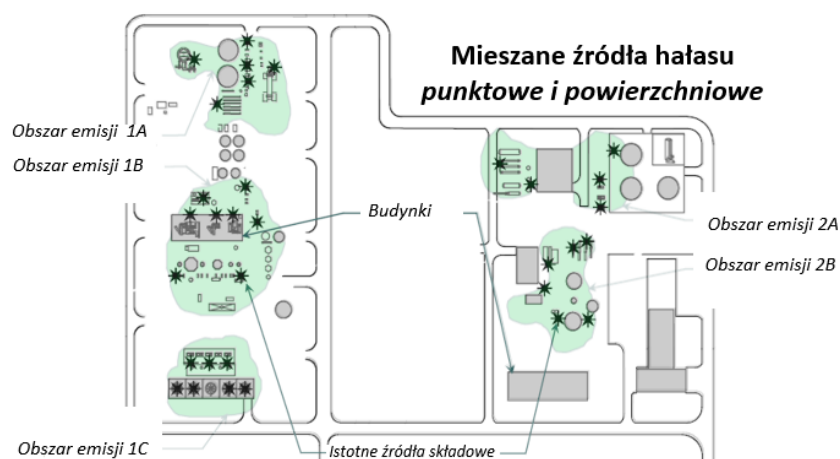
B.4 Czas pracy źródeł

Określanie czasu pracy źródeł opisano w Rozdziale A.4. Dla ocen innych niż SMH, czasem odniesienia T jest jedna doba (badana lub najmniej korzystna), a dokładnie 8 najmniej korzystnych kolejno po sobie występujących godzin pory dnia (6-22) oraz 1 najmniej korzystna godzina pory nocy (22-6).

B.5 Tworzenie modeli zastępczych źródeł

Ogólne zasady tworzenia modeli zastępczych źródeł przedstawiono w Rozdziale A.5. Szczegółowy opis zagadnienia przedstawiono w Rozdziale C.1.

Przy sporządzaniu innych opracowań akustycznych zaleca się stosować mieszane rozwiązania z przeważającą rolą indywidualnych źródeł dla większości emitorów i źródeł strefowych dla obszarów z dużą liczbą mniej istotnych źródeł (patrz: Rysunek B.15). Nie zaleca się stosowania globalnych źródeł dla dużych obszarów.



Rysunek B.15 Przykład mieszanej metody modelowania (opracowanie własne na podstawie 75)]

B.6 Pomiary hałasu

Typy pomiarów

Na potrzeby sporządzania innych opracowań akustycznych, pomiary hałasu wykonuje się w celach:

- ▣ walidacyjnych, dla porównania wartości zmierzonych:
 - z wynikami akredytowanych pomiarów kontrolnych,
 - z danymi przedstawionymi w raportach, z których uzyskano dane o źródłach,
 - z wynikami własnych obliczeń,
- ▣ kalibracyjnych (poziomu mocy akustycznej, kierunkowości i propagacji),
- ▣ wyznaczenia poziomu mocy akustycznej,

- kontrolnych.

Szczegółowy opis typów pomiarów wraz z komentarzem przedstawiony jest w Rozdziale C.2. Metody pomiaru poziomu mocy akustycznej przedstawione są w Rozdziale C.3.

Lokalizacja punktów:

Na potrzeby pomiarów walidacyjnych pomiary wykonuje się w wybranych, najistotniejszych punktach kontrolnych na terenach objętych ochroną przed hałasem oraz wokół zakładu i na jego granicy w oparciu o metodykę przedstawioną w normie PN-ISO 8297 (patrz: Rozdział C.2.3.1 i Rozdział C.3.2.2)

Pomiary poziomu mocy akustycznej wykonuje się w oparciu o zalecenia wybranej normy (patrz: Rozdział C.3).

Pomiary kontrolne wykonywane w celu określenia dobowych wskaźników wykonywać należy w otoczeniu najbliższych terenów objętych prawną ochroną przed hałasem zgodnie z obowiązującymi referencyjnymi metodykami (patrz: Rozdział C.2.1).

Pomiary kalibracyjne wykonuje się w różnych odległościach od źródeł zgodnie z zasadami przedstawionymi w Rozdziale C.2.2.1).

Liczba punktów:

Pomiary walidacyjne wykonuje się w kilku do kilkunastu punktach pomiarowych, w zależności od wielkości zakładu (patrz: Rozdział C.2.3.1).

Liczba punktów pomiarowych poziomu mocy akustycznej zależy od wybranej metody badawczej i wynosić może od jednego do kilkunastu punktów (patrz: Rozdział C.3)

Pomiary kontrolne wykonywane w celu określenia dobowych wskaźników wykonywać należy przy najbliższych terenach chronionych, gdzie percypowane jest oddziaływanie zakładu.

Pomiary kalibracyjne wykonuje się w wielu punktach zgodnie z zasadami przedstawionymi w Rozdziale C.2.2.1.

B.7 Ustawienia obliczeń

Na potrzeby obliczeń w ramach innych opracowań akustycznych należy przyjmować wskazane w Tabeli B.6 parametry ustawień. Opis działania części parametrów wraz z przykładami liczbowymi przedstawiono w Rozdziale C.4.2.

Tabela B.6 Parametry obliczeń dla innych opracowań akustycznych

Parametr ustawień	Obszar mapowania Przemysł
Metodyka obliczeniowa	CNOSSOS-EU
Ocena hałasu na budynkach	Jeżeli takie analizy są konieczne - rozkład punktów zgodnie z VBEB na wszystkich piętrach budynków mieszkalnych (wybór odpowiedniego ustawienia w programie obliczeniowym)
Wysokość obliczeń w siatce	4 m nad poziom gruntu

Krok siatki obliczeniowej*	10x10 m (obligatoryjne) 5x5 m (wartość rekomendowana)
Liczba odbić	3 (zalecane) >3 (jeżeli konieczne)
Promień poszukiwań źródła hałasu	2000 m (możliwa edycja w zależności od zakresu przestrzennego wykonywanej oceny)
Promień poszukiwań odbić	100 m (możliwa edycja w celu optymalizacji parametrów obliczeń)
Inne ustawienia (np. Podział źródeł liniowych i powierzchniowych)	Należy stosować wartości domyślne danego programu (patrz instrukcje opasujące ustawienia programu) (możliwa edycja w celu optymalizacji parametrów obliczeń)

*Dopuszcza się stosowanie narzędzi interpolacji (patrz instrukcja stosowanego programu do obliczeń) z krokiem nie większym niż 10x10, maksymalną różnicą w narożnikach siatki 10 dB i maksymalną różnicą względem środka siatki 0,1 dB.

B.8 Walidacja i kalibracja modelu

Sprawdzenie modelu akustycznego opracowanego na potrzeby innych opracowań akustycznych jest procesem trzykrokowym, składającym się z walidacji całego modelu, sprawdzenia wyników obliczeń i kalibracji. Krok 1 (Walidacja) i Krok 2 (Sprawdzenie wyników) opisane zostały w Rozdziale A.8.

Krok 3 - Kalibracja

Kalibracja przeprowadzana jest w oparciu o pomiary kalibracyjne (patrz: Rozdział C.2.2). Podstawowym kryterium kalibracji jest zależność opisana wzorem B.1. Ma ona zastosowanie do kalibracji poziomu mocy akustycznej i propagacji. W przypadku kierunkowości pomiary kalibracyjne służą głównie do określenia czy źródło ma charakter kierunkowy oraz wielkości tej kierunkowości (patrz: Rozdział C.1.4).

$$\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (L_{zm,i} - L_{obl,i})^2} \leq 2,5 \text{ dB} \quad \text{(Wzór B.1)}$$

gdzie:

$L_{zm,i}$ - zmierzona wartość wskaźnika hałasu [dB]

$L_{obl,i}$ - obliczona dla tych samych warunków wartość wskaźnika hałasu [dB]

n - liczba pomiarów porównawczych

Porównanie wartości zmierzonych z wartościami obliczonymi przeprowadza się dla warunków propagacji i czasów pracy źródeł takich samych jak podczas pomiarów. Kalibracja modelu służy do określenia jego jakości i granic używalności. Wykonuje się ją dla trzech dla trzech obszarów (patrz: Rozdział C.2.3):

- ▣ Kalibracja poziomu mocy akustycznej źródła,
- ▣ Kalibracja kierunkowości,
- ▣ Kalibracja propagacji fali akustycznej.

C. Zagadnienia akustyczne

C.1 Tworzenie źródeł zastępczych

C.1.1 Zasady ogólne

Zasady ogólne, które należy stosować w tworzeniu zastępczych źródeł opisane zostały w Dyrektywie Komisji (UE) 2015/996 [13; 29]. Należy kierować się następującymi zasadami:

- dla źródeł małych, których największy wymiar jest mniejszy od połowy odległości źródło-punkt odbioru, możliwe jest definiowanie źródła jako zastępcze źródło punktowe,
- dla źródeł średnich i dużych, których największy wymiar jest większy od połowy odległości źródło-punkt odbioru, należy zawsze stosować zastępcze źródło liniowe lub powierzchniowe, które program obliczeniowy podzieli na niekoherentne zastępcze źródła punktowe,
- należy szczegółowo analizować usytuowanie źródeł których wysokość jest większa od 2 m, znajdujących się blisko ziemi lub mających nietypowy kształt. Błędne definiowanie geometrii takich źródeł może wpływać na wyniki (patrz: Rozdział C.1.4.4),
- po zdefiniowaniu źródła zawsze należy zweryfikować jego geometrie poprzez podgląd widoku 3D.

W celu stworzenia modelu zastępczego źródła hałasu, zgodnie z powyższymi zasadami ogólnymi, konieczne jest posiadanie informacji o:

- wymiarach źródła,
- usytuowaniu w przestrzeni,
- położeniu głównych miejsc emisji hałasu (jeżeli występują),
- widmowym poziomie mocy akustycznej,
- warunkach i trybie pracy,
- kierunkowości.

Dla każdego źródła hałasu należy określić:

- rodzaj zastępczego źródła hałasu: punktowe lub kilka punktowych, liniowe, powierzchniowe (obszarowe) pionowe lub poziome,
- charakterystykę częstotliwościową poziomu mocy akustycznej w pasmach oktaowych w zakresie co najmniej od 63 Hz do 8 kHz,
- charakterystykę kierunkowości źródła,
- współrzędne geometryczne w układzie x, y, z ,
- średnioroczne godziny pracy z podziałem na porę dnia, wieczoru i nocy.

Poziom mocy akustycznej i charakterystykę kierunkowości należy zdefiniować w następujący sposób:

- w przypadku źródła punktowego: poziom mocy akustycznej L_w w dB i kierunkowość źródła zdefiniowaną jako funkcję trzech współrzędnych ortogonalnych (x, y, z),
- w przypadku źródła liniowego:

- dla źródeł typu taśmociąg, rurociąg - jednostkowy poziom mocy akustycznej $L_{W/m}$ ¹³ w dB/m i kierunkowość źródła zdefiniowaną jako funkcję dwóch współrzędnych ortogonalnych względem osi źródła liniowego,
- dla źródła typu pojazd w ruchu – jednostkowy poziom mocy akustycznej pojazdu L_w w dB o kierunkowością źródła zdefiniowaną jako funkcję dwóch współrzędnych ortogonalnych względem osi źródła liniowego i mocy akustycznej na metr $L_{W/m}$ w dB/m, określonej na podstawie prędkości i liczby pojazdów w zadanym czasie odniesienia T,
- w przypadku źródła powierzchniowego: jednostkowy poziom mocy akustycznej L_{W/m^2} ¹⁴ w dB/m², bez kierunkowości.

Przy definiowaniu poziomu mocy akustycznej należy rozróżnić podstawowe wielkości takie jak:

- L_{pA} – poziom ciśnienia akustycznego,
- L_{WA} – poziom mocy akustycznej zastępczego źródła punkowego,
- $L_{WA/m}$ (L'_{WA}) – poziom mocy akustycznej źródła liniowego w przeliczeniu na jeden metr bieżący,
- L_{WA/m^2} (L''_{WA}) – poziom mocy akustycznej źródła powierzchniowego w przeliczeniu na jeden metr kwadratowy.

C.1.2 Źródła nieruchome / stacjonarne

Nieruchome źródło hałasu to takie źródło, które nie zmienia swojego położenia w funkcji czasu, tzn. w całym czasie odniesienia (obserwacji) jego położenie nie ulega zmianie. Do nieruchomych źródeł hałasu zalicza się większość urządzeń i instalacji, takich jak agregaty, chłodnie wentylatorowe, transformatory, wentylatory, czerpnie powietrza itp. W modelach obliczeniowych rzeczywiste źródła hałasu są zastępowane przez jeden z trzech podstawowych modeli źródeł hałasu, tj.:

- źródła punkowego,
- źródła liniowego,
- źródła powierzchniowego.

Typ stosowanego źródła zastępczego zależy od jego wymiarów geometrycznych, zgodnie z zasadami ogólnymi podanymi w Rozdziale C.1.1.

Uwaga : W praktyce tworzenie zastępczych źródeł hałasu jest bardzo istotnym elementem tworzenia modelu akustycznego. Wyniki modelowania oraz jego dokładność i jakość mogą ulegać znaczącym zmianom w zależności od celu analizy, stopnia złożoności problemu, doświadczenia autora modelu, znajomości fizyki modelowanych zjawisk, zależności matematycznych metodyki pomiarowej oraz sposobu analizowania geometrii i implementacji metody obliczeniowej do programu obliczeniowego.

¹³ Pomylenie z L_w skutkuje dużym błędem. W przypadku źródła o długości 100 m rozbieżność wynosi 20 dB

¹⁴ Pomylenie z L_w skutkuje dużym błędem. W przypadku źródła o powierzchni 100 m² rozbieżność wynosi 20 dB

C.1.2.1 Punktowe źródło dźwięku

W modelu akustycznym zastępcze punktowe źródło dźwięku może reprezentować każde rzeczywiste urządzenie, którego wymiary są małe w stosunku do odległości punktu odbioru (tzn. odległość d jest co najmniej 2 razy większa niż największy wymiar źródła). Źródłami punktowymi są zastępowane urządzenia takie jak np.:

- wentylatory,
- wyloty kominów,
- czepnie i wyrzutnie wentylacyjne,
- silniki,
- pompy,
- otwory w przegrodach.

Jako źródła punktowe można modelować również większe obiekty typu powierzchniowego lub liniowego, jeżeli dla najbliższego punktu obszaru obserwacji jest spełnione kryterium $d > 2l$, a dla całego źródła występują takie same warunki propagacji jak dla zastępczego źródła punktowego, na przykład:

- małe i średnie centrale wentylacyjne,
- okna,
- drzwi,
- bramy,
- agregaty chłodzące.

Zastępowanie źródeł liniowych lub powierzchniowych pojedynczym źródłem punktowym polega na umieszczeniu zastępczego źródła punktowego w środku geometrycznym obiektu i przypisanie mu całkowitego poziomu mocy akustycznej L_w . W takich przypadkach należy dochować dużej staranności gdyż w złożonych warunkach propagacji zastąpienie obiektów powierzchniowych i liniowych przez źródła punktowe prowadzić do błędów (patrz: Rozdział C.1.2.5)

Przykład

- Źródło hałasu: wentylator dachowy o średnicy 0,5 m zlokalizowany na wysokości 0,5 m nad powierzchnią dachu (Rysunek C.1)
- Model zastępczego źródła hałasu: źródło punktowe wszechkierunkowe,
- Umieszczenie źródła zastępczego: 0,5 m na powierzchnią dachu,
- Parametry akustyczne źródła: ustalone na podstawie pomiarów własnych metodami inżynierskimi, według metody opisanej w Rozdziale C.3.1
 - $L_{WA} = 97,2$ dB

charakterystyka częstotliwościowa:

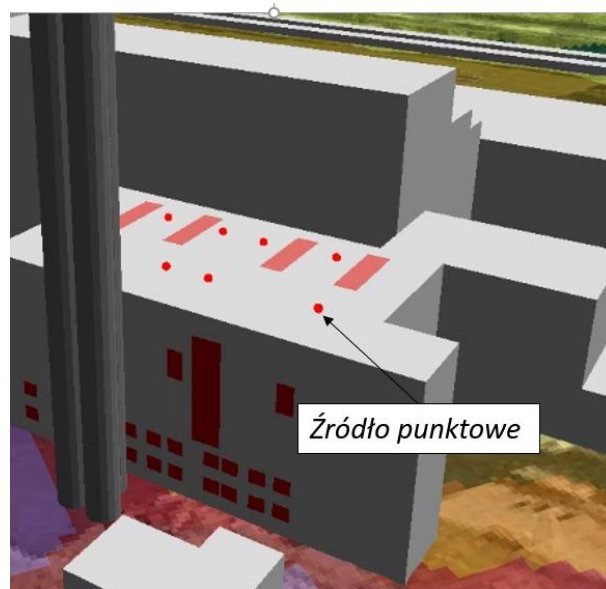
Poziom mocy akustycznej w pasmach 1/1 oktawy - L_{WA} [dB]								
31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
50,3	67,8	73,4	94,9	86,3	88,6	87,8	84,4	76,7

Jako poziom mocy akustycznej źródła zastępczego przyjęto $L_{WAz} = L_{WAw} + 0 \text{ dB}$

(Nie uwzględniono poprawki na odbicie K_0 - patrz: Rozdział C.1.5)



Zdjęcie wentyaltora - źródła hałasu



Widok z modelu - punktowe źródło zastępcze

Rysunek C.1. Rzeczywiste źródło hałasu przemysłowego i jego model zastępczy w programie obliczeniowym – źródło punktowe

C.1.2.2 Liniowe źródło dźwięku

W modelu akustycznym zastępcze liniowe źródło dźwięku może reprezentować każde rzeczywiste urządzenie, instalacje lub obiekt, których jeden z wymiarów jest dużo większy od drugiego, a większy wymiar l spełnia kryterium:

$$d \leq 2l,$$

Źródłami liniowymi są zastępowane urządzenia, instalacje lub obiekty takie jak:

- ▣ taśmociągi,
- ▣ kanały wentylacyjne,
- ▣ rury, rurociągi,
- ▣ przenośniki taśmowe w obudowach.

Przykład

- ▣ Źródło hałasu: zabudowany przenośnik taśmowy o długości 30 m, łączący budynek magazynowy z pierwszą stacją przenośnikową (Rysunek C.2),
- ▣ Model zastępczego źródła hałasu: źródło liniowe, wszechkierunkowe,
- ▣ Umieszczenie źródła zastępczego: w osi przenośnika, w środku geometrycznym przekroju,

- ▣ Parametry akustyczne źródła: ustalono na podstawie pomiarów inżynierskich dla rzeczywistego obiektu, wg metody opisanej w Rozdziale C.3.4.2.

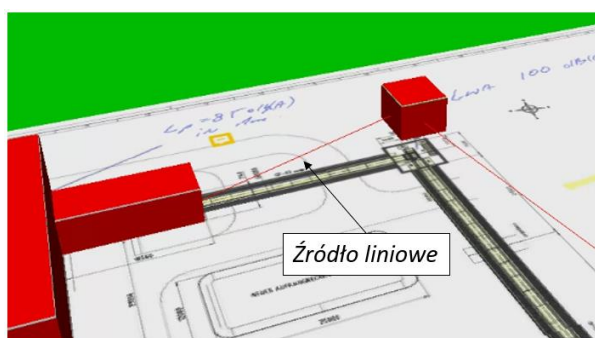
- $L_{WA,m} = 59,9$ dB

- charakterystyka częstotliwościowa:

Poziom mocy akustycznej w pasmach 1/1 oktawy - $L_{WA,m}$ [dB]								
31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
37,8	45,8	50,5	52,8	51,7	51,4	53,2	49,8	45,8



Zdjęcie taśmociągu - źródło hałasu



Widok z modelu - liniowe źródło zastępcze

Rysunek C.2. Rzeczywiste źródło hałasu przemysłowego i jego model zastępczy w programie obliczeniowym – źródło liniowe

C.1.2.3 Powierzchniowe źródło dźwięku

W modelu akustycznym zastępcze powierzchniowe źródło dźwięku może reprezentować:

- ▣ każde rzeczywiste urządzenie, instalację lub obiekt, których dwa wymiary są dużo większe od trzeciego, a największy wymiar b , spełnia kryterium: $d \leq 2b$.
- ▣ obszar o wymiarach $a \times b$, na którym znajduje się dużo urządzeń o podobnym (zbliżonym) poziomie mocy akustycznej, zlokalizowanych na podobnej (zbliżonej) wysokości jeżeli większy wymiar, b , spełnia kryterium: $d \leq 2b$.

Pionowymi źródłami powierzchniowymi mogą być:

- ▣ zewnętrzne przegrody obiektów kubaturowych,
- ▣ przegrody zewnętrzne dużych obudów maszyn lub instalacji,
- ▣ duże czerpnie powietrza,

Poziomymi źródłami powierzchniowymi mogą być:

- ▣ powierzchnia dachu hali, na której zlokalizowano dużą liczbę wentylatorów,
- ▣ świetliki dachowe,
- ▣ duże czerpnie i wyrzutnie dachowe,
- ▣ poszczególne sekcje zakładów przemysłowych,
- ▣ całe zakłady przemysłowe,

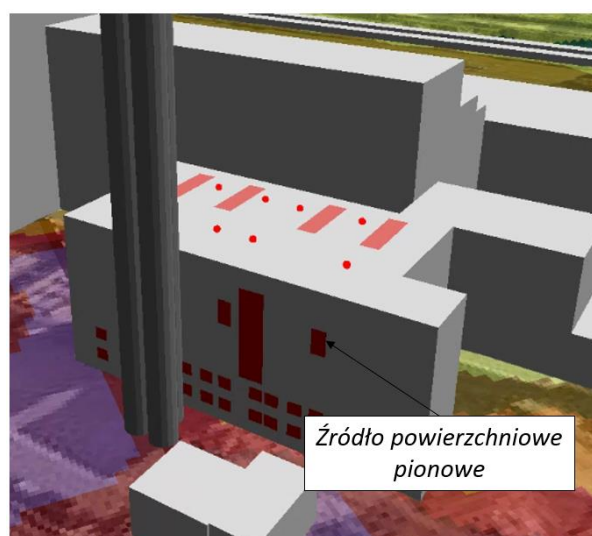
Przykład 1 – źródło powierzchniowe pionowe

- Źródło hałasu: czerpnia powietrza technologicznego (Rysunek C.3)
- Model zastępczego źródła hałasu: źródło powierzchniowe pionowe, kierunkowość wybrana z bazy programu – kanał wentylacyjny otwarty,
- Umieszczenie źródła zastępczego: na ścianie budynku w miejscu położenia czerpni,
- Parametry akustyczne źródła: ustalono na podstawie pomiarów inżynierskich dla rzeczywistego obiektu, wg metody opisanej w Rozdziale C.3.4.2.
 - $L_{WA} = 102,7$ dB
 - charakterystyka częstotliwościowa:

Poziom mocy akustycznej w pasmach 1/1 oktawy - L_{WA} [dB]								
31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
66,1	72,4	85,5	94,1	97,4	95,3	96,9	92,1	61,4



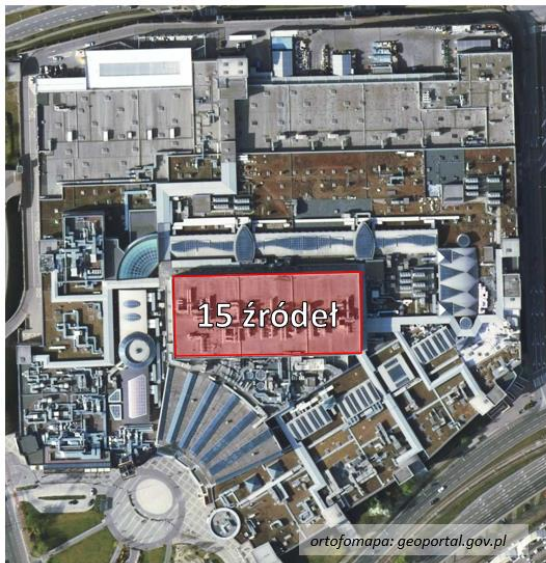
Zdjęcie czerpni - źródła hałasu



Widok z modelu – powierzchniowe pionowe źródło zastępcze

Rysunek C.3. Rzeczywiste źródło hałasu przemysłowego i jego model zastępczy w programie obliczeniowym – źródło powierzchniowe pionowe**Przykład 2 – źródło powierzchniowe poziome**

Na Rysunek C.4 przedstawiono sposób określenia równoważnego poziomu mocy akustycznej dla źródła powierzchniowego poziomego, które reprezentuje emisję hałasu z obszaru o wielu źródłach składowych. W prezentowanym przykładzie jest to dach hali, na którym zlokalizowano 15 central wentylacyjnych o takim samym poziomie mocy akustycznej L_{WA} .



Obliczanie równoważnego poziomu mocy akustycznej źródła powierzchniowego

Dane wejściowe:
 $N = 15$ (liczba źródeł na obszarze)
 $L_{WA} = 95,0 \text{ dB}$ (poziom mocy akustycznej pojedynczej centrali wentylacyjnej)
 $S = 5569,7 \text{ m}^2$ (pole powierzchni analizowanego obszaru)
 $t_h = 4/24 \text{ h}$ (czas pracy w ciągu jednej doby – tylko pora dnia)
 $t_d = 180 \text{ dni}$ (liczba dni pracujących w roku)
 $t_d = (365 \text{ dni roku} - 113 \text{ dni wolnych w roku}) \times (5 \text{ dni pracy} / 7 \text{ dni tygodnia}) = 180 \text{ dni}$

↓

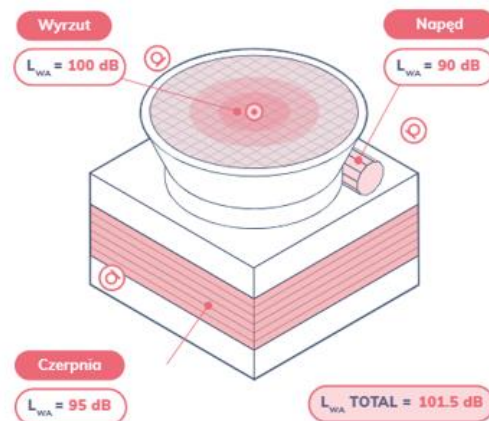
Dane do modelu akustycznego:
 $L_{WA/m^2} = 69,3 \text{ dB}$ (poziom mocy akustycznej na jednostkę powierzchni 1 m^2)
 $L_{WA/m^2} = L_{WA} + 10 \log_{10}(N) - 10 \log_{10}(S) = 95,0 + 11,8 - 37,5 = 69,3 \text{ dB/m}^2$
 $C_W = -7,8 \text{ dB}$ (poprawka korekcyjna, uwzględniająca dobowy i roczny czas pracy)
 $C_W = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{t_h}{T_h} \cdot \frac{t_d}{T_d} \right) = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{4}{12} \cdot \frac{180}{365} \right) = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1,97}{12} \right) = -7,8 \text{ dB}$
 Czasy odniesienia: $T_h = 12 \text{ h}; T_d = 365 \text{ dni}$
 $L_{WA,eq,D/m^2} = L_{WA/m^2} + C_W = 69,3 - 7,8 = 61,5 \text{ dB/m}^2$ (równoważny poziom mocy akustycznej na jednostkę powierzchni 1 m^2 w czasie odniesienia T równym średnioroczna pora dnia)
 W praktyce w programie obliczeniowym definiując czas pracy źródła można wstawić dla pory dnia $t = 1,97 \text{ h}$ (średnioroczny czas pracy źródła). Przy poprawnie zdefiniowanym czasie odniesienia dla pory dnia $T = 12 \text{ h}$, program sam obliczy poprawkę korekcyjną C_W i do modelu akustycznego można wprowadzać obliczoną wartość L_{WA/m^2}

Rysunek C.4 Model zastępczy źródła powierzchniowego poziomego

C.1.2.4 Złożone źródło dźwięku

Maszyny i urządzenia, dla których wyraźnie identyfikowalne są różne źródła hałasu, należy zastąpić kilkoma źródłami zastępczymi.

Przykładem takiego źródła jest chłodnia wentylatorowa mokra, która składa się z trzech głównych źródeł składowych: czerpni, wyrzutu i napędu wentylatora. Na Rysunek C.5 pokazano rzeczywistą chłodnię wentylatorową oraz jej zastępczy model akustyczny, zalecany do stosowania w normie DIN 45 635-46.



Zdjęcie chłodni wentylatorowej modkrej - źródła hałasu

Widok z modelu –
 1 powierzchniowe źródło pionowe (czerpnia)
 i 2 punktowe źródła zastępcze (wyrzut i napęd)

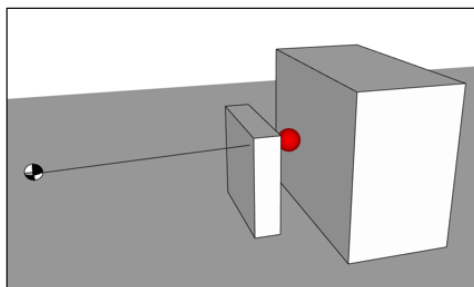
Rysunek C.5. Model zastępczy złożonego (opracowanie własne i aci.acoucou.org.)

C.1.2.5 Najczęstsze błędy i problemy w modelowaniu źródeł i geometrii

C.1.2.5.1 Nieodpowiedni dobór źródeł zastępczych

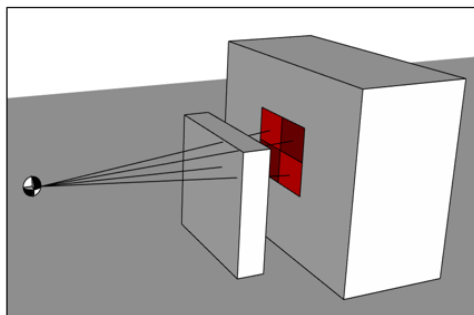
Zamodelowanie źródła liniowego lub powierzchniowego jako źródła punktowego tylko na podstawie kryterium geometrycznego (patrz: Rozdział C.1.1) bez uwzględnienia warunków propagacji dźwięku wynikających z zagospodarowania najbliższego otoczenia źródła jest jednym z błędów modelowania źródeł.

W przykładzie na Rysunek C.6 źródło powierzchniowe, zastąpiono źródłem punktowym. Odległość do punktu odbioru jest wielokrotnie większa niż największy wymiar źródła powierzchniowego więc pozornie ten sposób zamodelowania jest uzasadniony. Jednak obecność obiektu ekranującego między źródłem i punktem obserwacji powoduje, że w modelu źródło zastępcze jest ekranowane natomiast w rzeczywistości jest ekranowana tylko jego część. W efekcie poziom hałasu w punkcie obserwacji jest niedoszacowany.



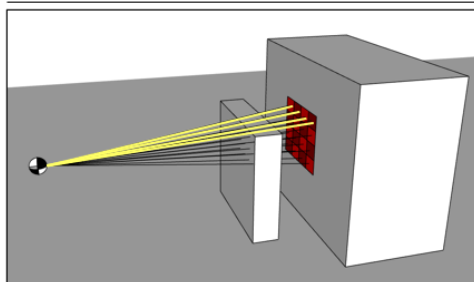
- A. Źródło powierzchniowe reprezentowane przez pojedyncze źródło punktowe

$$L_{pA} = 42,0 \text{ dB}$$



- B. Źródło powierzchniowe reprezentowane przez 4 segmenty

$$L_{pA} = 42,0 \text{ dB}$$



- C. Źródło powierzchniowe reprezentowane przez 16 segmentów

$$L_{pA} = 44,5 \text{ dB}$$

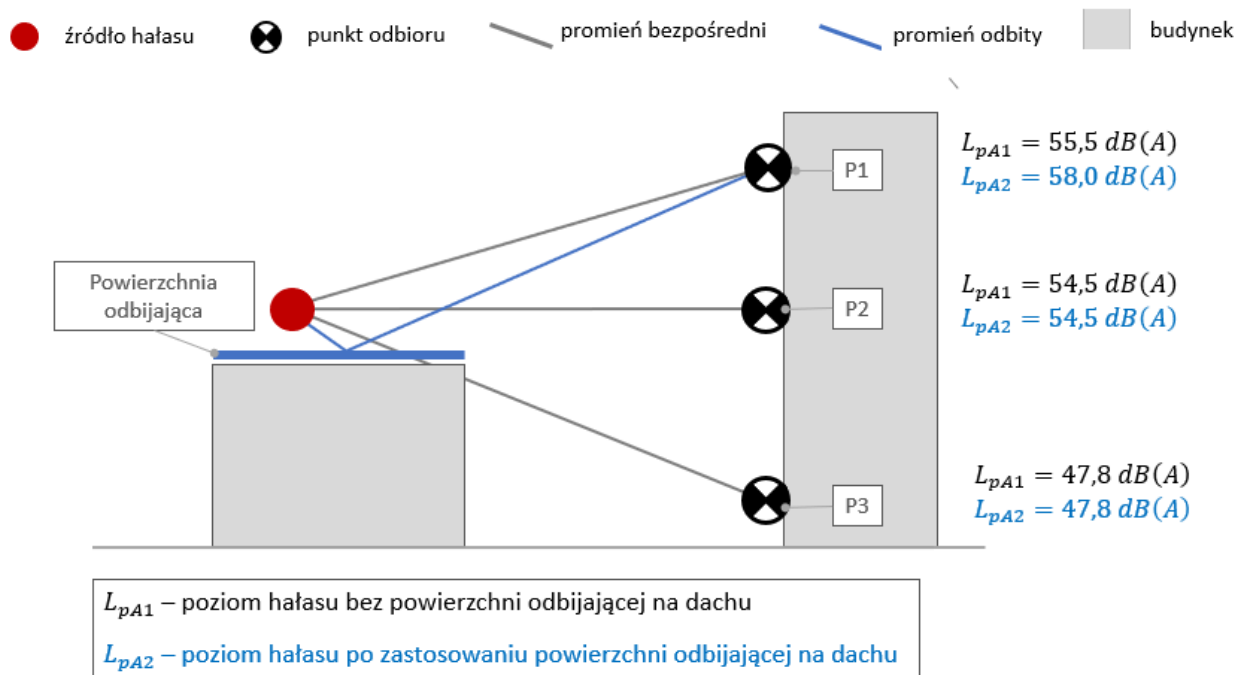
- 4 promienie docierają bezpośrednio do receptora

Rysunek C.6 Reprezentacja źródła powierzchniowego w modelu akustycznym

C.1.2.5.2 Źródło zlokalizowane na dachu budynku

Powierzchnia dachu budynku modelowanego w programach obliczeniowych z zasady nie jest definiowana jako powierzchnia odbijająca. W przypadku źródeł dźwięku zlokalizowanych na dachu,

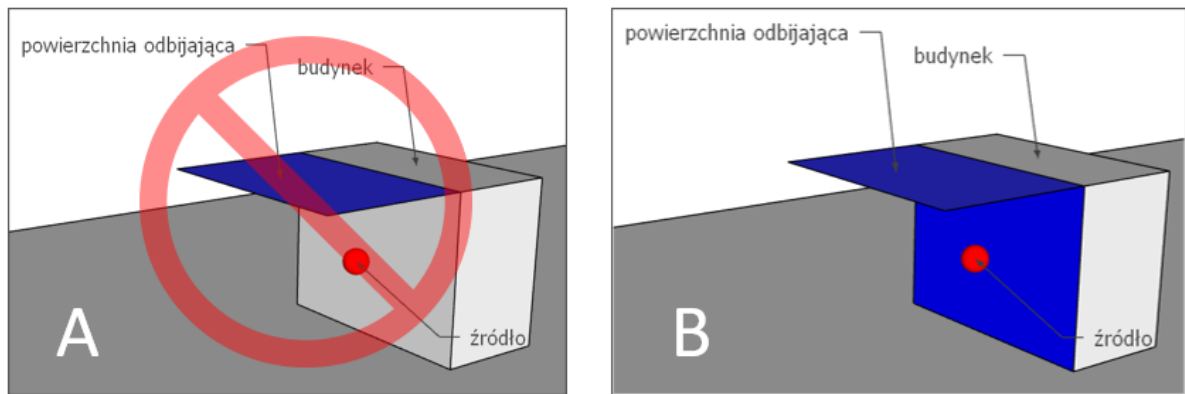
takich jak np. centrale klimatyzacyjne czy wentylatory, wpływ odbicia od powierzchni dachu należy uwzględnić przez korekcję poziomu mocy akustycznej o poprawkę K0 (patrz: Rozdział C.1.5) lub umieszczenie na dachu dodatkowej płaszczyzny odbijającej. W tym przypadku, w zależności od użytego programu obliczeniowego i jego ustawień, konieczne może być wyłączenie krawędzi dodatkowej powierzchni odbijającej jako krawędzi dyfrakcyjnych, w celu eliminacji podwójnego obliczania dyfrakcji (na krawędziach budynku i krawędziach reflektora). Przykład analizy tras i wyników obliczeń, dla sytuacji „bez” oraz „z” dodatkową powierzchnią odbijającą na dachu ilustruje Rysunek C.7.



Rysunek C.7 Tworzenie powierzchni odbijającej na dachu

C.1.2.5.3 Modelowanie źródeł w pobliżu obiektu składających się z 2 typów elementów

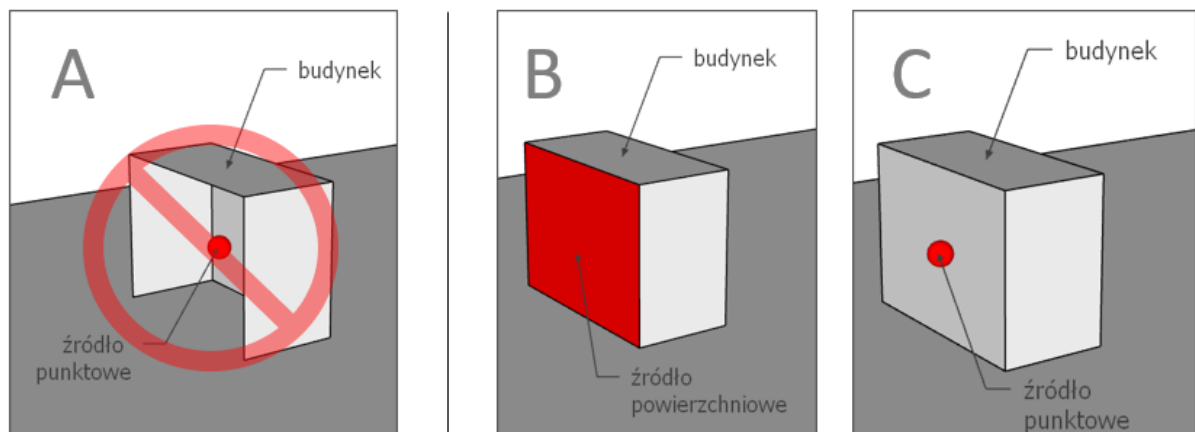
W przypadku modelowania źródeł zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie dwóch różnych typów obiektów przestrzennych należy zwrócić uwagę na sposób zmodelowania tych obiektów. Ilustrację problemu stanowi przykład źródła zlokalizowanego przy elewacji budynku i antresoli pokazany na Rysunek C.8. W przypadku A źródło zlokalizowane jest w pobliżu dwóch niezależnych obiektów – budynku i antresoli zamodelowanej jako powierzchnia odbijająca. Na styku dwóch obiektów może dojść do nieciągłości i pomimo z pozoru poprawnego zamodelowania geometrii, w modelu akustycznym może zostać wyznaczona trasa propagacji poprzez szczelinę. W przypadku B źródło punktowe jest umieszczone obok antresoli stworzonej z budynku i przylegającego do niego ekranu w kształcie odwróconej litery L. W tym przypadku nie ma ryzyka stworzenia szczeliny.



Rysunek C.8 Modelowanie źródeł w pobliżu elementów składających się z 2 typów obiektów. Przykład A – odwzorowanie niepoprawne, przykład B – odwzorowanie poprawne. (opracowane na podstawie: [5])

C.1.2.5.4 Źródło zlokalizowane w budynku otwartym

Przykładem budynku otwartego jest budynek typu wiata, otwarty z jednej strony. Odpowiednią metodą do modelowania tego typu źródeł jest wprowadzenie obiektu typu budynek i zamodelowane ściany jako źródła hałasu. Przykład zamodelowania takiej sytuacji przedstawiono na Rysunek C.9. W zależności od wymiarów otworu należy zastosować model źródła powierzchniowego (przypadek B) lub model źródła punktowego (przypadek C). Poziom mocy akustycznej takiego źródła musi reprezentować energię akustyczną wypromieniowaną z przestrzeni wiaty (tzn. uwzględnić poziom mocy akustycznej źródła i pola akustycznego wewnątrz wiaty).

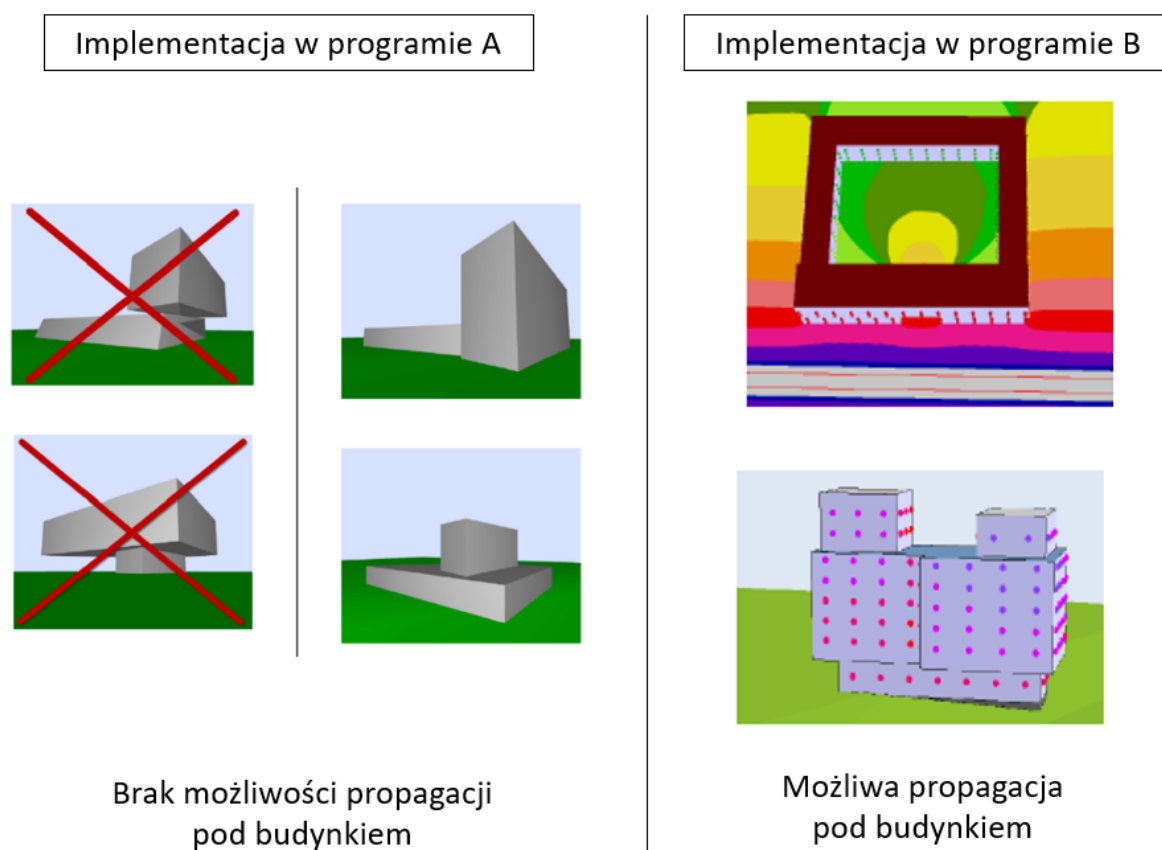


Rysunek C.9 Źródło w budynku otwartym na podstawie: Przykład A – odwzorowanie niepoprawne, przykłady B i C – odwzorowanie poprawne. (opracowane na podstawie: [5])

C.1.2.5.5 Propagacja pod budynkami

Problem propagacji fali akustycznej pod budynkami dotyczy budynków wiszących typu trzonolinowiec, wykuszy, ganków, werand, podcięć w budynkach, arkad, balkonów zewnętrzny, budynków na słupach. W modelowaniu akustycznym budynki domyślnie tworzone są jako bryła prostopadłościenna lub złożenie kilku brył prostopadłościennych. Domyślnie obiekty typu budynek

nie pozwalają na propagację hałasu pod nimi. W celu otwarcia takiej drogi propagacji konieczne jest dokładne zapoznanie się z instrukcją programu i stosowanie się do zaleceń tam przedstawionych. Część programów umożliwia poprzez aktywacje określenie od jakiej wysokości zaczyna się budynek, w innych konieczne będzie stosowanie odpowiednio wrysowanych powierzchni odbijających oraz ekranów. Na Rysunek C.10 przedstawiono wizualizacje 3D z instrukcji wybranych programów obliczeniowych. W programie A producent nie dopuszcza propagacji fali akustycznej pod budynkami i nawet przy zdefiniowaniu takiego budynku, propagacja tą drogą nie będzie obliczana. W celu zamodelowania propagacji pod budynkiem konieczne jest stosowanie obiektów typu 3D-reflektor oraz wiszące swobodnie ekrany akustyczne. W programie B producent dopuścił tworzenie obiektów typu budynek wiszący w powietrzu poprzez aktywację odpowiedniego atrybutu, przez co możliwe jest obliczanie propagacji pod budynkiem. Modelowanie geometrii tego typu zawsze wymaga walidacji i dokładnego sprawdzenia.



Rysunek C.10 Niepoprawne i poprawne odwzorowanie budynków wiszących [5, 70]

C.1.3 Źródła ruchome / niestacjonarne

Pod pojęciem *ruchome źródło dźwięku* rozumie się źródło o znanym poziomie mocy akustycznej, przemieszczające się:

- wzdłuż danego toru,
- w granicach danego obszaru.

Przykładem źródeł ruchomych poruszających się po torze są np. samochody dostawcze przejeżdżające po drodze wewnętrznej zakładu, a źródłem poruszającym się w obrębie obszaru jest np. wózek widłowy obsługujący plac magazynowy.

Modelowanie akustyczne ruchomych źródeł hałasu polega na utworzeniu zastępczego nieruchomego źródła dźwięku, które reprezentuje emisję dźwięku z danego obszaru:

- ▣ liniowego, w przypadku gdy źródło porusza się wzdłuż toru,
- ▣ powierzchniowego, w przypadku, gdy źródło porusza się wewnątrz obszaru.

Równoważny poziom mocy akustycznej źródła liniowego, w okresie czasu T zależy od:

- ▣ poziomu mocy akustycznej poruszającego się, pojedynczego źródła punktowego $L_{W,P}$,
- ▣ rodzaju i liczby źródeł ruchomych występujących na danej drodze lub obszarze,
- ▣ prędkość przemieszczania się źródła,

Równoważny poziom mocy akustycznej źródła powierzchniowego, w okresie czasu T zależy od:

- ▣ poziomu mocy akustycznej źródeł każdego rodzaju $L_{W,P}$,
- ▣ rodzaju i liczby źródeł ruchomych występujących na danym obszarze,
- ▣ prędkości przemieszczania się źródła ,

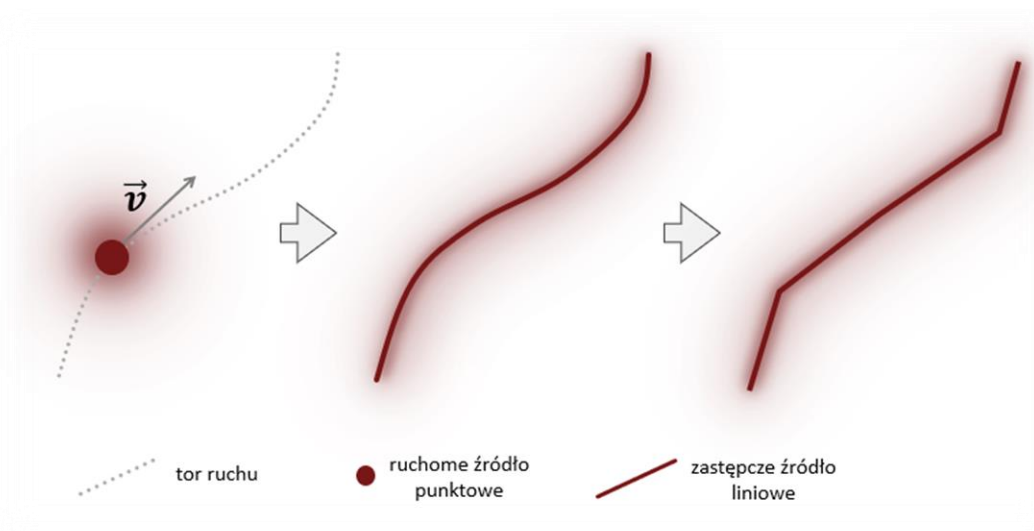
W celu wyznaczenia równoważnego poziomu mocy źródła zastępczego należy zgromadzić dane dotyczące funkcjonowania danego obszaru/drogi oraz dane akustyczne o występujących na nich źródłach hałasu.

C.1.3.1 Źródła poruszające się wzdłuż toru

Drogi wewnętrzne po których poruszają się pojazdy lub maszyny oraz wewnętrzne linie kolejowe modeluje się jako źródła liniowe o określonym równoważnym poziomie mocy akustycznej na jednostkę długości, $L_{W/m}$ [dB/m].

Drogi, po których poruszają się tylko samochody modeluje się analogicznie jak drogi zewnętrzne – patrz Rozdział C.1.3.2, a linie kolejowe – patrz Rozdział C.1.3.4.

Jeżeli rzeczywisty tor ruchu nie jest linią prostą należy dokonać podziału na odcinki proste (Rysunek C.11).



Rysunek C.11 Zastępowanie źródła ruchomego źródłem liniowym

Równoważny całkowity poziom mocy akustycznej źródła punktowego poruszającego się ze stałą prędkością po prostym torze, w czasie odniesienia T równym 1h wynosi:

$$L_W = L_{W,P} - C_W = L_{W,P} + 10 \log_{10} \left(\frac{l}{l_0} \right) + 10 \log_{10} Q_h - 10 \log_{10} \left(\frac{v}{v_0} \right) - 30 \text{ dB} \quad (\text{Wzór C.1})$$

Odpowiednio, równoważny poziom mocy na jednostkę długości 1m (tzw. $L_{W/m}$) wynosi:

$$L_{W/m} = L_{W,P} + 10 \log_{10} Q_h - 10 \log_{10} \left(\frac{v}{v_0} \right) - 30 \text{ dB} \quad (\text{Wzór C.2})$$

gdzie:

$L_{W,P}$ – poziom mocy akustycznej pojazdu/źródła (patrz: Rozdział C.3.4.3), [dB];

Q_h – liczba operacji na godzinę, [szt.];

v – prędkość przemieszczania się źródła, [km/h];

v_0 – prędkość odniesienia równa 1 km/h,

l – długość toru ruchu równa długość zastępczego źródła liniowego, [m]

l_0 – długość odniesienia równa 1m.

W przypadku, gdy po drodze poruszają się różne typów pojazdów, można je zamodelować:

- ▣ jako odrębne źródła liniowe o tym samym położeniu ale o różnym poziomie mocy akustycznej (podejście zalecane do innych opracowań akustycznych),
- ▣ jako jedno źródło liniowe o wypadkowym równoważnym poziomie mocy akustycznej obliczonym na podstawie wzoru (podejście zalecane dla SMH).

$$L_{W/m} = 10 \log_{10} \left(\sum_i 10^{\frac{L_{W_i/m}}{10}} \right) \quad (\text{Wzór C.3})$$

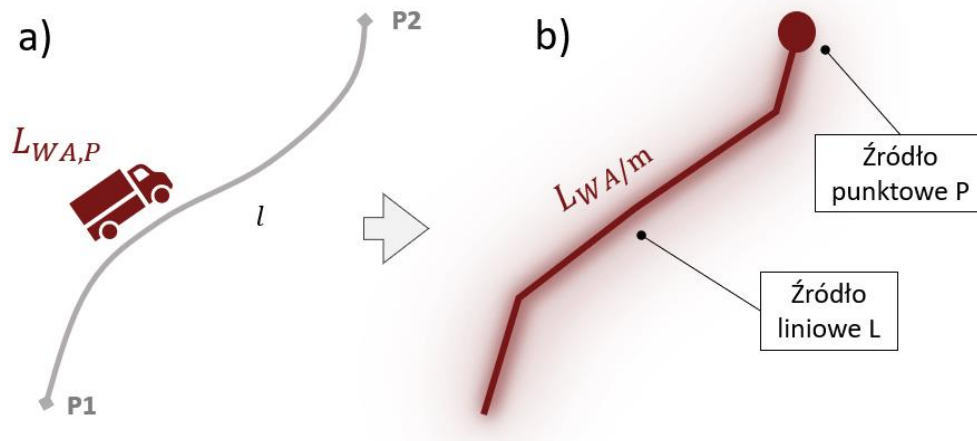
gdzie:

$L_{W_i/m}$ – jednostkowy poziom mocy akustycznej pochodzący od i -tego typu źródła.

Uwaga: Programy do modelowania akustycznego często umożliwiają automatyczne obliczenie równoważnego poziomu mocy akustycznej od ruchomego źródła punktowego, tylko na podstawie podanych przez użytkownika parametrów $L_{W,P}$, v i Q .

Przykład – Ruch pojazdu po torze

Pojazd dostawczy porusza się wzdłuż odcinka drogi jak na Rysunek C.12. Wyróżniona operacja polega na przejeździe z punktu P1 do punktu P2, wyładunku towaru w punkcie P2 i powrocie tą samą drogą do punktu P1.



Rysunek C.12 Pojazdu poruszający się wzdłuż odcinka drogi: a) schemat sytuacji, b) model akustyczny

- ▣ Dane o źródle ruchomym:
 - poziom mocy akustycznej poruszającego się pojazdu wynosi $L_{WA,P} = 106 \text{ dB(A)}$,
 - średnia prędkość pojazdu na drodze $v = 20 \frac{\text{km}}{\text{h}}$,
 - pojazd wykonuje w czasie pracy średnio 2 pełne operacje na godzinę, tj. przejeżdża cały odcinek drogi 4 razy,
- ▣ Dane o hałasie podczas wyładunku towaru, określone empirycznie:
 - równoważny poziom mocy akustycznej operacji $L_{WA} = 85 \text{ dB(A)}$
 - czas trwania operacji $t_w = 10 \text{ min}$.

Przyjęty model zastępczy model źródła hałasu, składa się z dwóch źródeł:

- ▣ liniowego źródła dźwięku L reprezentującego emisję hałasu powodowanego przejazdami,
- ▣ punkowego źródła dźwięku P reprezentującego emisję hałasu powodowanego wyładunkiem towaru (patrz: Rozdział D.1.2)¹⁵.

Równoważny poziom mocy akustycznej na jednostkę długości 1m dla czasu odniesienia $T = 1 \text{ h}$, źródła liniowego o długości l wynosi:

$$L_{WA/m} = L_{WA,P} + 10 \log_{10} Q_{1h} - 10 \log_{10} \left(\frac{v}{v_0} \right) - 30 \text{ dB} = 106,0 \text{ dB(A)} + 10 \log_{10} 4 - 10 \log_{10} \left(\frac{20 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{1 \frac{\text{km}}{\text{h}}} \right) - 30 \text{ dB} = 66,0 \text{ dB}$$

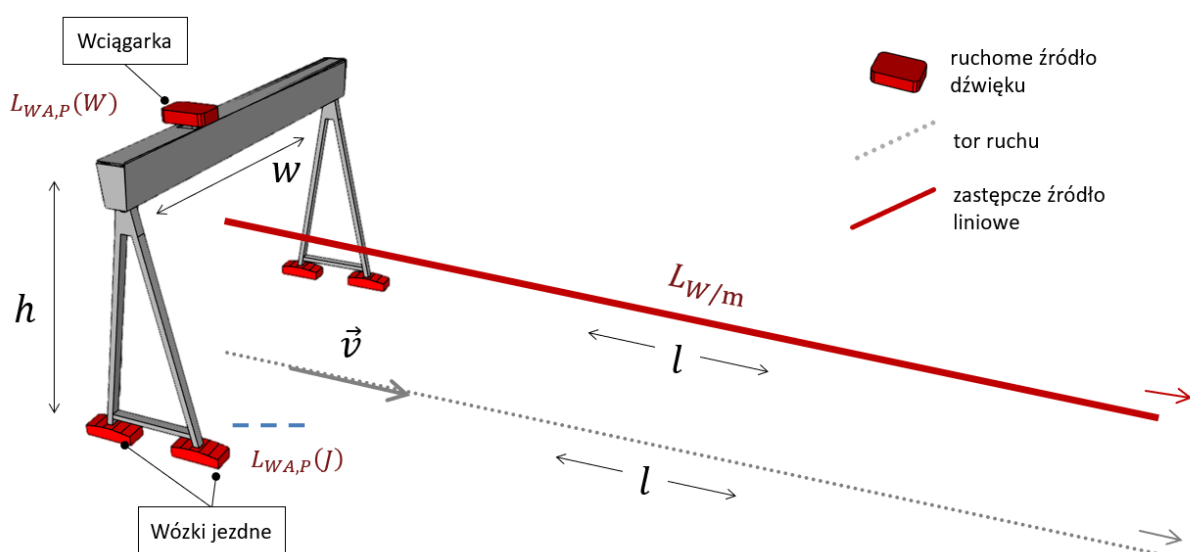
(Wzór C.4)

¹⁵ Równoważny poziom mocy źródła punkowego P, w czasie odniesienia $T = 1 \text{ h}$, wynosi:
 $L_{WA,eq} = 85 + 10 \log (2 \times 10 / 60) = 80,2 \text{ dB}$.

Przykład – Ruch suwnicy

Opis sytuacji. Szynowa suwnica bramowa o szerokości $w = 15$ m porusza się wzdłuż wyznaczonego toru o długości $l = 100$. Źródłami hałasu są: napęd wciągarki (W), zlokalizowany na pomoście, na wysokości $H = 20$ m oraz 2 wózki jezdne (J), zlokalizowane przy podstawie podpór. Wciągarka może poruszać się wzdłuż pomostu, natomiast cała suwnica porusza się po torach z prędkością $v = 10$ km/h i pokonuje cały odcinek średnio 10 razy na godzinę. (patrz: Rysunek C.13)

Dane akustyczne. Na podstawie danych technicznych suwnicy określono poziom mocy akustycznej wciągarki $L_{WA,P}(W) = 96$ dB(A) oraz poziom mocy akustycznej wózka jezdne $L_{WA,P}(J) = 90$ dB(A).



Rysunek C.13 Suwnica i jej zastępczy model akustyczny w postaci źródła liniowego.

Model zastępczego źródła hałasu. Uwzględniając: $w \ll l$ oraz $L_{WA,P}(W) > L_{WA,P}(J)$ jako zastępcze źródło hałasu suwnicy przyjęto jedno źródło liniowe o długości l , zlokalizowane w osi pomostu suwnicy na wysokości napędu wciągarki ($h=10$ m). Jest to sytuacja najmniej korzystna.

Równoważny poziom mocy akustycznej na jednostkę długości 1m dla czasu odniesienia $T = 1$ h, źródła liniowego o długości l wynosi:

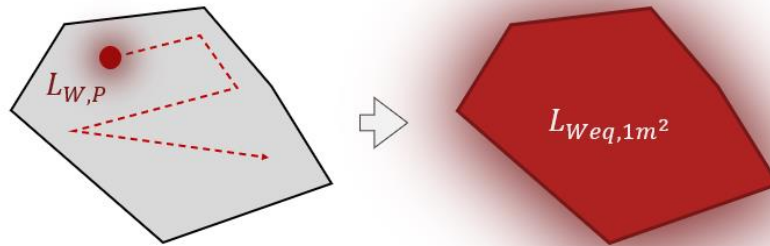
$$L_{W/m} = L_{WA,P}(WJ) + 10 \log_{10} Q_{1h} - 10 \log_{10} \left(\frac{v}{v_0} \right) - 30 \text{ dB} = 67,8 \text{ dB} \quad (\text{Wzór C.5})$$

gdzie $L_{WA,P}(WJ)$ to sumaryczny poziom mocy akustycznej obu wózków i wciągarki:

$$L_{WA,P}(WJ) = 10 \log_{10} \left(10^{\frac{L_{WA,P}(W)}{10}} + 2 \times 10^{\frac{L_{WA,P}(J)}{10}} \right) = 97,8 \text{ dB} \quad (\text{Wzór C.6})$$

C.1.3.2 Źródło ruchome poruszające się po obszarze

Obszar zakładu, po których poruszają się pojazdy lub maszyny, modeluje się jako źródło powierzchniowe o określonym równoważnym poziomie mocy akustycznej na jednostkę powierzchni, $L_{W''}$ w [dB/m²].



Rysunek C.14 Zastępowanie źródła ruchomego źródłem powierzchniowym

Równoważny całkowity poziom mocy akustycznej zastępczego źródła powierzchniowego w czasie odniesienia T równym 1h, dla N źródeł punktowych poruszających się po obszarze określa zależność:

$$L_W = L_{W,P} + 10 \log_{10} N \quad \text{(Wzór C.7)}$$

Odpowiednio, równoważny poziom mocy akustycznej na jednostkę powierzchni 1 m² (tzw. L_{W/m^2}) wynosi:

$$L_{W/m^2} = L_{W,P} + 10 \log_{10} N - 10 \log_{10} \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad \text{(Wzór C.8)}$$

gdzie:

$L_{W,P}$ – poziom mocy akustycznej pojedynczego źródła (Rozdział C.3.4.3), [dB],

N – liczba jednakowych źródeł poruszających się na danym obszarze, [szt.],

S – pole powierzchni obszaru, po którym porusza się punkt równy polu powierzchni zastępczego źródła powierzchniowego, [m²],

S_0 – pole powierzchni odniesienia równe 1 m².

Jeżeli źródło ruchome pracuje okresowo, przez czas t w okresie odniesienia T równym 1h, to wzór (C.7) przyjmuje postać:

$$L_W = L_{W,P} + 10 \log_{10} N + C_w = L_{W,P} + 10 \log_{10} N + 10 \left(\frac{t}{T} \right) \quad \text{(Wzór C.9)}$$

Jeżeli po danym obszarze poruszają różne typów pojazdów lub maszyn należy, dla każdego rodzaju źródeł:

- ▣ określić jednostkowy poziom mocy akustycznej dla każdego rodzaju źródła, zgodnie z wzorem (C.9),

- określić równoważny poziom mocy akustycznej na jednostkę powierzchni 1 m² wg wzoru (C.8),
- określić sumaryczny równoważnym poziom mocy akustycznej na podstawie wzoru

$$L_{W/m^2} = 10 \log_{10} \left(\sum_i 10^{\frac{L_{Wi/m^2}}{10}} \right) \quad (\text{Wzór C.10})$$

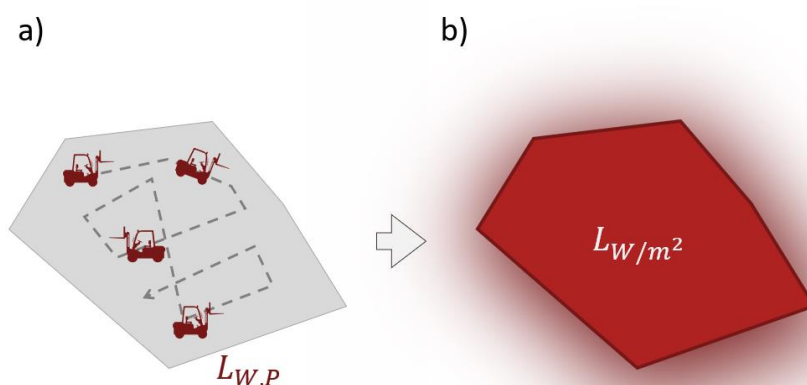
gdzie:

L_{Wi/m^2} – jednostkowy poziom mocy akustycznej pochodzący od i -tego typu źródła.

Uwaga: W przypadku gdy na analizowanym obszarze wykonywanych jest wiele różnych operacji w różnych częściach obszaru, należy dokonać podziału na mniejsze jednorodne pod względem wykonywanych operacji podobszary.

Przykład – Pojazd poruszający się po obszarze

Na placu magazynowym, o powierzchni $S = 10\,000 \text{ m}^2$ pracują stale 4 wózki widłowe. Wózki poruszają się po całym obszarze placu. Poziom mocy akustycznej pojedynczego pracującego pojazdu, określony na podstawie danych technicznych, wynosi $L_{WA,P} = 100 \text{ dB(A)}$.



Rysunek C.15 Wózki widłowe poruszające się po obszarze: a) schemat sytuacji, b) model akustyczny

Równoważny poziom mocy akustycznej na jednostkę powierzchni 1m² dla czasu odniesienia $T = 1 \text{ h}$, dla zastępczego źródła powierzchniowego wynosi:

$$L_{WA,eq,1m^2} = L_{WA,P} + 10 \log_{10} N - 10 \log_{10} \left(\frac{S}{S_0} \right) = 100 \text{ dB(A)} + 10 \log_{10} 4 - 10 \log_{10} \left(\frac{10\,000 \text{ m}^2}{1 \text{ m}^2} \right) = 66 \text{ dB} \quad (\text{Wzór C.11})$$

UWAGA: Często czas pracy tego typu źródeł jest krótszy niż czas odniesienia T . Jeżeli tak jest czas ten należy zdefiniować i wprowadzić do programu obliczeniowego lub do poziomu mocy akustycznej dodać współczynnik korekcyjny C_w .

C.1.3.3 Drogi wewnętrzne

Drogi wewnętrzne można zamodelować analogicznie jak drogi zewnętrzne, jeżeli po drodze poruszają się tylko samochody, a ruch jest w miarę ciągły, bez zatrzymań i bez wykonywania dodatkowych operacji.

W przypadku wykonywania dodatkowych operacji lub/i poruszania się innych pojazdów, drogę taką trzeba modelować oddzielnie przy użyciu zastępczego źródła liniowego (patrz: Rozdział C.1.3.1).

W celu określenia emisji od drogi, wg metody CNOSSOS-EU (strategiczne mapy hałasu) lub metody NMPB (dopuszczalny dla innych opracowań akustycznych), należy wprowadzić do modelu następujące dane:

- ▣ średnia liczba pojazdów na godzinę dla każdej pory dnia,
- ▣ udział procentowy pojazdów:
 - osobowych,
 - ciężarowych 2-osiowych,
 - ciężarowych 3-osiowych,
- ▣ prędkość poruszania się,
- ▣ rodzaj nawierzchni,
- ▣ nachylenie drogi,
- ▣ przekrój drogi.

Szczegółowy opis metodyki CNOSSOS-EU dla źródeł komunikacyjnych przedstawiony jest w ramach odrębnego katalogu danych komunikacyjnych (w trakcie opracowywania) [21]

C.1.3.4 Linie kolejowe zakładowe

Modelowanie akustyczne składów kolejowych według metodyki CNOSSOS-EU możliwe jest tylko dla odcinków z płynnym ruchem, gdy skład wagonów porusza się wzdłuż torów w sposób ciągły, bez zatrzymań i bez wykonywania żadnych innych operacji, np. rozładunku. W praktyce taka sytuacja występuje bardzo rzadko.

W przypadku wykonywania dodatkowych operacji (rozładunki, załadunki), przetaczania wagonów, itp., linię kolejową taką trzeba modelować oddzielnie przy użyciu zastępczego źródła liniowego (patrz: Rozdział C.1.3.1).

W przypadku używania do określenia emisji metody CNOSSOS-EU (strategiczne mapy hałasu) lub metody RMR/SRMII (dopuszczalny dla innych opracowań akustycznych), należy wprowadzić do modelu następujące dane:

- ▣ typy pojazdów szynowych poruszające się po danym odcinku torowiska,
- ▣ liczbę pojazdów (wagonów) dla każdego typu pojazdu szynowego, dla każdej pory doby,
- ▣ dane o prędkości dla każdej kategorii pojazdu szynowego,
- ▣ rodzaj ruchu: prędkość stała, przyspieszanie, hamowanie, bieg jałowy,
- ▣ rodzaj torowiska,
- ▣ stan utrzymania szyn,
- ▣ inf. o redukcji hałasu szyn (jeśli jest zastosowana),

- liczbę łączy szyn/rozjazdów,
- promień krzywizny.

Szczegółowy opis metodyki CNOSSOS-EU dla źródeł komunikacyjnych przedstawiony jest w ramach odrębnego katalogu danych komunikacyjnych (w trakcie opracowywania) [21]

C.1.3.5 Parkingi

Ze względu na sposób emisji hałasu do środowiska, parkingi dzieli się na:

- Parkingi naziemne,
- Parkingi podziemne,
- Parkingi wielopoziomowe.

C.1.3.5.1 Parking naziemne

Do modelowania parkingu naziemnego jako źródła hałasu zaleca się korzystanie z predefiniowanego źródła „Parking” i wybranie metodyki LfU-Study 2007 [3], które jest zaimplementowane w większości programów obliczeniowych. W metodzie obliczeniowej, parking zastępowany jest powierzchniowym źródłem hałasu, dla którego jednostkowy poziom mocy akustycznej przypadającej na 1 m² jest obliczany na podstawie danych charakteryzujących wielkość parkingu i warunki ruchu na nim występujące, z uwzględnieniem szeregu poprawek zależnych od typu parkingu. Podstawowe dane, które należy zgromadzić to:

- Dane dotyczące parametrów geometrycznych parkingu:
 - S - powierzchnia parkingu, w m²,
 - B - liczba miejsc postojowych,
- Dane dotyczące warunków ruchu:
 - N - średnia godzinowa liczba operacji na pojedynczym stanowisku parkingowym w okresie odniesienia T , (wielkość najczęściej mniejsza od 1) [szt.].

Równoważny poziom mocy akustycznej na jednostkę powierzchni 1m² dla czasu odniesienia T równego 1 godzina dla placu parkingowego wyraża się wzorem [3]:

$$L_{W/m^2} = L_{WA,eq0} + K_{PA} + K_I + K_D + K_{Str0} + 10 \log_{10}(B \cdot N) - 10 \log_{10}\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad \text{(Wzór C.12)}$$

gdzie:

K_{PA} - poprawka na typ parkingu, [dB],

K_I - poprawka na impulsywny charakter ruchu, [dB],

K_{Str0} - poprawka na rodzaju nawierzchni, [dB],

$K_D = \begin{cases} 2,5 \log(B - 9) \text{ dB}(A) & \text{dla } B > 10 \\ 0 \text{ dB}(A) & \text{dla } B \leq 10 \end{cases}$ - poprawka na przejazdy pojazdów po parkingu (obliczana automatycznie), [dB].

W tabelach: Tabela C.1 i Tabela C.2 podano wartości poprawek stosowane w metodzie LfU-Study 2007 [3] dla różnego rodzaju parkingów.

Tabela C.1 Wartości poprawek K_{PA} i K_I

Typ parkingu	Poprawka [dB(A)]	
	K_{PA}	K_I
Parking P+R	0	4
Parkingi w pobliżu centrów handlowych		
□ standardowe wózki sklepowe na asfalcie	3	4
□ standardowe wózki sklepowe na kostce brukowej	5	4
□ cichobieżne wózki sklepowe na asfalcie	3	4
□ cichobieżne wózki sklepowe na kostce brukowej	3	4
Parkingi w pobliżu:		
□ klubów nocnych	4	4
□ restauracji	3	4
□ restauracji szybkiej obsługi	4	4
Dworce autobusowe		
□ autobusy z silnikiem Diesla	10	4
□ autobusy z instalacją LPG	7	3
Parkingi dla ciężarówek	14	3
Parkingi dla motorów	3	4

Tabela C.2 Wartości poprawki K_{Stro}

Typ nawierzchni	Poprawka [dB(A)]
	K_{Stro}
asfaltowa	0
betonowa z łączeniami:	
□ ≤ 3 mm	0,5
□ > 3 mm	1
żwir	2,5
kostka brukowa	3

Przy modelowaniu dużych parkingów, składających się z kilku obszarów, różniących się typem, konieczne jest definiowanie odrębnych części, dla których poziom mocy akustycznej oblicza się oddzielnie.

Z racji dużej zmienności w liczbie pojazdów pomiędzy porą dnia, wieczoru i nocy oraz dużej zmienności pomiędzy dnami weekendowymi i dnami w dni robocze, do modelowania parkingów zaleca się stosowanie minimum średniotygodniowych danych o ruchu, z wyłączeniem dni świątecznych.

Przykład – parking naziemny

Na Rysunek C.16 przedstawiono sposób określenie równoważnego poziomu mocy akustycznej parkingu naziemnego.



Obliczanie równoważnego poziomu mocy akustycznej parkingu naziemnego

Dane wejściowe:

$B = 1100$	(liczba miejsc parkingowych)
$t_h = 16/24$ h	(czas pracy w ciągu jednej doby – tylko pora dnia i wieczornej)
$t_s = 180$ dni	(liczba dni pracujących w roku)
$T_d = 365$ dni	(liczba dni w roku)
$M = 6200$	(dzienna średnia tygodniowa liczba samochodów korzystających z parkingu)
$M_D = \frac{M}{T_d} = 3100$	(dzienna średnia tygodniowa liczba samochodów korzystających z parkingu w porze dnia)
$M_W = \frac{M}{2} = 3100$	(dzienna średnia tygodniowa liczba samochodów korzystających z parkingu w porze wieczornej)
$N_D = 0,23$	(dzienna średnia roczna liczba operacji na 1 miejsce parkingowe na godzinę – czas odniesienia $T_D = 12$ h)
$N_W = 0,69$	(wieczorna średnia roczna liczba operacji na 1 miejsce parkingowe na godzinę – czas odniesienia $T_E = 4$ h)
$N_D = \frac{M_D \cdot 2 \cdot t_s}{T_D \cdot B \cdot T_d} = \frac{3100 \cdot 2 \cdot 180}{12 \cdot 1100 \cdot 365} = 0,23$; $N_W = \frac{M_W \cdot 2 \cdot t_s}{T_W \cdot B \cdot T_d} = \frac{3100 \cdot 2 \cdot 180}{4 \cdot 1100 \cdot 365} = 0,69$	
$K_{PA} = 3,0$	(poprawka na zdarzenia akustyczne, np. ruch wózków)
$K_I = 4,0$	(poprawka na charakter impulsowy operacji parkowania)
$K_D = 7,6$	(poprawka na ruch samochodów po drogach wewnętrznych; $KD = 2,5 \times \log [B \cdot 9]$)
$K_{SFR0} = 0$	(poprawka na typ nawierzchni)
$S = 50\,000$ m ²	(pole powierzchni analizowanego parkingu)



Dane do modelu akustycznego:

$L_{WA,1m^2,D} = 54,6$ dB (równoważny poziom mocy akustycznej na jednostkę powierzchni 1 m² w porze dnia)
 $L_{WA,1m^2,W} = 59,4$ dB (równoważny poziom mocy akustycznej na jednostkę powierzchni 1 m² w porze wieczornej)

$$L_{WA,1m^2} = L_{WA,eq0} + K_{PA} + K_I + K_D + K_{SFR0} + 10 \log_{10}(B \cdot N) - 10 \log_{10}\left(\frac{S}{S_0}\right)$$

gdzie:

$L_{WA,eq0} = 63,0$ dB (referencyjny jednostkowy równoważny poziom mocy akustycznej pojedynczej operacji)
 $S_0 = 1$ m² (powierzchnia odniesienia)

W programach obliczeniowych możliwe jest obliczanie poziomu mocy akustycznej parkingu na podstawie danych wejściowych.

Rysunek C.16 Obliczanie równoważnego poziomu mocy akustycznej parkingu naziemnego

C.1.3.5.2 Parkingi podziemne

Hałas w środowisku zewnętrznym związany z funkcjonowaniem parkingu podziemnego pochodzi od:

- ▣ ruchu samochodów po drodze dojazdowej do parkingu,

dotychczasowych źródeł hałasu, takich jak:

- ▣ hałas otwieranej/zamykanej bramy,
- ▣ hałas operacji prowadzonych na parkingu, wydostający się przez światło wjazdu do parkingu,
- ▣ hałasu przejazdu samochodów po kratkach odpływowych,
- ▣ wylotów i czerpni instalacji wentylacyjnej wnętrza parkingu.

Oddziaływanie hałasu związanego z funkcjonowaniem parkingu podziemnego ma charakter lokalny, ograniczony do punktów odbioru zlokalizowanych bezpośrednio przy wjeździe/wyjeździe.

Zastępcze źródła hałasu

Ruch samochodów po drodze dojazdowej/wyjazdowej z parkingu i rampie modeluje się jako odcinek drogi, z wykorzystaniem metody CNOSSOS lub NMPB_EU (jak w Rozdziale C.1.3.3 Drogi wewnętrzne). Przy modelowaniu drogi z użyciem metodyki CNOSSOS-EU należy pamiętać

o wyborze odpowiedniego nachylenia i rodzaju nawierzchni, gdyż te 2 czynniki mogą mieć kluczowy wpływ na poziom mocy źródła zastępczego.

W sytuacjach nietypowych lub newralgicznych dla drogi wjazdowej/wyjazdowej należy przyjąć zastępcze liniowe źródło hałasu, a jednostkowy poziom mocy akustycznej określić na podstawie pomiarów (patrz: Rozdział C.3.4.3).

Pozostałe źródła hałasu związane z wjazdem/wyjazdem z parkingu zastępuje się jednym zastępczym źródłem punktowym, zlokalizowanym najczęściej w świetle wjazdu/wyjazdu lub w miejscu najgłośniejszego ze źródeł dodatkowych. Poziom mocy akustycznej zastępczego źródła hałasu określa się empirycznie, na podstawie pomiarów.

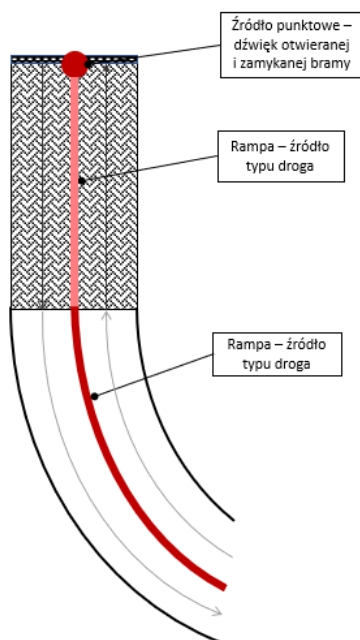
System wentylacji należy zamodelować jak standardowe źródła nieruchome (patrz. Rozdział C.1.2.1)¹⁶.

Przykład – parking podziemny

W badanym przykładzie (Rysunek C.17) hałas związany z wjazdem do parkingu jest reprezentowany przez 3 źródła zastępcze:

- ▣ źródło punktowe reprezentujące hałas otwieranej i zamykanej bramy,
- ▣ źródło typu droga, reprezentujące ruch samochodów po rampie,
- ▣ źródło typu droga, reprezentujące ruch samochodów po odcinku drogi prowadzącym do rampy.

¹⁶ *Wentylatory parkingów podziemnych mają często dużą wydajność, a co za tym idzie wysoki poziom mocy akustycznej.*



Rysunek C.17 Źródła zastępcze dla parkingu podziemnego.

C.1.3.5.3 Parking wielopoziomowy

Hałas pojazdów poruszających się po parkingu wielopoziomowym jest emitowany do otoczenia poprzez otwarte przegrody zewnętrzne parkingu. W przypadku parkingów zamkniętych, z pełnymi przegrodami zewnętrznymi źródłem hałasu zewnętrznego jest tylko wjazd/wyjazd z parkingu (patrz. Rozdział C.1.3.5.2)

Opracowanie modelu zastępczego źródła hałasu parkingu wielopoziomowego składa się z następujących kroków:

- 1) Określenia jednostkowego poziomu mocy akustycznej parkingu dla każdego poziomu parkingu według procedury jak dla parkingu naziemnego (patrz: Rozdział C.1.3.5.1),
- 2) Wyznaczenia poziomu hałasu występującego na każdym poziomie parkingu wewnątrz budynku
- 3) Obliczenia poziomu mocy akustycznej elementów zewnętrznych budynku.
- 4) Wprowadzenia dróg dojazdowych (patrz: Rozdział C.1.3.5.1).

Krok 1. Patrz Rozdział C.1.3.5.1

Krok 2. Poziom hałasu występującego na danym poziomie parkingu określa się z zależności [3]:

$$L_I = L_{WA} + 14 + 10 \log_{10} \left(\frac{0,16}{A} \right) \quad \text{(Wzór C.13)}$$

gdzie:

$$L_{WA} = L_{W/m^2} + 10 \log_{10} \left(\frac{S}{S_0} \right) - \text{całkowity poziom mocy akustycznej danego poziomu parkingu,}$$

L_{W/m^2} - poziom mocy akustycznej danego obliczony w Kroku 1,
 A – całkowita chłonność akustyczna piętra parkingu, [m²],

Krok 3. Obliczenie równoważnego poziomu mocy akustycznej na jednostkę powierzchni 1 m² elementów przegrody zewnętrznej budynku parkingu, według zależności [3]:

$$L_{W/m^2,B} = L_I - R'_W - 4 \quad \text{(Wzór C.14)}$$

gdzie:

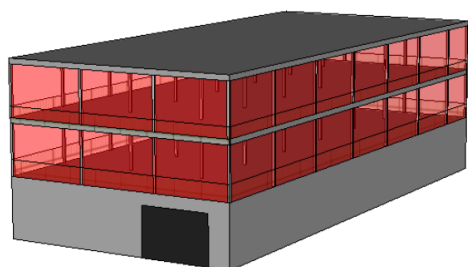
R'_W – izolacyjność akustyczna właściwa przybliżona elementu zewnętrznego.

W przypadku parkingów otwartych dla powierzchni otwartej przyjmuje się izolacyjność $R'_W = 0$ dB.

Krok 4. Określenie zastępczego źródła hałasu dla drogi dojazdowej/wyjazdowej i wjazdu do parkingu analogicznie jak dla parkingu podziemnego (Rozdział C.1.3.5.1).

Przykład – parking wielopoziomowy

Na Rysunek C.18 przedstawiono sposób określenia równoważnego poziomu mocy akustycznej parkingu naziemnego.



Obliczanie równoważnego poziomu mocy akustycznej parkingu wielopoziomowego

Procedura:

1. Oblicz poziom mocy akustycznej każdego poziomu parkingu jak dla parkingu naziemnego.
2. Określ całkowitą chłonność akustyczną ścian każdego poziomu parkingu.
3. Oblicz poziom dźwięku na każdym poziomie parkingu
4. Określ izolacyjność akustyczną przegród zewnętrznych każdego poziomu parkingu (w praktyce często równa 0)
5. Oblicz powierzchniowy poziom mocy akustycznej zastępczych źródeł hałasu.

Dane wejściowe:

$L_{WA,1m^2,D} = 54,6$ dB (równoważny poziom mocy akustycznej na jednostkę powierzchni 1 m² dla pory dnia – dla danego piętra)
 $S = 2400$ m² (pole powierzchni 1 piętra parkingu)
 $A = 500$ m² (całkowita chłonność akustyczna każdego poziomu parkingu)
 $R'_w = 0$ dB (ważony wskaźnik izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej przegród zewnętrznych)

Wsad do modelu akustycznego:

$L_{WA,D} = 88,4$ (całkowity poziom mocy akustycznej na danym poziomie parkingu)
 $L_{WA} = L_{WA,1m^2} + 10 \log_{10} \left(\frac{S}{S_0} \right) = 54,6 + 10 \cdot \log_{10}(2400) = 88,4$ dB; $S_0 = 1$ m²
 $L_I = 67,5$ dB (średni poziom dźwięku padający na powierzchnie zewnętrzne na danym poziomie parkingu)
 $L_I = L_{WA} + 14 \text{ dB(A)} + 10 \log_{10} \left(\frac{0,26}{A} \right) = 88,4 + 14 - 34,9 = 67,5$ dB
 $L_{WA,1m^2,D,B} = 63,5$ dB (równoważny poziom mocy akustycznej ściany bocznej na jednostkę powierzchni 1 m² dla pory dnia)
 $L_{WA,1m^2,D,B} = L_I - R'_W - 4 \text{ dB(A)} = 67,5 - 0 - 4 = 63,5$ dB/m²

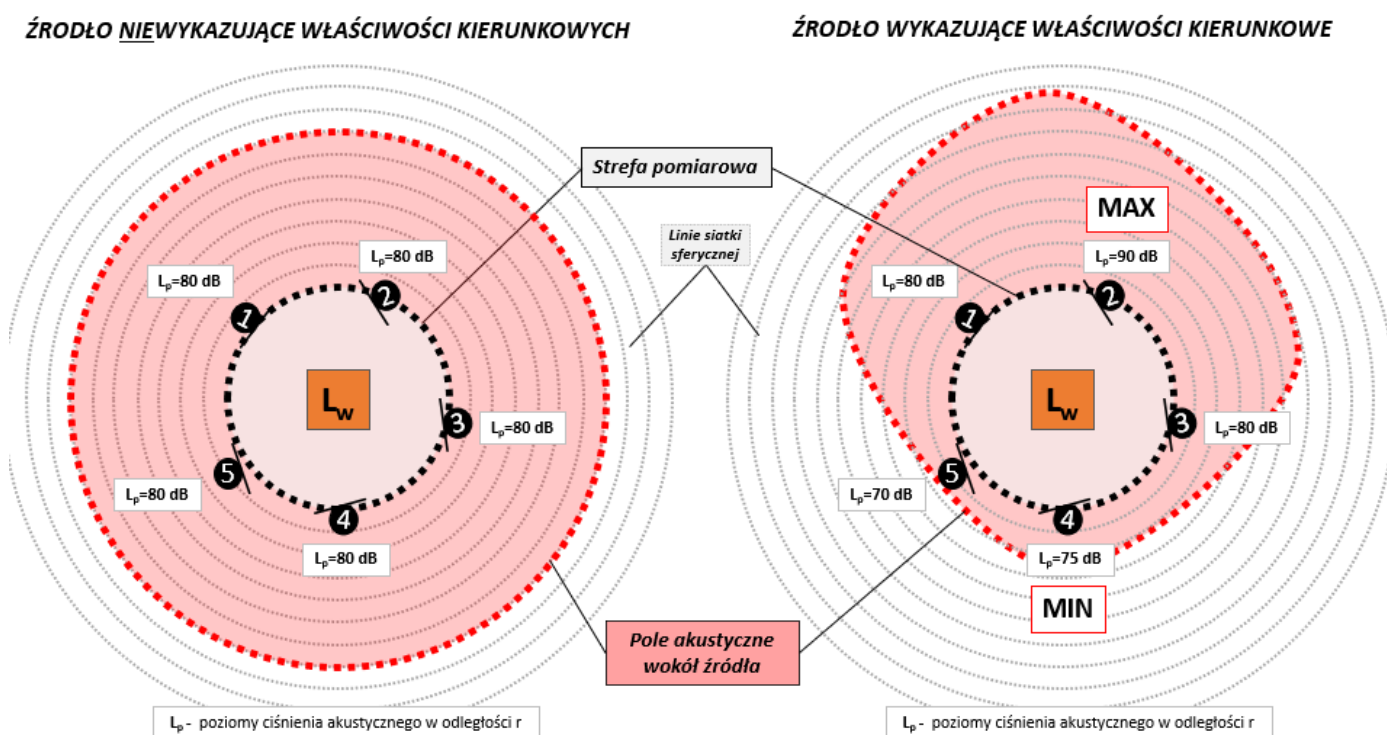
Rysunek C.18 Obliczanie równoważnego poziomu mocy akustycznej parkingu wielopoziomowego

C.1.4 Kierunkowość źródeł

W rozdziale omówione są zagadnienia związane z kierunkowością źródła hałasu, która jest cechą charakterystyczną dla danego źródła dźwięku, a w przypadku rzeczywistych źródeł hałasu wynika z jego cech konstrukcyjnych. Problem kierunkowości emisji hałasu, wynikającej z lokalizacji źródła (maszyny/urządzenia) blisko powierzchni odbijających omówiono w rozdziale C.1.5

C.1.4.1 Czym jest kierunkowość źródła

Przyjmuje się, że źródło charakteryzuje się kierunkowością, jeżeli różnice między poziomami ciśnienia akustycznego zmierzonego w tej samej odległości od źródła, dla różnych kierunków różnią się co najmniej o 5 dB (Rysunek C.19).



Rysunek C.19. Kierunkowość źródeł.

Do opisu charakterystyki kierunkowości wykorzystuje się współczynnik kierunkowości źródła Q , definiowany jako iloraz kwadratu ciśnienia akustycznego w polu swobodnym w danym punkcie na osi głównej źródła p_0 i kwadratu średniego ciśnienia akustycznego na powierzchni kuli, w środku którego leży źródło.

$$Q = \frac{p_0^2}{p_{sr}^2}$$

Współczynnik ten jest równy 1, gdy źródło nie wykazuje właściwości kierunkowych. Kierunkowość źródeł jest zależna od częstotliwości. W zakresie małych częstotliwości, źródła zazwyczaj wykazują

charakterystykę wszechkierunkową, a wraz ze wzrostem częstotliwości ich właściwości kierunkowe rosną.

Zgodnie z metodyką przedstawioną w CNOSSOS-EU, w modelowaniu akustycznym kierunkowość zostaje uwzględniona w obliczeniach jako poprawka dodawana do mocy akustycznej, określona jako funkcja wektora kierunkowego definiowanego przez współrzędne x, y, z ($\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = 1$) lub przez współrzędne kątowe.

C.1.4.2 Wyznaczanie poprawki na kierunkowość źródła

W przypadku przygotowania map strategicznych, standardowymi źródłami danych o poziomach mocy akustycznej będą dane katalogowe, bazy itp. W takim przypadku zaleca się:

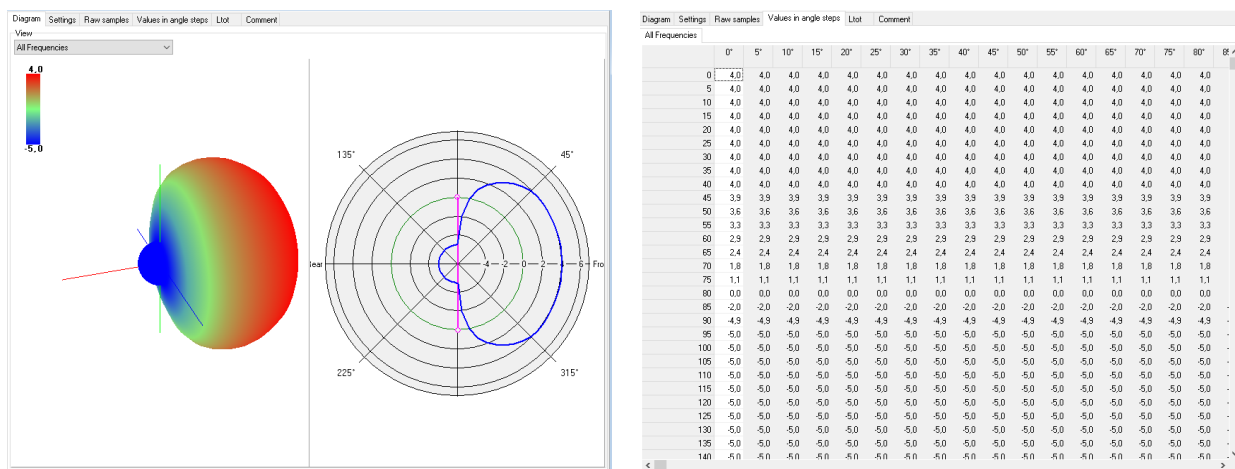
- ▣ sprawdzić ewentualne informacje dotyczące kierunkowości zawarte w wykorzystywanych dokumentach (poprawki, opis źródła),
- ▣ określić typ źródła i to czy modelowane źródło może być kierunkowe.

W większości przypadków wprowadzanie kierunkowości związanej z typem źródła będzie opierać się na danych zaimplementowanych w programach obliczeniowych. W profesjonalnych programach dostępne są typowe kierunkowości zdefiniowane na podstawie wytycznych z norm VDI, OEAL lub innych badań (dla wylotów komina, elementów budowlanych, otworów).

Zdefiniowane wewnątrz programu kierunkowości, powinny być wystarczające dla standardowych typów źródeł znajdujących się na obszarach przemysłowych.

Kiedy analizowane są źródła o bardziej nietypowych kierunkowościach lub gdy przeprowadzamy bardziej szczegółowe analizy, istnieje możliwość samodzielnego zdefiniowania kierunkowości (np. na podstawie badań lub innych źródeł danych). Wprowadzanie jej do programu obliczeniowego może być różnie zdefiniowane w zależności od programu i przy jej definiowaniu należy zawsze kierować się instrukcją danego programu.

W przypadku samodzielnego definiowania kierunkowości przydatnym narzędziem weryfikacyjnym będzie wykorzystywanie podglądów 3D oraz wykonywania obliczeń testowych.



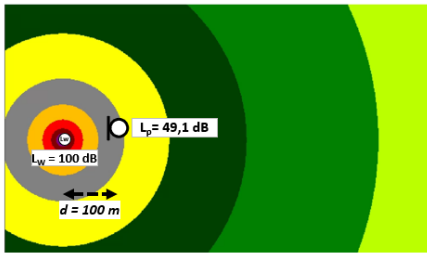
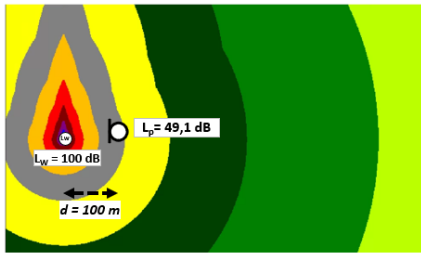
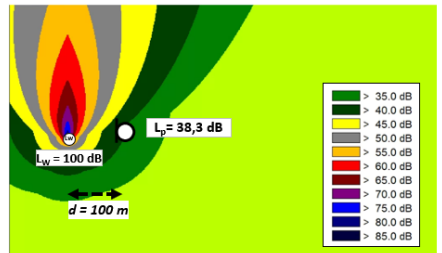
Rysunek C.20 Przykład definiowania kierunkowości 3D w programie SoundPlan – kierunkowość elementu typu otwartego zgodnie z OEAL 28 stosowana na otworach w przegrodach zewnętrznych [źródło: SoundPlan].

C.1.4.3 Kiedy należy definiować kierunkowość

W celu zilustrowania wpływu kierunkowości źródła dźwięku na obliczany zasięg oddziaływania hałasu, w zależności od zdefiniowanej kierunkowości źródła przeprowadzono analizę dla trzech przypadków przedstawionych w tabeli poniżej (Tabela C.3) oraz na Rysunek C.21 Rysunek C.22.

Tabela C.3. Analizowane przypadki do obliczenia wpływu kierunkowości na wyniki.

Nr przypadku	Przypadek 0	Przypadek 1	Przypadek 2
Opis przypadku	Brak kierunkowości	Źródło o małych właściwościach kierunkowych	Źródło o dużej kierunkowości
Poziom mocy akustycznej L_{WA} [dB]	100	100	100
Wykres zdefiniowanej kierunkowości			
Poziom ciśnienia akustycznego w odległości 100 m (obliczony w modelu akustycznym)	49,1	49,1	38,3

Przypadek 0 – źródło bez zdefiniowanej kierunkowości**Przypadek 1** – źródło o małych właściwościach kierunkowych**Przypadek 2** – źródło o dużej kierunkowości**Rysunek C.21 Wyniki obliczeń dla różnych ustawień kierunkowości [materiały własne]**

Przeprowadzone obliczenia pokazują, że definiowanie kierunkowości będzie kluczowe w przypadku źródeł silnie kierunkowych na kierunku propagacji źródło-punkt odbioru. Dotyczy to szczególnie źródeł, których emisja może być kluczowa w ocenie hałasu z obszaru przemysłowego. Dla źródeł, o niewielkich właściwościach kierunkowych, informacja o jego kierunkowości może być nadmiarowa i nie będzie miała wpływu na wyniki obliczeń.

Ze względu na zanikanie właściwości kierunkowych źródeł wraz z odległością zaleca się uwzględnianie tej cechy dla źródeł tylko silnie kierunkowych oraz mających największy wpływ na emisję hałasu z obszaru przemysłowego.

Przykłady źródeł, dla których zalecane jest uwzględnienie kierunkowości:

- ▣ wyrzuty kominów,
- ▣ spusty,
- ▣ elementy central wentylacyjnych (wyrzutnie, czerpnie powietrza),
- ▣ czerpnie, wyrzutnie na elewacjach.

Przykłady źródeł dla których uwzględnianie kierunkowości standardowo nie ma wpływu na obliczenia:

- ▣ wentylatory,
- ▣ wyrzutnie na dachach.

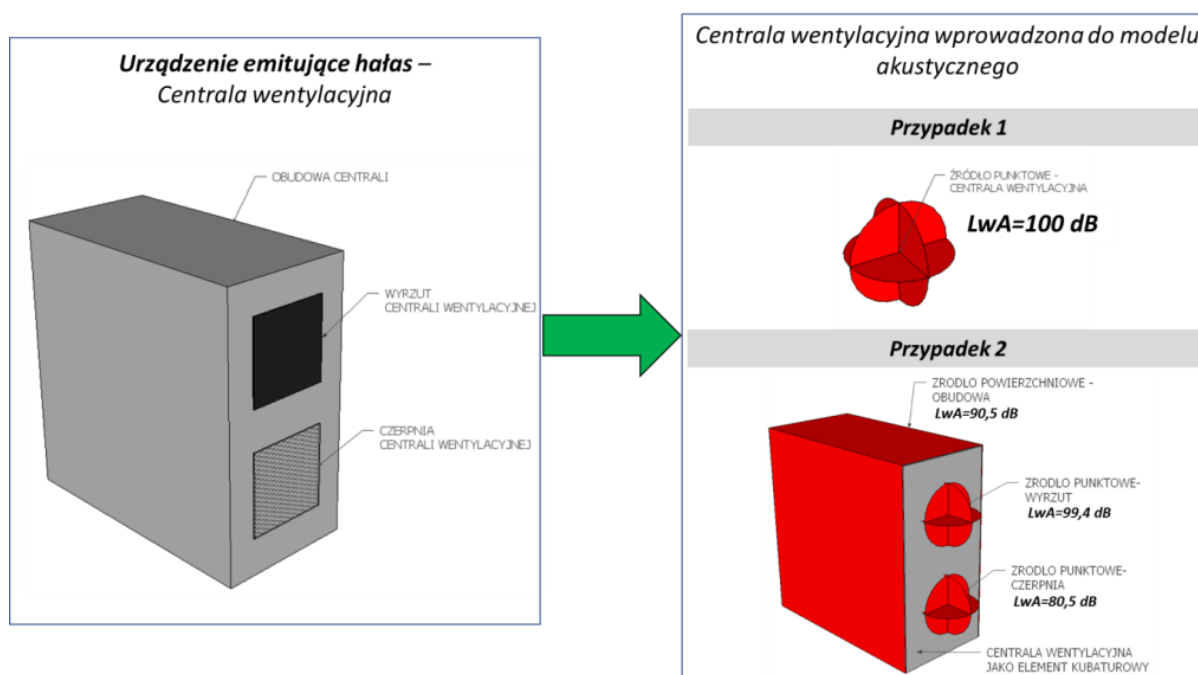
C.1.4.4 Przykład modelowania – centrala wentylacyjna

W przypadku urządzeń, które posiadają kilka elementów hałasujących, określenie ich właściwości kierunkowych może sprowadzać się do prawidłowego wprowadzenia źródeł zastępczych w modelu (patrz: Rozdział C.1 i Rozdział B.3). Centralę wentylacyjną można zamodelować jako pojedyncze źródło punktowe jednak może to oznaczać, że nie zostaną uwzględnione właściwości kierunkowe źródła wynikające z jego geometrii oraz umiejscowienia poszczególnych elementów (czerpni, wyrzutów). W celu zobrazowania różnic w wynikach obliczeń, w zależności od sposobu zamodelowania tego typu źródła przeprowadzono analizę dla dwóch przypadków:

- ▣ Przypadek 1 – centrala wentylacyjna zamodelowana jako pojedyncze źródło punktowe o poziomie mocy akustycznej $L_{WA}=100$ dB (bez uwzględnienia obudowy jako elementu kubaturowego w modelu)

- Przypadek 2 – centrala wentylacyjna zamodelowana jako 2 źródła punktowe oraz źródła powierzchniowe o sumarycznym poziomie mocy akustycznej $L_{WA}=100$ dB (z uwzględnieniem obudowy jako element kubaturowy w modelu)

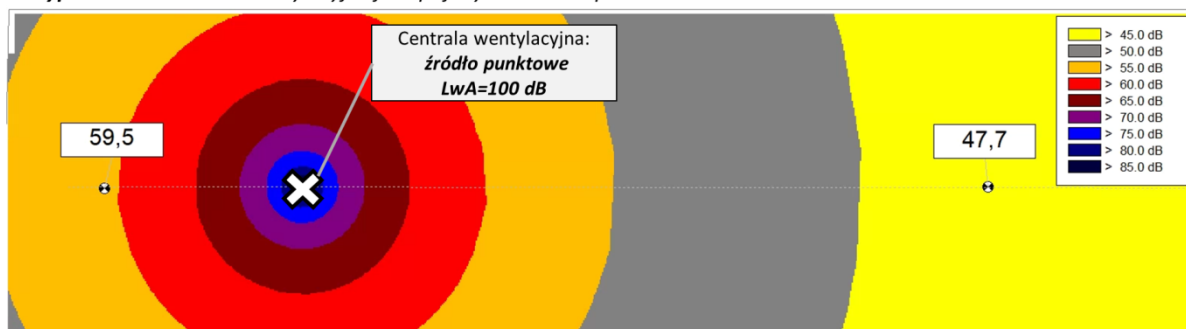
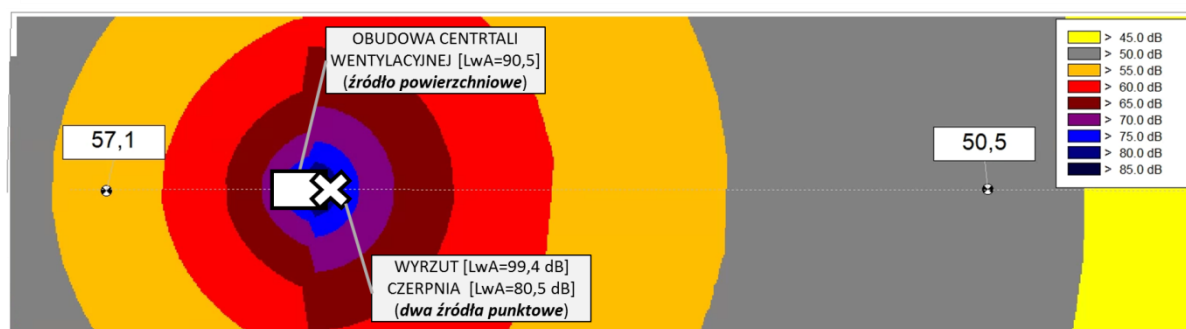
Na rysunku poniżej (Rysunek C.22) przedstawiono schematycznie wyszczególnione przypadki, natomiast w tabeli (Tabela C.4) zestawiono poziomy mocy akustycznej, jakie założono dla poszczególnych źródeł. Obliczenia przeprowadzono w dwóch punktach znajdujących się w otoczeniu centrali wentylacyjnej oraz w siatce obliczeniowej wokół. Wyniki obliczeń dla dwóch przypadków zostały przedstawione na Rysunek C.23.



Rysunek C.22. Dwa przypadki zamodelowania centrali wentylacyjnej.

Tabela C.4. Zestawienie danych wejściowych dla centrali wentylacyjnej (dwa przypadki).

Przypadek 1		
Zamodelowane źródło hałasu	Poziom mocy akustycznej L_{WA} [dB]	typ źródła
CENTRALA WENTYLACYJNA	100,0	źródło punktowe
Przypadek 2		
Zamodelowane źródło hałasu	Poziom mocy akustycznej L_{WA} [dB]	typ źródła
OBUDOWA centrali wentylacyjnej	90,5	źródła powierzchniowe
CZERPNIĄ centrali wentylacyjnej	80,5	źródło punktowe
WYRZUT centrali wentylacyjnej	99,4	źródło punktowe
Sumaryczny poziom mocy akustycznej	100,0	

Przypadek 1 – Centrala wentylacyjna jako pojedyncze źródło punktowe**Przypadek 2** – Centrala wentylacyjna jako element kubaturowy z 3 źródłami składowymi (punktowe, powierzchniowe)**Rysunek C.23. Wyniki obliczeń dla dwóch przypadków zamodelowania centrali wentylacyjnej.**

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń można zauważyć, że zamodelowanie centrali wentylacyjnej jako pojedynczego źródła punktowego nie uwzględnia niejednorodnego rozkładu emisji hałasu od centrali. Z tego powodu wszystkie punkty znajdujące się za centralą (w miejscu gdzie nie ma czerpni i/lub wyrzutów) mogą mieć zawyżone wartości, natomiast od strony wyrzutów zaniżone. Różnice te, w analizowanym przypadku wynoszą od 2,4 do 2,8 dB.

UWAGA: „Efekt cienia” spowodowany powierzchniami znajdującymi się przy źródłach można również uzyskać poprzez prawidłowe zdefiniowanie kierunkowości dla źródła punktowego. Jednak ze względu na możliwe błędy z tym związane - zalecane jest modelowanie takich typów źródeł tak jak wskazano w przypadku 2.

C.1.4.5 Algorytm postępowania przy uwzględnieniu kierunkowości

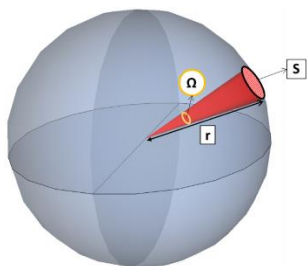
Podsumowując wszystkie podane powyżej informacje należy:

- ▣ określić typ źródła oraz jego właściwości kierunkowe,
- ▣ zweryfikować, w jaki sposób definiowana jest domyślnie kierunkowość w wykorzystywanym przez nas programie,
- ▣ zweryfikować poprawność zdefiniowanej kierunkowości np. poprzez przeprowadzenie wstępnych obliczeń w gęstej siatce obliczeniowej blisko źródła, wykorzystywać podglądy 3D dla wyników obliczeń i ustawić kierunkowości oraz porównywać wyniki z przeprowadzonymi pomiarami,

- ▣ zachować szczególną ostrożność w przypadku definiowania kierunkowości samodzielnie, wykorzystywać tę opcję przede wszystkim dla źródeł nietypowych i szczegółowych eksperckich analiz,
- ▣ modelować elementy kubaturowe wraz z ich elementarnymi źródłami w przypadku, gdy źródło ma stosunkowo większą kubaturę i kilka elementów emitujących hałasujących, które znajdują się na jego powierzchni (np. centrala wentylacyjna). Jest to szczególnie istotne dla głównych źródeł hałasu na badanym obszarze,
- ▣ sprawdzić czy ze względu na lokalizację źródła nie należy uwzględnić poprawki K_0 (patrz Rozdział C.1.5)

C.1.5 Sytuowanie źródeł przy obiektach

W przypadkach gdy źródła hałasu jest zlokalizowane w pobliżu powierzchni odbijających następuje wzrost energii poziomu hałasu wynikający z wypromieniowania całej energii akustycznej w mniejszym kącie bryłowym niż w przestrzeni swobodnej, dla której kąt bryłowy wynosi 4π (Rysunek C.24)



Rysunek C.24. Kąt bryłowy S - kąt przestrzenny ograniczony powierzchnią (w najprostszym przypadku powierzchnią stożkową)

Jeżeli źródło jest zlokalizowane bardzo blisko powierzchni odbijających i w modelu obliczeniowym nie są uwzględniane odbicia od tych powierzchni, to należy zastosować poprawkę K_0 , obliczana na podstawie zależności

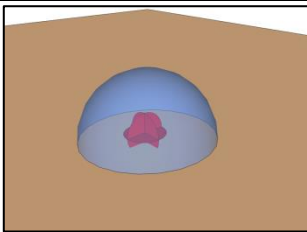
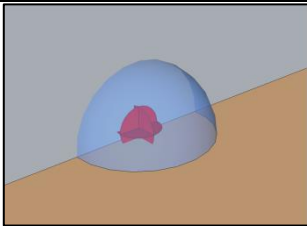
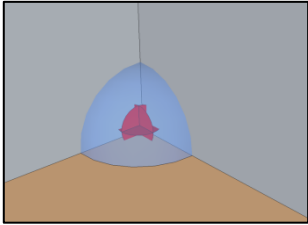
$$K_0 = D_\Omega = 10 * \log\left(\frac{x}{\Omega}\right)$$

gdzie: Ω – kąt bryłowy podawany w steradianach, $x = 4\pi$ lub przyjąć wartości jak w Tabeli C.5.

Standardowo można wyróżnić trzy sytuacje, dla których uwzględnia się poprawkę K_0 . W tabeli poniżej (Tabela C.5) przedstawiono te sytuacje oraz poprawki, które wynikają z umiejscowienia źródła.

Tabela C.5. Poprawka K_0 w zależności od umiejscowienia źródła* – obszar akustyki środowiska.

Umiejscowienie źródła	Kąt Ω	Poprawka	Rysunek
-----------------------	--------------	----------	---------

W pobliżu gruntu	2π	0 dB	
Przy ścianie	π	3 dB	
W narożniku	$\frac{\pi}{2}$	6 dB	

*Przy modelowaniu w akustyce środowiska uwzględnianie poprawki nie dotyczy powierzchni gruntu. Powierzchnia gruntu jest zawsze powierzchnią odbijającą.

Uwaga:

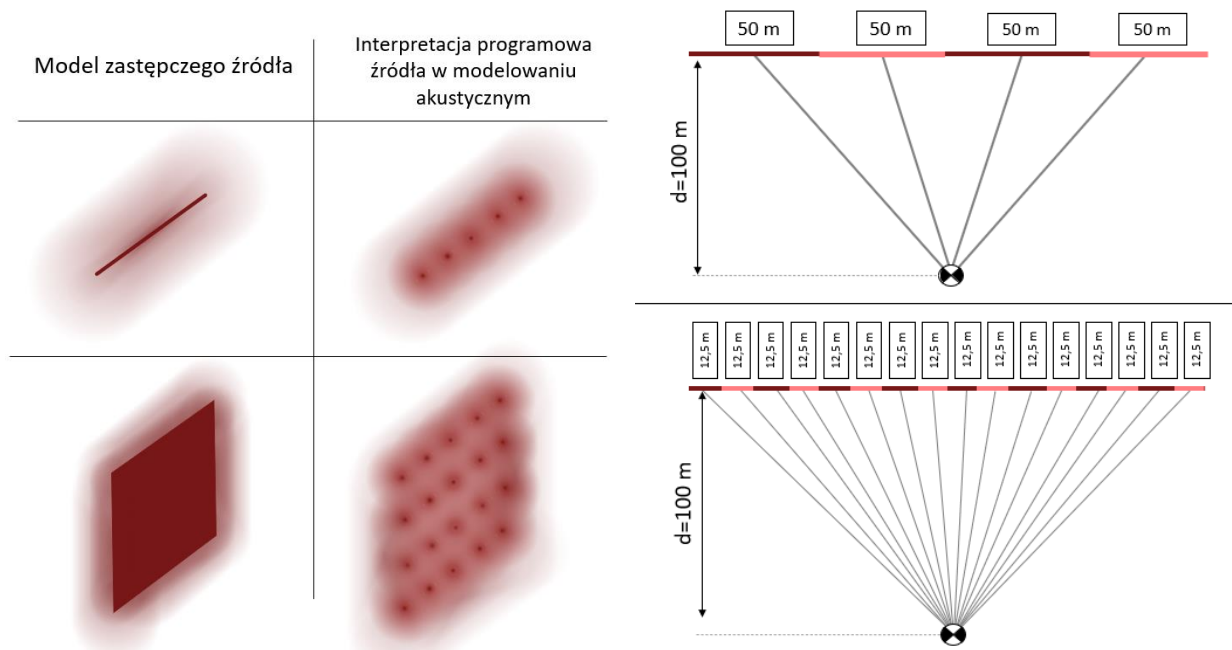
W praktycznym zastosowaniu, w programach obliczeniowych, przy sytuowaniu źródeł blisko ścian możliwe jest uwzględnianie dodatkowego odbicia, wynikającego z lokalizacji na dwa sposoby: poprzez zastosowanie poprawki $K_0/D\Omega$ lub poprzez włączenie odbić dla przeszkód znajdujących się blisko źródła. Nie można stosować obu metod jednocześnie, ponieważ będzie to prowadziło do zawyżania wyników obliczeń. W programach obliczeniowych domyślnie zwykle przyjmowane jest :

- ▣ jeżeli odległość d - źródła zastępczego od ściany jest mniejsza niż 10 cm - odbicia od ściany nie są uwzględniane, należy uwzględnić poprawkę K_0 ,
- ▣ jeżeli odległość d - źródła zastępczego od ściany jest większa niż 10 cm - odbicia od ściany są uwzględniane, nie należy uwzględnić poprawki K_0 .

Możliwe jest również dobranie własnych ustawień.

C.1.6 Realizacja numeryczna zastępczych źródeł hałasu

Podstawowym elementem do modelowania źródeł hałasu w prognozowaniu poziomu hałasu w środowisku jest źródło punktowe. W środowisku symulacyjnym źródło liniowe jest reprezentowane przez linię źródeł punktowych, natomiast źródło powierzchniowe przez siatkę źródeł punktowych (Rysunek C.25).



Rysunek C.25 Reprezentacja źródła liniowego i powierzchniowego w środowisku symulacyjnym oraz segmentacja źródła liniowego.

C.2 Pomiary hałasu w środowisku

W pomiarach hałasu przemysłowego w środowisku metoda pomiaru jest ściśle uzależniona od celu pomiaru. Wyróżnić można metody pomiarowe dla:

- ▣ Pomiarów kontrolnych – w oparciu o metodyki referencyjne opisane w polskim prawie oraz normach,
- ▣ Pomiarów kalibracyjnych i weryfikacyjnych – w oparciu o podstawy akustyki, metodyki obliczeniowe oraz znormalizowane metody pomiarowe,
- ▣ Pomiarów walidacyjnych – w oparciu o metody mieszane,

Metodyka CNOSSOS-EU rekomenduje aby pomiary przeprowadzone były zgodnie normami ISO 1996-1:2003 oraz ISO 1996-2:2007, które opisują podstawowe wielkości, procedury oceny i określania poziomu ciśnienia akustycznego hałasu środowiskowego. Norma ISO 1996-1:2003 wprowadzona jest do polskiego systemu normalizacji jako PN-ISO 1996-1:2006. Norma ISO 1996-2:2007 nie jest wprowadzona do polskiego systemu normalizacji. Dodatkowo obie normy mają nowe wydania ISO 1996-1:2016 i ISO 1996-2:2017.

Oprócz powyższych typów pomiarów, wyróżniamy jeszcze pomiary poziomu mocy akustycznej, które stanowią oddzielny rodzaj pomiarów, wykonywany w oparciu o znormalizowane metodyki pomiarowe. Pomiary poziomu mocy akustycznej, jako pomiary stanowiące odrębną kategorię, opisano w Rozdziale C.3.

C.2.1 Kontrolne

Pomiary kontrolne służą do ustalania i kontroli warunków korzystania ze środowiska. Wyniki tych pomiarów mogą być stosowane do porównywania ich z regulowanymi prawnie wartościami dopuszczalnymi poziomu hałasu w środowisku.

W pomiarach kontrolnych hałasu w środowisku wyróżniamy dwa podstawowe typy pomiarów [25]:

- ▣ Pomiary krótkookresowe w ściśle określonych warunkach meteorologicznych i dokładnie scharakteryzowanej pracy źródeł hałasu,
- ▣ Pomiary długookresowe w różnych warunkach meteorologicznych i znanym trybie pracy źródeł.

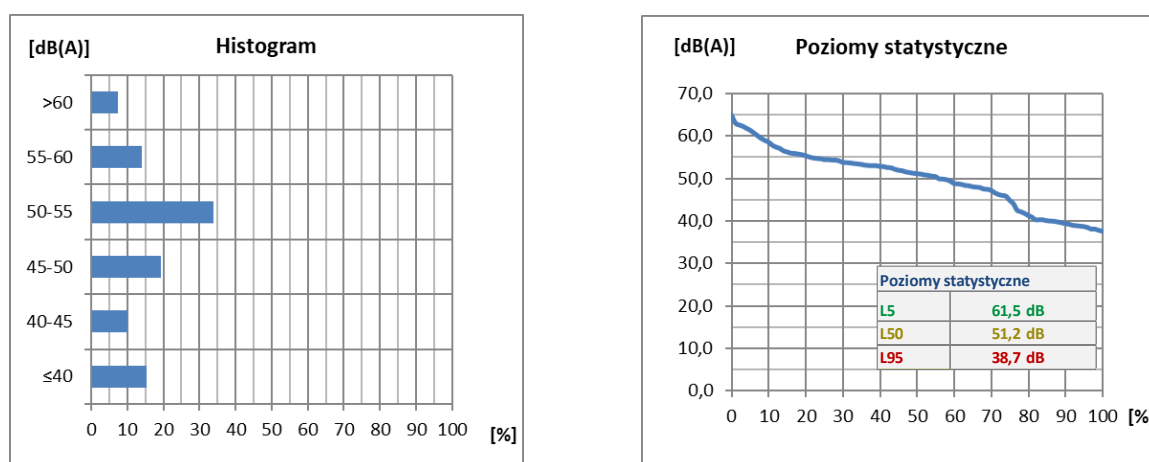
Każdy z typów pomiarów wymaga obróbki zebranych danych pomiarowych.

C.2.1.1 Pomiary kontrolne krótkookresowe

W Polsce regulowane prawnie i posiadające referencyjną metodykę pomiarową są pomiary krótkookresowe służące do oceny emisji hałasu w czasie jednej doby. [67 – Załącznik nr 7]. Do oceny stosowane są wskaźniki L_{AeqD} (równoważny poziom hałasu dla pory dnia) i L_{AeqN} (równoważny poziom hałasu dla pory nocy), z czasem odniesienia T równym 8 najmniej korzystnym kolejno po sobie następującym godzinom dnia oraz 1 najmniej korzystnej godzinie nocy. Zgodnie z metodyką

pomiary wykonać można dokonując rejestracji hałasu w sposób ciągły w całym czasie odniesienia T^{17} lub dokonując rejestracji elementarnych próbek w tym samym czasie odniesienia T .

Rejestracja w sposób ciągły daje najwięcej informacji o zmienności poziomu hałasu w ciągu jednej doby, ale w celu poprawnej interpretacji wyników wymaga monitorowania czasu pracy urządzeń, warunków meteorologicznych, tła akustycznego i czynników wpływających na nie¹⁸. Przy korzystaniu z tej metody, w celu interpretacji wyników budzących wątpliwości, należy korzystać z odsłuchu zarejestrowanego sygnału audio. Przy dłuższych monitoringach, w których hałas mierzony jest przez więcej niż jedną dobę, dodatkowo zaleca się prowadzenie rejestracji wideo otoczenia punktu pomiarowego i źródeł hałasu wpływających na wyniki (zarówno badanego obiektu jaki tła akustycznego). Przy interpretacji wyników końcowych, oprócz danych raportowanych w sprawozdaniach, warto analizować poziomy statystyczne L_5 (5% najgłośniejszych próbek), L_{50} (typowa wartość mierzona podczas pomiarów) i L_{95} (5% najcichszych próbek). Przykładowe wyniki analizy statystycznej przedstawiono na Rysunek C.26.



Rysunek C.26 Poziomy statystyczne – przykład

Rejestracja elementarnych próbek – metoda próbkowania pozwala określać wynik końcowy w oparciu o krótsze pomiary wykonywane w przedziałach czasu o stałym poziomie emisji hałasu. Minimalna liczba próbek hałasu dla każdego zidentyfikowanego przedziału czasu wynosi 3 przy dopuszczalnym rozstępie mierzonych wartości poziomu hałasu 1 dB. Wymagana liczba próbek wzrasta przy większym rozstępie mierzonych wartości poziomu hałasu w próbkach. W przypadku hałasu stałego w czasie zalecanym czasem rejestracji pojedynczej próbki jest 60 sekund, przy czym

¹⁷ Przy pomiarze ciągłym, jeżeli nie są znane tryby pracy zakładu oraz zmienność emisji hałasu, w celu wyboru 8 najmniej korzystnych kolejno po sobie następujących godzin pory dnia oraz 1 najmniej korzystnej godziny pory nocy, zaleca się wykonanie 24 godzinnych pomiarów i określenie odpowiednich przedziałów na podstawie analizy zarejestrowanego przebiegu. Jeżeli tryby pracy zakładu są znane i potrafimy ocenić zmienność, można stosować krótsze okres obserwacji zgodnie z czasami odniesienia T , dla których określone zostały wartości dopuszczalne.

¹⁸ W celu zbudowania w oparciu o takie wyniki modelu akustycznego trzeba mieć dostęp do wszystkich wymienionych zmiennych mogących znacząco wpływać na wynik końcowy pomiaru.

za hałas stały w czasie uznaje się hałas, którego chwilowe wartości poziomu dźwięku mieszczą się w przedziale 5 dB¹⁹. Warunkowo czas ten można skrócić do 10 sekund, jeżeli występuje dużo zakłóceń (np. komunikacyjnych) i nie ma możliwości zmierzenia poszczególnych próbek o czasie trwania 60 s. W przypadku okresowej pracy źródeł, czas ten należy wydłużać do czasu trwania pojedynczego zjawiska lub jego krotności. Jeżeli hałas cechuje się zmiennością większą niż 5 dB, czas pojedynczej próbki powinien być nie krótszy niż 5 minut.

W obu metodach pomiaru hałasu bardzo istotny jest pomiar tła akustycznego (parz: Rozdział C.2.1.2).

Tło akustyczne tworzą wszystkie dźwięki występujące w danym punkcie pomiarowym, które nie pochodzą od zakładu, instalacji, urządzeń aktualnie badanych z wyjątkiem krótkotrwałych przypadkowych zakłóceń. Chwilowe zakłócenia należy eliminować z pomiaru tła akustycznego analogicznie jak z pomiaru hałasu właściwego.

Zaleca się wykonywanie pomiaru tła akustycznego w tym samym punkcie pomiarowym co pomiaru właściwy przy wyłączonych wszystkich źródłach hałasu, które były przedmiotem oceny. Dopiero w drugim kroku, po potwierdzeniu braku możliwości wyłączenia źródeł, pomiar poziomu tła akustycznego można wykonywać w innym punkcie, o takim samym poziomie tła akustycznego. W przypadku wykonywania pomiaru w innym punkcie, metodyka referencyjna opisana w Rozporządzeniu [67 – Załącznik nr 7] wskazuje wykonanie pomiaru tła przed i/lub po pomiarach właściwych. Przy wykonywaniu tego typu pomiarów dobrą praktyką jest monitorowanie poziomu tła akustycznego przez cały czas wykonywania pomiarów właściwych w punktach kontrolnych.

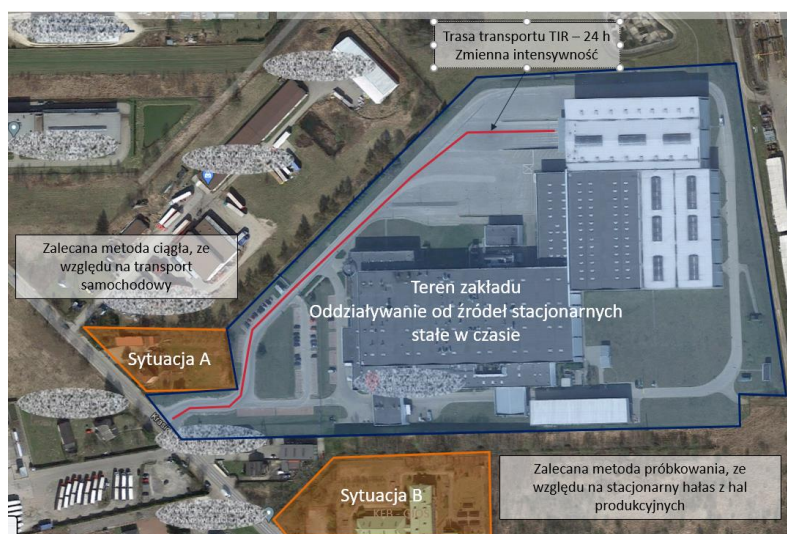
Dobór metody realizacji pomiaru hałasu, uwarunkowany jest wieloma zmiennymi i zależy od charakteru jego zmienności. Metoda ciągła zalecana jest do oceny źródeł z dużą zmiennością poziomu emisji hałasu, np. z dużym udziałem hałasu transportu wewnętrznego, pracą urządzeń budowlanych lub rozładunkowych, gdzie zmienność poziomu hałasu jest większa niż 5 dB i utrzymuje się przez większość czasu odniesienia T. Metoda próbkowania zalecana jest do oceny źródeł o znanym czasie pracy i w miarę ustalonym poziomie emisji, np. zakłady produkcyjne, centra handlowe, gdzie wyróżnić można cykle pracy o stałym oddziaływaniu w czasie odniesienia T (w ramach cykli dopuszcza się hałas zmienny, co wymaga stosowania dłuższych czasów obserwacji pojedynczych próbek).

Przykład zastosowania oby metod, w zależności od usytuowania miejsca oceny, przedstawiono na Rysunek C.27. W przedstawionym przykładzie na terenie zakładu wyróżnić można dwa rodzaje źródeł: emitory dachowe o stałym w czasie poziomie emisji hałasu oraz transport TIR odpowiedzialny za ciągłe dostawy i odbiory towarów. W sytuacji A dominującym źródłem hałasu jest transport i zalecana jest metodą ciągłą do oceny. W sytuacji B dominującym źródłem hałasu są emitory dachowe i zalecana jest metoda próbkowania do oceny.

¹⁹ Przez chwilowe zmiany poziomu dźwięku rozumie się że zarówno wartość maksymalna i minimalna mierzonego sygnału w zarejestrowanej próbce mieści się w przedziale 5 dB, jak i zmienność sygnału w analizowanym oknie czasowym t_p , po eliminacji zakłóceń mieści się w przedziale 5 dB.

Przykład trudnego do oceny poziomu tła akustycznego przedstawiono na Rysunek C.28. W badanej sytuacji oddziaływanie zakładu jest stałe i niezmiennie w czasie. Dużym zmianom natomiast cechuje się poziom tła akustycznego (ruchliwa droga). W celu poprawnej oceny w tej sytuacji zaleca się ocenę poziomu tła akustycznego w oparciu o analizę poziomów statystycznych.

W przypadku wykonywania pomiarów na potrzeby SMH oraz wykonywania pomiarów jedynie raz na dwa lata, zaleca się, aby pomiar wykonany był w korzystnych warunkach propagacji. W przypadku obiektów emitujących hałas w sposób stały dla oceny dobowej krytyczne będzie oddziaływanie w porze nocy (mniejszy wpływ tła, często bardziej korzystne warunki propagacji). Wykonywane pomiar hałasu powinny uwzględniać wszystkie zmienności czasowe w pracy źródeł. Przykładowy rozkład pracy urządzeń na zakładzie oraz określony na jego podstawie metodą próbkowania poziom hałasu w środowisku przedstawiono na Rysunek C.29



Rysunek C.27 Dobór metody pomiaru w zależności od sytuacji (Sytuacja A – zalecana metoda ciągła; B – zalecana metoda próbkowania) – przykład [podkład mapowy: GoogleEarth]



Rysunek C.28 Dobór punktów pomiarowych oddziaływania zakładu i tła akustycznego – przykład [podkład mapowy: GoogleEarth]

Katalog Danych Przemysłowych
Rozdział C. – Zagadnienia akustyczne

Źródła hałasu		Tryb pracy źródeł													
		Typowy dzień przy pełnym obciążeniu produkcyjnym i z maksymalnym obciążeniem instalacji klimatyzacyjno-wentylacyjnych budynków												Najmniej korzystne 8h pory dnia i 1h pory nocy	
		Pora dnia				Pora nocy									
		1 zmiana robocza		2 zmiana robocza		3 zmiana robocza									
		6:00 - 6:30	6:30 - 9:30	9:30 - 10:30	10:30 - 13:30	13:30 - 14:00	14:00 - 14:30	14:30 - 21:30	21:30 - 22:00	22:00 - 22:30	22:30 - 5:30	5:30 - 6:00	6:00 - 14:00	5:00 - 6:00	
Hala produkcyjna	Elementy konstrukcyjne	Ściany													
		Okna													
		Brama													
		Dach													
		Świetliki													
	Klimatyzator	1													
		2													
		3													
	Centrala wentylacyjna	Czerpnia													
		Wyrzutnia													
Obudowa															
Kanały wentylacyjne															
Komin wylotu powietrza procesowego															
Maszynownia	Elementy konstrukcyjne	Ściany	IDLE		IDLE		IDLE								
		Dach													
		Brama													
	Klimatyzator														
	Centrala wentylacyjna	Czerpnia													
		Wyrzutnia													
		Obudowa													
	Kanały wentylacyjne														
	Chłodnia	Czerpnia													
		Wyrzutnia													
Odpylacz	Napęd														
	Wylot														
Budynek biurowy	Obudowa														
	Klimatyzator														
Parking pracowniczy		21	6	2	6	36	51	14	21	35		50	8.875	50	
Plac przeładunkowy		2	12	4	12	2	2	28	2				4	0	
Drogi na terenie zakładu	Samochody osobowe	21	6	2	6	36	51	14	21	35		50	8.875	50	
	Samochody ciężarowe	2	12	4	12	2	2	28	2				4	0	
	Wózki widłowe	8	48	16	48	8	8	112	8				16	0	
Oznaczenie trybów pracy zakładu		t _{pD1}	t _{pD2}	t _{pD3}	t _{pD4}	t _{pD5}	t _{pD6}	t _{pN1}	t _{pN2}	t _{pN3}	t _{pD1...t_{pD4}}	t _{pN2...t_{pN3}}			

- Praca z maksymalną wydajnością
- Praca ze zmniejszoną wydajnością
- Instalacja wyłączona
- Stan bezczynności lub biegu jałowego
- Liczba zdarzeń akustycznych w danym okresie
- Średnia liczba zdarzeń przypadająca na 1h

Tryb pracy	t _{pD1}	t _{pD2}	t _{pD3}	t _{pD4}
Przedziały czasowe w których wykonano pomiary hałasu [hh:mm]	6:00 6:30	6:30 9:30	9:30 10:30	13:30 14:00
Średni poziom hałasu dla danego trybu pracy mierzony wraz z tłem akustycznym [dB]	L' _{AeqD1} = 64.5	L' _{AeqD2} = 59.5	L' _{AeqD3} = 61.0	L' _{AeqD4} = 63.4
Poziom tła akustycznego, [dB]	L _{At} = 52.1			
Oddziaływanie zakładu w danym trybie pracy [dB]	64.2	58.6	60.4	63.1
Czas trwania danego trybu pracy w badanym czasie odniesienia T = 8h. [h]	0.5	6	1	0.5
Oddziaływanie zakładu w danym trybie pracy po zważeniu czasem trwania cyklu w stosunku do czasu odniesienia T = 8h [dB]	52.2	57.4	51.4	51.0
Równoważny poziom hałasu	L _{AeqT} = 59,9 dB			
Dopuszczalny poziom hałasu	55 dB			
Przekroczenie dopuszczalnego poziomu hałasu, ΔL _k [dB]	4.9 dB			

Rysunek C.29 Tryb pracy zakładu z podziałem na okresy o stałej emisji hałasu i określony metodą próbkowania poziom hałasu w porze dnia [źródło: <https://aci.acoucou.org/>]

C.2.1.2 Długookresowe

W przypadku strategicznych map hałasu ocenę przeprowadza się w oparciu o wskaźniki długookresowe, z czasem odniesienia 1 rok.

Obecnie w praktyce dostępne są jedynie pomiary krótkookresowe dla jednej doby roku. Docelowo powinno dążyć się do posiadania danych z wielu dób równomiernie rozłożonych w całym roku²⁰.

Chcąc w oparciu o pomiary krótkookresowe określić wskaźniki długookresowe konieczne jest posiadanie zbioru wyników dla różnych okien czasowych różniących się warunkami meteorologicznymi oraz częstością występowania różnych warunków.

W przypadku próby określenia długookresowych wskaźników na podstawie krótkookresowych pomiarów konieczne jest zastosowanie procedury przedstawionej w normie ISO 1996-2:2017²¹. W celu jej realizacji konieczne jest:

- ▣ wykonanie pomiarów hałasu dla różnych okien meteorologicznych,
- ▣ wykonanie pomiarów dla różnych stanów pracy zakładu,
- ▣ określenie procentowych udziałów poszczególnych klas warunków meteorologicznych.

Kolejne pomiary muszą pochodzić z okresów niezależnych od siebie. Minimalne odstępy czasowe pomiędzy kolejnymi pomiarami przedstawiono w Tabeli C.6. W Tabeli C.7 przedstawiono przykładowe obliczenia średniorocznego poziomu dźwięku obliczonego na podstawie niezależnych pomiarów wykonanych dla różnych okien warunków meteorologicznych, w oparciu o zależności opisane w normie ISO 1996-2:2017.

Tabela C.6 Minimalne odstępy czasowe pomiędzy kolejnymi niezależnymi seriami pomiarowymi (opracowano na podstawie normy ISO 1996-2:2017)

Odległość punktu pomiarowego od źródła	< 100 m		od 100 m do 300 m		> 300 m	
	Dzień	Noc	Dzień	Noc	Dzień	Noc
Pora doby						
Minimalny odstęp czasu pomiędzy kolejnymi pomiarami	zależny od pracy źródeł		48 h	48 h	72 h	72 h

²⁰ W tym celu, w przyszłości, miasto może wytypować wokół wskazanych do mapowania obiektów po jednym (stałym) punkcie kontrolnym, na potrzeby wykonywania cyklicznych pomiarów realizowanych w różnych porach roku i przy różnych warunkach meteorologicznych. Miasta posiadające własny monitoring hałasu mogą w tym celu rozbudować swój system, gromadząc dane do przyszłych strategicznych map hałasu.

²¹ W normie ISO 1996-2:2017 przedstawionych jest kilka przykładowych metod określania długookresowego poziomu dźwięku wraz z przykładami. W ramach niniejszej pracy przedstawiono jedynie jeden ze sposobów.

Tabela C.7 Określenie średniorocznego poziomu dźwięku L_{DWN} na podstawie serii niezależnych pomiarów wykonanych dla różnych okien warunków meteorologicznych.

Doba	Poziom dźwięku w porze dnia - L_d , [dB]				Poziom dźwięku w porze wieczoru - L_w , [dB]				Poziom dźwięku w porze nocy - L_n , [dB]			
	Okno meteorologiczne				Okno meteorologiczne				Okno meteorologiczne			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
	niekorzystne	obojętne	korzystne	bardzo korzystne	niekorzystne	obojętne	korzystne	bardzo korzystne	niekorzystne	obojętne	korzystne	bardzo korzystne
1	36,1	45,1	48,1	-	33,1	42,1	45,1	47,1	31,1	40,1	43,1	45,1
2	38,8	48	50,2	-	35,6	44,8	47	48,8	33,6	42,8	45	46,8
3	38,6	47,4	51,2	-	36,1	44,9	48,7	50,9	34,1	42,9	46,7	48,9
4	36,4	42,7	46,9	-	33,7	40	44,2	46,3	31,7	38	42,2	44,3
5	36,2	47,9	49,7	-	33,4	45,1	46,9	48,8	31,4	43,1	44,9	46,8
Średni poziom dźwięku, [dB]	37,4	46,6	49,5	-	34,6	43,8	46,7	48,7	44,7	41,8	44,7	46,7
Procent występowania warunków meteorologicznych w przeciągu roku	20%	40%	40%	0%	10%	30%	30%	30%	10%	20%	20%	50%
Średnioroczny poziom dźwięku, [dB] – zgodnie z wzorem (5) z normy ISO 1996-2:2017	47,4				46,4				45,4			
Poprawka dla L_{DWN} , [dB]	0				5				10			
Średnioroczny poziom dźwięku + poprawka dla L_{DWN} , [dB]	47,4				51,4				55,4			
Czas odniesienia t względem $T=24h$, [h]	12				4				8			
Średnioroczny poziom dźwięku + poprawka dla L_{DWN} + ważenie czasem (t/T), [dB]	44,4				43,6				50,7			
L_{DWN} , [dB]	52,2											

C.2.1.3 Lokalizacja i liczba punktów

Lokalizacja punktów

Lokalizacja punktów pomiarowych, zgodnie z referencyjną metodyką pomiarową [67 – Załącznik nr 7] do oceny wskaźników dobowych L_{AeqD} i L_{AeqN} zależy od:

- ▣ charakterystyki i usytuowania źródeł hałasu (instalacji i urządzeń),
- ▣ własności pochłaniających i odbijających terenu oraz zagospodarowania terenu.

Powyższy zapis metodyki oznacza, że przy lokalizacji punktów pomiarowych nie tylko zagospodarowanie warunkuje ich usytuowanie.

Zgodnie z metodyką referencyjną, punkty pomiarowe należy lokalizować na terenach objętych ochroną przed hałasem, tak aby ustalić miejsce z największym oddziaływaniem badanych źródeł, z uwzględnieniem poniższych reguł:

- ▣ na terenie niezabudowanym – 1,5 m nad powierzchnią terenu,
- ▣ na terenie zabudowanym:
 - przy elewacji budynków objętych ochroną przed hałasem w odległości od 0,5 do 2,0 m od elewacji tych budynków:
 - w świetle okna kondygnacji ekspozycyjnej na hałas (zamkniętego lub otwartego),
 - na wysokości 4 m nad powierzchnią terenu, gdy nie ma możliwości wykonania pomiaru w świetle okna na danej kondygnacji,
 - na terenach otaczających budynki, na wysokości 4 m nad powierzchnią terenu.

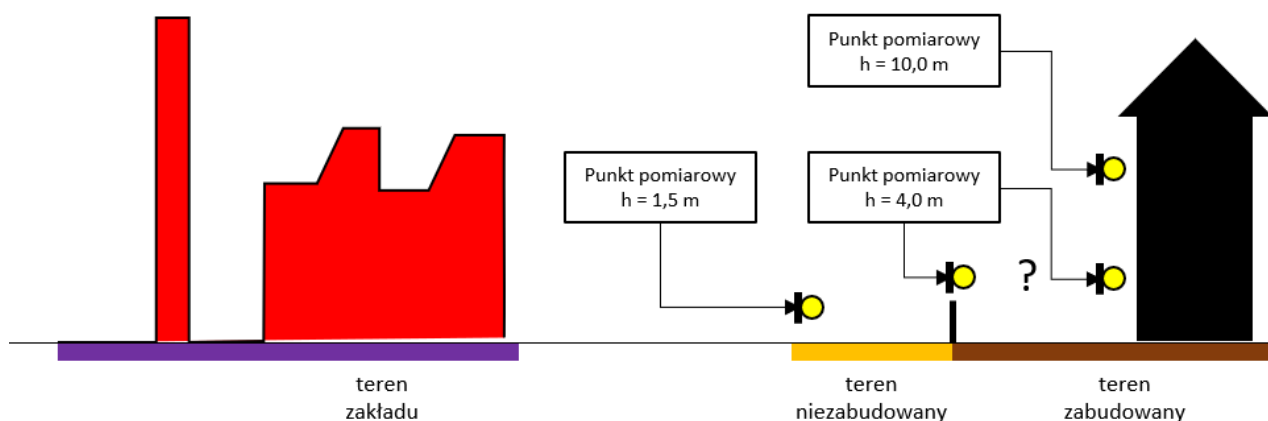
W przypadku hałasu przemysłowego punkty pomiarowe powinny być lokalizowane na głównych kierunkach propagacji, tam gdzie znajduje się zabudowa objęta ochroną przed hałasem. Przy doborze punktów należy kierować się następującymi zasadami:

- ▣ Pomiar na pierwszej linii zabudowy z bezpośrednią widocznością badanych źródeł hałasu – celem określenia maksymalnego oddziaływania wraz z tłem akustycznymi
- ▣ Pomiar tła akustycznego w tym samym punkcie przy wyłączonej pracy badanych źródeł (jeżeli możliwy) lub w cieniu akustycznym najbliższej zabudowy na tej samej wysokości co pomiar właściwy – celem oceny tła akustycznego. W przypadku pomiaru w cieniu akustycznym miejsce pomiaru nie może powodować znaczącego obniżenia oddziaływania od pozostałych źródeł (nie będących przedmiotem oceny). W każdym przypadku w protokole pomiarowym należy szczegółowo scharakteryzować źródła kształtujące tło (patrz: Rozdział C.2.5.3)

Schematyczne usytuowanie każdej z opisywanych pozycji przedstawiono na Rysunek C.30. Wskazanie miejsca z największą uciążliwością zawsze należy szczegółowo przeanalizować w kontekście usytuowania badanych źródeł i wskazanych w metodyce punktów kontrolnych. W Tabeli C.8 przedstawiono przykładową analizę przypadku.

W przypadku wykonywania pomiarów na terenach otaczających budynki, na terenach słabo i średnio zurbanizowanych, wykonuje się je na granicy terenu objętego ochroną przed hałasem. Na

terenach silnie zurbanizowanych, gdzie granica terenu z funkcją chronioną jest trudna do ustalenia, pomiar na terenach otaczających budynki nie jest zalecany, a zalecany jest pomiar na elewacji, w punkcie najbardziej eksponowanym na oddziaływanie akustyczne badanego zakładu.



Rysunek C.30 Schemat usytuowania punktów pomiarowych zgodnie z referencyjną metodyką pomiarową.

Liczba punktów

Liczba punktów pomiarowych dla pomiarów kontrolnych ustalana jest indywidualnie dla każdego z badanych przypadków.

Pomiary kontrolne wykonywane w celu określenia dobowych wskaźników wykonywać należy przy najbliższych terenach chronionych, gdzie identyfikowane jest oddziaływanie zakładu.

Pomiary kontrolne wykonywane w celu określenia długookresowych wskaźników wykonywać należy w najbardziej eksponowanych punktach przy najbliższych terenach chronionych oraz punktach z oddziaływaniem akustycznym na granicy wartości dopuszczalnej. Dodatkowo, w celu monitorowania stabilności emisji hałasu z terenu zakładu zaleca się pomiar w co najmniej jednym punkcie na terenie zakładu, usytuowanym na kierunku terenów chronionych²².

²² Punktu na terenie zakładu nie można lokalizować zbyt blisko dominujących źródeł hałasu. Optymalną lokalizacją jest otoczenie granicy zakładu lub większa odległość od grupy dominujących źródeł, na kierunku terenów chronionych. Wysokość usytuowania punktu pomiarowego powinna umożliwiać pomiar fali bezpośredniej od głównych źródeł hałasu.

Tabela C.8 Dobór punktów pomiarowych do oceny oddziaływania – analiza przypadku.*Szkic sytuacji pomiarowej:*

[podkład mapowy: GoogleEarth]

Opis sytuacji pomiarowej:

Hałas do środowiska emitowany jest z trzech obiektów przemysłowych (1, 2 i 3). Tło akustyczne kształtowane jest przez hałas komunikacyjny nie związany z pracą badanych obiektów. Zadaniem jest określenie oddziaływania od Obiektu 1, które cechuje się największym oddziaływaniem w zakresie hałasu przemysłowego na badanym terenie. Najbliższe tereny chronione znajdują się na wschód od badanego obiektu. Część terenów objęta jest zapisami Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego (MPZP), ale teren ten nie jest użytkowany zgodnie z przeznaczeniem. Pozostała część terenów mieszkaniowych jest zagospodarowana, ale nie posiada MPZP.

W badanej sytuacji zastosowano pomiar całodobowy, na podstawie którego przeprowadzono szczegółową ocenę zarejestrowanego sygnału i wybrano próbki sygnału reprezentujące oddziaływanie Obiektu 1.

Opis punktów pomiarowych:

Na potrzeby oceny oddziaływania akustycznego rozważano trzy punkty pomiarowe w środowisku oraz jeden punkt na terenie zakładu.

P1: Punkt zlokalizowany na granicy terenu chronionego na wysokości 1,5 m na poziomym terenie.

P2: Punkt zlokalizowany na terenach otaczających budynki na wysokości 4 m na powierzchnię terenu

P3: Punkt zlokalizowany w świetle zamkniętego okna kondygnacji eksponowanej na hałas.

P_REF: Punkt dodatkowy, zlokalizowany na dachu badanego obiektu, w celu monitorowania stanu pracy źródeł hałasu.

Komentarz:

Punkt P1 nie nadaje się do oceny Obiektu 1, z kilku powodów. Po pierwsze jest ekranowany przez Obiekt 2. Po drugie eksponowany jest głównie lokalne oddziaływanie Obiektu 2. Po trzecie punkt ten znajduje się na terenie faktycznie niezagospodarowanym. Punkt ten należałoby rozważyć przy ocenie Obiektu 2.

Punkt P2 nie nadaje się do oceny Obiektu 1, ponieważ zlokalizowany jest blisko poziomu gruntu i nie ma pełnej widoczności na wszystkie istotne źródła hałasu Obiektu 1. Dodatkowo w punkcie występuje wysoki poziom tła akustycznego od okolicznych szlaków komunikacyjnych, co dodatkowo wpływa na wynik pomiaru.

Punkt P3 nadaje się do oceny Obiektu 1. Posiada on pełną widoczność istotnych źródeł hałasu badanego obiektu. Dodatkowo jego usytuowanie uwzględnia wpływ dodatkowych wielokrotnych odbić powstających pomiędzy blokami mieszkalnymi. Dodatkowo punkt ten jest słabo eksponowany na okoliczne szlaki komunikacyjne, kształtujące poziom tła akustycznego.

Punkt P_REF służył do monitorowania stanu pracy istotnych źródeł hałasu na zakładzie. Jego lokalizacja została dobrana w sposób, który gwarantował ocenę emisji w kierunku chronionej zabudowy. Wyniki pomiaru z tego punktu były korelowane z wynikami z punktu P3, w celu poprawnego doboru okresów analizy.

W praktyce dobór punktu pomiarowego jest niezwykle ważny i ściśle uzależniony od kontekstu całej badanej sytuacji.

C.2.2 Kalibracyjne i weryfikacyjne

Pomiary kalibracyjne i weryfikacyjne wykonuje się na potrzeby tworzenia modelu obliczeniowego hałasu przemysłowego. Oba procesy wykonuje się w celu dostrojenia i sprawdzenia utworzonych w modelu akustycznym zastępczych źródeł hałasu.

Kalibracja polega na „dostrojeniu” danych wejściowych, takich jak poziom mocy akustycznej L_w , przyjmowanych na podstawie danych katalogowych czy pomiarów inżynierskich.

Weryfikacja ma na celu sprawdzenie czy przyjęty model zastępczy źródła hałasu dla złożonego urządzenia jest adekwatny/właściwy.

Podstawowym kryterium kalibracji i weryfikacji jest porównanie wyników pomiarów z wynikami obliczeń, uzyskanymi dla takich samych warunków pracy urządzeń/installacji będących źródłami hałasu.

Pomiary kalibracyjne służą do oceny jakości modelu akustycznego, jego dostrojenia i określenie granic używalności. Stanowią one jedno z najważniejszych pomiarów przy modelowaniu akustycznym. W pomiarach tych można wyróżnić trzy podstawowe cele:

- ▣ Kalibracja poziomu mocy akustycznej źródła,
- ▣ Kalibracja kierunkowości,
- ▣ Kalibracja propagacji fali akustycznej.

Każdy z celów charakteryzuje się inną lokalizacją i liczbą punktów. Dla pomiarów kalibracyjnych kluczową rolę odgrywa określenie stanu pracy źródeł hałasu oraz warunków propagacji. Informacje te wraz z wynikiem pomiarów stanowią niezbędny pakiet danych potrzebnych do poprawnej kalibracji.

C.2.2.1 Lokalizacja i liczba punktów

Lokalizacja punktów

Przy doborze punktów należy kierować się następującymi zasadami:

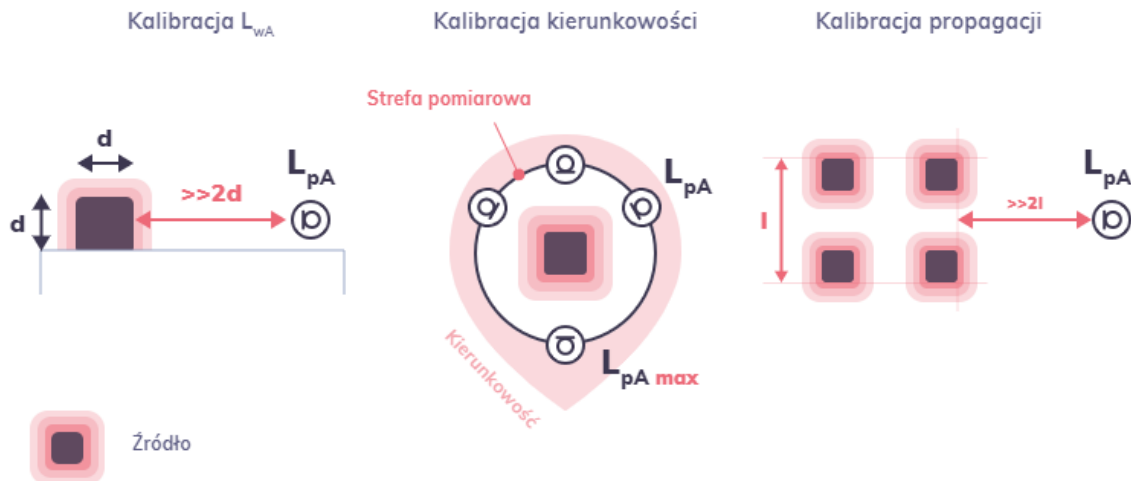
- ▣ Pomiary kalibracyjne emisji
 - Pomiar w odległości co najmniej 2 razy większej niż największy wymiar źródła lub grupy źródeł,
 - W przypadku pomiaru źródeł na dachach pomiar na krawędzi dachu w kierunku zabudowy mieszkaniowej,
 - Pomiar w polu bezpośredniego oddziaływania badanego źródła, tzn. źródło musi być wyraźnie słyszalne i identyfikowalne (najlepiej z bezpośrednią widocznością),
- ▣ Pomiary kalibracyjne kierunkowości:
 - Pomiar w wokół całego źródła w stałej odległości,
 - Pomiar w polu bezpośredniego oddziaływania badanego źródła,
 - Brak wpływu poziomu tła akustycznego na wynik pomiarów (odstęp od tła większy niż 10 dB),
- ▣ Pomiary kalibracyjne propagacji:

- Pomiary w odległości co najmniej 2 razy większej niż największy wymiar źródła lub grupy źródeł,
- Pomiary na granicy zakładu wraz z oceną czy zakład jest słyszalny:
 - jeżeli jest słyszalny (odstęp od tła akustycznego > 3 dB) model powinien dawać wartość nie mniejszą niż zmierzona,
 - jeżeli nie jest słyszalny (odstęp od tła akustycznego < 3 dB) model powinien dawać wartości nie większe niż zmierzona,
- W przypadku zakładów o znaczącym oddziaływaniu, na dominujących kierunkach propagacji pomiar w kilku punktach na głównej osi emisji.

Dodatkowo w przy wyborze punktów pomiarowych do kalibracji modelu zaleca kierować się poniższymi zasadami:

- W punkcie kalibracyjnym powinno dominować oddziaływanie badanego obiektu,
- W przypadku wątpliwości, czy dane źródło dominuje, wykonać należy pomiary hałasu w różnych odległościach od źródła (brak istotnych zmian sugeruje brak wpływu),
- Wykonać należy pomiary na różnych kierunkach propagacji, zwracając szczególną uwagę na kierunki z zabudową mieszkaniową,
- Przy doborze lokalizacji punktów wokół zakładów należy kierować się zaleceniami normy PN-EN ISO 8297,
- Przy kalibracji źródeł pracujących na dachach wykonać należy pomiary przy krawędzi dachu.

Na Rysunek C.31 przedstawiono podstawowe zasady określania lokalizacji punktów pomiarowych dla celów kalibracyjnych.



Rysunek C.31 Pomiary kalibracyjne [źródło: <https://aci.acoucou.org>]

Liczba punktów

Liczbę punktów pomiarów kalibracyjnych ustala się indywidualnie dla każdego z badanych przypadków i zawsze wynosi ona od kilku do kilkunastu punktów.

C.2.3 Walidacyjne

Pomiary walidacyjne wykonuje się w celu sprawdzenia poprawności wyników obliczeń, tzn. czy wyniki obliczeń poziomu hałasu w środowisku są zgodne z rzeczywistością. Podobnie jak w przypadku kalibracji i weryfikacji modeli źródeł hałasu, podstawę walidacji stanowi porównanie wyników pomiarów i obliczeń uzyskanych dla takich samych warunków funkcjonowania obiektu i warunków propagacji. Inne są zasady doboru punktów pomiarowych.

Proces walidacji polega na „dostrojeniu” danych wejściowych, przyjmowanych szacunkowo lub z dużą dozą niepewności i polega na korekcie empirycznych parametrów modelu obliczeniowego do warunków lokalnych. Podczas walidacji dostrojeniu podlegają: parametr G określający właściwości pochłaniające powierzchni gruntu, współczynniki pochłaniania fasad oraz parametry obliczeniowe modelu (np. rząd obić, promienie poszukiwań uwzględniane w obliczeniach).

Pomiary walidacyjne przeprowadzone są w oparciu o obowiązujące metodyki, normy i najlepsze praktyki. Ich celem jest weryfikacja porównanie wyników obliczeń z wynikami otrzymanymi w ramach:

- ▣ akredytowanych pomiarów kontrolnych,
- ▣ własnych i deklarowanych przez producentów poziomów mocy akustycznej,
- ▣ wyników własnych i otrzymanych obliczeń.

Przeprowadzenie wyników „w oparciu” oznacza, że przy pomiarach walidacyjnych nie zawsze spełnione są wszystkie wymagania metod. Wykonywanie tego typu pomiarów wymaga dobrej znajomości metod w oparciu o które wykonuje się badania.

Pomiary walidacyjne pozwalają w szybki, inżynierski sposób sprawdzać wiele parametrów akustycznych.

W przypadku walidacyjnych pomiarów kontrolnych, pomiar hałasu powinien uwzględniać wszystkie zmienności czasowe w pracy źródeł, a w przypadku zgrubnej oceny, w co najmniej 1 punkcie czas obserwacji powinien trwać minimum 10 minut. Podczas wykonywania badań akustycznych na analizowanym zakładzie zaleca się rozstawienie jednego punktu pomiarowego, który będzie rejestrował zmienność emisji przez cały czas wykonywania pozostałych czynności inwentaryzacyjnych.

C.2.3.1 Lokalizacja i liczba punktów

Lokalizacja punktów

W zależności od celu pomiarów walidacyjnych, lokalizacja punktów będzie ulegać zmianom. Przy określaniu lokalizacji punktów walidacyjnych warto kierować się poniższymi zasadami:

- ▣ dla walidacyjnych pomiarów kontrolnych wybierać należy punkty, gdzie badany zakład odgrywa dominującą rolę w kształtowaniu klimatu akustycznego lub jego oddziaływanie jest na granicy poziomu dopuszczalnego,

- dla walidacyjnych pomiarów poziomu mocy akustycznej wybierać należy punkty na kierunku propagacji w stronę chronionej zabudowy oraz na kierunku gdzie brak jest wpływu innych źródeł hałasu,
- dla pomiarów walidacyjnych wyników z obliczeń kierować należy się zasadami przedstawionymi dla pomiarów kalibracyjnych oraz zasadami przedstawionymi w normie PN-ISO 8297:2003 (patrz: Rozdział C.2.2.1 i Rozdział C.3.2.2).

Liczba punktów

W zależności od celu pomiarów walidacyjnych, liczba punktów będzie ulegać zmianom. Przy określaniu lokalizacji punktów walidacyjnych warto kierować się poniższymi zasadami:

- dla walidacyjnych pomiarów kontrolnych minimalna liczba punktów wynosi 1,
- dla walidacyjnych pomiarów poziomu mocy akustycznej minimalna liczba punktów równa się liczbie dominujących źródeł hałasu,
- dla pomiarów walidacyjnych wyników z obliczeń minimalna liczba punktów wynosi 4 (po jednym na każdym z kierunków stron świata), zaleca się zwiększanie liczby punktów w zależności od liczby terenów objętych ochroną przed hałasem.

C.2.4 Raportowanie pomiarów

Przy wykonywaniu pomiarów hałasu przemysłowego należy raportować:

- Wykonawcę pomiarów,
- Datę pomiarów,
- Cel pomiarów,
- Metodykę pomiarową,
- Dane sprzętu pomiarowego wraz z informacją o jego wzorcowaniu,
- Warunki meteo panując podczas pomiarów,
- Współrzędne punktów pomiarowych (oceny oddziaływania i tła akustycznego),
- Dokumentację fotograficzną punktów pomiarowych, badanego obiektu i jego otoczenia,
- Charakterystykę otoczenia źródeł i punktów kontrolnych,
- Charakterystykę czynników kształtujących tło akustyczne,

Przy wykonywaniu pomiarów do weryfikacji poziomu mocy akustycznej dodatkowo należy raportować:

- Producenta urządzenia (jeżeli dotyczy),
- Model urządzenia (jeżeli dotyczy),
- Inne dane identyfikujące źródło,
- Tryb pracy urządzenia (wydajność, itp.),
- Warunki montażu i usytuowanie urządzenia,
- Metodykę pomiarową w oparciu o którą prowadzono pomiary,
- Szkic sytuacji pomiarowej uwzględniający badane źródło, punkty pomiarowe, obiekty wokół,
- Informacje o charakterze emisji (kierunkowość, tonalność, impulsowość),
- Inne istotne dla emisji parametry.

Raportowanie wszystkich istotnych dla pomiaru informacji umożliwia pełne wykorzystanie wykonywanych pomiarów hałasu. Przykładem sytuacji, w której pełne raportowanie odgrywa istotną rolę jest pomiar kontrolny dużego zakładu przemysłowego, gdzie na wynik pomiaru istotnie wpływają warunki propagacji i stan pracy urządzeń (patrz: Rysunek C.32). W analizowanym przykładzie punkt pomiarowy zlokalizowany jest przy najbliższej zabudowie mieszkaniowej. Poziom hałasu w badanym punkcie silnie zależy o kierunku i prędkości wiatru oraz obciążenia i czasu pracy poszczególnych wydziałów produkcyjnych zakładu. Bez szczegółowego opisu badanej sytuacji wynik pomiaru jest nie pełny i nie ma możliwości jego weryfikacji.



Rysunek C.32 Przykładowa sytuacja pomiarowa wymagająca opisu trybu pracy zakładu w dniu pomiaru [podkład mapowy: GoogleEarth]

C.2.5 Wybrane zagadnienia praktyczne

C.2.5.1 Czas pomiarów, a czas pracy źródeł

Do oceny oddziaływania akustycznego obiektów przemysłowych w punktach kontrolnych w środowisku zastosowanie ma referencyjna metodyka pomiarowa opisana w Załączniku nr 7 do Rozporządzenia [67 – załącznik nr 7]. W ramach tej metodyki do oceny pomiary hałasu można wykonać metodą pomiaru ciągłego lub metodą próbkowania. W niniejszym rozdziale przedstawiono jak w zależności od charakteru mierzonego poziomu hałasu dobór metody może wpływać na wyniki końcowe.

W celu wyznaczenia równoważnego poziomu hałasu w czasie odniesienia T (L_{AeqT}), zgodnie z referencyjną metodyką [67 – załącznik nr 7], należy kolejno:

- Krok 1: Określić charakter pracy zakładu oraz ocenić na tej podstawie zmienność poziomu emisji.
- Krok 2: Określić czynniki wpływające na poziom tła akustycznego oraz jego wpływ na wyniki pomiarów.
- Krok 3: wybrać metodę pomiarową odpowiednią do charakteru zmienności poziomu emisji (pomiar metodą ciągłą lub próbkowania)
- Krok 4:
 - A) dla metody ciągłej:
 - zarejestrować hałas w sposób ciągły w czasie odniesienia T ,
 - wyeliminować zakłócenia zewnętrzne wpływające na wynik pomiaru i określić równoważny zmierzony poziom dźwięku (L_{Aeqzm}),

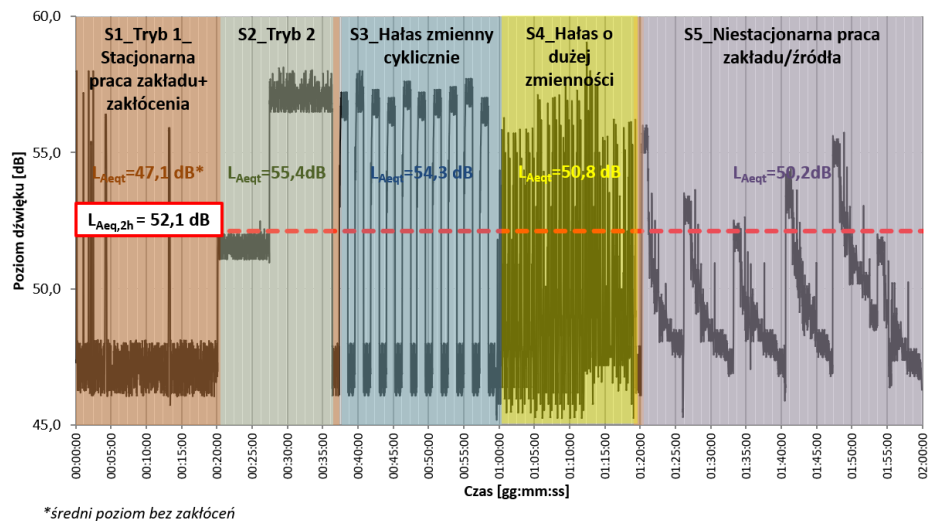
- wyznaczyć poziom dźwięku emitowanego do środowiska L_{AeqT} po uwzględnieniu wpływu poziomu tła akustycznego L_{At} na wynik.
- B) dla metody próbkowania:
 - ustalić możliwe tryby pracy zakładu oraz określić czas trwania poszczególnych stanów pracy (określenie przedziałów czasów t_p),
 - określić czas trwania próbek pomiarowych (t_0),
 - wyznaczyć średnie poziomy dźwięku L_{Asr} dla każdego z wyodrębnionych trybów pracy zakładu (w przedziałach t_p),
 - wyznaczyć poziom emisji hałasu w środowisku dla każdego stanu pracy (L_{Aek}) po uwzględnieniu wpływu poziomu tła akustycznego L_{At} na wynik,
 - wyznaczyć poziom dźwięku emitowanego do środowiska L_{AeqT} (średnia ważona czasem trwania poszczególnych stanów pracy).

Wpływ doboru metody pomiarowej i sposobu wykonania pomiarów na wynik pomiaru poziomu emisji hałasu zilustrowano na przykładzie zamieszczonym poniżej.

W ramach analizy przeprowadzono ocenę oddziaływania dla przykładowych 5 różnych przypadków zmienności poziomu emisji hałasu:

- ▣ S1 – Tryb 1 – stacjonarna praca zakładu, występują istotne zakłócenia,
- ▣ S2 – Tryb 2 – stacjonarna okresowo praca zakładu, brak zakłóceń,
- ▣ S3 – praca w trybie zmiennym cyklicznie,
- ▣ S4 – praca z dużą zmiennością w emisji hałasu,
- ▣ S5 – niestacjonarna praca, hałas zmienny okresowo w sposób przypadkowy

Analizę przeprowadzono dla okna czasowego $T = 2h$. Na Rysunek C.33 przedstawiono zmierzony poziom dźwięku wraz oznaczeniem poszczególnych trybów pracy oraz równoważnych poziomów hałasu w każdym z trybów. W kolejnych rozdziałach przedstawiono przegląd metod określania poziomu hałasu dla każdego z trybów wraz komentarzem.

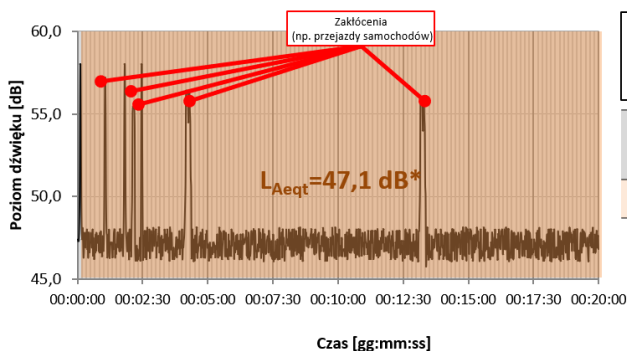


Rysunek C.33 Przebieg zmian poziomu hałasu zakładu o dużej zmienności emisji wraz z określeniem typowych stanów pracy oraz równoważnego poziomu dźwięku

C.2.5.1.1 S1 – Tryb 1 – stacjonarna praca zakładu wraz zakłóceniami

Opis stanu pracy: Praca zakładu jest stała w czasie (tzn. zmiany chwilowego poziomu dźwięku nie przekraczają 5 dB). Dodatkowo w czasie pracy zakładu pojawiają się zakłócenia nie pochodzące od niego (przejazdy samochodów po drodze publicznej)

S1 – TRYB 1 – STACJONARNA PRACA ZAKŁADU

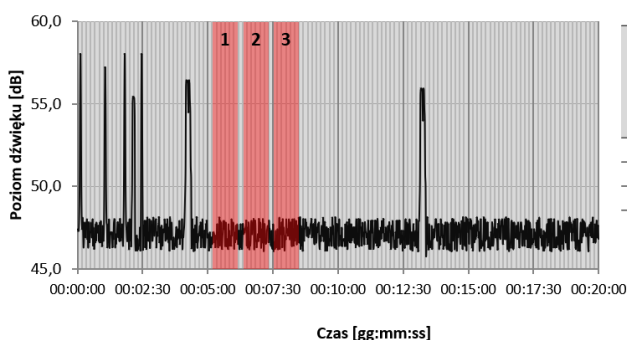


METODA CIĄGŁA			
zmierny poziom dźwięku w całym czasie trwania wskazanego stanu pracy zakładu			
Oznaczenie badanego stanu pracy zakładu	Opis stanu pracy zakładu	Czas trwania stanu (przedział czasu tp) [gg:mm:ss]	Zmierzony średni poziom dźwięku w przedziale tp [dB]
S1	Stacjonarna praca zakładu	0:21:46	47,1*

*poziom średni po eliminacji zakłóceń

METODA PRÓBKOWANIA

Obliczony poziom $L_{A_{sr}}$ na podstawie próbek 60-cio sekundowych.

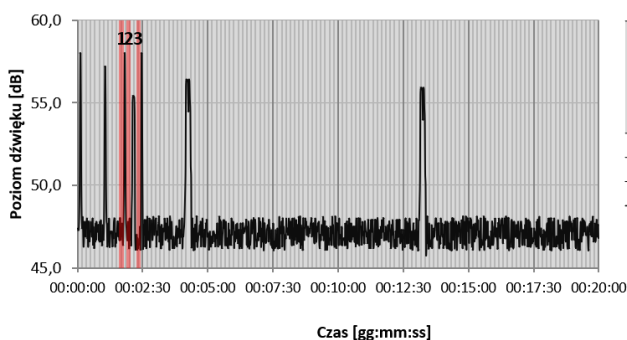


Nr próbki	Zmierzony poziom dźwięku w czasie t_0	Różnica między najwyższą a najniższą wartością zmierzonego poziomu hałasu	Średni poziom dźwięku $L_{A_{sr}}$ z wybranych próbek [dB]
1	47,1	0,1	47,1
2	47,2		
3	47,2		

Średni poziom dźwięku został obliczony na podstawie trzech próbek 60 s, dla których różnica pomiędzy wartością maksymalną a minimalną nie przekraczała 1 dB.

METODA PRÓBKOWANIA

Obliczony poziom $L_{A_{sr}}$ na podstawie próbek 10-cio sekundowych



Nr próbki	Zmierzony poziom dźwięku w czasie t_0	Różnica między najwyższą a najniższą wartością zmierzonego poziomu hałasu	Średni poziom dźwięku $L_{A_{sr}}$ z wybranych próbek [dB]
1	47,1	0,6	47,0
2	47,2		
3	47,2		

W przypadku, gdy pomiary przeprowadzane są w momencie wystąpienia wielu zakłóceń tzn. takich, które uniemożliwiają wykonanie próbek 60s dopuszczalne jest wykonanie próbek trwających 10 s.



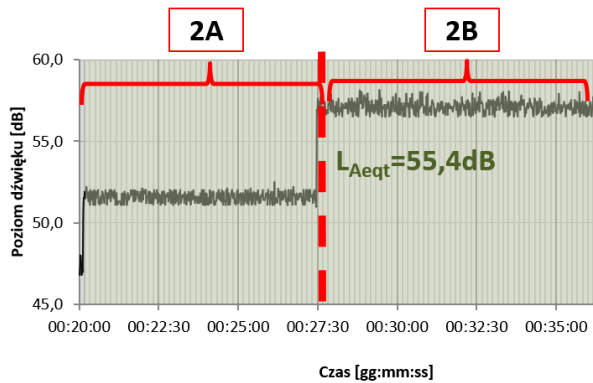
UWAGA! Decyzja o ilości próbek jest ustalana na bieżąco w czasie pomiarów, w zależności od najwyższej i najniższej wartości zmierzonego poziomu próbki w danym przedziale czasu.

Rysunek C.34 Metody określania wyniku pomiaru dla stanu pracy S1 – Tryb 1.

C.2.5.1.2 S2 – Tryb 2 – stacjonarna dwustopniowa praca zakładu bez zakłóceń,

Opis stanu pracy: W pracy zakładu występują dwie fazy, o różnym poziomie emisji hałasu. W czasie trwania każdej z wyróżnionych faz hałas jest stacjonarny.

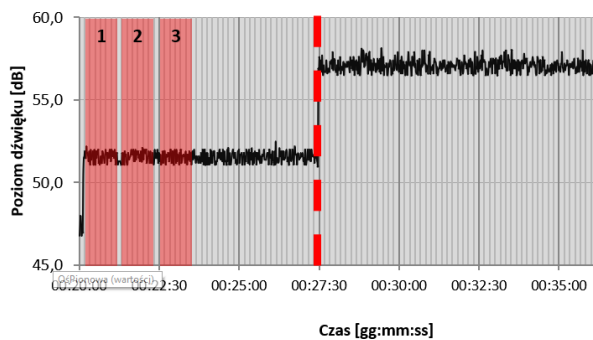
S2 - TRYB 2 - STACJONARNA OKRESOWO PRACA ZAKŁADU



METODA CIĄGŁA
zmierzony poziom dźwięku w całym czasie trwania wskazanego stanu pracy zakładu

Oznaczenie badanego stanu pracy zakładu	Opis stanu pracy zakładu	Czas trwania stanu (przedział czasu tp) [gg:mm:ss]	Zmierzony średni poziom dźwięku w przedziale tp [dB]
S2	Tryb 2 (czasowe włączenie źródeł)	0:16:20	55,4
S2A	Tryb 2A	00:07:20	51,5
S2B	Tryb 2B	00:09:00	57,1

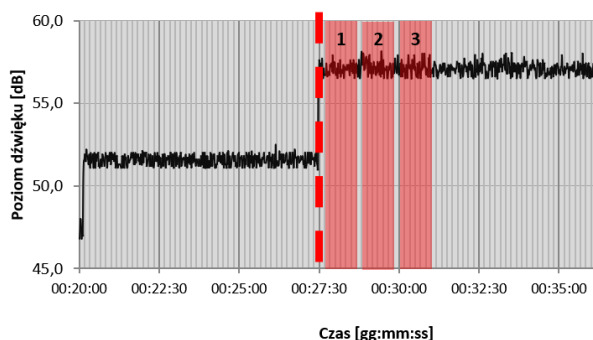
METODA PRÓBKOWANIA DLA STANU S2A
Obliczony poziom L_{Astr} na podstawie próbek 60-cio sekundowych



Nr próbki	Zmierzony poziom dźwięku w czasie t_0	Różnica między najwyższą a najniższą wartością zmierzonego poziomu hałasu	Średni poziom dźwięku L_{Astr} z wybranych próbek [dB]
1	51,6	0,0	51,6
2	51,6		
3	51,6		

Stabilna praca bez zakłóceń w fazie 1 o czasie trwania 07:20 (mm:ss)

METODA PRÓBKOWANIA DLA STANU S2B
Obliczony poziom L_{Astr} na podstawie próbek 60-cio sekundowych.



Nr próbki	Zmierzony poziom dźwięku w czasie t_0	Różnica między najwyższą a najniższą wartością zmierzonego poziomu hałasu	Średni poziom dźwięku L_{Astr} z wybranych próbek [dB]
1	57,1	0,1	57,1
2	57,2		
3	57,1		

Stabilna praca bez zakłóceń w fazie 1 o czasie trwania 09:00 (mm:ss)

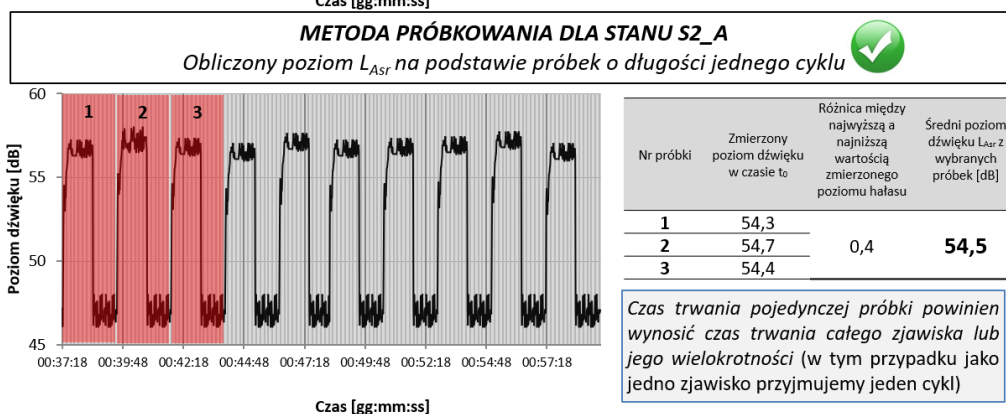
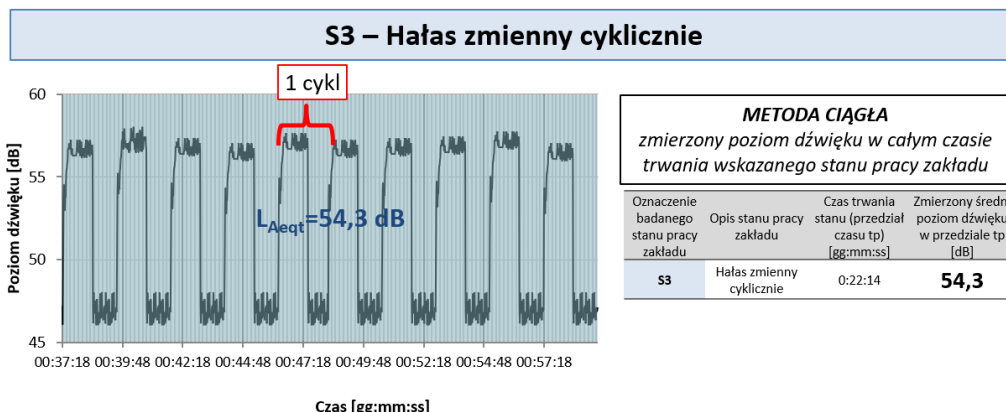


UWAGA! Przy wykorzystaniu metody próbkowania wyróżnić należy dwa niezależne stany pracy t_{p2A} i t_{p2B}

Rysunek C.35 Metody określania wyniku pomiaru dla stanu pracy S2 – Tryb 2.

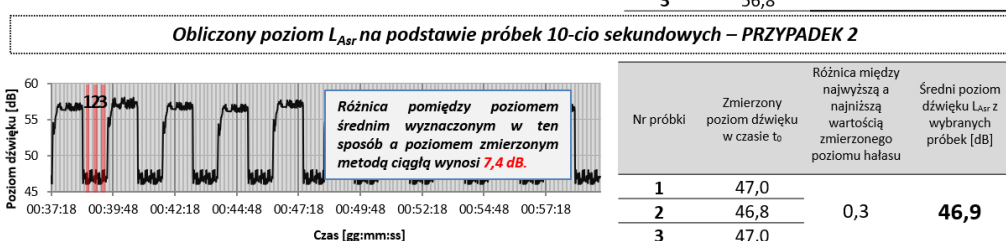
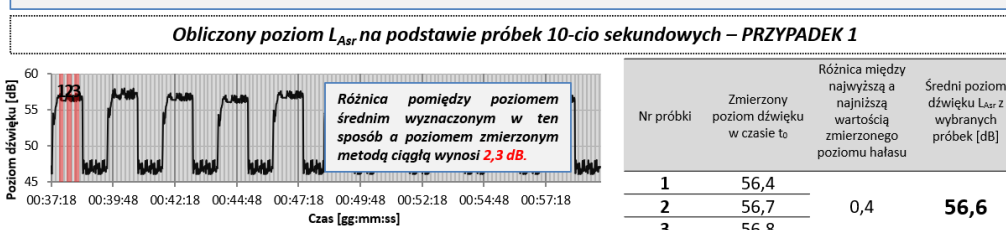
C.2.5.1.3 S3 – praca w trybie zmiennym cyklicznie,

Opis stanu pracy: W pracy zakładu wyróżnić można cykle o czasie trwania 2 minuty 10 sekund.



NIEPOPRAWNE ZASTOSOWANIE METODY PRÓBKOWANIA

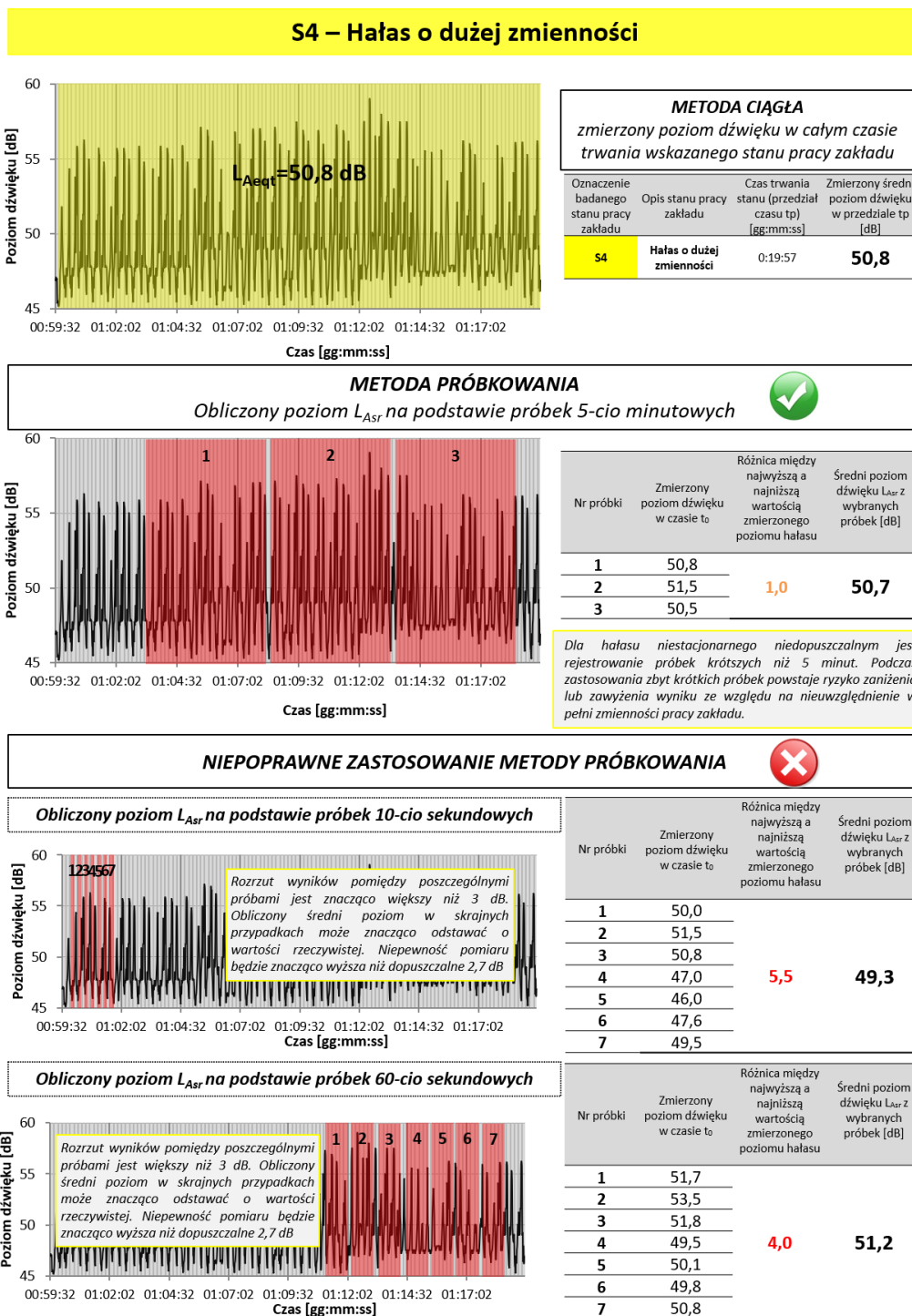
W przypadku braku wiedzy o cyklicznej pracy zakładu bardzo łatwo jest popełnić błąd i zakwalifikować hałas jako stacjonarny. Ryzyko takie będzie występować szczególnie w przypadku, gdy okresy są na tyle długie, że osoba wykonująca pomiar nie będzie w stanie go zidentyfikować w momencie ich przeprowadzania.



Rysunek C.36 Metody określania wyniku pomiaru dla stanu pracy S3.

C.2.5.1.4 S4 – praca z dużą zmiennością w emisji hałasu,

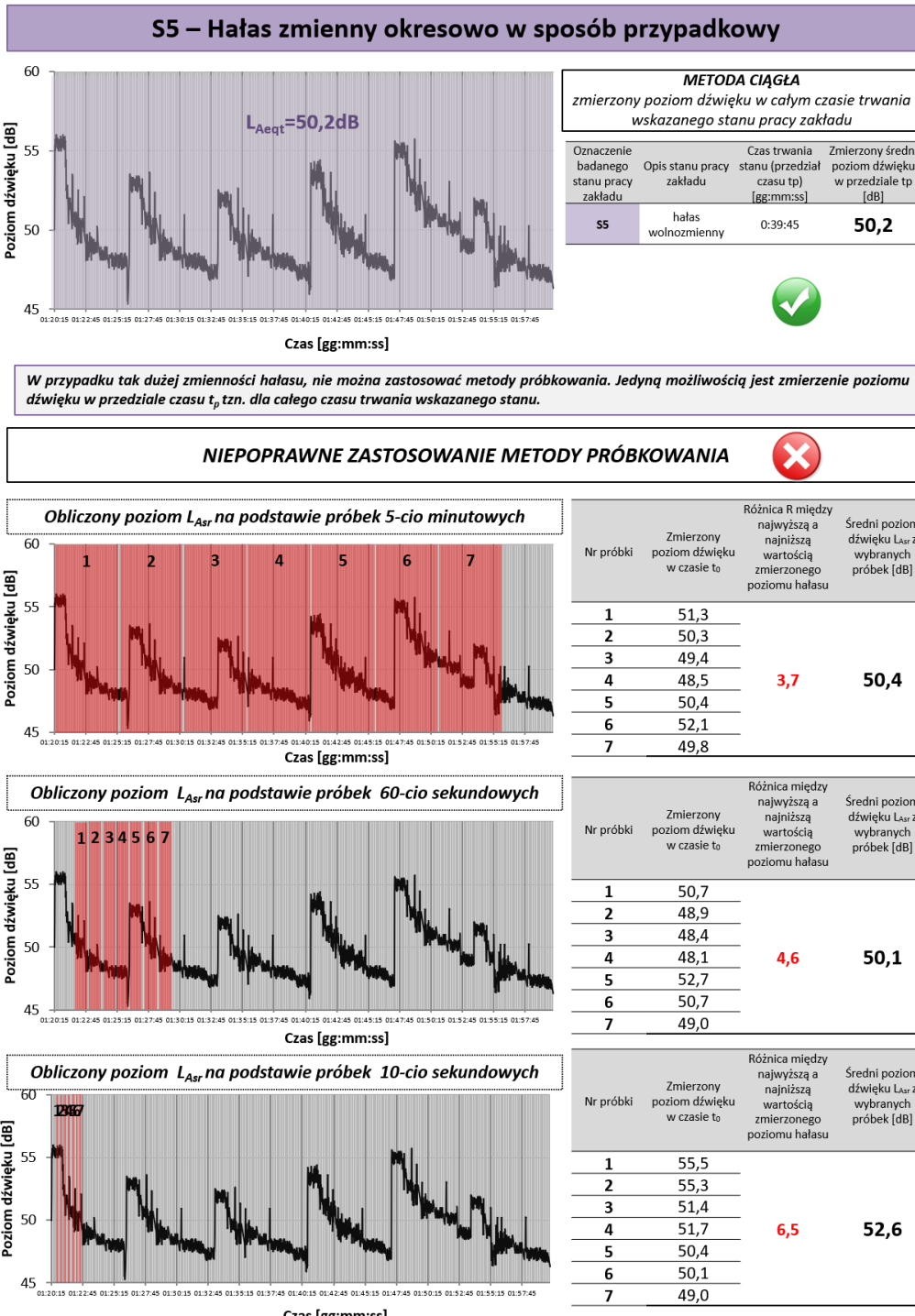
Opis stanu pracy: Praca zakładu ma charakter niestacjonarny (tzn. zmiany chwilowego poziomu dźwięku przekraczają 5 dB).



Rysunek C.37 Metody określania wyniku pomiaru dla stanu pracy S4.

C.2.5.1.5 S5 – niestacjonarna praca w trybie wolnozmiennym

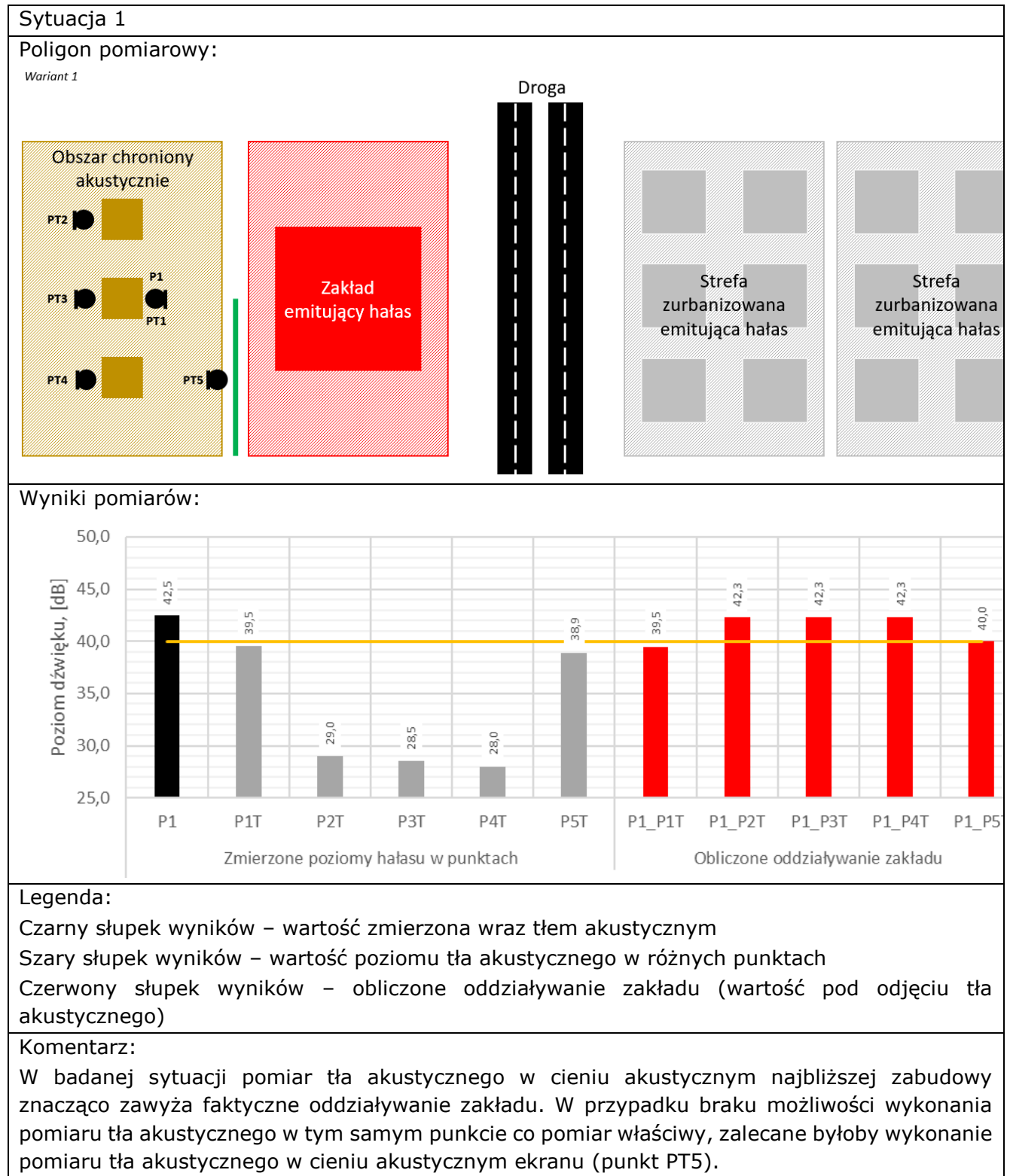
Opis stanu pracy: Praca zakładu ma charakter niestacjonarny (tzn. zmiany chwilowego poziomu dźwięku przekraczają 5 dB). Poziom hałasu zmienia się cyklicznie jednak poziom hałasu dla każdego z cykli i jego czas trwania są różne (zmiennie losowo).



Rysunek C.38 Metody określania wyniku pomiaru dla stanu pracy S5.

C.2.5.2 Pomiar tła akustycznego

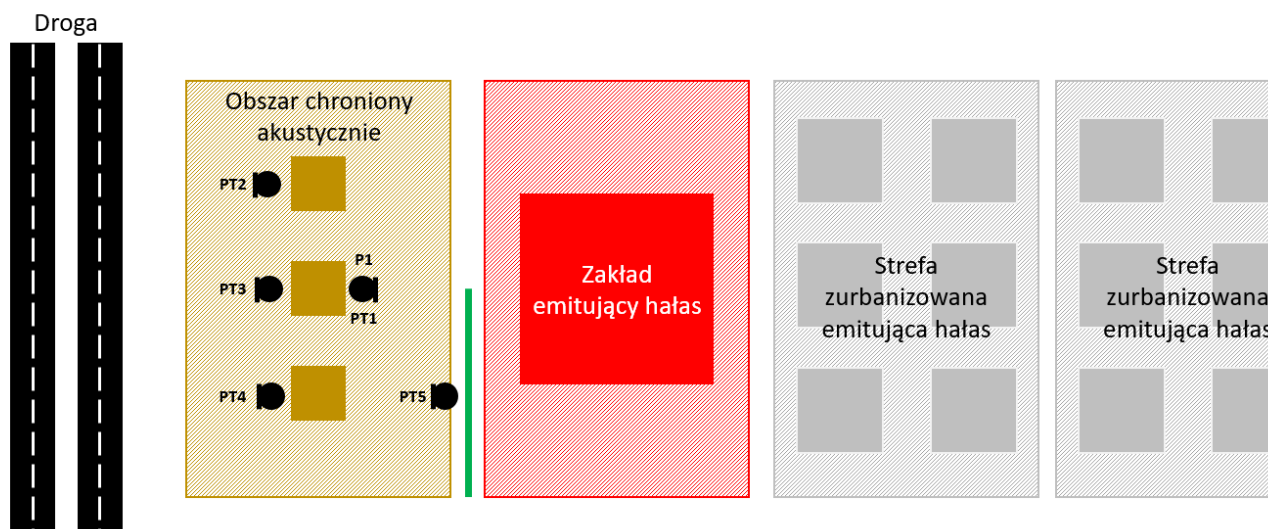
Tabela C.9 Wpływ doboru punktu pomiaru tła akustycznego na wynik oceny oddziaływania źródeł hałasu przemysłowego



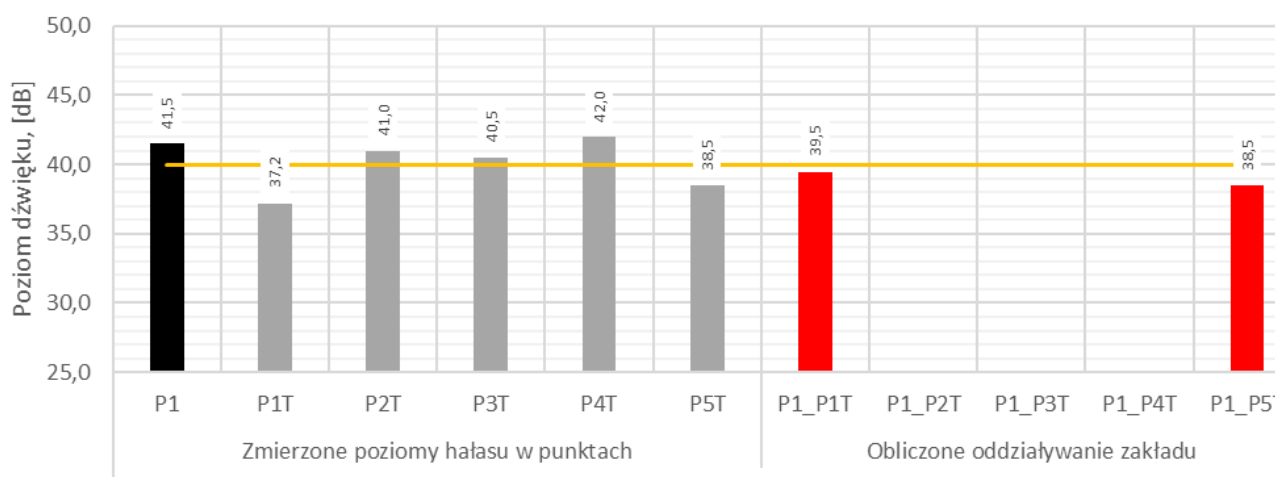
Sytuacja 2

Poligon pomiarowy:

Wariant 2



Wyniki pomiarów:



Komentarz:

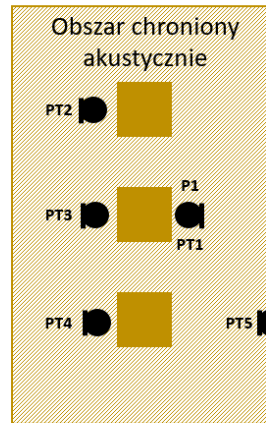
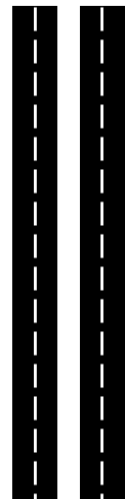
W badanej sytuacji pomiar tła akustycznego w cieniu akustycznym najbliższej zabudowy nie pozwala określić oddziaływań (brak 3 dB odstępu wartości zmierzonej w punkcie P1 o poziomie tła akustycznego). W przypadku braku możliwości wykonania pomiaru tła akustycznego w tym samym punkcie co pomiar właściwy, zalecane byłoby wykonanie pomiaru tła akustycznego w cieniu akustycznym ekranu.

Sytuacja 3

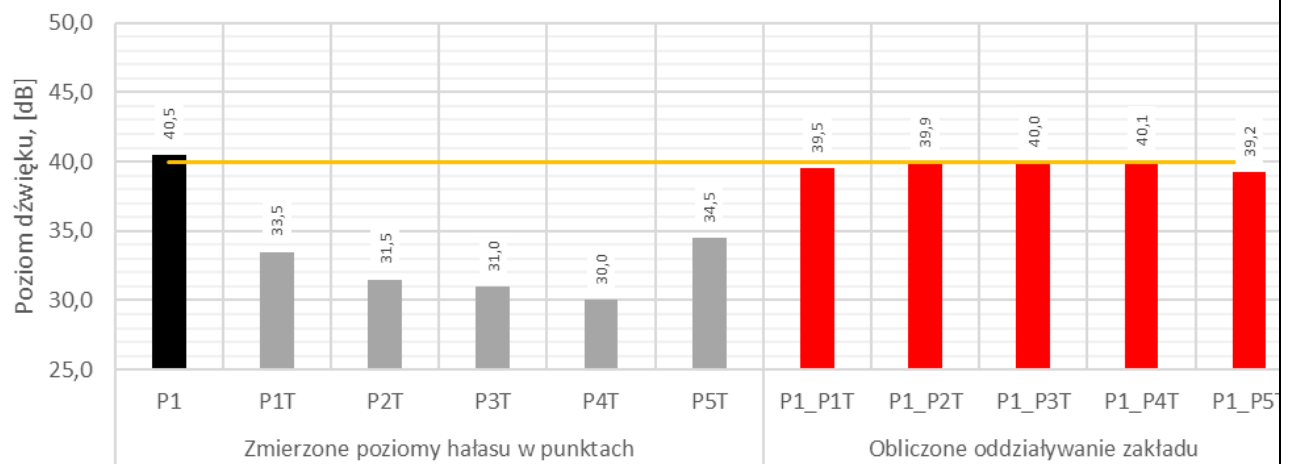
Poligon pomiarowy:

Wariant 3

Droga

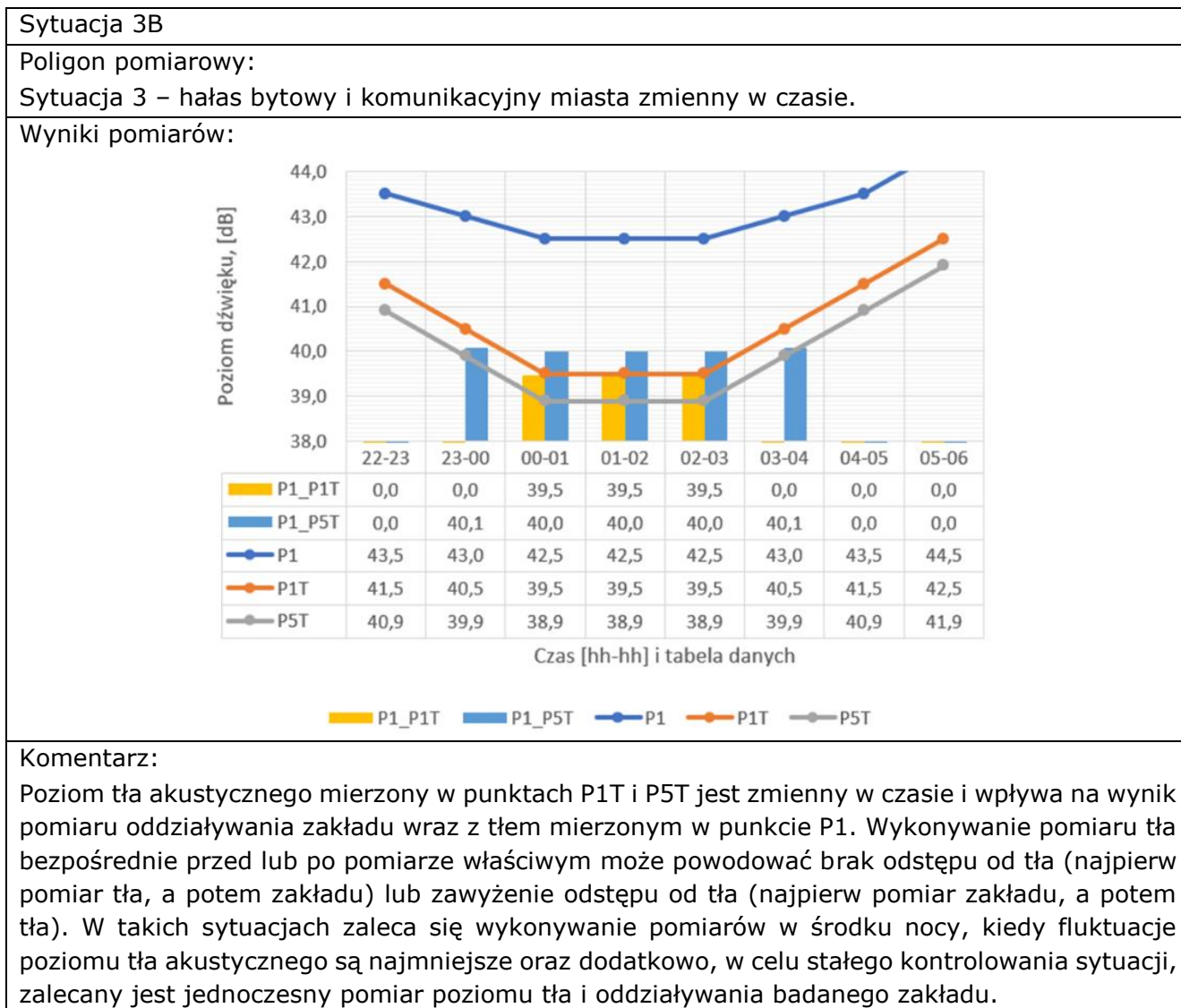


Wyniki pomiarów:



Komentarz:

W badanej sytuacji pomiar tła akustycznego w każdym miejscu daje zbliżony wynik oddziaływania zakładu. Przy wyborze miejsca oceny tła powinna być rozważana jego zmienność w czasie.



C.2.5.3 Poprawki na sytuowanie punktów zgodnie z ISO 1996-2:2017

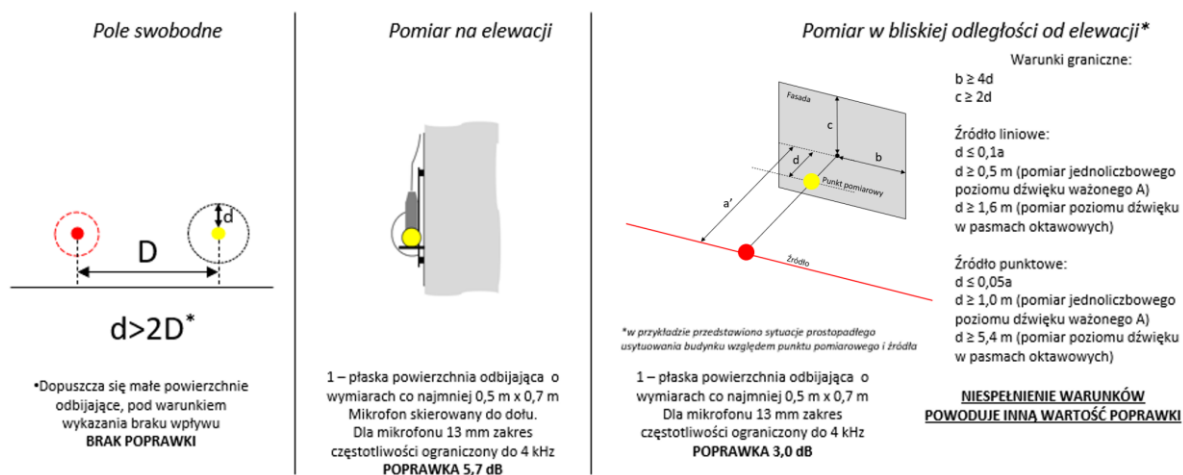
W przypadku sytuowania punktów pomiarowych przy elewacji budynków w świetle zamkniętego lub uchylonego okna, zgodnie z referencyjną metodyką pomiarową [67 – załącznik nr 7], od końcowego wyniku należy odjąć 3 dB. Jest to poprawka uwzględniająca wpływ dźwięku odbitego od elewacji budynku w celu określenia poziomu dźwięku padającego na daną elewację. Teoretycznie poprawka na odbicie przyjmuje wartość 3 dB, jeżeli poziomy dźwięku padającego i odbitego mają takie same wartości, czyli następuje pełne odbicie dźwięku. Sytuacja taka występuje dla punktów zlokalizowanych bardzo blisko powierzchni odbijającej o nieskończenie dużych wymiarach. W rzeczywistych sytuacjach wpływ odbicia od elewacji na zmierzony poziom hałasu może być mniejszy.

Norma ISO 1996-2:2017 doprecyzowuje warunki środowiskowe jakie muszą być spełnione aby uzasadnione było stosowanie 3 dB poprawki. Bez spełnienia warunków określonych w normie wartość poprawki może być inna a wahania wyniku pomiaru większe niż 1 dB.

W normie ISO 1996-2:2017 określone zostały warunki pomiaru dla:

- pola swobodnego nad powierzchnią gruntu (punkt referencyjny) – brak przeszkód na drodze źródło-punkt oraz brak znaczących odbić od obiektów wokół,
- pomiaru na elewacji – z poprawką na wynik 5,7 dB i małą liczbą warunków granicznych (patrz: Rysunek C.39)
- pomiar w bliskiej odległości od elewacji – z poprawką 3,0 dB i dużą liczbą warunków granicznych (patrz: Rysunek C.39).

Wszystkie pozycje pomiarowe wymienione w normie wraz z warunkami granicznymi przedstawiono na Rysunek C.39. W Tabela C.10 przedstawiono minimalne zdefiniowane w normie ISO 1996-2:2017 odległości mikrofonu od fasady w zależności od wartości mierzonej oraz typu źródła hałasu. W Tabela C.11 przedstawiono przeliczone wartości liczbowe warunków granicznych dla różnych odległości punktu pomiarowego od elewacji, dla których wartość poprawki 3 dB powinna zostać spełniona. Zauważyć można, że część kryteriów dla niektórych pozycji pomiarowych w zależności od wartości mierzonej i typu źródła nie jest spełniona i zgodnie z normą nie można zastosować 3 dB poprawki.



Rysunek C.39 Pozycje pomiarowe opisane w normie ISO 1996-2:2017.

Tabela C.10 Minimalne odległości mikrofonu od fasady dla pomiaru w bliskiej odległości od elewacji zgodnie z normą ISO 1996-2:2017.

	Źródło punktowe	Źródło liniowe
Minimalna odległość mikrofonu od fasady dla pomiaru jednoczłobowego poziomu A ważonego - d [m]	1,0	0,5
Minimalna odległość mikrofonu od fasady dla pomiaru widmowego rozkładu - d [m]	5,4	1,6

Tabela C.11 Warunki graniczne przy pomiarze w bliskiej odległości od fasady dla typowych odległości pomiarowych

Odległość mikrofonu od fasady - d [m]	Źródło punktowe			Źródło liniowe		
	0,5	1,0	2,0	0,5	1,0	2,0
Kryteria:						
Minimalna odległość do najbliższej krawędzi ściany w poziomie - b [m]	2,0	4,0	8,0	2,0	4,0	8,0
Minimalna odległość do najbliższej krawędzi ściany w pionie - c [m]	1,0	2,0	4,0	1,0	2,0	4,0
Minimalna odległość źródła od fasady - a' [m]	10,0	20,0	40,0	5,0	10,0	20,0
Minimalna odległość mikrofonu od fasady dla pomiaru jednoczłobowego poziomu A ważonego - d [m]	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5
Minimalna odległość mikrofonu od fasady dla pomiaru widmowego rozkładu - d [m]	5,4	5,4	5,4	1,6	1,6	1,6

C.2.6 Pomiary nietypowych źródeł hałasu

C.2.6.1 Myjnie bezdotykowe

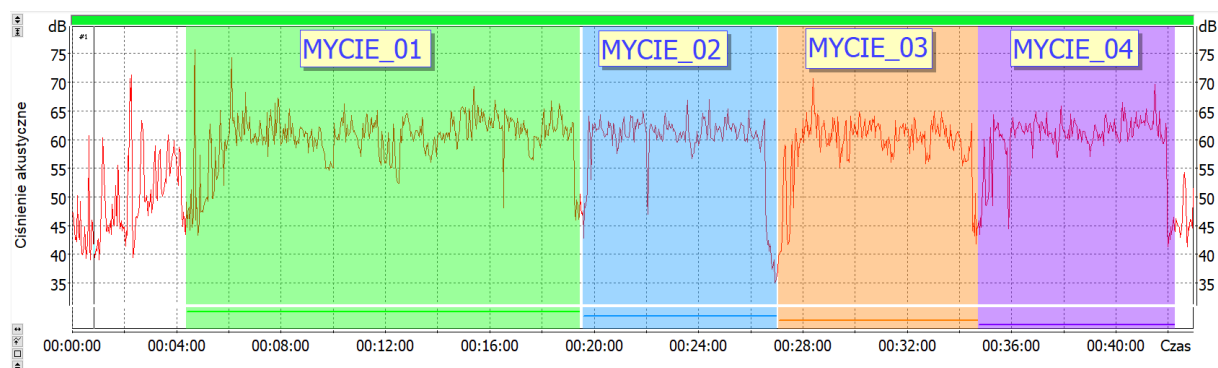
Bezdotykowe myjnie stanowią obiekt przemysłowy cechujący się bardzo dużą zmiennością w emisji hałasu. Pomiar takiego źródła i ocena oddziaływania zgodnie z obowiązującą referencyjną metodyką pomiarową [67 – załącznik nr 7] jest trudny i wymaga szerszego opisanie. Zgodnie z metodyką referencyjną, w celu oceny oddziaływania przy pomocy dobowych wskaźników oceny L_{AeqD} i L_{AeqN} , pomiar w wykonać można:

- ▣ dokonując rejestracji hałasu w sposób ciągły w czasie odniesienia T (metoda ciągła),
- ▣ dokonując rejestracji elementarnych próbek hałasu w czasie odniesienia T (metoda próbkowania).

W kolejnych podrozdziałach opisano metody oceny bezdotykowych myjni przy użyciu każdej z metod.



Rysunek C.40 Bezdotykowa myjnia samochodowa – zdjęcie z pozycji punktu pomiarowego na granicy terenu chronionego



Rysunek C.41 Przebieg hałasu zarejestrowanego podczas mycia samochodu na myjni bezdotykowej - przykład

C.2.6.1.1 Metoda ciągła

Pomiar ciągły wykonuje się poprzez rejestrację sygnału w całym czasie odniesienia T, z wyłączeniem przypadkowych zakłóceń. Następnie odczytuje się wynik, który po odjęciu poziomu tła akustycznego stanowi wynik końcowy pomiaru. Metoda ciągła możliwa jest do użycia tylko dla myjni pracujących z dala od innych istotnych źródeł hałasu (typu główna droga), co w praktyce bardzo ogranicza jej zakres użycia. W przypadku bezdotykowych myjni, w celu wyeliminowania ingerencji osób trzecich (np. poprzez zwiększenie przez mieszkańców lub ograniczenie przez zarządzającego liczby operacji mycia), zaleca się prowadzić pomiary przez kilka kolejno po sobie następujących dni pomiarowych i następnie wybranie jednej reprezentatywnej. Wraz z rejestracją poziomu hałasu, konieczne jest rejestrowanie zapisu audio oraz wideo. Umożliwi to późniejszą ocenę zebranego materiału i poprawne odczytanie wyników (np. poprzez ocenę ilości operacji „mycia” w czasie odniesienia T).

C.2.6.1.2 Metoda próbkowania

W metodzie próbkowania, czas pracy badanego obiektu dzieli się na czas pracy poszczególnych operacji lub ich grup. Dla każdego wydzielonego czasu wykonuje się pomiary równoważnego poziomu hałasu dla poszczególnych operacji, przy zachowaniu liczby próbek w zależności od

występujących między nimi różnic (do 7 próbek dla rozstępu 3 dB). W przypadku zbyt dużych rozstępów pomiędzy próbkami, konieczne jest wydłużanie czasu pomiaru elementarnych próbek hałasu. Czas pomiaru pojedynczej próbki powinien wynosić cały jeden cykl danej operacji (np. mycia auta). Dla każdej mierzonej czynności określa się czas jej trwania, by następnie określić średni czas jej trwania. Dodatkowo konieczne jest określenie liczby poszczególnych operacji dla całego czasu odniesienia T. Mając wszystkie powyższe informacje możliwe jest określenie wyniku końcowego. Przy metodzie tej zaleca się rejestrację poziomu hałasu wraz z zapisem audio i jeżeli to konieczne również wideo (np. pomiar bez dozoru). Przykład analizy zebranych wyników i określenia poziomu oddziaływania metodą próbkowania, dla każdego źródła osobno, przedstawiono w Tabeli C.12. Metoda ta wymaga dużego nakładu pracy osoby wykonującej pomiar i opracowującej wyniki pomiarów. W przedstawionym przykładzie, w ramach pomiarów, w punkcie kontrolnym rejestrowano poziom hałasu od operacji mycia na różnych stanowiskach. W kilku przypadkach zaobserwowano mycie jednocześnie na dwóch stanowiskach. Na podstawie zmierzonych poziomów hałasu oraz informacji o łącznym czasie trwania poszczególnych trybów pracy, możliwe było określenie równoważnego poziomu hałasu dla pory dnia i nocy.

Tabela C.12 Ocena oddziaływania bezdotykowej myjni – metoda próbkowania

Stanowisko mycia	Operacja mycia	Czas mycia [s]	Wartości zmierzone		Rozstęp [dB]	Wartości średnie		Obliczenia					
			Poziom hałasu L_{AeqT} [dB]	Poziom hałasu L_{AeqT} [dB]		średni czas operacji [s]	Liczba operacji w czasie odniesienia T, [szt]		Łączny czas trwania mycia w czasie odniesienia T, [min]		Równoważny poziom hałasu w czasie odniesienia T, L_{AeqT} [dB]		
							Pora dnia (8h)	Pora nocy (1h)	Pora dnia (8h)	Pora nocy (1h)	Pora dnia (8h)	Pora nocy (1h)	
1	1	353	62,6	1,0	63,1	517,7	18	1	155,3	8,6	58,2	54,6	
	2	720	63,6										
	3	480	62,9										
2	1	600	63,3	2,3	64,6	595,2	12	2	119,0	19,	58,6	59,8	
	2	700	63,7										
	3	900	65,6										
	4	350	64,9										
	5	500	65,1										
	6	521	64,7										
3	1	750	62,1	0,9	62,7	640,3	8	3	85,4	32,0	55,2	59,9	
	2	620	63										
	3	551	62,8										
2 i 3	1	623	65,1	0,9	65,7	602,0	12	0	120,4	0,0	59,6	-	
	2	452	66										
	3	731	65,8										
6											L_{AeqD} [dB]:	L_{AeqN} [dB]:	
											64,2	63,5	

C.2.6.2 Hałas impulsowy

W Polsce metodykę referencyjną pomiarów i oceny hałasu impulsowego w środowisku, określa rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r., Załącznik nr 8 „Metodyka referencyjna wykonywania okresowych pomiarów hałasu impulsowego w środowisku”. Rozporządzenie odwołuje się do norm PN-ISO 10843:2002 oraz PN-ISO 1996-2:1999/A1:2002.

W przypadku pomiarów hałasu impulsowanego zalecanym sposobem realizacji pomiarów jest rejestracja sygnału dźwiękowego w pamięci miernika poziomu dźwięku, z krokiem nie większym niż 50 ms, z równoczesną rejestracją sygnału audio a następnie przeprowadzanie analizy z wykorzystaniem firmowego oprogramowania miernika. Zarejestrowany sygnał audio służy do identyfikacji mierzonych impulsów. W przypadkach, gdy pomiar kontrolny odbywa się w dużej odległości od źródła hałasu impulsowego, do celów identyfikacji impulsów zaleca się równoczesną realizację pomiaru w dodatkowym punkcie obserwacji zlokalizowanym w możliwie małej odległości od badanego źródła hałasu.

Przy doborze metody analizy zarejestrowanego sygnału należy rozważyć dwa przypadki [67 – załącznik nr 8, 52]:

- ▣ Pierwszy, gdzie dźwięki impulsowe można zidentyfikować i oddzielnie zmierzyć jako pojedyncze zdarzenia akustyczne pochodzące z wyraźnie określonego źródła bądź źródeł (maksymalny poziom hałasu impulsu większy przynajmniej o 10 dB od tła akustycznego),
- ▣ Drugi, gdzie dźwięków impulsowych nie można zidentyfikować jako oddzielne pojedyncze zdarzenia akustyczne pochodzące z wyraźnie określonego źródła bądź źródeł (maksymalny poziom hałasu impulsu nie jest większy przynajmniej o 10 dB od tła akustycznego).

W przypadku pierwszym w trakcie analizy sygnału należy określić wartość poziomów ekspozycji na hałas, L_{AE} , dla każdego impulsu, a poprawkę impulsową dodać do zmierzonej wartości L_{AE} dla każdego z dźwięków impulsowych lub wartości średniej $L_{AE,śr}$ dla każdego rodzaju dźwięków impulsowych.

W przypadku drugim należy określić równoważny poziom dźwięku dla okresu T_n , w którym występuje dźwięk impulsowy a następnie określić poziom emisji hałasu impulsowego poprzez uwzględnienie tła akustycznego. Poprawkę impulsową należy dodawać tylko do wartości poziomu emisji hałasu określonego za czas występowania hałasu impulsowego.

Poprawki impulsowe podane są w rozporządzeniu MŚ [67 – załącznik nr 8] dla trzech podstawowych rodzajów źródeł hałasu impulsowego:

- ▣ wysokoenergetycznego dźwięku impulsowego
- ▣ dźwięku wysokoimpulsowego
- ▣ typowego dźwięku impulsowego

Dla każdego rodzaju źródeł hałasu impulsowego przy ocenie oddziaływania hałasu stosuje poprawki impulsowe o innej wartości (Tabela C.13).

Tabela C.13. Wartości poprawek impulsowych do wyników pomiarów parametrów impulsów

Lp.	Rodzaj dźwięku	Poprawka ΔL_i [dB]	
		Pomiar L_{AE}	Pomiar L_{Aeq}
1	Dźwięk o dużej impulsowości	12	11,7
2	Dźwięk impulsowy o dużej energii	12	12
3	Typowy dźwięk impulsowy	5	3

Obecnie nie ma jednoznacznych kryteriów kwalifikacji rodzaju hałasu impulsowego. Przyjmuje się kwalifikację poprzez analogie do przykładów rodzajów źródeł dźwięku impulsowego podanych w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r. [67 – załącznik nr 8]

Charakter impulsowy źródła zawsze należy oceniać z perspektywy punktu pomiarowego, czyli zmienności poziomu hałasu występującego w punkcie obserwacji.

Hałas występujący w bliskiej odległości od źródła, cechującego się charakterem impulsowym wysokoenergetycznym lub wysokoimpulsowym wykazuje podobną dynamikę zmian a więc należy stosować poprawki o największych wartościach. W większych odległościach od źródła, zwłaszcza w przypadku występowania dodatkowego tłumienia np. na ekranowanie, charakter zmian hałasu impulsowego ulega zmianie i stosowanie poprawki jak dla hałasu wysokoenergetycznym lub wysokoimpulsowym nie znajduje uzasadnienia. Patrz przykład poniżej (Rysunek C.42)

Jeżeli odstęp wartości maksymalnej w impulsie od poziomu tła akustycznego jest mniejszy od 5 dB uzasadnione jest stosowanie poprawki impulsowej jak dla typowego dźwięku impulsowego .

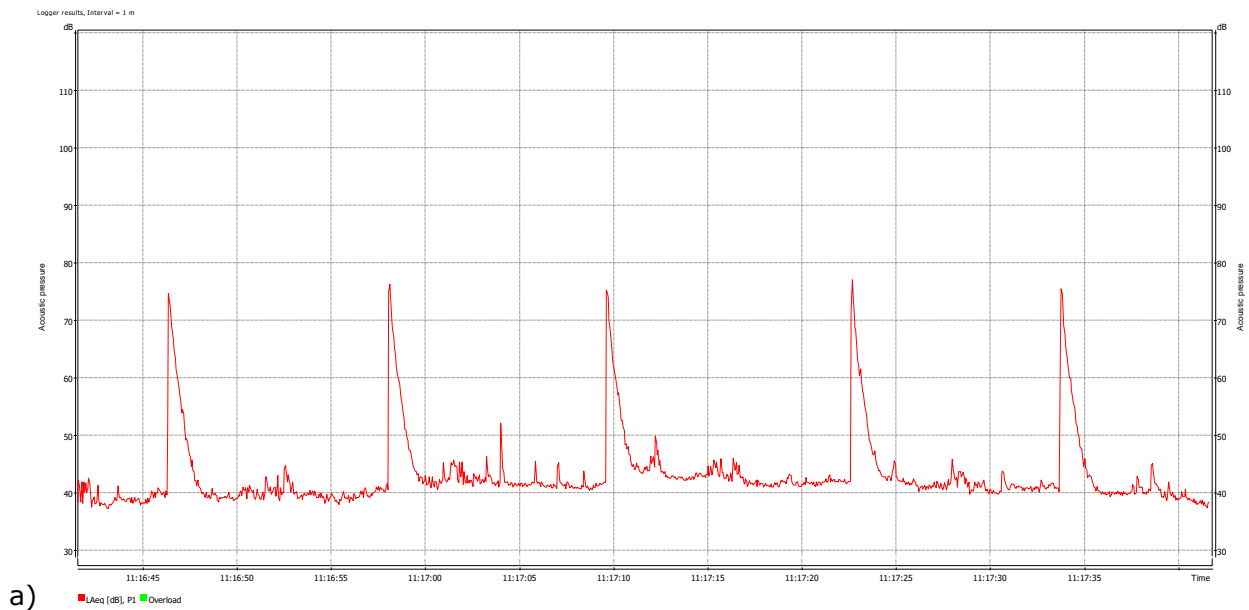
Problem regulacji prawnych dotyczących hałasu impulsowego oraz jego oceny omówiony został w Rozdziale C.5.1.

Przykład – Ilustracja zmiennego charakteru hałasu impulsowego

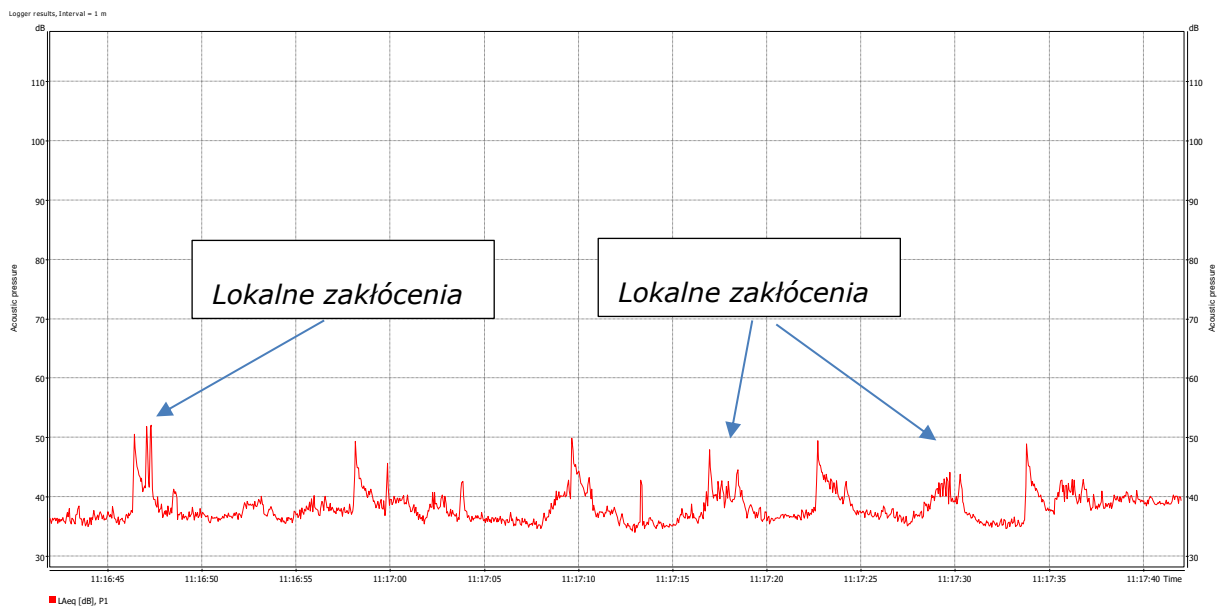
W dwóch punktach obserwacji, o różnych warunkach propagacji pomiędzy źródłem dźwięku i punktem obserwacji, zarejestrowano równocześnie przebiegi czasowe hałasu impulsowego powodowanego strzałami z broni myśliwskiej (Rysunek C.42):

- ▣ w punkcie P1 w odległości 250 m od stanowiska strzeleckiego, bez istotnych przeszkód terenowych między stanowiskiem a punktem pomiarowym,
- ▣ w punkcie P2, w odległości 500 m od stanowiska strzeleckiego i ekranowym przez nasyp ziemny.

W punkcie P1 hałas ma charakter dźwięku o dużej impulsowości, natomiast w punkcie P2 jest porównywalny z lokalnymi zakłóceniami takimi jak np. trzask drzwi od samochodu. W punkcie P1 uzasadnione jest wprowadzenie poprawki 12 dB na dźwięk o dużej impulsywności, w punkcie P2 bardziej zasadne jest przyjęcie poprawki 5 dB jak dla jako typowego dźwięku impulsowego



b)



Rysunek C.42. Przebiegi czasowe hałasu impulsowego zarejestrowane równocześnie w dwóch punktach pomiarowych o różnych warunkach propagacji między źródłem dźwięku i punktem obserwacji: a) w odległości 250 m bez ekranowania, b) w odległości 500 m z ekranowaniem

Problem oceny pomiarowej hałasu impulsowego wymaga szerszych badań i analiz w celu określenia jasnych wskazówek i wytycznych pomiarowych.

C.2.6.3 Turbiny wiatrowe

Hałas turbin wiatrowych nierozzerwalnie łączy się z wiatrem o dużych prędkościach. W związku z powyższym pomiar tego hałasu wykonuje się zawsze na skraju stosowalności referencyjnych metod pomiarowych. Oznacza to, że należy go wykonywać zawsze, kiedy na poziomie gruntu (4m n.p.t) prędkość wiatru jest bliska, ale nie przewyższa wartości dopuszczalnej 5 m/s. Dodatkowo, w celu poprawnej oceny, pomiar należy wykonywać, kiedy wiatr wieje od źródła do punktu odbioru. Co do zasady, kiedy przy gruncie prędkość wiatru wynosi 5 m/s, u góry na wysokości gondoli jego prędkość wynosi od 8 do 12 m/s, co odpowiada pracy turbiny z maksymalnym lub bliskim jemu poziomem mocy akustycznej. Korzystając z referencyjnej metodyki pomiarowej [67 – załącznik nr 7], z racji dużej zmienności, zastosowanie ma tylko metoda próbkowania z czasem uśredniania pojedynczej próbki min. 5 minut. Czas obserwacji na podstawie którego określa się próbki pomiarowe powinien być maksymalnie długi i nie krótszy niż 0,5 h. Metoda ciągła, w przypadku hałasu turbin wiatrowych nie pozwala określić wyniku końcowego.

Jeżeli, z różnych powodów, nie ma możliwości wykonania oceny metodą pomiarową (np. prędkość wiatru jest zawsze większa niż 5 m/s), zaleca się wykonanie oceny metodami obliczeniowymi. Do oceny na cele kontrolne, istniejących farm wiatrowych, nie zaleca się stosowania poziomu mocy akustycznej z kart katalogowych producentów. Wprowadzany do modelu poziomu mocy akustycznej turbiny wiatrowej, powinien być zmierzony dla co najmniej jednej turbiny wiatrowej, wchodzącej w skład badanej farmy wiatrowej, w oparciu o metodykę przedstawioną w normie IEC 61400-11.

Przy pomiarach hałasu turbin wiatrowych należy:

- ▣ wykonywać pomiary, kiedy średnia prędkość wiatru przy gruncie wynosi 5 m/s,
- ▣ wykonywać pomiary, kiedy kierunek wiatru jest od źródła do punktu odbioru,
- ▣ zawsze stosować metodę próbkowania,
- ▣ stosować czas pomiaru próbki min. 5 minut, a przy częstych zakłóceniach (np. ruch komunikacyjny) można go skrócić do 1 minuty, pod warunkiem udokumentowania takiej zmiany,
- ▣ stosować minimum 0,5 h czas obserwacji w każdym z badanych punktów,
- ▣ pomiar tła akustycznego wykonywać wyłącznie w tym samym punkcie przy wyłączonej pracy turbin, a pomiar tła w cieniu akustycznym budynku jest dopuszczalny tylko wtedy gdy w promieniu 1000 m nie występują inne niż badana turbina wiatrowa,
- ▣ stosować minimum 1 minutowy czas pomiaru próbki tła akustycznego, a przy częstych zakłóceniach (np. ruch komunikacyjny) można go skrócić do 10 sekund, pod warunkiem udokumentowania takiej zmiany,
- ▣ jeżeli to możliwe, w wybranych punktach (największej uciążliwości) wykonywać ocenę w formie wielodniowych pomiarów monitoringowych, a raport z pomiarów rozszerzyć o ocenę poziomów statystycznych skorelowaną z pomiarami parametrów nieakustycznych,
- ▣ lokalizować punkty pomiarowe na granicy działek terenów objętych ochroną akustyczną (należy wykluczać pozycje pomiarowe przy elewacji),
- ▣ przed przystąpieniem do pomiarów, zapoznać się z oceną akustyczną w raporcie oddziaływania na środowisko oraz dokumentacją techniczną turbiny, w celu ustalenia przy jakich prędkościach wiatru turbina osiąga maksymalny poziom mocy akustycznej,

- jeżeli to możliwe, pozyskać od operatora dane o warunkach pracy turbin podczas pomiarów (prędkość wiatru lub ilość produkowanej energii na poszczególnych turbinach podczas wykonywania pomiarów), a w raporcie z pomiarów podać przedziały uśrednionych, maksymalnych i minimalnych wartości dla każdej z turbin za czas wykonywania pomiarów.

C.2.7 Najczęstsze błędy i problemy

Do najczęstszych błędów i problemów towarzyszących pomiarom hałasu, na które należy zawsze zwracać szczególną uwagę zaliczamy:

- zły dobór punktów pomiarowych,
- zły dobór metody badawczej,
- zły czas pomiarów, niedopasowany do zmienności badanego sygnału,
- zły pomiar tła akustycznego,
- brak refleksji nad celem pomiaru,
- nie wyeliminowanie zakłóceń z zarejestrowanego sygnału.

Każdemu z ww. wymienionych błędów i problemów poświęcono już uwagę w ramach niniejszego rozdziału. W związku z powyższym, zrezygnowano z powielania tych informacji.

C.3 Pomiar poziomu mocy akustycznej

C.3.1 Zasady ogólne

Poziom mocy akustycznej jest podstawowym i najważniejszym wskaźnikiem opisującym emisję hałasu danego źródła. Jego wartość jest ściśle związana z danym źródłem i jest parametrem, stanowiącym podstawową daną do modelowania akustycznego. Przy jego definiowaniu zawsze należy wskazać metodę jego określania oraz warunki pracy badanego urządzenia, przy których została określona. W zależności od trybu pracy urządzenia mogą cechować się różnym poziomem mocy akustycznej.

Na potrzeby strategicznych map hałasu poziom mocy akustycznej należy definiować w oktaowych pasmach częstotliwości od 63 Hz do 8 kHz. Przyrządy pomiarowe wykorzystywane do pomiaru muszą posiadać możliwość rejestracji poziomu hałasu w pasmach, co najmniej oktaowych. Pomiar poziomu mocy akustycznej mogą być wykonywane w oparciu o różne metody i standardy, w zależności od rodzaju źródła i warunków oceny. Oprócz polskich norm PN i europejskich norm ISO przydatnymi dokumentami są również niemieckie standardy DIN 45635 (cała seria norm). Rodzina norm DIN 45 635 zawiera kilkadziesiąt części, w których można znaleźć metody pomiarowe oraz sposoby wyznaczenia poziomu mocy akustycznej dla różnych typów maszyn i urządzeń. Przykładowo część 46 odnosi się do chłodni mokrych, natomiast część 47 do kominów, a część 45 do taśmociągów.

Podstawową zależnością łączącą poziom mocy akustycznej z poziomem ciśnienia akustycznego i powierzchnią pomiarową jest zależność opisana wzorem (C.15). Jeżeli parametrem definiowanym przez producenta jest tylko poziom ciśnienia akustycznego, konieczne jest posiadanie informacji o polu powierzchni pomiarowej lub odległości pomiarowej. Na tej podstawie możliwe będzie obliczenie poziomu mocy akustycznej.

$$L_W = \bar{L}_p - K_1 - K_2 + 10 \log_{10} \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{Wzór C.15})$$

gdzie:

L_W – poziom mocy akustycznej, [dB],

\bar{L}_p – średni poziom dźwięku zmierzony na powierzchni pomiarowej S , [dB],

K_1 – korekta na poziom tła akustycznego, [dB]; (w praktyce dla odstępów od tła większego niż 10 dB poprawka równa 0),

K_2 – korekta na środowisko pomiarowe, [dB]; (w praktyce w środowisku zewnętrznym, w przestrzeni otwartej poprawka równa 0, wartość tej poprawki istotna jest przy pomiarach w przestrzeni zamkniętej i w polu pogłosowym),

S – pole powierzchni pomiarowej na której mierzono średni poziom hałasu, [m²],

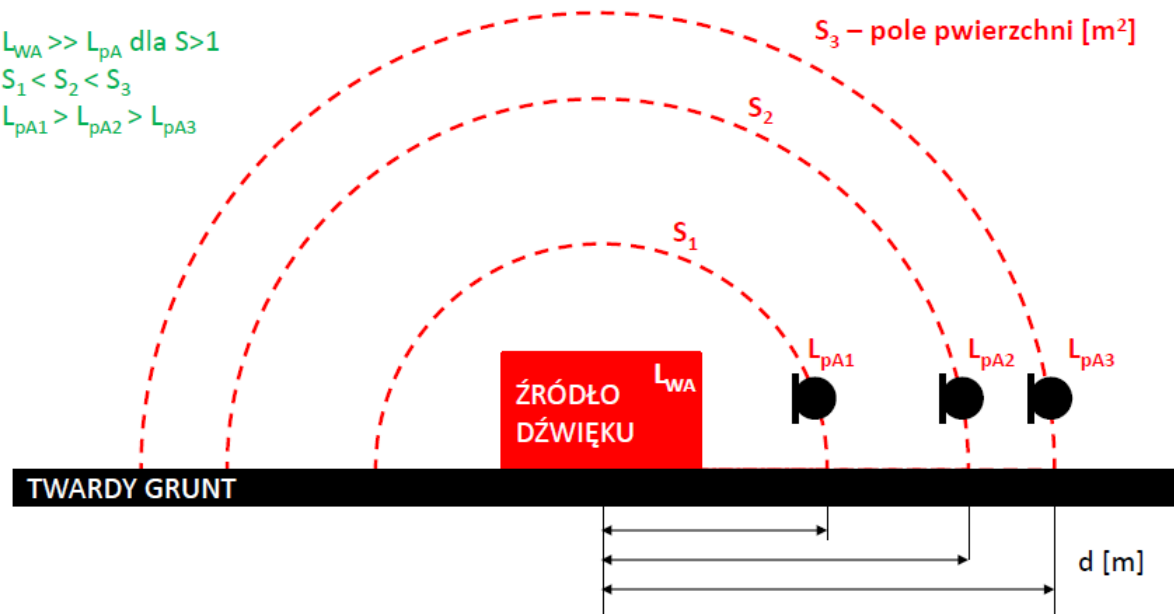
S_0 – pole powierzchni odniesienia równe 1 m².

$$L_{WA} = L_{pA} + 10 \log(S/S_0)$$

$L_{WA} \gg L_{pA}$ dla $S > 1$

$S_1 < S_2 < S_3$

$L_{pA1} > L_{pA2} > L_{pA3}$



Rysunek C.43 Poziom mocy akustycznej – podstawowe zależności.

C.3.2 Zalecane metody

Wykaz zalecanych norm przedstawiono w Tabeli C.14.

Katalog Danych Przemysłowych
Rozdział C. – Zagadnienia akustyczne

Tabela C.14. Spis zalecanych norm do wyznaczenia poziomów mocy akustycznej.

Norma	Tytuł	Opis	OGRANICZENIA:	Zalecenia do stosowania
PN-EN ISO 3744:2011	Akustyka - Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej i poziomów energii akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego - Metody techniczne stosowane w warunkach zbliżonych do pola swobodnego nad płaszczyzną odbijającą dźwięk	Wyznaczenie poziomu mocy akustycznej na podstawie pomiaru ciśnienia akustycznego na powierzchni pomiarowej otaczającej źródło hałasu w środowisku o <u>warunkach zbliżonych do pola akustycznego swobodnego w pobliżu jednej lub kilku płaszczyzn odbijających dźwięk.</u>	1) spełnienie kryterium dotyczącego poziomu hałasu tła, oraz wyznaczenie poziomu tła 2) niepraktyczna do stosowania przy wysokich, długich źródłach	NOMRA PODSTAWOWA 1) Wyznaczenie widmowego rozkładu poziomu mocy akustycznej
PN-EN ISO 3746:2011	Akustyka -- Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej i poziomów energii akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego -- Metoda orientacyjna z zastosowaniem otaczającej powierzchni pomiarowej nad płaszczyzną odbijającą dźwięk	Wyznaczanie poziomu mocy akustycznej ciśnienia akustycznego, zmierzonego na powierzchni otaczającej źródło hałasu <u>w środowisku badawczym o podanych wymaganiach.</u> Poziom mocy akustycznej wytwarzany przez źródło hałasu oblicza się na podstawie pomiarów poziomu ciśnienia akustycznego z zastosowaniem charakterystyki częstotliwościowej A	1) Wynikiem jest jednoliczbowy poziom mocy akustycznej 2) spełnienie kryterium dotyczącego poziomu hałasu tła, oraz wyznaczenie poziomu tła 3) niepraktyczna do stosowania przy wysokich, długich źródłach	NORMA PODSTAWOWA 1) Jedna z najprostszycy metod
PN-EN ISO 9614-1:2010 PN-EN ISO 9614-2:2000 PN-EN ISO 9614-3: 2010	1) Akustyka -- Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów natężenia dźwięku -- Część 1: Metoda stałych punktów pomiarowych 2) Akustyka -- Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów natężenia dźwięku -- Metoda omiatania 3) Akustyka -- Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów natężenia dźwięku -- Część 3: Dokładna metoda omiatania	Opis metod służącym wyznaczeniu poziomu mocy akustycznej bazujących na pomiarach składowej natężenia dźwięku, prostopadłej do powierzchni pomiarowej otaczającej źródło hałasu.	1) ograniczenia sprzętowe (wymagana sonda natężeniowa) 2) ograniczenia wynikające ze znajomości obsługi sprzętu (pomiar wymaga wykwalifikowanego personelu) 3) możliwość stosowania dla źródeł o stacjonarnej emisji podczas pomiarów	1) Możliwość stosowania metody przy wysokich poziomach zakłóceń 2) Możliwość pomiarów emisji hałasu z elementów budowlanych typu ściana, dach, okno, brama.
PN-ISO 8297:2003	Akustyka -- Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej zakładów przemysłowych z wieloma źródłami hałasu w celu oszacowania wartości poziomu ciśnienia akustycznego w środowisku -- Metoda techniczna	Metodyka przedstawiona w normie opiera się na pomiarze poziomu ciśnienia akustycznego w konturze pomiarowym otaczającym zakład/źródło. Metoda jest przeznaczona do stosowania w odniesieniu do wielkich zakładów przemysłowych, w których największy wymiar liniowy zawiera się w przedziale od 16 m do około 320 m, z wieloma źródłami hałasu o dowolnie określonych warunkach funkcjonowania oraz do innych dużych źródeł pod warunkiem, że można	1) Źródła hałasu na zakładach przemysłowych najczęściej nie promieniują równomiernie we wszystkich kierunkach, w związku z czym zastosowanie jedynie tej metody może nie odzwierciedlać rzeczywistej emisji hałasu przez zakład 2) równoczesna praca wielu źródeł hałasu, duże wymiary urządzeń i małe odległości między nimi, występowania dużych powierzchni odbijających w pobliżu urządzeń.	1) Odpowiednia do wyznaczenia mocy akustycznej części obszarów przemysłowych 2) zastosowanie szczególnie dla obszarów, gdzie większość urządzeń znajduje się na zewnątrz budynków. 3) Odpowiednie do zastosowania przy oszacowaniu poziomu mocy akustycznej dla obszarów z kilkoma źródłami hałasu blisko siebie

Katalog Danych Przemysłowych
Rozdział C. – Zagadnienia akustyczne

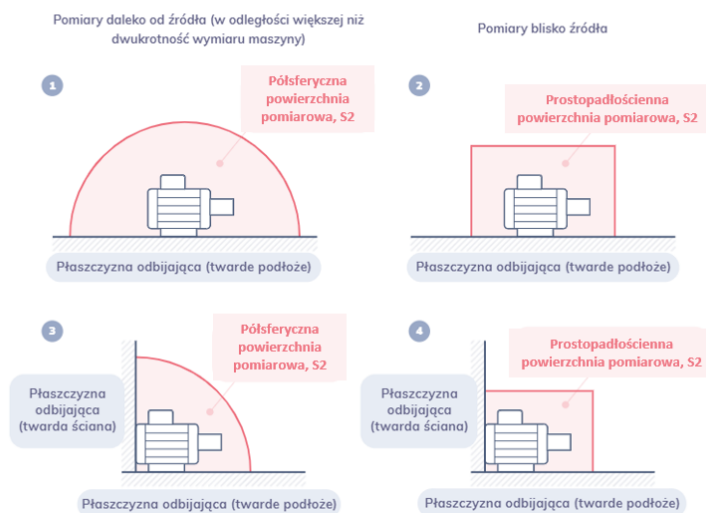
Norma	Tytuł	Opis	OGRANICZENIA:	Zalecenia do stosowania
		przyjąć, iż promieniują one w zasadzie równomiernie we wszystkich kierunkach w płaszczyźnie poziomej.	3) wyznaczone punkty pomiarowe mogą znajdować się w pozycjach niedostępnych, 4) wysokość punktu oceny może przewyższać 10 m, 5) minimalna wysokość punktu oceny wynosi 5 m.	4) norma ta pozwala z dobrym przybliżeniem określać poziom mocy akustycznej na poziomie inżynierskim. 5) duże zastosowanie normy występuje przy określaniu poziomu mocy akustycznej bardzo dużych maszyn
PN-EN ISO 3747:2011	Akustyka -- Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej i poziomów energii akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego -- Metoda techniczna i orientacyjna w warunkach in situ w środowisku pogłosowym	Metoda wyznaczania poziomu mocy akustycznej i przez porównanie zmierzonych poziomów ciśnienia akustycznego, emitowanych przez źródło hałasu zainstalowane w warunkach in situ w środowisku pogłosowym z poziomami wyworcowanego źródła dźwięku odniesienia. Niniejsza norma ma zastosowanie przede wszystkim do źródeł emitujących hałas szerokopasmowy.	1) spełnienie kryterium dotyczącego poziomu hałasu tła oraz wyznaczenie poziomu tła 2) niepraktyczna do stosowania przy wysokich, długich źródłach	1) Dla źródeł znajdujących się wewnątrz pomieszczeń lub pogłosowym środowisku (np. wiata)
PN-EN ISO 12354-4:2017	Akustyka budowlana -- Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów -- Część 4: Przenikanie hałasu z budynku do środowiska	Metodyka do oceny poziomu mocy akustycznej promieniowanej przez fasady budynków spowodowanego dźwiękiem wewnątrz tego budynku, za pomocą mierzonych poziomów ciśnienia akustycznego wewnątrz pomieszczeń oraz danych pomiarowych charakteryzujących transmisję dźwięku przez odpowiednie elementy i otwory w fasadzie budynku.	1) konieczność znajomości poziomów wewnątrz pomieszczeń 2) wyznaczenie lub określenie właściwości przegród, elementów elewacji	1) do zastosowania szczególnie w przypadku, gdy główne źródła hałasu znajdują się wewnątrz pomieszczeń, emisja hałasu odbywa się przede wszystkim przez elementy elewacji budynków
DIN 45635 (seria norm)	Pomiary emisji hałasu od maszyn, wyznaczenie poziomu mocy akustycznej dla określonych urządzeń, maszyn	Opis wytycznych pomiarów do wyznaczenia poziomu mocy akustycznej konkretnych urządzeń i maszyn np. wież chłodniczych (cz. 46), kominów (cz. 47) Norma podstawowa DIN 45 635-1 jest powiązana z normą ISO 3744	1) spełnienie kryterium dotyczącego poziomu hałasu tła oraz wyznaczenie poziomu tła 2) w warunkach pomiarów in-situ, nie wszystkie wymagania są możliwe do spełnienia	1) wskazane metody doprecyzowują sposoby oceny różnych typów źródeł 2) możliwość wykonywania pomiarów dla źródeł składowych

C.3.2.1 PN-EN ISO374x

Podstawowe zasady określania poziomu mocy akustycznej opisane w serii norm ISO 374x²³ opierają się na zależności opisanej wzorem C.12, doprecyzowując metody wyznaczenia poprawek oraz określania powierzchni pomiarowej. Co do zasady mając dowolne źródło hałasu w pierwszym kroku należy określić wymiary prostopadłościennej powierzchni odniesienia, która jest najmniejszym prostopadłościanem, w którym można zmieścić całe badane źródło. W kolejnym kroku należy wybrać jeden z dwóch typów powierzchni pomiarowej: prostopadłościenną lub półsferyczną. Dla powierzchni prostopadłościennej określa się odległość pomiarową d , będącą odległością pomiędzy powierzchnią odniesienia i pomiarową. Ten typ powierzchni pomiarowej lokalizuje się stosunkowo blisko źródła, w odległości ok. 1 m (patrz zapisy poszczególnych norm) i często jest odpowiedni dla źródeł pracujących przy wysokich poziomach tła akustycznego. Dla powierzchni półsferycznej określa się promień r , będący odległością mierzoną od rzutu na podłogę środka geometrycznego powierzchni odniesienia. Ten typ powierzchni pomiarowej lokalizuje się zarówno blisko, w odległości ok. 1m, jak i daleko w odległościach 10m i więcej (patrz zapisy poszczególnych norm) i często jest odpowiedni dla źródeł małych (pomiar blisko źródła) lub głośnych (pomiar daleko od źródła). Przy określaniu powierzchni pomiarowej dopuszcza się występowanie w bezpośrednim otoczeniu źródła dodatkowych powierzchni odbijających. Omawiane typy powierzchni pomiarowej zilustrowano na Rysunek C.45 i Rysunek C.44.

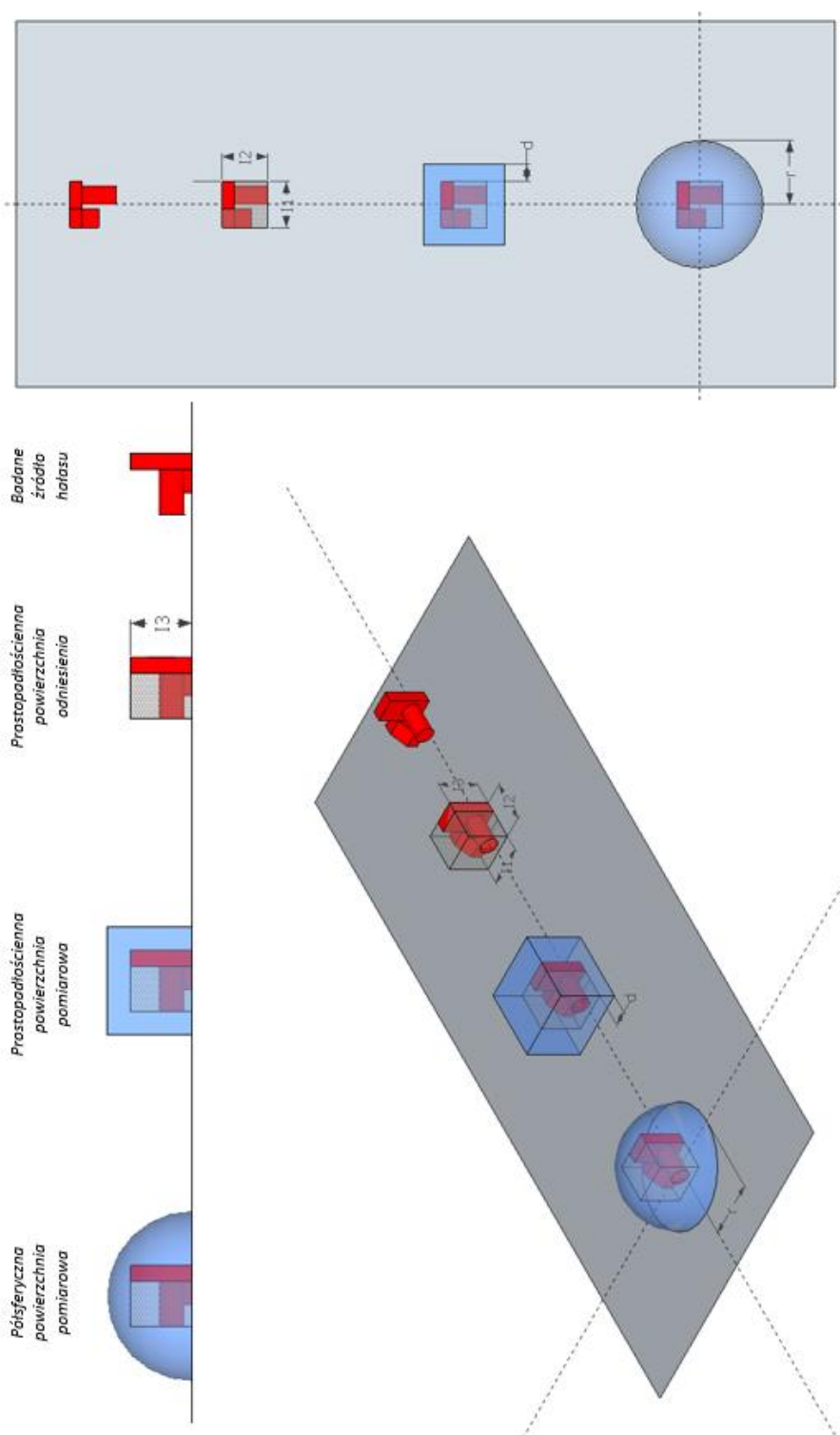
Zasady pomiaru poziomu mocy akustycznej skorygowanej charakterystyką częstotliwościową A

Należy pamiętać, że moc akustyczna jest niezależna od otoczenia, ale ciśnienie akustyczne zmieni się, jeśli zmieni się powierzchnia, na której jest badana. Wszystkie poniższe przykłady skutkują odmiennym ciśnieniem akustycznym ze względu na różną powierzchnię czoła fali emitowanego hałasu. Jeżeli powierzchnia pomiaru zmniejsza się dla sytuacji 1, 2, 3, 4, wówczas średnie ciśnienie akustyczne odpowiednio wzrośnie.



Rysunek C.44 Powierzchnie pomiarowe z dodatkowymi płaszczyznami odbijającymi [źródło: aci.acoucou.org]

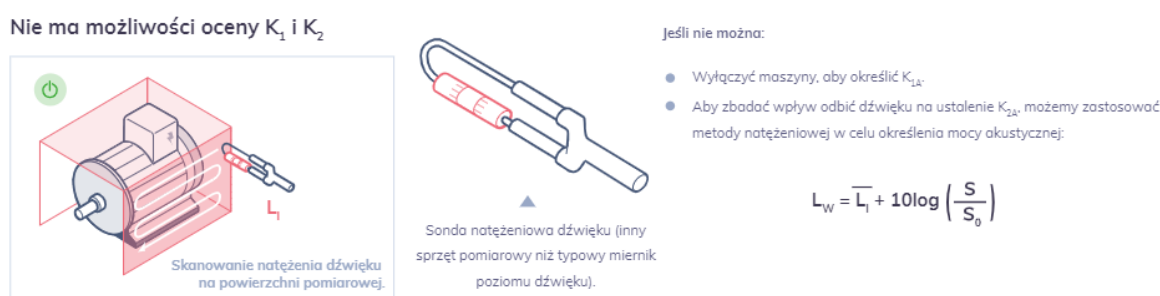
²³ Przez serię norm ISO 374x rozumie się normy: ISO 3744; ISO 3746; ISO 3747



Rysunek C.45 Powierzchnie pomiarowe do wyznaczania poziomu mocy akustycznej – podstawowe zasady.

C.3.2.2 PN-EN ISO 9614

Stosowanie metod ciśnieniowych wyznaczania poziomu mocy akustycznej zgodnie z serią norm ISO 374x wymaga posiadania odpowiedniego odstępu od poziomu tła akustycznego. Pozbawione tego problemu są metody natężeniowe opisane w serii norm ISO 9614. W metodach tych do pomiaru stosuje się sondy natężeniowe, a pomiar przeprowadza się zgodnie z procedurą przedstawioną na Rysunek C.46. Metody te są często trudniejsze do zrealizowania i wymagają specjalistycznego sprzętu pomiarowego. Dodatkowym ograniczeniem jest konieczność wykonania pomiaru przy stacjonarnej pracy źródła, co w praktyce nie zawsze jest niemożliwe.



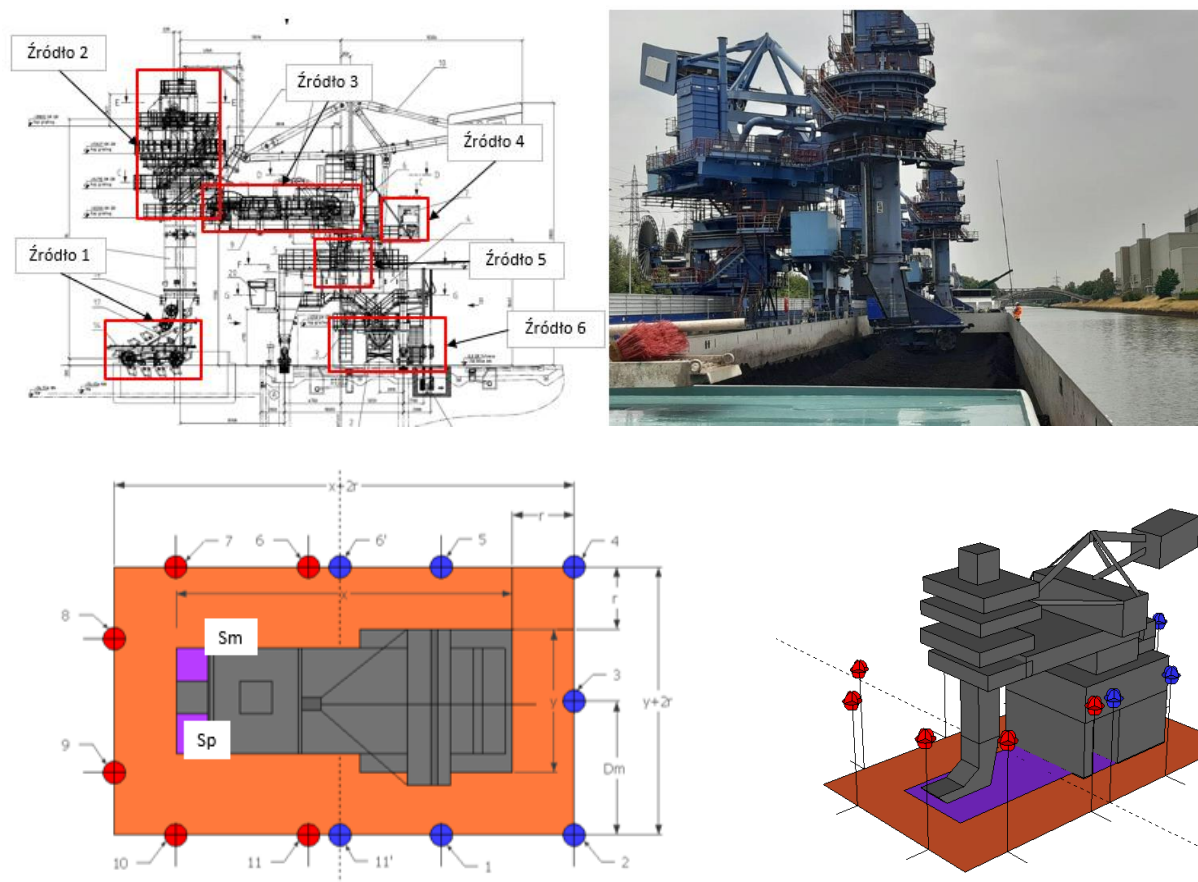
Rysunek C.46 Wyznaczenie poziomu mocy akustycznej na podstawie pomiarów natężenia dźwięku [źródło: aci.acoucou.org]

C.3.2.3 PN-ISO 8297

Dla dużych źródeł złożonych lub dużych zakładów z bardzo wieloma źródłami można używać metody wskazanej w normie PN-ISO 8297. Zastosowanie normy jest ograniczone do źródeł promieniujących dźwięk w sposób równomierny o charakterze szerokopasmowym i ustalonym w czasie. Na Rysunek C.47 przedstawiono szkice sytuacji pomiarowej dla dużego źródła. W praktyce, w realnych warunkach, spełnienie wszystkich wymagań normy jest praktycznie niemożliwe. Punkty pomiarowe mogą występować w pozycjach nie dostępnych, wysokość punktu pomiarowego może przewyższać 10 m, wykonanie pomiaru tła dla wyłączonych źródeł może być niemożliwe, a wyniki w punktach pomiarowych mogą różnić się o więcej niż 5 dB od średniej. Zgodnie z normą podczas wykonywania pomiarów stan pracy badanego obszaru powinien być wystarczająco długi i stabilny. W przypadku wyodrębnienia kilku stanów pracy, pomiary należy powtórzyć dla każdego z nich. Dane uzyskane przy zastosowaniu niniejszej normy mogą być użyte do:

- obliczania poziomu hałasu w środowisku dla ustalonych warunków pogodowych, pod warunkiem, że odległość tych punktów od geometrycznego środka obszaru zakładu jest co najmniej 1,5 razy większa od największego wymiaru tego obszaru,
- identyfikacji obszarów przemysłowych lub poszczególnych części tych obszarów,
- porównania różnych źródeł hałasu,
- monitorowania emisji hałasu z zakładu przemysłowego.

Mimo wielu ograniczeń, norma ta pozwala z dobrym przybliżeniem określać poziom mocy akustycznej na poziomie inżynierskim (patrz: Rozdział C.3.4.4).



Rysunek C.47. Szkielet sytuacji pomiarowej w oparciu o normę PN-ISO 8297 (opracowanie własne)

C.3.2.4 PN-EN ISO 12354-4

Dla źródeł zamkniętych, gdzie wtórnym źródłem hałasu są elementy przegród budowlanych, poziom mocy akustycznej zastępczych źródeł hałasu określa się na podstawie normy PN-EN ISO 12354-4. Podstawowa zależność na wyznaczenie poziomu mocy akustycznej opisana jest wzorem C.13. Poziom hałasu w pomieszczeniu można określić na podstawie pomiarów. Wartości poprawki na pole rozproszone szczegółowo opisano w Aneksie B do normy i najczęściej przyjmują wartość -5. Wypadkowy wskaźnik izolacyjności akustycznej oblicza się na podstawie izolacyjności akustycznej poszczególnych elementów budowlanych oraz ich powierzchni. Informacje o wartościach izolacyjności akustycznej różnych elementów budowlanych pozyskać można z pomiarów własnych, opracowań ITB (instrukcje, wytyczne, poradniki - nr 448/2015 i 369/2002), kart katalogowych producentów (np. dla płyt warstwowych, powszechnie stosowanych w budownictwie przemysłowym).

$$L_W = L_{p,in} - C_d - R' + 10 \log_{10} \left(\frac{S}{S_0} \right)$$

(Wzór C.16)

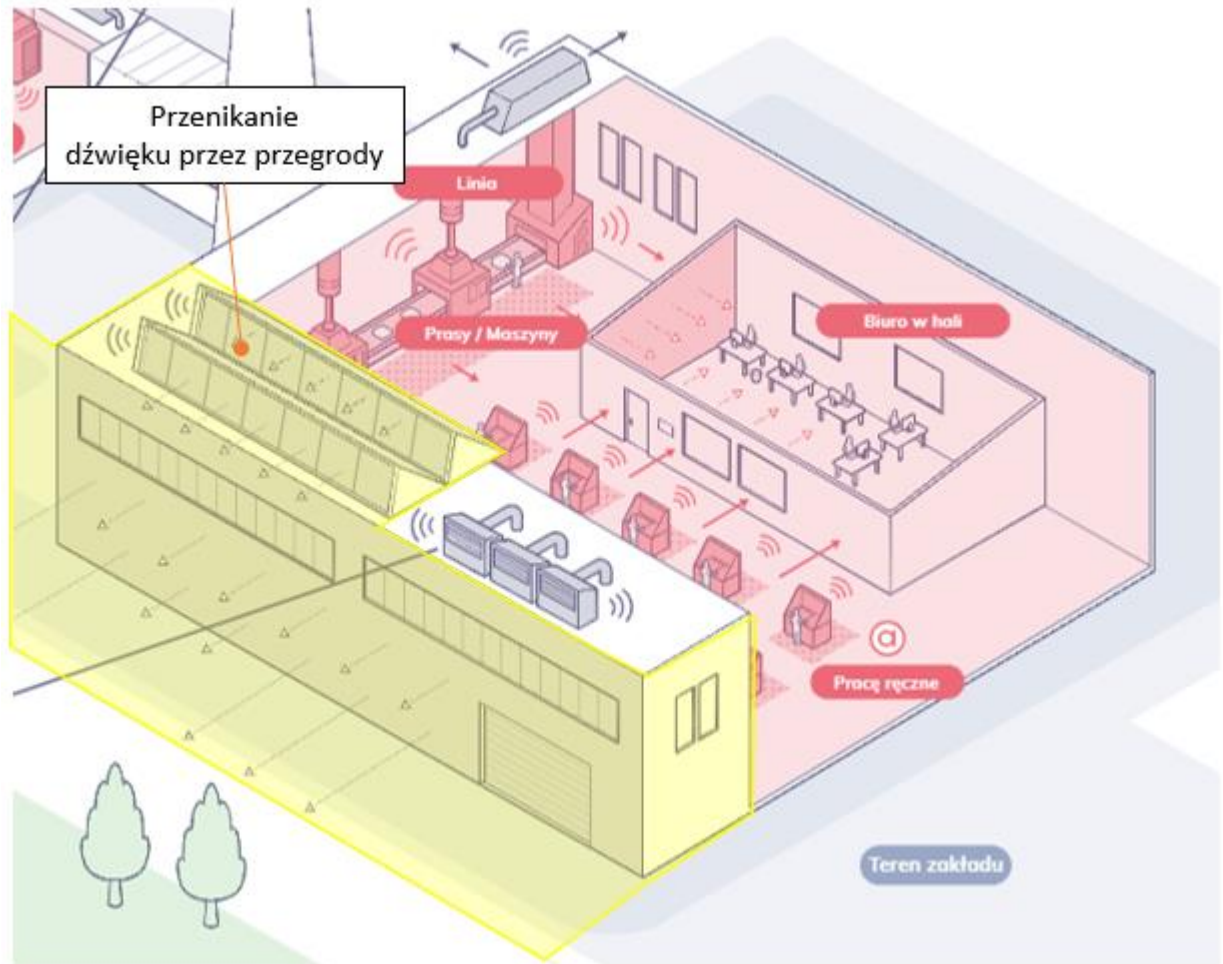
gdzie:

L_W – poziom mocy akustycznej, [dB];

$L_{p,in}$ – poziom ciśnienia akustycznego wewnątrz pomieszczenia w odległości od 1 do 2 m. [dB];

C_d – poprawka na pole rozproszone w pomieszczeniu, [dB];

R' – wypadkowy wskaźnik izolacyjności akustycznej przegrody, [dB],
 S – pole powierzchni pomiarowej na której mierzono średni poziom hałasu wewnątrz pomieszczenia, [m²],
 S_0 – pole powierzchni odniesienia równe 1 m².



Rysunek C.48 Przenikanie dźwięku przez przegrody [źródło: aci.acoucou.org]

C.3.3 Przydatne metody

Normy podstawowe nie definiują sposobów pomiarów konkretnych typów źródeł. Chcąc korzystać z dobrych praktyk w tym zakresie warto poszukiwać poradników branżowych (np. ASHRAE dla systemów wentylacji, itp.) oraz norm dedykowanych (np. DIN 45 635-47). Wykaz zalecanych norm przedstawiono w Tabeli C.15.

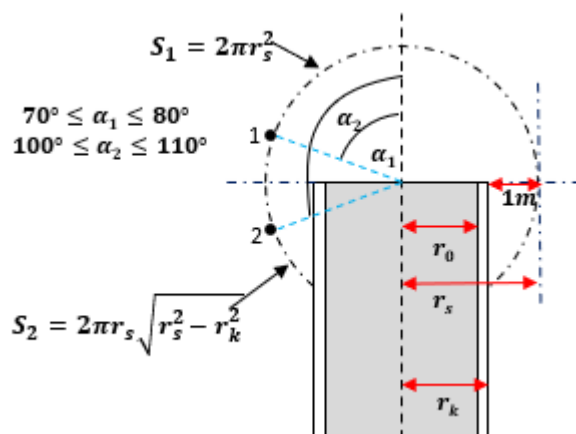
Tabela C.15. Spis przydatnych norm do wyznaczenia poziomów mocy akustycznej.

Norma	Tytuł	Opis
DIN 45635 (seria norm)	Pomiary emisji hałasu od maszyn, wyznaczenie poziomu mocy akustycznej dla określonych urządzeń, maszyn	Opis wytycznych pomiarów do wyznaczenia poziomu mocy akustycznej konkretnych urządzeń i maszyn np. wież chłodniczych (cz. 46), kominów (cz. 47) Norma podstawowa DIN 45 635-1 jest powiązana z normą PN-EN ISO 3744

Norma	Tytuł	Opis
PN-EN ISO 4871:2012	Deklarowanie i weryfikowanie wartości emisji hałasu maszyn i urządzeń	Opis sposobu deklarowania przez producentów wartości emisji hałasu z maszyn urządzeń.
ISO 6395:2008	Maszyny budowlane – Określanie poziomu mocy akustycznej – dynamiczne warunki testowe	Norma opisuje procedurę wyznaczania poziomu mocy akustycznej od poruszającej się maszyny na podstawie pomiaru wykonywanego na półsferycznej powierzchni pomiarowej usytuowanej na trasie przejazdu maszyny.
ISO 6393:2008	Maszyny budowlane – Określanie poziomu mocy akustycznej – stacjonarne warunki testowe	Norma opisuje procedurę wyznaczania poziomu mocy akustycznej nieporuszającej się maszyny, pracującej na włączonym silniku.

C.3.3.1 DIN 45635-47

Norma DIN 45635 część 47 opisuje procedurę pomiaru i obliczania poziomu mocy akustycznej z kominów. Jako przykład na Rysunek C.49, przedstawiono powierzchnie pomiarowe oraz lokalizację punktów pomiarowych do określania poziomu mocy akustycznej wylotu komina.



Rysunek C.49 Powierzchnie pomiarowe (S_1 , S_2) oraz lokalizacja punktów pomiarowych (1, 2) do pomiaru poziomu mocy akustycznej wylotu komina zgodnie z normą DIN 45 635-47.

C.3.4 Inżynierskie metody

C.3.4.1 Metody ogólne

W praktyce, w środowisku, wykonanie pomiarów zgodnie z którąkolwiek z norm jest trudne lub niemożliwe. Związane jest to głównie z:

- równoczesną pracą wielu źródeł hałasu blisko siebie,
- brakiem możliwości wyłączenia ich na czas pomiarów,
- niestacjonarną pracą źródeł.

W związku z powyższym **w pomiarach terenowych mówić można jedynie o pomiarach wykonywanych w oparciu o normy, a nie zgodnie z nimi.**

Podczas pomiarów należy mieć na uwadze fakt, że gdy odstęp od poziomu tła akustycznego jest większy niż 10 dB, to błąd pomiaru, w przypadku nie uwzględnienia poprawki na tło, wynosi nie więcej niż 0,5 dB. Natomiast jeżeli odstęp od tła jest mniejszy niż 3 dB, pomiar taki będzie bardzo niedokładny. W celu wyznaczenia poziomu mocy akustycznej w obszarach, gdzie tło jest za wysokie lub nie ma możliwości wyznaczenia poziomów z wyłączonym źródłem zaleca się:

- ustalić czy poziom tła akustycznego jest istotny, wykonując ocenę zaniku poziomu hałasu od badanego źródła (jeżeli wraz ze wzrostem odległości poziom hałasu nie będzie istotnie malał, oznaczać to będzie istotny wpływ tła akustycznego)
- ustalić możliwość przeprowadzenia pomiaru bez uwzględniania hałasu od źródeł sąsiadujących (np. w porze nocy, przy wyłączonych źródłach znajdujących się w sąsiedztwie badanego obiektu),
- zmniejszyć odległość pomiarową,
- zmierzyć poziom tła akustycznego w innym punkcie, dla którego wartość poziomu tła będzie równoważna, a udział badanego źródła znikomy.
- wykonywać pomiary poziomu mocy akustycznej dla grup źródeł tzn. wyznaczyć obszary na zakładzie, w których pracuje kilka źródeł w bliskich odległościach od siebie, na podobnej wysokości. W modelu akustycznym zostaną zamodelowane poszczególne obszary a nie źródła.

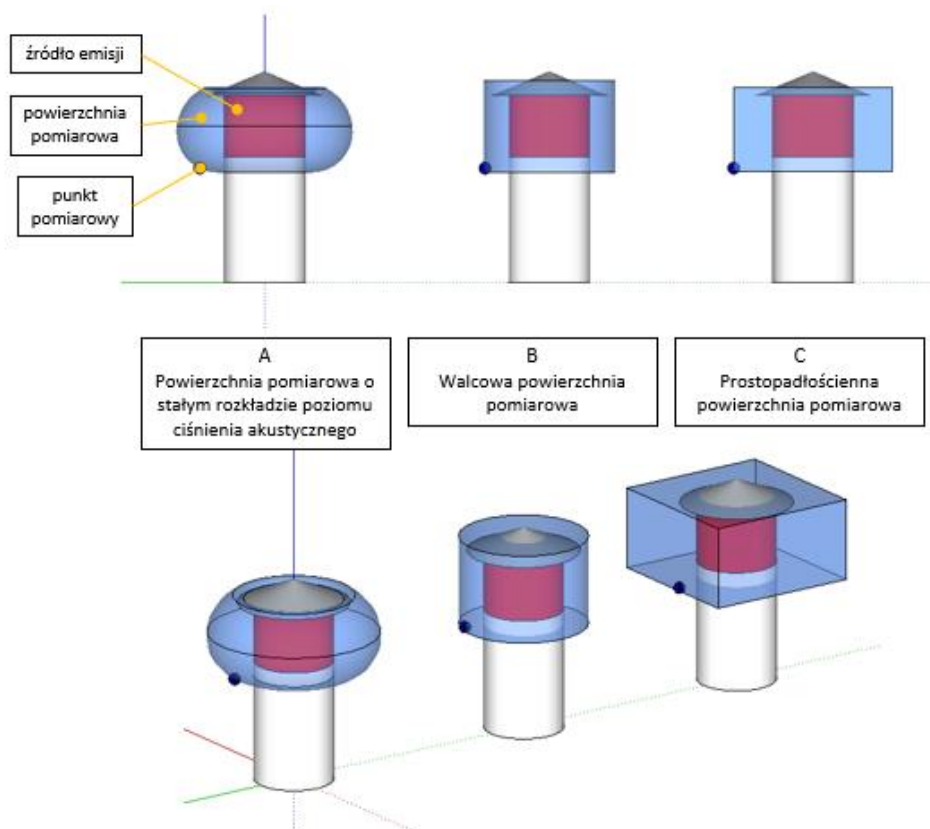
Jeżeli stosowane są pomiary w oparciu o normy, w protokołach z pomiarów terenowych istotne jest notowanie wszystkich odbiegających od normy sytuacji, mogących znacząco wpływać na wyniki końcowe. Dodatkowo należy:

- uwzględnić nastawy/warunki pracy źródła w dniu pomiarów,
- ocenić kierunkowość źródła (patrz: Rozdział C.1.4 i C.2.2),
- zanotować w jakim otoczeniu znajduje się źródło - podłoże (czy powierzchnia jest odbijająca czy pochłaniająca), jakie źródła hałasu znajdują się w pobliżu, czy są elementy ekranujące (np. duże urządzenia) szczególnie w kierunku terenów chronionych,
- zanotować czy źródło pracuje w trybie ciągłym, z przerwami, czy emisja od źródła jest zmienna w czasie, czy źródło ma charakter tonalny patrz (Rozdział C.5.2) lub impulsowy (patrz Rozdział C.5.1),
- zanotować wymiary źródła, odległości pomiarowe,
- zanotować dane przedstawiane na tabliczkach informacyjnych, znamionowych znajdujących się przy źródle a szczególnie informacje o typie, modelu urządzenia, prędkości i mocy znamionowej.

W przypadku źródeł emitujących hałas równomiernie na całej badanej powierzchni pomiarowej, możliwe jest zmniejszenie liczby punktów pomiarowych, przy założeniu że w każdym innym punkcie zmierzona wartość byłaby taka sama lub zbliżona.

W praktyce, pod warunkiem odpowiedniego udokumentowania i oceny wpływu na wynik końcowy, możliwe jest stosowanie innych niż wskazane w normach powierzchni pomiarowych. Metoda taka wymaga dużego doświadczenia i wiedzy z zakresu akustyki, w związku z czym sugeruje się bardzo rozważne podejście do tego zagadnienia. Co do zasady idealna powierzchnia pomiarowa powinna posiadać stały poziom hałasu w dowolnym punkcie. Przykłady różnych powierzchni pomiarowych

oraz zmniejszonej liczby pozycji pomiarowych przedstawiono na Rysunek C.50. W przykładzie tym punkt pomiarowy umieszczono poniżej miejsca wyrzutu, tak aby mikrofon nie znajdował się w maksymalnym strumieniu powietrza wyrzucanego²⁴. Powierzchnia pomiarowa A najdokładniej oddaje kształt pola akustycznego o stałym poziomie ciśnienia akustycznego, ale określenie jej pola powierzchni jest trudne. Powierzchnia pomiarowa B jest dobrym przybliżeniem rzeczywistego pola akustycznego o stałym poziomie, dla którego łatwo określić pole powierzchni znając podstawowe wymiary. Powierzchnia pomiarowa C jest najczęściej spotykanym, błędnym podejściem do wyznaczania poziomu mocy akustycznej. W analizowanym przykładzie różnice w wyznaczonym poziomie mocy akustycznej dochodzą do 2 dB.



Rysunek C.50 Przykłady powierzchni pomiarowych wykonywanych blisko źródła.

UWAGA: Jeżeli nie niemożliwe jest wykonywanie pomiaru ciśnienia akustycznego w wielu pozycjach pomiarowych, równomiernie na całej powierzchni pomiarowej, dobrą praktyką jest wykonywanie ich na głównym kierunku propagacji, gdzie znajdują się tereny chronione.

C.3.4.2 Źródło liniowe i powierzchniowe

²⁴ Dałoby to podbicie dźwięku w zakresie niskich częstotliwości i zawyżyło wynik. Przy doborze pozycji kierowano się zasadami pomiarowymi dla wylotów kominów

Wychodząc z definicji źródła liniowego, najbardziej interesującym parametrem jest poziom mocy akustycznej na jednostkę długości 1m. Dla źródeł liniowych o stałym poziomie emisji (np. taśmociągi), poziom ten można wyznaczyć na podstawie pomiaru poziomu hałasu na obrysie wokół przekroju źródła i podstawiając wynik do wzoru:

$$L_{W/m} = \bar{L}_p - K_1 + 10 \log_{10} \left(\frac{Sl}{Sl_0} \right) \quad (\text{Wzór C.17})$$

gdzie:

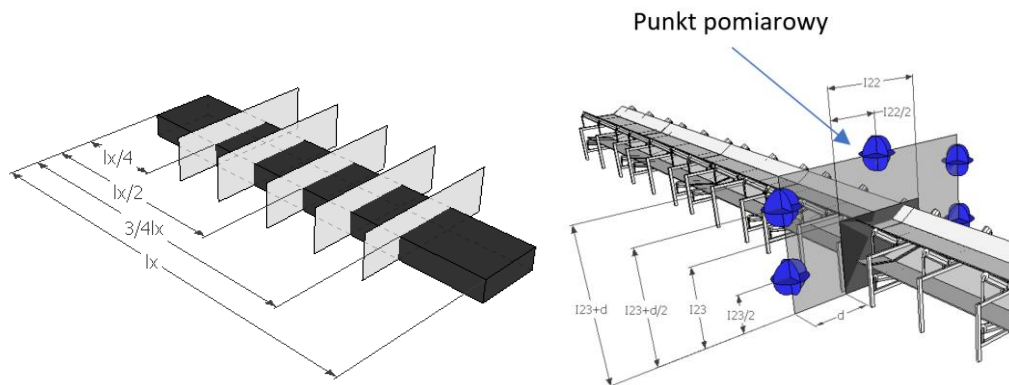
$L_{W/m}$ – poziom mocy akustycznej na jednostkę długości 1 m, [dB]

\bar{L}_p – średni poziom dźwięku zmierzony na powierzchni obrysie pomiarowym Sl , [dB]

K_1 – korekta na poziom tła akustycznego, [dB] (w praktyce dla odstępu od tła większego niż 10 dB poprawka równa 0)

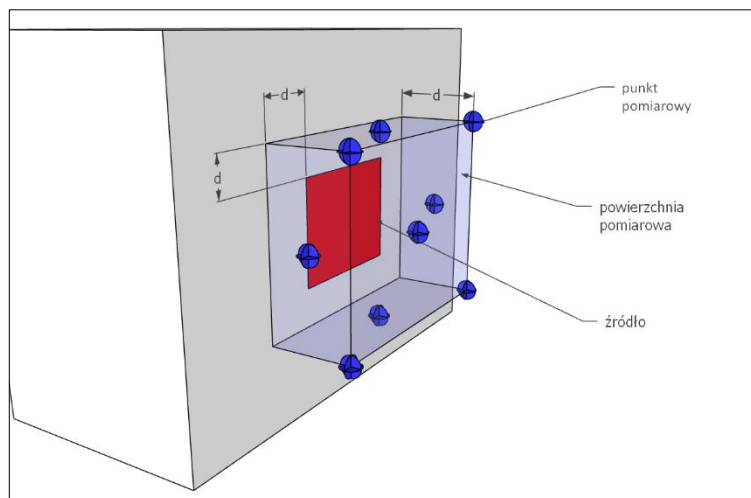
Sl – długość obrys pomiarowego, [m]

Sl_0 – długość odniesienia równa 1 m.



Rysunek C.51 Pomiar poziomu mocy na jednostkę długości dla przykładzie taśmociągu – rozkład badanych przekroi oraz pozycje pomiarowe (opracowanie własne).

Analizowane w zakładach przemysłowych źródła powierzchniowe zawsze mają skończone wymiary. Dla małych i średnich źródeł powierzchniowych poziom mocy akustycznej można określić metodą pomiarową, stosując prostopadłościenną powierzchnię pomiarową i zależności opisane w Rozdziale C.3.1 (patrz: Rysunek C.51).



Rysunek C.52 Pomiar poziomu mocy akustycznej źródła powierzchniowego dla czerpni ściennej – pozycje pomiarowe.

C.3.4.3 Źródła ruchome

Przy tworzeniu modeli zastępczych źródeł liniowych i powierzchniowych często potrzebny jest poziom mocy akustycznej rozpatrywanego źródła ruchomego. W celu jego określenia można:

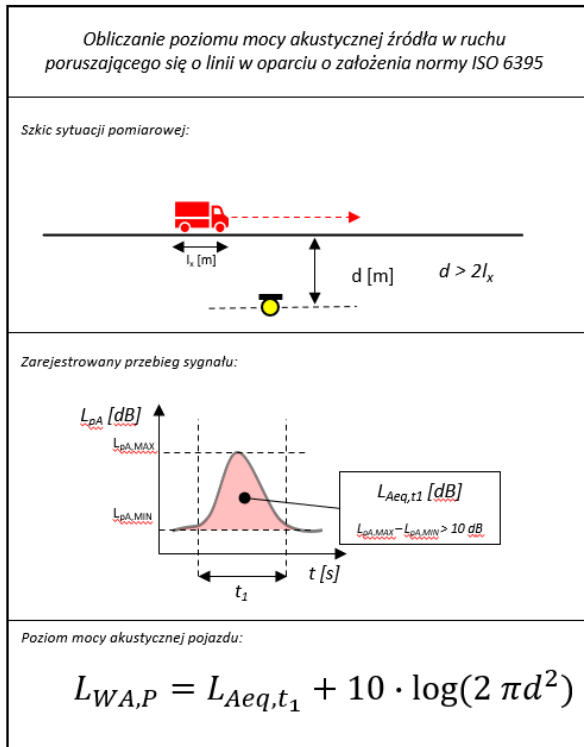
- ▣ posłużyć się danymi katalogowymi urządzeń lub danymi z baz danych o źródłach (patrz: Rozdział B.2.2),
- ▣ wykonać własne pomiary akustyczne.

W przypadku wykonywania pomiarów własnych można posłużyć się inżynierskimi metodami pomiaru poziomu mocy akustycznej źródła ruchomego, dla pomiarów źródeł poruszających się po zadanym torze i źródeł poruszających się po obszarze.

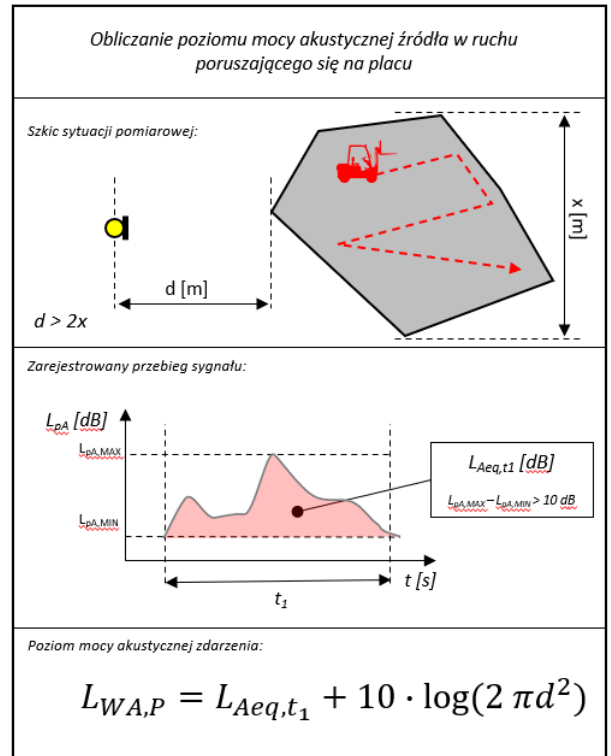
Dla źródeł poruszających się po zadanym torze pomiar wykonuje się w bliskiej odległości od toru jazdy (rzędu kilku – kilkunastu metrów). Miernik dźwięku powinien być ustawiony w znanej odległości od toru ruchu źródła (np. 7,5 m). Podczas przejazdu prowadzi się zapis zmian poziomu ciśnienia akustycznego, a następnie określa się poziom równoważny w czasie pojedynczego przejazdu, tak jak to przedstawiono na Rysunek C.53. Poziom mocy akustycznej oblicza się na podstawie wzoru (C.15) [patrz: Rozdział C.3.1]. Powierzchnią pomiarową w tym przypadku będzie półsfera o promieniu d . Procedura ta jest uproszczeniem metody przedstawionej w normie ISO 6395:2008, opisującej wyznaczanie poziomu mocy akustycznej maszyn budowlanych w ruchu.

Dla źródeł poruszających się po obszarze pomiar wykonuje się w większej odległości, zależnej od wielkości powierzchni zamykającej trasę poruszania się pojazdu. Jeśli odległość pomiarowa d będzie przynajmniej dwukrotnie większa od największego wymiaru powierzchni zamykającej obszar ruchu badanego pojazdu, to taki pomiar odpowiada metodzie pomiaru poziomu mocy akustycznej standardowego źródła dźwięku, opisanej w Rozdziale C.3.1. Na Rysunek C.54 przedstawiono

inżynierską procedurę obliczania poziomu mocy akustycznej źródeł poruszających się zadanym obszarze.



Rysunek C.53 Obliczanie poziomu mocy akustycznej źródła w ruchu poruszającego się o linii w oparciu o założenia normy ISO 6395

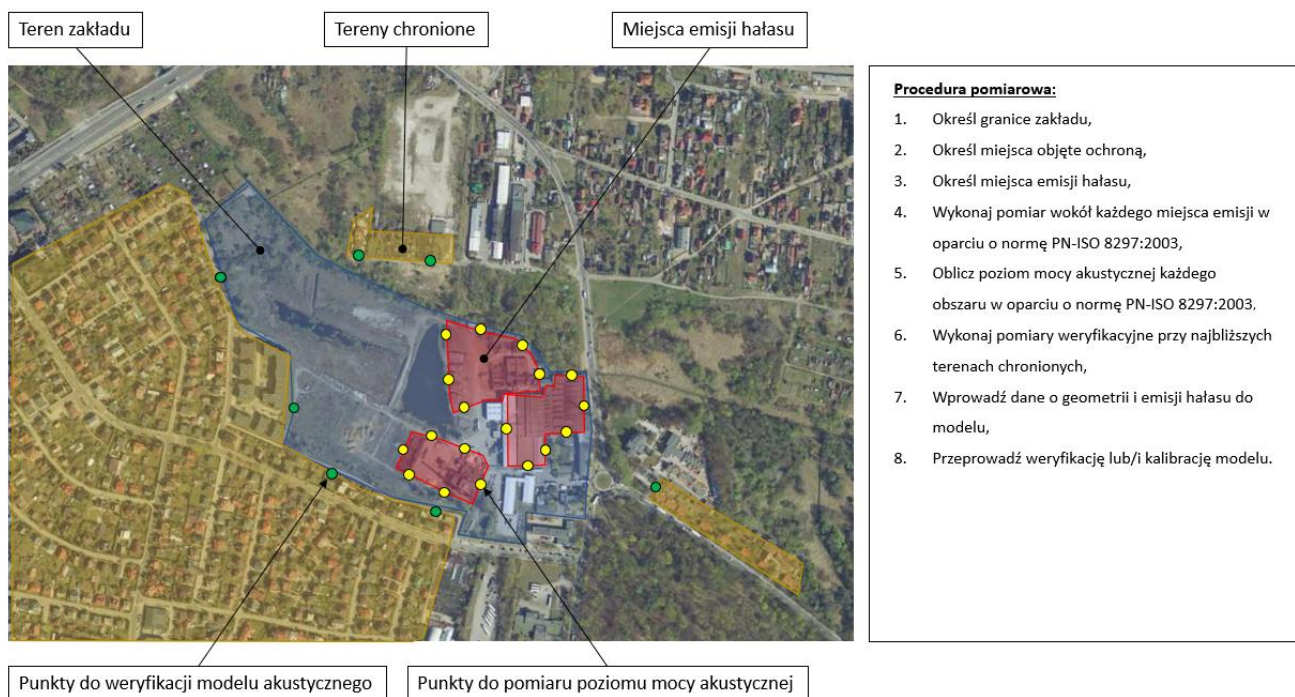


Rysunek C.54 Obliczanie poziomu mocy akustycznej źródła w ruchu poruszającego się na placu

C.3.4.4 Obszar całego zakładu

Chcąc zamodelować cały zakład przemysłowy bez dominujących źródeł hałasu²⁵, możliwe jest zastosowanie metody strefowych zastępczych źródeł hałasu. Pomiary należy przeprowadzić zgodnie z procedurą przedstawioną na Rysunek C.55, opartą o metodę pomiaru poziomu mocy akustycznej przedstawioną w normie PN-ISO 8297:2003 (patrz: Rozdział C.3.2.3).

²⁵ W przypadku występowania dominujących źródeł hałasu należy je wprowadzić do modelu akustycznego jako odrębne źródło, a poziom mocy akustycznej wyznaczać w oparciu o inne przedstawione w opracowaniu metody.



Rysunek C.55 Modelowanie zakładu przemysłowego z wykorzystaniem strefowych źródeł hałasu.

C.3.4.5 Źródło o charakterze impulsowym

W sytuacji gdy brak jest dostępnych danych dotyczących poziomu emisji zidentyfikowanych źródeł hałasu impulsowego należy określić je na drodze pomiarowej. W większości przypadków, dla źródeł hałasu impulsowego, wykonanie pomiarów zgodnie z normami serii PN ISO 344x nie jest możliwe (patrz: Rozdział A.1.1.1). W takiej sytuacji można zastosować metodę inżynierską, której zastosowanie powinno zostać uzasadnione i opisane. Opracowany model zastępczego źródła hałasu wymaga kalibracji empirycznej.

Przykład „Metodyka inżynierska określenia równoważnego poziomu mocy akustycznej zastępczego źródła dźwięku”

Źródłem hałasu impulsowego jest rozładunek elementów metalowych, o długości do $l_e \leq 4$ m, na betonowym placu magazynowym. Zrzut elementów jest źródłem hałasu impulsowego. Impulsy można zidentyfikować i oddzielnie zmierzyć jako pojedyncze zdarzenia akustyczne.

Opis metodyki

- zakładamy, że źródło hałasu impulsowego, którym jest zderzenie elementów metalowych można traktować jak punktowe wszechkierunkowe źródło dźwięku dla odległości $d \geq 8$ m (patrz: Rozdział D.1.2)
- pomiary hałasu wykonywane będą na obrysie wokół miejsca zrzutu, w odległości $d = 10$ m,
- wielkością mierzoną będzie poziom ekspozycji na hałas L_{AE} dla operacji zrzutu oraz charakterystyka częstotliwościowa hałasu w pasmach 1/3 oktawowych,

- liczba powtórzeń pomiarów L_{AE} w każdym punkcie zależą będzie od rozrzutu mierzonych wartości L_{AEi} jednak nie mniej niż 3 powtórzenia,
- dla każdego k -tego punktu pomiarowego określona zostanie wartość średnia $L_{AE,śr,k}$ i odchylenie standardowe σ_k ,
- określona zostanie wartość średnia $L_{AE,śr}$ na obrysie w odległości d wraz z niepewnością wyniku pomiaru,
- równoważny poziom mocy akustycznej za okres T można szacuje się na podstawie zależności (jak dla pomiaru hałasu od źródła zlokalizowanego na powierzchni odbijającej),

$$L_W = L_{AE,śr} + 10 \log \left(\frac{N}{T} \right) + 20 \log \left(\frac{d}{d_0} \right) + 10 \log(x\pi) \quad (\text{Wzór C.18})$$

gdzie:

$L_{AE,śr}$ – średni poziom ekspozycji na hałas dla danego zdarzenia akustycznego, zmierzony w odległości d wokół miejsca występowania źródła hałasu impulsowego [dB],

N – liczba zdarzeń występujących w okresie T ,

T – czas odniesienia wyrażony w sekundach,

d – odległość źródła hałasu impulsowego [m],

$d_0 = 1$ m,

$x = 2$ gdy warunki wykonywania pomiaru L_{AE} są zbliżone do warunków pomiaru na powierzchni odbijającej,

$x = 4$ gdy warunki wykonywania pomiaru L_{AE} są zbliżone do warunków pola swobodnego.

Kalibrację modelu źródła przeprowadza się na podstawie porównania wyników obliczeń modelowych z wynikami pomiaru wykonanymi w funkcji odległości od źródła.

C.3.5 Najczęstsze błędy i problemy

Do najczęstszych błędów i problemów towarzyszących pomiarom poziomu mocy akustycznej, na które należy zawsze zwracać szczególną uwagę zaliczamy:

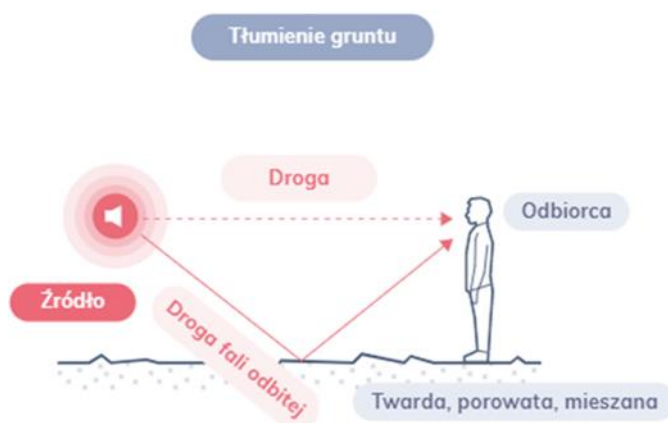
- dobór złej metody pomiarowej,
- dobór złej powierzchni pomiarowej,
- brak analizy stanu pracy badanego urządzenia,
- brak odnotowania parametrów pracy badanego urządzenia,
- pomiar w polu akustycznym w którym dominuje poziom tła akustycznego,
- brak możliwości spełnienia wszystkich wymagań danej metody.

C.4 Wpływ parametrów modelu akustycznego na wyniki

C.4.1 Parametry akustyczne

C.4.1.1 Współczynnik gruntu – G

Podczas rozpatrywania drogi propagacji od źródeł do punktów odbiorów, ważnym elementem jest analiza właściwości akustycznych podłoża. Dźwięk nie będzie się odbijał w taki sam sposób od gruntu pokrytego trawą i asfaltowej drogi. W modelowaniu akustycznym tę cechę podłoża uwzględnia się poprzez zdefiniowanie bezwymiarowego parametru G. Parametr ten przyjmuje wartości w przedziale od 0 (dla tzw. gruntu twardego) do 1 (dla tzw. porowatego). Na podstawie współczynnika G obliczana jest wartość tłumienia przez grunt przy analizie propagacji dźwięku na drodze źródło-punkt odbioru. Wartości współczynnika G dobiera się na podstawie typu/rodzaju podłoża. W opisie metodyki CNOSSOS-EU [13; 29] zdefiniowano podstawowe typy podłoża wraz z przypisaniem im wartości parametru G.



Rysunek C.56 Propagacja fali dźwiękowej na gruncem [źródło: <https://aci.acoucou.org>]

C.4.1.1.1 Wpływ gruntu a warunki meteorologiczne

Warunki meteorologiczne wpływają na wartość tłumienia dźwięku powodowanego oddziaływaniem akustycznym powierzchni gruntu w dwojaki sposób²⁶:

- właściwości pochłaniające powierzchni gruntu, scharakteryzowane przez oporność przepływu σ , mogą się zmieniać w zależności od pory roku i warunków atmosferycznych, np. właściwości pochłaniające wyschniętego gruntu są inne niż gruntu mokrego czy pokrytego roślinnością lub warstwą śniegu.
- w zależności od warunków propagacji dźwięku między źródłem i punktem obserwacji może ulec zmianie kąt padania fali dźwiękowej na powierzchnię gruntu, co powoduje zmianę wartości współczynnika odbicia od powierzchni i tym samym parametru G. Inaczej mówiąc

²⁶ Współczynnik odbicia fali dźwiękowej od powierzchni gruntu jest funkcją właściwości fizycznych powierzchni gruntu, scharakteryzowanych przez oporność przepływu σ oraz kąta padania fali akustycznej na powierzchnię gruntu. Im kąt padania jest mniejszy tym wartość współczynnika odbicia jest większa. Ze wzrostem kąta padania wartość współczynnika odbicia rośnie.

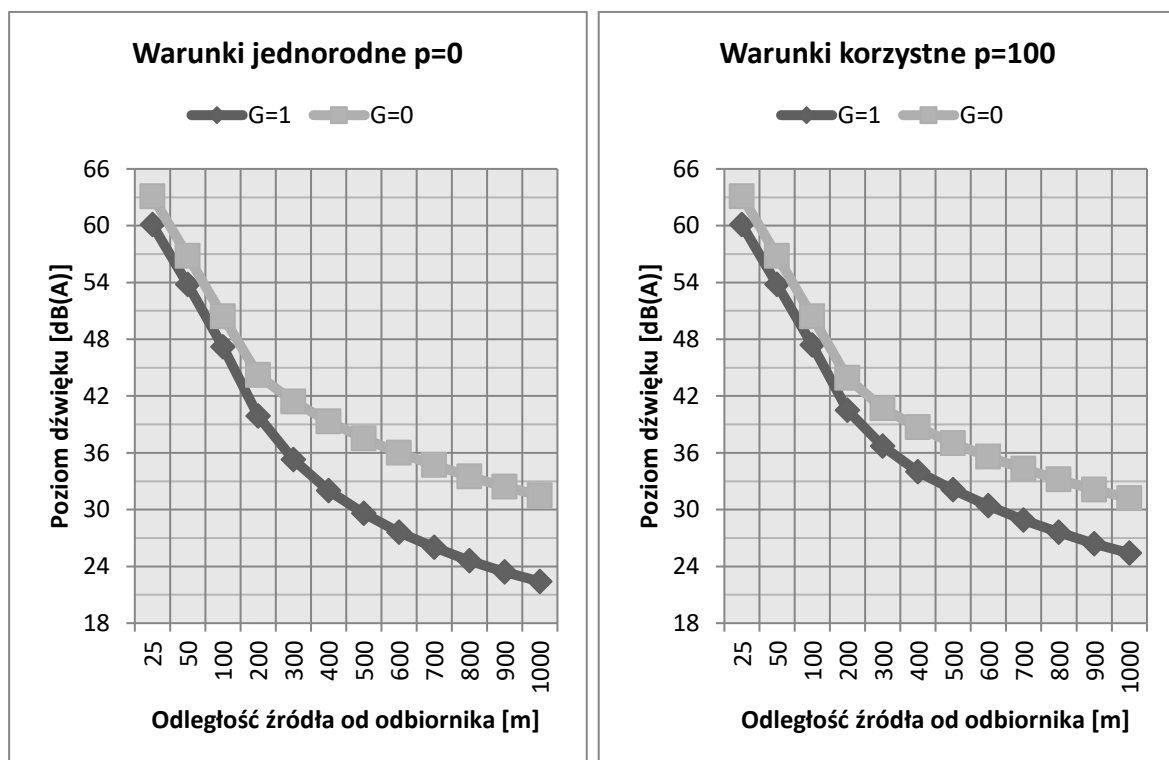
wartość parametru G dla danej powierzchni gruntu może być różna w zależności od warunków propagacji.

Zasada przyjmowania wartości współczynnika G powinna być następująca:

- w przypadku, gdy do oceny wykorzystywane są długookresowe wskaźniki poziomu hałasu (np. mapy strategiczne) przyjęta wartość powinna być reprezentatywna dla całego roku,
- w innych przypadkach, np. do oceny oddziaływania na środowisko, wartość współczynnika G można przyjmować analogicznie jak dla długookresowej oceny lub dla warunków występujących dla zadanego czasu odniesienia.

Przykład 1. Wpływ warunków meteorologicznych na tłumienie wprowadzane przez grunt

Wraz ze wzrostem odległości punktu obserwacji od źródła, wpływ tłumienia powodowanego przez oddziaływanie gruntu wzrasta. Na rysunku (Rysunek C.57) zilustrowano zmianę poziomu dźwięku wraz z odległością od źródła punkowego, zlokalizowanego na wysokości 2 m, przy propagacji nad powierzchnią odbijającą ($G=0$) i pochłaniającą ($G=1$) dla jednorodnych i korzystnych warunków propagacji. Wysokość punktów obserwacji wynosi 4 m. Można zauważyć, że do odległości $d_p \leq 200$ m różnice te wynoszą ok. 3 dB natomiast im dalej od źródła, tym są one dużo większe. Dla odległości 1000 m. wynoszą 9 dB w warunkach jednorodnych oraz 5 dB w warunkach korzystnych.



Rysunek C.57. Zmiana poziomu dźwięku w funkcji odległości od źródła dla propagacji nad powierzchnią odbijającą ($G=0$) i pochłaniającą ($G=1$) i różnych warunków meteorologicznych (warunki jednorodne $p=0$ i warunki korzystne $p=100$). Parametry obliczeń: źródło punktowe na wysokości $h_s=2$ m, punkt obserwacji na wysokości $h_o=4$ m - Obliczenia wg metody CNOSSOS, program Cadna A (opracowanie własne)

Przykład 2. Wpływ wartości współczynnika G na wynik obliczeń

W metodyce obliczeniowej rozpatrywane są trzy charakterystyczne strefy na drodze propagacji pomiędzy źródłem a punktem odbioru (Rysunek C.58):

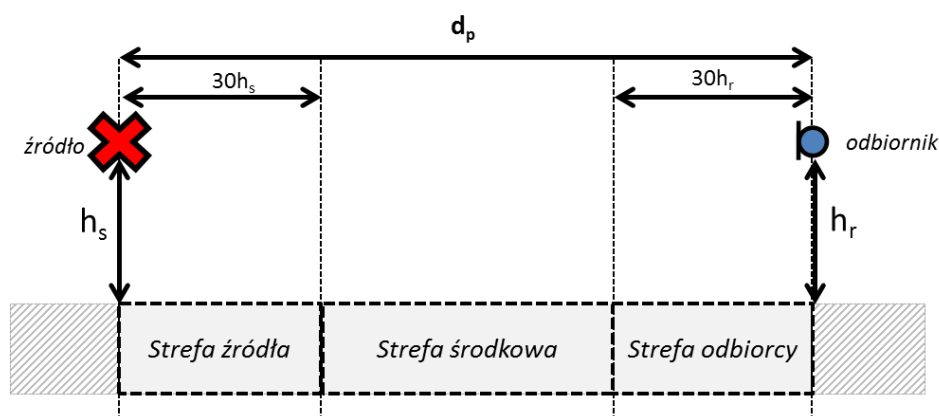
- ▣ strefa źródła - rozciągającą się od źródła na odległość $30h_s$
- ▣ strefa środkową – rozciągającą się pomiędzy strefą źródła i strefą odbioru (przy czym jeżeli $d_p \leq 30(h_s + h_r)$ to strefa środkowa nie istnieje),
- ▣ strefa odbioru - rozciągającą się od punktu odbioru na odległość $30h_r$

gdzie:

h_s - wysokość usytuowania źródła,

h_r - wysokość usytuowania punktu odbioru,

d_p - odległość źródła od punktu odbioru (rzut na płaszczyznę gruntu odległości między źródłem a punktem odbioru).



Rysunek C.58. Charakterystyczne strefy do określania wpływu gruntu (opracowanie własne).

W celu zilustrowania wpływu przyjętej wartości współczynnika G dla wyróżnionych obszarów pomiędzy źródłem i punktem odbioru przedstawiono poniżej wyniki analizy dla 4 przypadków sytuacji o takiej samej geometrii układu źródło – punkt odbioru i różnych wartościach współczynnika G przyjętych dla trzech podobszarów oraz dla różnych warunków meteorologicznych. W obliczeniach dla strefy źródła i punktu odbioru przyjmowano skrajne wartości współczynnika G. Schematy badanych sytuacji zestawiono w tabeli (Tabela C.16) a wyniki obliczeń w tabeli (Tabela C.17).

Tabela C.16. Rysunki poglądowe rozpatrywanych przypadków.

Rysunki poglądowe	
Przypadek 1	
Przypadek 2	
Przypadek 3	
Przypadek 4	

Tabela C.17. Opis i wyniki obliczeń dla różnie zamodelowanych obszarów na drodze propagacji źródło-punkt odbioru.

	Przypadek 1	Przypadek 2	Przypadek 3	Przypadek 4
Opis przypadku	Na drodze propagacji źródło-punkt odbioru znajdują się trzy różne rodzaje podłoża	Pomiędzy źródłem a punktem odbioru trzy powierzchnie odbijające.	Pomiędzy źródłem a punktem odbioru powierzchnia odbijająca i dwie powierzchnie pochłaniające.	Powierzchnie odbijające oddzielone między sobą powierzchnią o $G=0,5$
Ustawienia współczynnika G	G1=0 (beton) G2=0,5 (rumowisko) G3=1 (trawa)	G1=0 G2=0 G3=0	G1=0 G2=1 G3=1	G1=0 G2=0,5 G3=0
Odległość źródła od punktu odbioru	500m	500m	500m	500m
Poziom mocy akustycznej LwA [dB]	100 dBA	100 dBA	100 dBA	100 dBA
WYNIKI OBLICZEŃ				
Poziom dźwięku w punkcie odbioru $p=0$ [Warunki jednorodne]	32,1	35,2	31,0	33,8
Poziom dźwięku w punkcie odbioru $p=100$ [Warunki korzystne]	35,2	39,0	34,2	36,2
KOMENTARZ: Ocena wpływu warunków meteorologicznych na wyniki	Różnice w wynikach mieszczą się w zakresie 2,4-3,8 dB . Największy wpływ warunków uzyskano, gdy na drodze propagacji występuje tylko powierzchnia odbijająca.			

KOMENTARZ:
Ocena wpływu parametru G na wyniki

Rozrzut między wynikami mieści się w zakresie od **1 do 3 dB**

Rozrzut między wynikami mieści się w zakresie od **1 do 4,8 dB**

C.4.1.2 Warunki meteorologiczne

Opis wpływu warunków meteorologicznych na propagację fali dźwiękowej przedstawiono w Rozdziale D.2²⁷.

Warunkami meteorologicznymi mającymi wpływ na propagację fali dźwiękowej w środowisku są:

- ▣ wiatr:
 - kierunek,
 - średnia prędkość przy gruncie,
 - profil pionowy zmian (gradient),

²⁷ Dodatkowym rozszerzeniem informacji o wpływie warunków meteorologicznych na propagację dźwięku w środowisku jest Załącznik do opracowania *Dobre praktyki wykonywania strategicznych map hałasu – Wytyczne Głównego Inspektora Ochrony Środowiska*

- temperatura:
 - wartość średnia przy gruncie,
 - profil pionowy zmian (gradient),
- wilgotność powietrza.

Każdy z powyższych parametrów opisujących stan atmosfery wpływa na prędkość oraz współczynnik pochłaniania fali dźwiękowej w powietrzu. W zależności od układu warunków meteorologicznych wyróżnić można od czterech do pięciu klas warunków propagacji [25; 11]:

- M0 – warunki bardzo niekorzystnej propagacji,
- M1 – warunki niekorzystnej propagacji,
- M2 – warunki obojętnej (jednorodnej) propagacji,
- M3 – warunki korzystnej propagacji,
- M4 – warunki bardzo korzystnej propagacji.

W metodyce obliczeniowej CNOSSOS-EU wyróżnia się jedynie dwie podstawowe klasy warunków propagacji: warunki jednorodne ($p = 0\%$) oraz warunki korzystne (100%). Przy pomocy parametru „p” możliwe jest zdefiniowanie warunków pośrednich, zawierających się pomiędzy. Zgodnie z metodyką CNOSSOS-EU warunki niekorzystnej propagacji mogą być przybliżane za pomocą warunków jednorodnych.

Żeby lepiej zobrazować wpływ poszczególnych warunków propagacji na zmiany poziomu dźwięku oraz połączyć zmiany warunków meteorologicznych z przedstawionymi klasami w Tabeli C.18, Tabela C.19, Tabela C.20 przedstawiono powiązania [11].

Tabela C.18 Klasy warunków propagacji – opis i wpływ na poziom dźwięku [11].

Klasy warunków meteorologicznych	Warunki propagacji	Wpływa na poziom dźwięku
M0	Bardzo duża refrakcja fali dźwiękowej ku górze	Bardzo duże tłumienie i rozproszenie fali dźwiękowej
M1	Normalna refrakcja fali dźwiękowej ku górze	Duże tłumienie i rozproszenie fali dźwiękowej
M2	Jednorodne	Normalna propagacja i rozproszenie fali dźwiękowej (bez istotnego wpływu warunków meteorologicznych)
M3	Normalna refrakcja fali dźwiękowej ku dołowi	Duże zwiększenie oddziaływania i średnie rozproszenie fali dźwiękowej
M4	Bardzo duża refrakcja fali dźwiękowej ku dołowi	Bardzo duże zwiększenie oddziaływania i duże rozproszenie fali dźwiękowej

Tabela C.19 Klasyfikacja klas warunków propagacji oparta o klasy warunków aerodynamicznych (U) i termicznych (T)[11].

	U1	U2	U3	U4	U5
T1	-	M0	M1		-
T2	M0	M1		M2	M3
T3	M1		M2	M3	
T4	M1	M2	M3		M4
T5	-	M3		M4	-

Tabela C.20 Klasy warunków aerodynamicznych (U) i termicznych (T) wraz opisem warunków meteorologicznych im odpowiadającym

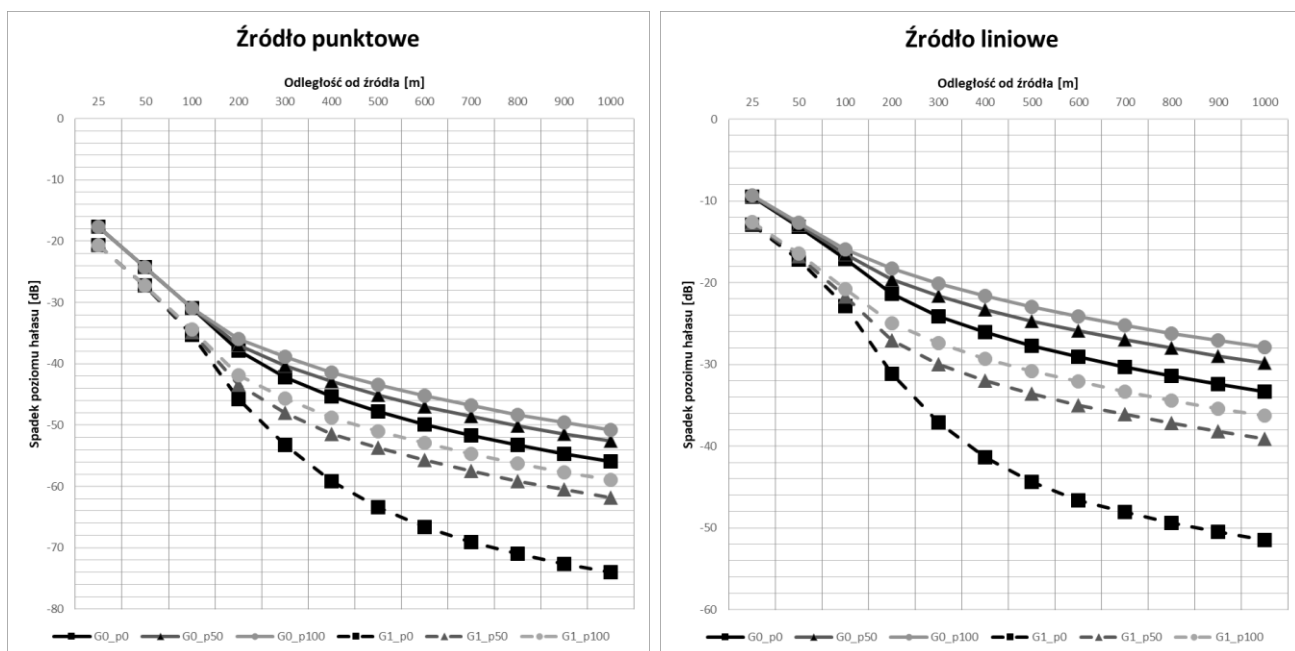
Wpływ wiatru		Wpływ temperatury	
Klasa	Opis	Klasa	Opis
U1	Silny wiatr od punktu oceny do źródła	T1	Dzień i silne nasłonecznienie i suchy grunt i brak lub słaby wiatr
U2	Lekki wiatr od punktu oceny do źródła lub Bardzo lekki wiatr od punktu oceny do źródła	T2	Dzień i [średnie nasłonecznienie lub wilgotny grunt lub silny wiatr]
U3	Brak wiatru	T3	[Godzina przed i po zachodzie i wschodzie słońca] lub [pochmurny dzień i lekki wiatr i wilgotny grunt]
U4	Lekki wiatr od źródła do punktu oceny lub Bardzo lekki wiatr od źródła do punktu oceny	T4	Noc i [pochmurnie lub bez wiatru]
U5	Silny wiatr od źródła do punktu oceny	T5	Noc i czyste niebo i [lekki wiatr lub brak]

Zgodnie z normą ISO 1996-2:2017 istotny wpływ warunków meteorologicznych na mierzony poziom hałasy przy propagacji na gruncie „miękkim” ($G=1$) występuje dla odległości źródło – punkt odbioru:

- większej niż 45 m, dla źródła umieszczonego na wysokości 0,5 m i punktu odbioru na wysokości 4,0 m,
- większej niż 190 m, dla źródła umieszczonego na wysokości 15,0 m i punktu odbioru na wysokości 4,0 m.

Niepewność pomiaru zgodnie z normą ISO 1996-2:2017, ze względu na warunki meteorologiczne, w przypadku wykonania pomiaru tylko w warunkach korzystnej propagacji (klasa M3 i M4) wynosi 2 dB dla odległości do 400 m i zwiększa się do 3,5 dB dla odległości 1000 m.

W przypadku modelowania akustycznego z użyciem metodyki CNOSSOS-EU, wpływ warunków meteorologicznych jest szczególnie istotny dla dużych odległości punktu odbioru od źródła hałasu. Znaczący efekt zaczyna się obserwować od odległości ok. 100m (patrz: Rysunek C.59). Przedstawione wyniki obliczeń uwzględniają wszystkie składniki wpływające na propagację (odległość, pochłanianie w powietrzu, warunki meteorologiczne). W analizowanym modelu akustycznym przyjęto teren płaski bez żadnych przeszkód. Maksymalna różnica obserwuje się dla gruntu „miękkiego” ($G=1$). W odległości 500 m tłumienie pomiędzy skrajnymi wartościami parametru „p” (0% i 100%) jest rzędu 10 dB. W zakresie wartości parametru „p” w przedziale od 50% do 100% (typowego dla rzeczywistych warunków korzystnej propagacji) zmienność tłumienia jest rzędu 3 dB.



Rysunek C.59 Zmiana poziomu dźwięku w funkcji odległości dla różnych właściwości gruntu ($G = 1; 0$) oraz różnych warunków propagacji ($p = 0; 50; 100$) – źródło umieszczone na wysokości 0,5m; punkty obliczeniowe umieszczone na wysokości 4,0 m. (opracowanie własne na podstawie obliczeń w programie CadnaA)

Na potrzeby kalibracji modelu akustycznego należy wprowadzać warunki meteorologiczne zgodne warunkami panującymi podczas pomiaru.

Na potrzeby obliczeń końcowych należy wprowadzać dane średnioroczne dla SMH oraz średniodobowe lub/i maksymalne dla innych opracowań akustycznych.

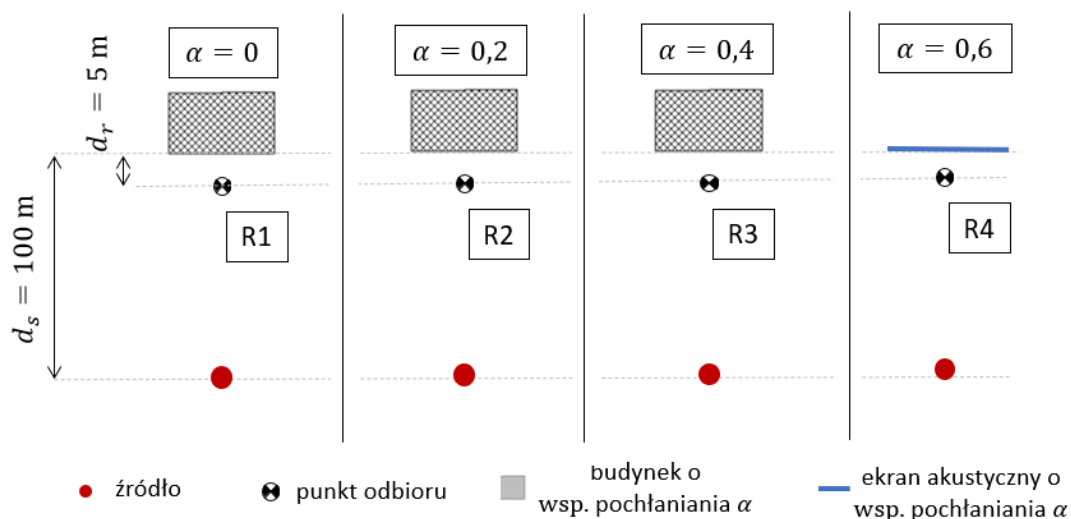
C.4.1.3 Współczynnik pochłaniania dla przeszkód

W celu uwzględnienia odbić fal dźwiękowych od przeszkód typu kubaturowych, trzeba zdefiniować ich parametry akustyczne wyrażone przy pomocy bezwymiarowego współczynnika pochłaniania dźwięku (α) lub współczynnika strat odbicia wyrażonego w decybelach. Typowe wartości, które można stosować w programach obliczeniowych przedstawiono w Tabeli C.21. Obecnie, w przypadku ekranów akustycznych, wiele programów pozwala definiować współczynnik pochłaniania w pasmach 1/1 oktawy.

Tabela C.21 Współczynnik pochłania i odpowiadająca mu strata odbicia od powierzchni

Współczynnik pochłaniania dźwięku (α)	Strata odbicia od powierzchni
0,0	0 dB
0,2	1 dB
0,4	2,2 dB
0,5	3,0 dB
0,6	4,0 dB
1	Brak odbicia (w niektórych programach 20 dB)

W celu zbadania wpływu współczynnika pochłaniania na wyniki obliczeń, przeanalizowano 4 warianty przedstawione na Rysunek C.60. W badanej sytuacji punkt odbioru usytuowany jest w odległości 5 m od płaszczyzny odbijającej (budynku lub ekranu akustycznego). Budynek jest oddalony od źródła o 100 m. Wyniki analizy i pozostałe dane wejściowe są przedstawione w Tabeli C.22. W zależności od przyjętego dla przeszkody współczynnika pochłaniania, wynik obliczeń w punkcie kontrolnym przed budynkiem może zmieniać się w granicach 1,4 dB.



Rysunek C.60 Zależność poziomu dźwięku od współczynnika pochłaniania

Tabela C.22 Wyniki poziomu dźwięku L_A w punktach odbioru w zależności od współczynnika pochłaniania i wartości pozostałych danych wejściowych

Wartości danych wejściowych		Punkt odbioru	Współczynnik pochłaniania α	Poziom dźwięku w punkcie odbioru L_A [dB(A)]
Poziom mocy akustycznej źródła L_{WA}	100 dB(A)	R1	0	51,8
Wysokość położenia źródła	4 m	R2	0,2	51,4
Wysokość położenia punktów odbioru	4 m	R3	0,4	50,9
Wysokość reflektorów	9 m	R4	0,6	50,4

C.4.2 Parametry obliczeń

C.4.2.1 Liczba odbić

Liczba odbić oznacza maksymalną liczbę odbić pojedynczego promienia na drodze od źródła do punktu odbioru.

Liczba odbić równa:

- ▣ 0 – oznacza, że model jest obliczany tylko na podstawie fali bezpośredniej,
- ▣ 1 – jest standardowo używany przy strategicznych mapach hałasu,
- ▣ 3 – powinien być używany w przypadku innych opracowań akustycznych o większym stopniu dokładności.

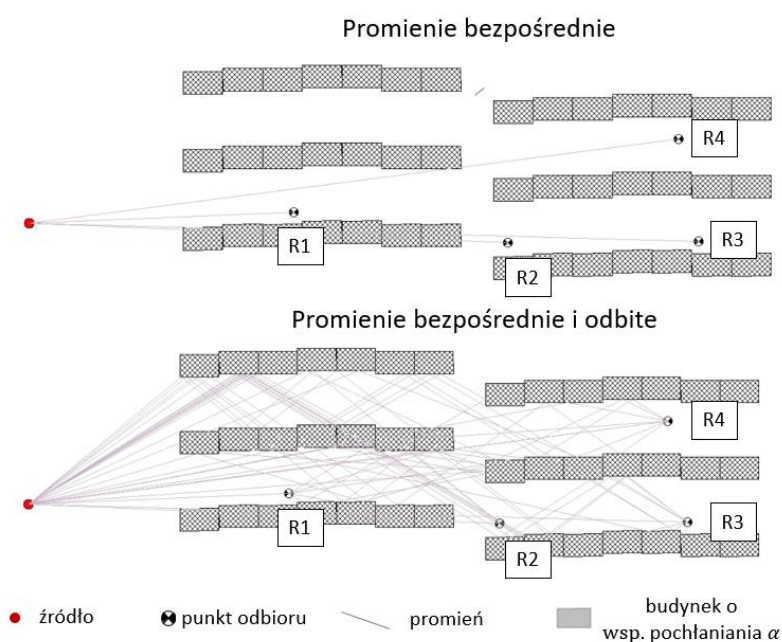
Pierwszym analizowanym przypadkiem była skomplikowana geometria w otoczeniu punktów odbioru. Na Rysunek C.61 pokazano sytuację złożonej geometrii w pobliżu punktu odbioru. Promienie wysyłane od źródła są wielokrotnie odbijane między budynkami ustawionymi w dwóch rzędach. Poziom dźwięku w punkcie odbioru 1 – bliżej źródła – jest ustabilizowany już dla pierwszego rzędu odbić równemu. Tymczasem dla bardziej oddalonego punktu odbioru 2, aby poprawnie przewidzieć poziom dźwięku należy uwzględnić co najmniej 3 rzędy odbić.

Wyniki poziomu dźwięku w punkcie odbioru w zależności od liczby odbić oraz dane wejściowe modelu przedstawione są w

Tabela A.4Tabela C.23. W przypadku punktu R1 wynik pomiaru stabilizuje się bez względu na liczbę odbić. W przypadku punktu R2 poziom hałasu stabilizuje się przy 3 odbiciach. W punkcie odbioru R3 wynik obliczeń nie zmienia się istotnie od 2 odbić. W punkcie R4 wynik zmienia się znacząco dla w zależności od liczby użytych odbić. W przypadku potrzeby dokładnej oceny oddziaływania w punkcie R4 konieczne jest wykonanie pomiarów kalibracyjnych, w celu ustalenia faktycznego oddziaływania i poprawnego ustalenia liczby odbić²⁸.



Rysunek C.61 Usytuowanie źródła i punktów odbioru względem budynków – przykład złożonej geometrii przy punkcie odbioru (opracowanie własne)



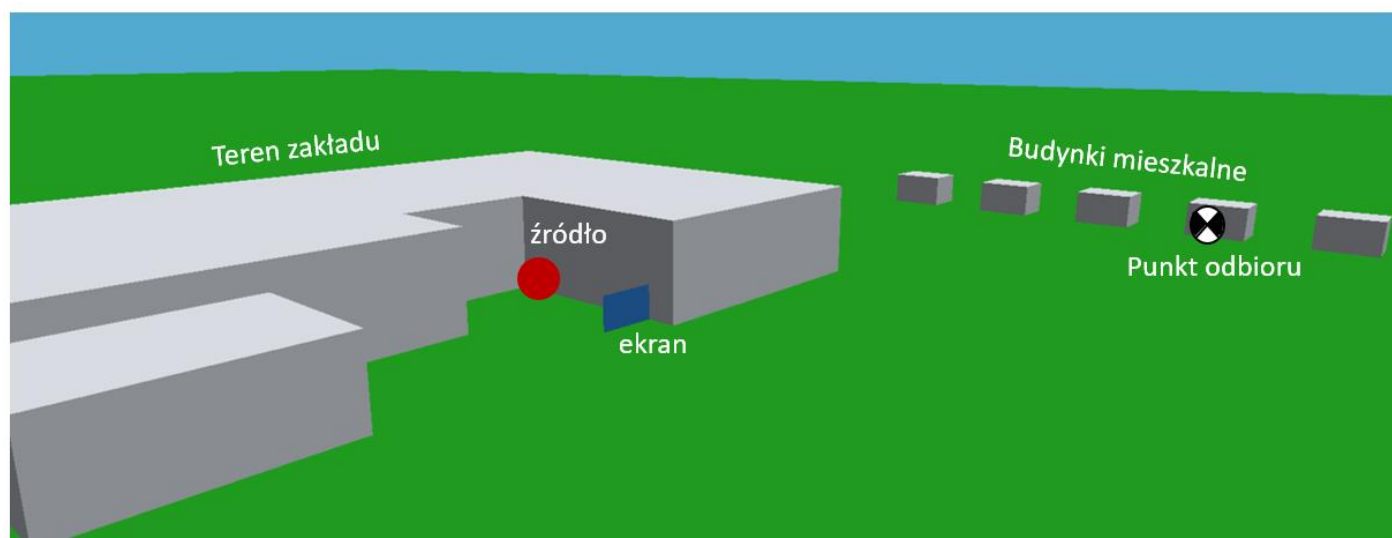
Rysunek C.62 Trasy promieni dźwiękowych dla liczby odbić od 0 do 5 – przykład złożonej geometrii przy punkcie odbioru (opracowanie własne)

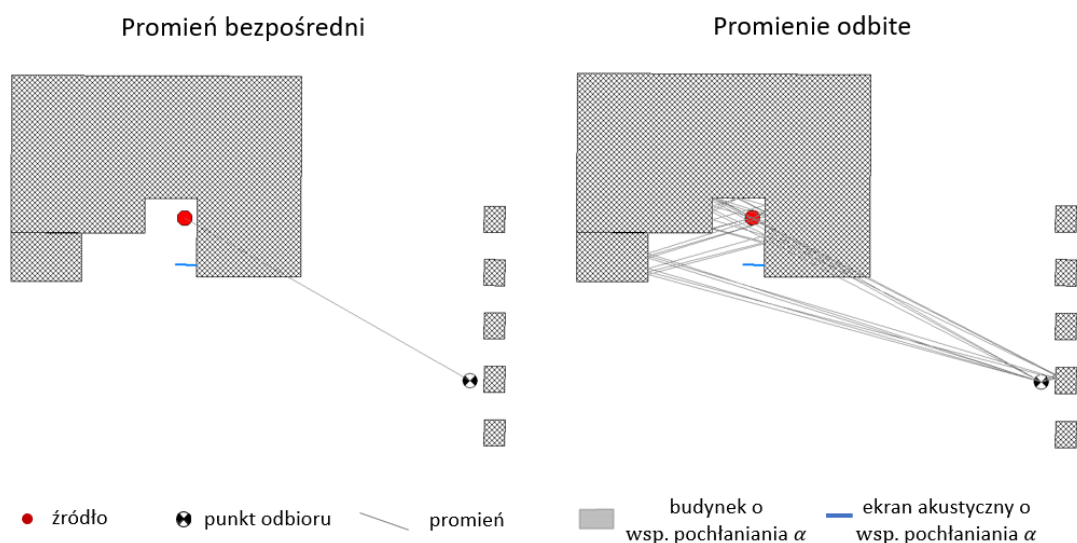
²⁸ W praktyce ustawianie zbyt dużej lub zbyt małej liczby odbić może znacząco zmieniać wynik.

Tabela C.23 Poziom dźwięku L_A w zależności od maksymalnego rzędu odbić i wartości wybranych danych wejściowych modelu – przypadek złożonej geometrii przy punkcie odbioru

Wartości danych wejściowych		Liczba odbić	L_A [dB(A)]			
			Punkt odbioru R1	Punkt odbioru R2	Punkt odbioru R3	Punkt odbioru R4
Poziom mocy akustycznej źródła L_{WA}	100 dB(A)	0	50,8	32,5	33,4	38,7
Współczynnik pochłaniania budynków α	0,2	1	50,8	33,8	33,4	39,1
Wysokość źródła	4 m	2	51,1	33,8	40,6	39,2
Wysokość punktów odbioru	4 m	3	51,4	35,0	40,7	39,3
Wysokość budynków	9 m	4	51,6	35,0	40,8	41,1
		5	51,6	35,0	40,8	42,3

Drugim analizowanym przypadkiem była skomplikowana geometria w otoczeniu źródła dźwięku. Na Rysunek C.63 przedstawiono przypadek złożonej geometrii w pobliżu źródła. W pobliżu źródła punktowego zastosowano ekran akustyczny mający chronić budynki mieszkalne.

**Rysunek C.63 Usytuowanie źródła i punktu odbioru względem budynków – przypadek złożonej geometrii przy źródle**



Rysunek C.64 Trasy promieni dźwiękowych dla liczby odbić od 0 do 5 – przypadek złożonej geometrii przy źródle

Poziom dźwięku w punktach odbioru w zależności od liczby odbić przedstawiono w Tabeli C.24. W analizowanym przypadku dopiero zastosowanie 3 odbić pozwala osiągnąć wynik obliczeń uwzględniający wszystkie istotne drogi propagacji fali akustycznej.

Tabela C.24 Poziom dźwięku L_A w zależności od maksymalnego rzędu odbić i wartości wybranych danych wejściowych modelu – przypadek złożonej geometrii przy źródle

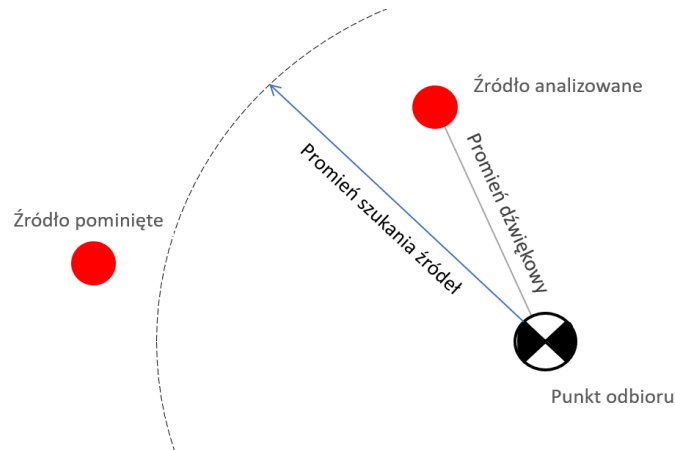
Wartości danych wejściowych		Liczba odbić	L_A [dB(A)]
Poziom mocy akustycznej źródła L_{WA}	100 dB(A)	0	22,3
Współczynnik pochłaniania budynków α	0,2	1	23,7
Współczynnik pochłaniania ekranu akustycznego α	0,6	2	36,7
Wysokość źródła i punktu odbioru	4 m	3	40,2
Wysokość budynków mieszkalnych	9 m	4	40,9
Wysokość budynków zakładu	20 m 15 m	5	41,4
Wysokość ekranu	7 m		

C.4.2.2 Promień poszukiwań

C.4.2.2.1 Promień szukania źródeł

Promień szukania źródeł wytycza okrąg na około każdego punktu odbioru w modelu akustycznym. Promienie dźwiękowe są wyznaczone od źródeł do danego punktu odbioru, tylko w wypadku, jeśli źródła te mieszczą się wewnątrz okręgu (Rysunek C.65). Parametr pozwala na pominięcie w analizie

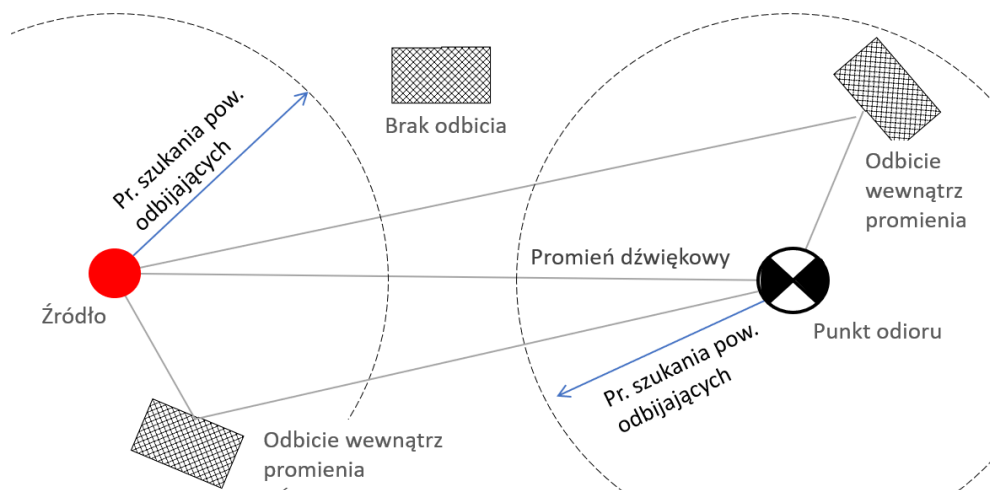
źródeł, które znajdują się zbyt daleko, aby istotnie wpływać na wynik poziom dźwięku w punkcie odbioru. Umożliwia to ograniczenie czasu obliczeniowego. Dla map akustycznych maksymalny promień szukania powinien wynosić między 1000 m a 2000 m.



Rysunek C.65 Promień szukania źródeł

C.4.2.2.2 Promień szukania powierzchni odbijających

W części programów można zdefiniować także *promień szukania powierzchni odbijających*. Promienie szukania powierzchni odbijających mogą być wyznaczone dla źródeł bądź dla punktów odbioru. Zasada wytyczania promienia szukania powierzchni odbijających jest podobna do zasady wytyczania promienia szukania źródeł, jednak dotyczy wyłącznie odbić (Rysunek C.66)

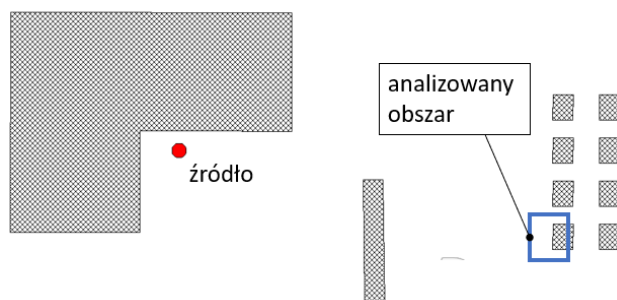


Rysunek C.66 Promień szukania powierzchni odbijających

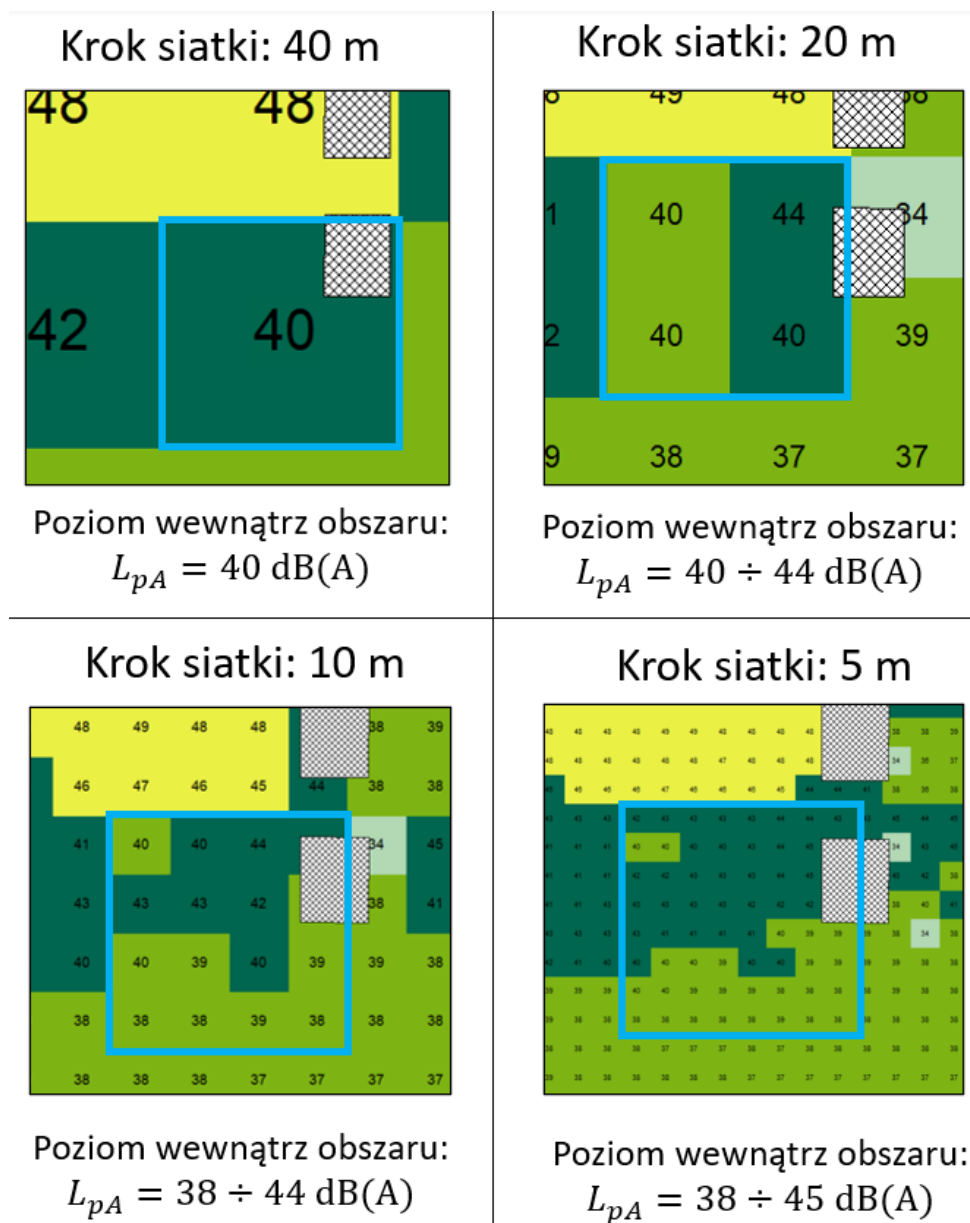
C.4.2.3 Krok siatki

Krok siatki obliczeniowej definiuje stopień zagęszczenia punktów odbiorczych na mapie hałasu. Odległość ta powinna być dostosowana do stopnia skomplikowania geometrii modelu. Na rysunkach

Rysunek C.67 i Rysunek C.68 przedstawiono analizę wpływu wielkości kroku siatki obliczeniowej na wynik w punkcie. Przy zbyt dużym kroku, poziom dźwięku w pobliżu analizowanego budynku jest niedoszacowany i wynosi 40 dB(A). Po zagęszczeniu siatki, poziom dźwięku w badanym punkcie zwiększa się aż o 5 dB.



Rysunek C.67 Scenariusz badanego przykładu



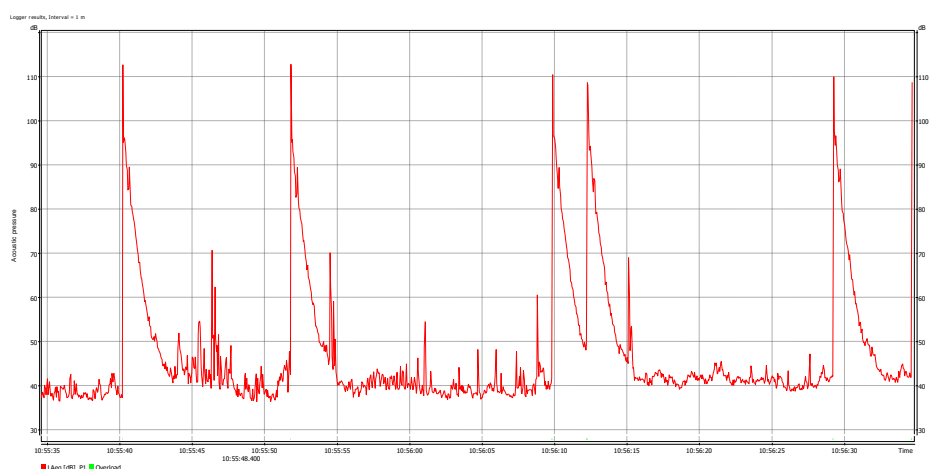
Rysunek C.68 Poziom dźwięku w pobliżu budynku w zależności od kroku siatki obliczeniowej

C.5 Rodzaje hałasu o większej uciążliwości

C.5.1 Hałas impulsowy

Pojęciem dźwięku impulsowego rozumie się dźwięki o bardzo krótkim czasie trwania charakteryzujące się szybkim wzrostem ciśnienia akustycznego (Rysunek C.69).

W normie PN-ISO 1996-1:2006 i ISO 1996-1:2016 dźwięk impulsowy został zdefiniowany jako: *dźwięk charakteryzujący się nagłymi, krótkotrwałymi wysokimi ciśnieniami akustycznego (czas trwania pojedynczego dźwięku impulsowego jest zazwyczaj krótszy od 1 sekundy)*, natomiast w normie PN-ISO 10843:2002 jako *pojedynczy impuls lub seria krótkich impulsów ciśnienia akustycznego*.



Rysunek C.69. Przykładowe przebiegi czasowe hałasu impulsowego

W analizie oddziaływania hałasu impulsowego na środowisko pojawiają się dwa oddzielne zagadnienia:

- ▣ metody pomiaru i obliczeń hałasu impulsowego
- ▣ ocena uciążliwości oddziaływania hałasu impulsowego.

Hałas impulsowy jest subiektywnie odczuwany jako bardziej dokuczliwy i uciążliwy niż hałas pochodzący od innych źródeł, jeżeli równoważny poziom dźwięku jest w obu przypadkach taki sam. Stąd do procedur oceny uciążliwości hałasu impulsowego wprowadzono poprawki korekcyjne, zwane poprawkami impulsowymi. Wartości poprawki są zależne od rodzaju i charakteru dźwięku i zawierają się w zakresie od 2 dB do 15 dB.

C.5.1.1 Regulacje prawne

Regulacje prawne dotyczące hałasu impulsowego znajdują się w normach serii ISO 1996 oraz polskich odpowiednikach w normach serii PN ISO 1996. Normy odnoszą się do problemów identyfikacji i klasyfikacji źródeł hałasu impulsowego oraz metodyki pomiaru i oceny hałasu. W latach 2016-2017 wydane zostały nowe edycje norm ISO 1996-1 i ISO 1996-2, natomiast polskie normy serii PN ISO 1996 nie były aktualizowane od 2006 r. Z tego względu pojawiają się m.in.

różnice w definicjach tych samych zagadnień. W Tabeli C.25 zestawiono normy serii ISO 1996 oraz serii PN ISO 1996 z informacją i aktualnym stanem prawnym.

W Polsce metodykę referencyjną pomiarów i oceny hałasu impulsowego w środowisku, określa rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r., Załącznik nr 8 „Metodyka referencyjna wykonywania okresowych pomiarów hałasu impulsowego w środowisku”. Rozporządzenie odwołuje się do norm PN-ISO 10843 oraz PN-ISO 1996-2:1999/A1:2002 (patrz: Rozdział C.2.6.2).

Dla aktualnego stanu, obowiązujące regulacje dotyczą metodyki pomiaru i oceny hałasu impulsowego, nie ma obecnie metody obliczeniowej dedykowanej specjalnie do celu obliczeń hałasu impulsowego.

Tabela C.25. Zestawienie norm z serii ISO 1996 i PN ISO 1996 i ich stanu prawnego

Norma	Aktualność	Odpowiednik ISO	Aktualność
PN-ISO 1996-1:2006 Akustyka -- Opis, pomiary i ocena hałasu środowiskowego -- Część 1: Wielkości podstawowe i procedury oceny	Aktualna	ISO 1996-1:2003 Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 1: Basic quantities and assessment procedures	NIEAKTUALNA zastąpiona przez: ISO 1996-1:2016
PN-ISO 1996-2:1999 Akustyka -- Opis i pomiary hałasu środowiskowego -- Zbieranie danych dotyczących sposobu zagospodarowania terenu	Aktualna	ISO 1996-2:1987 Acoustics — Description and measurement of environmental noise — Part 2: Acquisition of data pertinent to land use	NIEAKTUALNA zastąpiona przez: ISO 1996-1:2003 ISO 1996-2:2007 , zastąpione przez -> ISO 1996-1:2016 ISO 1996-2:2017
PN-ISO 1996-2:1999/A1:2002 Akustyka -- Opis i pomiary hałasu środowiskowego -- Zbieranie danych dotyczących sposobu zagospodarowania terenu	Aktualna	ISO 1996-2:1987/A1:1998 Acoustics — Description and measurement of environmental noise — Part 2: Acquisition of data pertinent to land use — Amendment 1	NIEAKTUALNA zastąpiona przez: ISO 1996-1:2003 ISO 1996-2:2007 , zastąpione przez -> ISO 1996-1:2016 ISO 1996-2:2017
PN-ISO 10843:2002 Akustyka -- Metody opisu i pomiaru pojedynczych impulsów lub serii impulsów	Aktualna	ISO 10843:1997 Acoustics — Methods for the description and physical measurement of single impulses or series of impulses	Aktualna

C.5.1.2 . Rodzaje hałasu impulsowego i kwalifikacja źródeł hałasu impulsowego

Obecnie nie ma jednoznacznych kryteriów kwalifikacji źródeł hałasu jako *źródeł hałasu impulsowego*. Przyjmuje się kwalifikację poprzez analogie do przykładów rodzajów źródeł dźwięku impulsowego podanych w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r. [67 – załącznik nr 8] oraz normie PN-EN ISO 1996-1:2006 (należy stosować aktualne edycje

przepisów). Rozróżnia się trzy podstawowe kategorie rodzajów źródeł hałasu impulsowego, które najlepiej korelują z reakcjami społeczności:

- ▣ źródło wysokoenergetycznego dźwięku impulsowego,
- ▣ źródło dźwięku wysokoimpulsowego,
- ▣ źródła typowego dźwięku impulsowego.

Dla każdego rodzaju źródeł hałasu impulsowego przy ocenie oddziaływania hałasu stosuje się poprawki impulsowe o innej wartości.

W Tabeli C.26 zestawiono przykładowe źródła hałasu impulsowego, należące do wyżej wymienionych kategorii, podane w normach: PN ISO 1996-1:2006, PN-ISO 1996-2:1999/A1:2002 i ISO 1996-1:2016.

Uwaga: Metoda kwalifikacji rodzaju dźwięków impulsowych przez analogie jest mało precyzyjna. W niektórych krajach opracowywane zostały krajowe metody ocen^{29,30}

W normie PN-ISO 1996-2:1999/A1:2002 zaproponowano natomiast metody, które mogą być pomocne w ocenie właściwości impulsowych dźwięku polegające na:

- ▣ wyznaczeniu różnicy, w określonym przedziale czasu, między równoważnym poziomem dźwięku A (określonym przy charakterystyce czasowej $I=35\text{ms}$) $L_{A\text{IeqT}}$ a równoważnym poziomem $L_{A\text{eqT}}$ uzyskanym w tym samym przedziale czasowym,
- ▣ przeprowadzeniu pomiaru typowego dźwięku impulsowego lub dźwięku o dużej impulsowości przy zastosowaniu jedynie charakterystyki czasowej I ,
- ▣ wykonaniu pomiaru wartości szczytowej przy płaskiej charakterystyce częstotliwościowej (metoda stosowana dla dźwięków impulsowych o dużej energii do oceny uciążliwości jak i zagrożenia konstrukcji)

Do oceny właściwości impulsowych hałasu można wykorzystywać także metody zaproponowane w pracy [32] :

- ▣ przyjęcie, że podstawowym wskaźnikiem do oceny dźwięków impulsowych powinien być równoważny poziom ciśnienia akustycznego C , którego wartość powinna być równa lub większa od 85 dB w ciągu pory dnia oraz 75 dB w nocy (badania przeprowadzone w latach 80 i 90 – CHABA 1981,1996)
- ▣ określenie różnicy między szczytowym poziomem dźwięku A $L_{A\text{peak}}$ i skuteczną wartością poziomu ważonego A przy charakterystyce czasowej SLOW = 1s LAS. Różnica ta określana jest jako impulsowość. Jeżeli różnica ta jest większa bądź równa wartości progowej 15 dB, wtedy analizowany sygnał można uznać jako impulsowy [$I = L_{A\text{peak}} - L_{AS} \geq 15\text{dB}$]
- ▣ określenie różnicę między ekspozycyjnym poziomem C oraz ekspozycyjnym poziomem A $L_{CE} - L_{AE}$,

²⁹ NT ACOU 112 (Nordtest Method NT ACOU 112 Acoustics: Prominence of impulsive sounds and for adjustments of $L_{A\text{eq}}$)

³⁰ BS 4142 (Methods for rating and assessing industrial and commercial sound)

Żadna z powyższych metod nie została ujednolicona i wprowadzona jako standard.

Tabela C.26. Rodzaje dźwięków impulsowych oraz zalecane wartości poprawek K_I

Rodzaj dźwięku	DEFINICJA	PRZYKŁADY	POPRAWKA wg PN-EN ISO 1996-1:2006	Poprawka wg. Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r.
Dźwięk impulsowy o dużej energii	<p>PN-ISO 1996-2:1999/A1:2002: dźwięk wytwarzany przez źródło należące do kategorii podanej w przykładach lub dźwięk o porównywalnej charakterystyce i stopniu uciążliwości</p> <p>PN ISO 1996-1:2006 (oraz ISO 1996-1:2016): Źródło dźwięku pochodzącego od wybuchu, odpowiadającego równoważnej masie trotylu większej niż 50 g, lub źródła o porównywalnej charakterystyce i stopniu dokuczliwości</p>	<ul style="list-style-type: none"> wybuchy w kamieniołomach, kopalniach dźwiękowe fale uderzeniowe (samoloty*, statki powietrzne, rakiety, pociski artyleryjskie, pociski odpalone wybuchowo*, pociski przeciwpancerne) wyburzenie lub procesy przemysłowe wykorzystujące burzące materiały wybuchowe o dużej sile kruszącej, przemysłowe wyłęczniki wybuchowe uzbrojenie wojskowe (np. ogień broni pancernej, artylerii lub moździerzy, bomby, wybuchowe zapłony w rakietach i pociskach, każde inne źródło wybuchu gdzie równoważna masa dynamitu przekracza 25 g)** wojskowy sprzęt bojowy (broń pancerna, artyleria, moździerz, bomby, rakiety i pociski odpalone wybuchowo)* 	<p><i>Wyznaczana wg. Załącznika B do normy (zazwyczaj znacznie większa od 12)</i></p>	<p>12 [przy pomiarach ekspozycyjnych poziomów dźwięku w odniesieniu do pojedynczych impulsów]</p> <p>12 [przy pomiarach równoważnego poziomu dźwięku impulsowego z zawartością impulsów]</p>
Dźwięk o dużej impulsowości	<p>PN-ISO 1996-2:1999/A1:2002: dźwięk wytwarzany przez źródło należące do kategorii podanej w przykładach bądź dźwięk o porównywalnej charakterystyce oraz stopniu uciążliwości</p> <p>PN ISO 1996-1:2006 (oraz ISO 1996-1:2016): Źródło dźwięku o charakterystyce impulsowej i dużym stopniu dokuczliwości</p>	<ul style="list-style-type: none"> wystrzały z broni strzeleckiej młotkowanie metalu lub drewna kafar z młotem wolnospadającym pistolety do wbijania gwoździ* młot spadowy* maszyna do wbijania pali* kucie matrycowe dziurkarka* młotkowanie pneumatyczne rozbijanie nawierzchni uderzenia o metal podczas kolejowych operacji rozrządowych 	12	<p>12 [przy pomiarach ekspozycyjnych poziomów dźwięku w odniesieniu do pojedynczych impulsów]</p> <p>11,7 [przy pomiarach równoważnego poziomu dźwięku impulsowego z zawartością impulsów]</p>
Typowy dźwięk impulsowy	<p>PN-ISO 1996-2:1999/A1:2002: dźwięk impulsowy, który nie jest ani dźwiękiem o dużej impulsowości, ani dźwiękiem impulsowym o dużej energii</p> <p>PN ISO 1996-1:2006 (oraz ISO 1996-1:2016) : Źródła dźwięki impulsowego, które nie są źródłami dźwięku wysokoimpulsowego, ani źródłami wysokoenergetycznego dźwięku impulsowego</p>	<ul style="list-style-type: none"> trzaskanie drzwiami samochodowymi, gry w piłkę na terenie otwartym (piłka nożna, koszykówka) bicie dzwonów kościelnych szybkie przeloty nisko latających samolotów wojskowych śpiew ptaków (w zależności od kontekstu, w jakim są one słyszane)** 	5	<p>5 [przy pomiarach ekspozycyjnych poziomów dźwięku w odniesieniu do pojedynczych impulsów]</p> <p>3 [przy pomiarach równoważnego poziomu dźwięku z zawartością impulsów]</p>

* przykład podawany tylko w normach PN ISO 1996-1:2006 oraz ISO 1996-1:2016

**przykład podawany tylko w normie PN-ISO 1996-2:1999/A1:2002

C.5.1.3 Ocena hałasu impulsowego

Przypadek 1

W przypadku 1 wielkością mierzoną jest poziom ekspozycji na hałas, L_{AE} , dla każdego rodzaju zdarzenia a poprawkę impulsową dodaje się do zmierzonej wartości L_{AE} dla każdego z dźwięków impulsowych, zgodnie z worem:

$$L_{REij} = L_{AEij} + K_j \quad (\text{Wzór C.19})$$

gdzie:

L_{REij} – skorygowany poziom ekspozycji na dźwięk dla i -tego pomiaru, j -tego typu dźwięku, [dB]

L_{AEij} – poziom ekspozycji na dźwięk dla i -tego pomiaru, j -tego typu dźwięku, [dB]

K_j – poprawka dla j -tego typu impulsu, (Tabela C.26) [dB].

Uwaga: Według normy ISO 1996-1:2016 wzoru (C.19) nie należy stosować do wysokoenergetycznych dźwięków impulsowych lub dźwięków o dużej zawartości niskich częstotliwości. Dla wysokoenergetycznego dźwięku impulsowego zaleca się stosowanie pomiaru ekspozycyjnego poziom ciśnienia akustycznego C , L_{EC} . Skorygowany poziom ekspozycji na hałas L_{RE} dla pojedynczego zdarzenia określony jest wzorami:

$$L_{RE} = 2L_{CE} - 93 \text{ dB}; L_{CE} \geq 100 \text{ dB},$$

$$L_{RE} = 1,18 L_{CE} - 11 \text{ dB}; L_{CE} < 100 \text{ dB}.$$

Przypadek 2

W przypadku 2 wielkością mierzoną jest równoważny poziom hałasu. Poprawkę impulsową należy dodawać do zmierzonego równoważnego poziomu dźwięku $L_{Aeq,Tn}$, dla okresu T_n w którym występuje dźwięk impulsowy, zgodnie z worem:

$$L_{Reqj,Tn} = L_{Aeqj,Tn} + K_j \quad (\text{Wzór C.20})$$

gdzie:

$L_{Reqj,Tn}$ – skorygowany równoważny poziom ciśnienia akustycznego w przedziale czasu T_n

$L_{Aeqj,Tn}$ – rzeczywisty równoważny poziom ciśnienia akustycznego w przedziale czasu T_n (np. dla pory dnia lub nocy)

K_i – poprawka dla i -tego przedziału czasowego.

Uwaga: Poprawkę impulsową należy dodawać tylko do wartości L_{Aeq} określonej za czas występowania hałasu impulsowego.

W Tabeli C.26 zestawiono zalecane do stosowania wartości poprawek impulsowych K_i , w zależności od rodzaju hałasu impulsowego, podane w normach: PN ISO 1996-1:2006, PN-ISO 1996-2:1999/A1:2002 i ISO 1996-1:2016.

Uwaga: Poprawki nie należy stosować gdy hałas impulsowy nie jest słyszalnych w punkcie odbioru. Nie zaleca się uwzględnienia rzadko występujących impulsów oraz gdy częstotliwość powtarzania impulsów jest duża (większa niż 20 sek.). Jeśli impulsy powtarzają się w sposób regularny to zjawisko akustyczne postrzegane jest jako ton – normy zalecają metody dla hałasu tonalnego.

C.5.1.4 Metoda obliczeniowa

Dla obecnego stanu nie ma metody obliczeniowej dedykowanej specjalnie do celu obliczeń hałasu impulsowego.

Uwaga: Metodyka CNOSSOS nie ma zastosowania przy rozpatrywaniu hałasu impulsowego oraz tonalnego.

Źródła hałasu impulsowego, które mogą występować na terenach zurbanizowanych, to źródła dźwięku wysokoimpulsowego lub źródła typowego dźwięku impulsowego (Tabela C.26). W przypadku hałasu przemysłowego hałas o charakterze impulsowym może być powodowany operacjami związanymi z przeładunkiem lub załadunkiem materiałów, zderzeniami elementów metalowych, zrzutami technologicznymi, itp. Źródłami hałasu impulsowego mogą być też strzelnice sportowe. Sposób i zasady modelowania źródeł hałasu impulsowego jest analogiczny jak modelowanie typowych źródeł hałasu przemysłowego. Źródło hałasu impulsowego jest zastępowane zastępczym źródłem hałasu o równoważnym poziomie mocy akustycznej, zlokalizowanym w miejscu występowania rzeczywistego źródła hałasu impulsowego (patrz: Rozdział C.3.4.5).

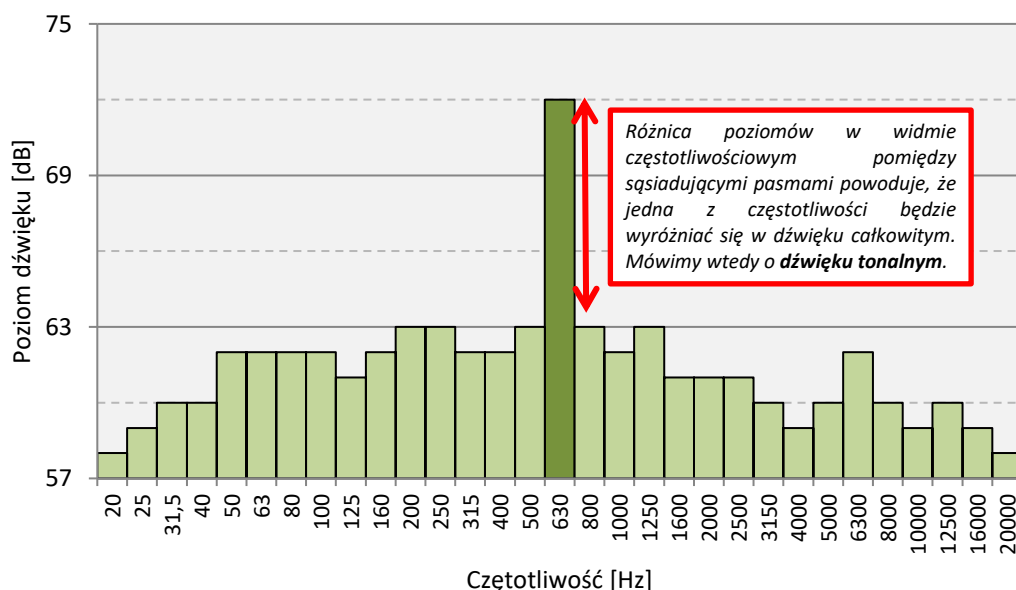
W metodzie obliczeniowej wynikiem obliczeń jest równoważny poziom hałasu w punkcie obserwacji. Z tego względu nie jest możliwe dokonanie oceny impulsowości hałasu, gdyż wartość poprawki impulsowej zależy od charakteru hałasu impulsowego występującego w punkcie obserwacji. Dla danego źródła hałasu impulsowego może on być różny w zależności od warunków propagacji dźwięku między źródłem i punktem obserwacji (patrz: Rozdział C.5.1.3).

Uwaga: W programach obliczeniowych, takich jak np. SoundPlan, istnieje możliwość uwzględnienia poprawki impulsowej. Jednak w przypadku wykonywania obliczeń w siatce punktów pomiarowych, stosowanie jednej poprawki impulsowej może być nieuzasadnione.

Ze względu na brak na obecny moment metod, które pozwalałyby oceniać charakter hałasu impulsowego w punktach odbioru przy stosowaniu metod obliczeniowych nie zaleca się wprowadzania poprawek impulsowych do obliczonych wskaźników poziomów hałasu lub wprowadzania ich jako poprawki do poziomów mocy akustycznych zastępczych źródeł hałasu. **W przypadku strategicznych map hałasu dobrą praktyką mogłoby być graficzne wyróżnienie na mapach obiektów z impulsowymi źródłami hałasu oraz zamieszczenie odpowiednich informacji w części opisowej i w legendzie do mapy.**

C.5.2 Hałas tonalny

Dźwięk tonalny to dźwięk charakteryzujący się składową o jednej częstotliwości lub składowymi wąskopasmowymi, które są rozróżnialne słuchowo w dźwięku całkowitym [Norma ISO-1996-1]. Przykładowe widmo hałasu tonalnego ilustruje Rysunek C.70.



Rysunek C.70. Widmo częstotliwościowe w pasmach 1/3 oktawowych dźwięku tonalnego

Hałas, w którym występują słyszalne składowe tonalne jest odczuwany subiektywnie jako bardziej uciążliwy niż hałas szerokopasmowy o takim samym równoważnym poziomie dźwięku A. Zgodnie z zaleceniami podanymi w normach serii ISO 1996, występowanie składowych tonalnych w hałasie należy uwzględniać przy ocenie uciążliwości hałasu, poprzez dodanie odpowiednich poprawek do wartości zmierzonych poziomów hałasu.

Problemy przy ocenie hałasu tonalnego są związane z:

- ▣ brakiem jednej ogólnie przyjętej metody do określenia tonalności,
- ▣ brakiem jednoznacznych wytycznych do wyznaczenia wartości poprawek tonalnych.

Źródłami hałasu tonalnego na obszarach przemysłowych mogą być urządzenia takie jak np.: kompresory, silniki, agregaty.

C.5.2.1 Regulacje prawne i metodyki do opisu hałasu tonalnego

W Polsce nie istnieją regulacje prawne, które narzucałyby konieczność uwzględniania zwiększonej uciążliwości hałasu tonalnego przy ocenie oddziaływania hałasu w środowisku. Wymagania takie istnieją w innych krajach jak np.: Francja [43], Niemcy [22], Australia [17].

Nie istnieje metoda obliczeniowa dedykowana do celu obliczeń hałasu tonalnego, a metodyce CNOSSOS-EU zaznaczono, że nie ma ona zastosowania przy rozpatrywaniu tego rodzaju hałasu.

C.5.2.2 Poprawka na tonalność hałasu

Przy ocenie hałasu, zwiększoną uciążliwość hałasu zawierającego składowe tonalne uwzględnia się poprzez dodanie poprawki K_T do zmierzonego poziomu hałasu, analogicznie jak dla hałasu impulsowego (patrz Rozdział C.5.1). Wartości poprawki tonalnej wynoszą od 3 do 6 dB a przyjęta do oceny konkretne wartość poprawki K_T zależy przyjętej metody kwalifikacji dźwięku jako tonalnego, a także obowiązującej edycji normy ISO 1996-2 (patrz Tabela C.25). W normie ISO 1996-2:2017 [25] zostały zaproponowane dwie metody wyznaczenia tonalności dźwięku: **metoda techniczna** (Annex J normy) oraz **metoda orientacyjna** (Annex K normy). Obydwie mają zastosowanie tylko dla hałasu tonalnego słyszalnego w miejscach odbioru. W analizach dotyczących oddziaływania hałasu środowiskowego praktyczne zastosowanie znajduje metoda orientacyjna.

Metoda techniczna polega na wyznaczeniu parametru „słyszalności tonów” ΔL (audibility) wg. wytycznych podanych w normie ISO/PAS 20065:2016 [27]. Metoda ta opiera się na wąskopasmowej analizie widma sygnału (preferowana analiza FFT) z uwzględnieniem zjawisk psychoakustycznych. Wynikiem analizy jest obliczana wartość parametru ΔL . Wartość poprawki tonalnej K_T należy przyjąć w zależności od wartości parametru ΔL jak w Tabela C.27.

Tabela C.27. Wartość poprawki tonalnej w zależności od parametru ΔL

ΔL [dB]	Poprawka tonalna K_T [dB]
$\Delta L \leq 2$ dB	0
$2 \text{ dB} \leq \Delta L \leq 9$ dB	3
$\Delta L > 9$ dB	6

W **metodzie orientacyjnej** tonalność dźwięku określa się na podstawie analizy charakterystyki częstotliwościowej hałasu w pasmach 1/3 oktaowych. Równoważny poziom dźwięku w wybranym paśmie porównuje się z równoważnymi poziomami dźwięku w obydwóch pasmach sąsiadujących. Hałas kwalifikuje się jako tonalny jeżeli poziom dźwięku w dowolnym paśmie jest większy o określoną wartość od poziomów dźwięku występujących w pasmach sąsiednich. Wartość ta może zmieniać się w zależności od zakresu częstotliwości dlatego określono pewne wartości graniczne, które wynoszą: 15 dB dla małych częstotliwości z zakresu 25-125Hz, 8dB dla częstotliwości z zakresu 160-400 Hz oraz 5 dB dla dużych częstotliwości z zakresu 500-10000 Hz. Metoda orientacyjna umożliwia stosunkowo prostą ocenę tonalności hałasu jednak, nie podaje wartości poprawek które należy zastosować.

Wartość poprawki została nieco szerzej opisana w normie PN-ISO 1996-2:1999/A1:2002. Według wytycznych w niej przedstawionych analizowany sygnał kwalifikuje się jako tonalny jeżeli poziom w danym paśmie jest większy o co najmniej 5 dB od poziomów dźwięku występujących w pasmach sąsiednich. Poprawkę tonalną określa się następująco:

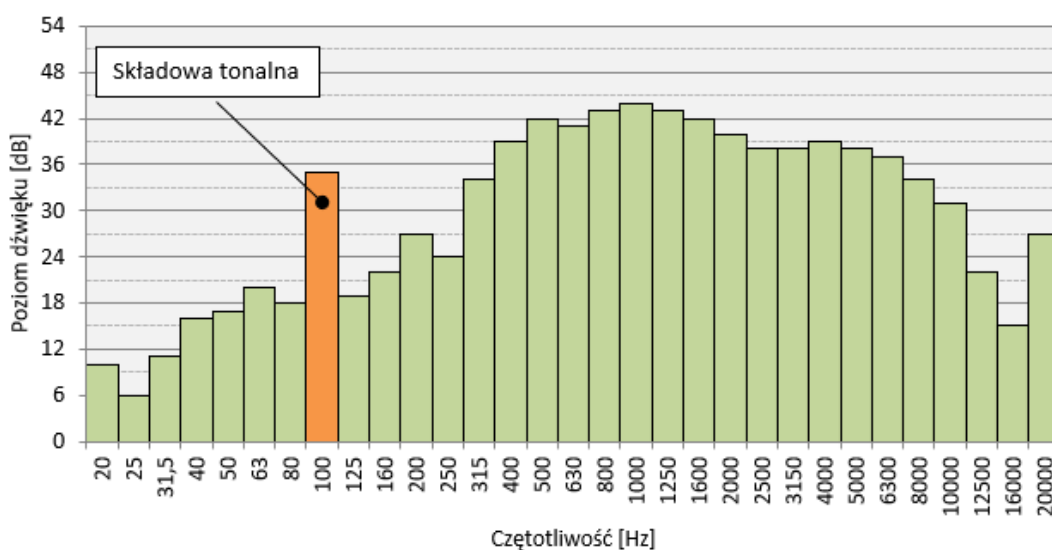
Jeśli składowe tonalne są wyraźnie słyszalne, a ich obecność można wykryć za pomocą analizy 1/3 oktawowej, poprawka może mieć wartość od 5-6 dB. Jeżeli składowe takie wykrywa jedynie obserwator, a ich obecność potwierdza analiza wąskopasmowa to odpowiednią wartością poprawki może być od 2-3dB.

W porównaniu do metody orientacyjnej z nowszej edycji normy ISO 1996-2:2017, nie podano wartości granicznych zależnych od analizowanych pasm częstotliwościowych, dla różnicy między składową analizowaną a pasmami sąsiadującymi.

Poniżej przedstawiono przykładowe widmo sygnału dla którego przeprowadzono kwalifikację dla hałasu tonalnego w oparciu o **metodę orientacyjną**.

Przykład - określenia poprawki K_T na tonalność w oparciu o różne edycje normy ISO 1996-2

Podstawę do analiz stanowi widmo zmierzonego hałasu jak pokazane na Rysunek C.71. Ocenę tonalności wykonano według obowiązującej w kraju normy PN-ISO 1996-2:1999/A1:2002 oraz nowszej edycji normy ISO 1996-2:2017. Schemat postępowania zilustrowano na Rysunek C.72.



Rysunek C.71. Przykładowe widmo zmierzonego sygnału do analizy tonalności

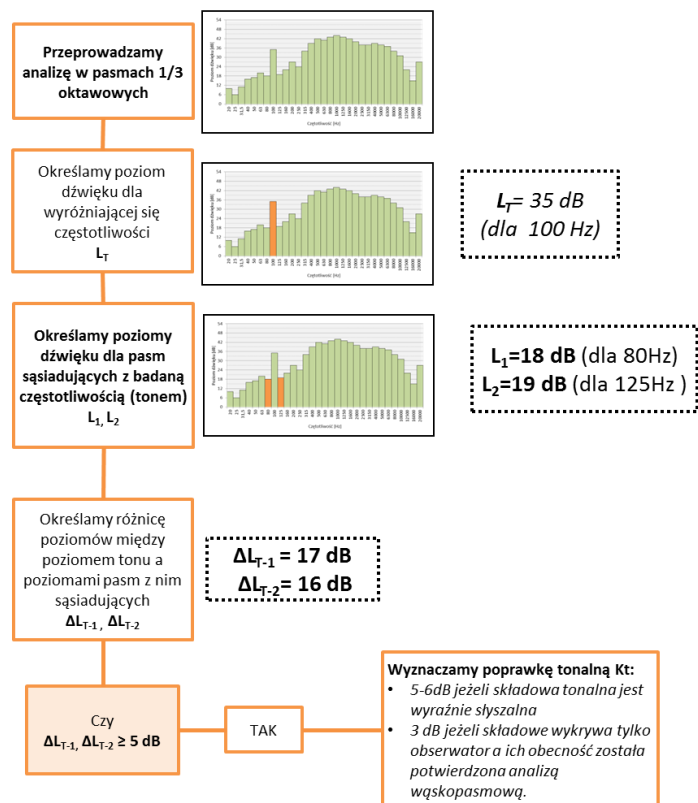
Do oceny tonalności zaleca się stosowanie **metody orientacyjnej** przedstawionej w najnowszej edycji normy ISO 1996-2 oraz wartości poprawek według starszej edycji normy ISO 1996-2 obowiązującej w Polsce.³¹

Przegląd metod oceny hałasu tonalnego stosowanych w innych krajach zamieszczono w Aneksie D.3 (informacyjnym)

³¹ W przyszłości można by próbować przeprowadzać oceny metodami obliczeniowymi stosując widma 1/3 oktawy. Ocena taka wymaga dalszych badań i analiz.

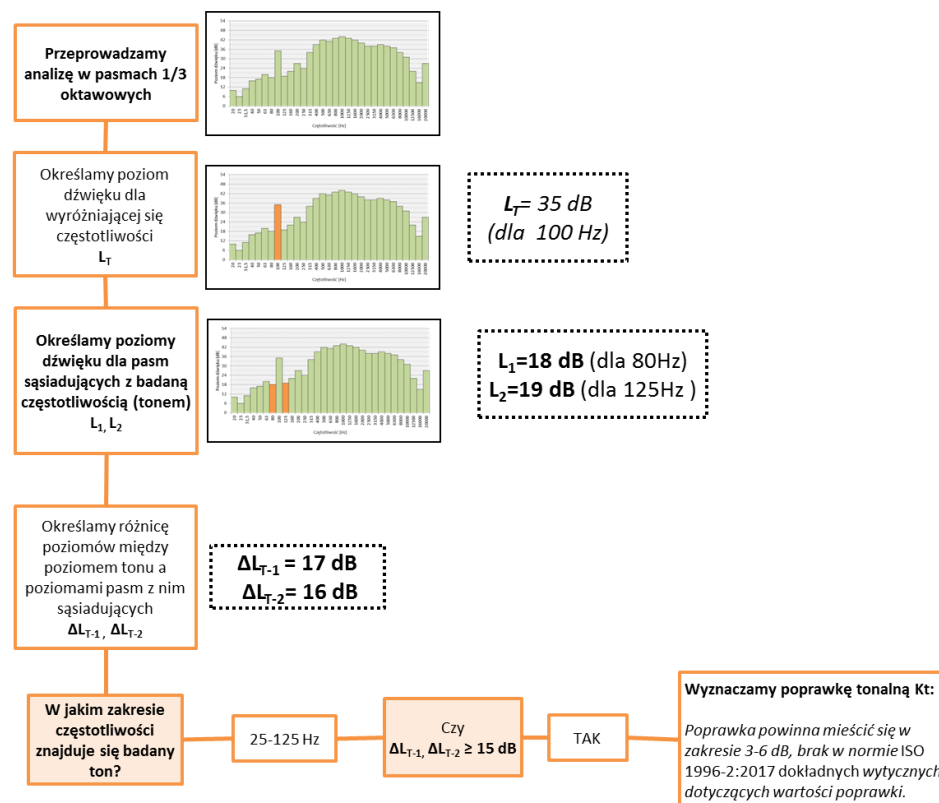
a)

PN-ISO 1996-2:1999/A1:2002



b)

ISO 1996-2:2017



Rysunek C.72. Schemat określenia poprawki K_T na tonalność dźwięku w opraciu o różne edycje normy normę ISO 1996-2

D. Aneksy

D.1 Teoretyczne modele źródeł

D.1.1 Wprowadzenie

Teoretyczne modele źródeł dźwięku to modele, dla których istnieją analityczne zależności opisujące relacje między poziomem mocy akustycznej źródła a zmianą poziomu dźwięku w funkcji odległości od źródła w warunkach przestrzeni swobodnej. Przestrzeń swobodna jest wyidealizowanym ośrodkiem bezstratnym, w którym nie występują żadne obiekty odbijające fale akustyczną.

D.1.2 Źródło punktowe

Źródło punktowe stanowi podstawowy typ źródła dźwięku stosowanego w modelach akustycznych. Dla źródła punkowego wszechkierunkowego, emitującego taką samą energię akustyczną we wszystkich kierunkach, relacja między poziomem mocy akustycznej (L_W) a poziomem ciśnienia akustycznego (L_p) w warunkach przestrzeni swobodnej jest opisana wzorem:

$$L_p = L_W - 10 \log_{10} \left(\frac{S}{S_0} \right) = L_W - 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi d^2}{S_0} \right) = L_W - 20 \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) - 10 \log_{10}(4\pi) \approx L_W - 20 \log_{10}(d) - 11 \text{ dB}$$

(Wzór D.1)

gdzie:

L_W – poziom mocy akustycznej źródła [dB],

S – pole powierzchni sferycznej o promieniu d , otaczającej źródło [m²],

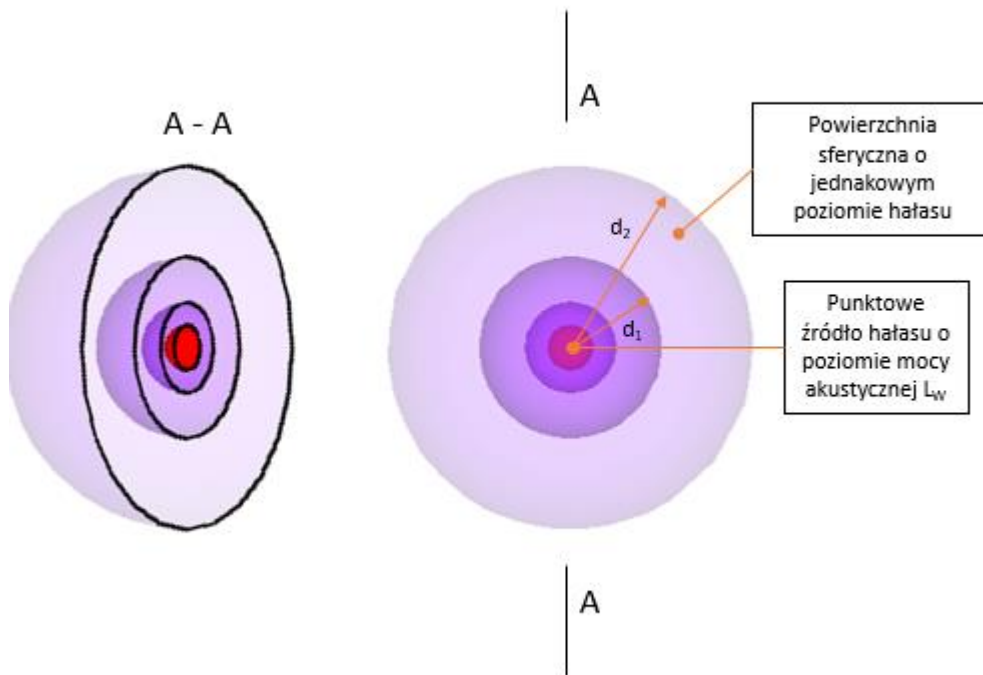
S_0 – powierzchnia odniesienia równa 1m²,

d_0 – odległość odniesienia równa 1m.

Oznacza to, że przy każdym podwojeniu odległości od źródła, poziom ciśnienia akustycznego maleje o $20 \log_{10}(2) \approx 6$ dB.

Przykład 1: Dla punkowego źródła dźwięku o poziomie mocy akustycznej $L_W = 111$ dB poziom ciśnienia akustycznego w odległości 1 m wynosi $L_{p1m} = 100$ dB, w odległości 2 m - $L_{p2m} = 94$ dB, a w odległości 4 m - $L_{p4m} = 88$ dB. Poziom dźwięku maleje do wartości 40 dB w odległości 1 km.

Przykład 2: W odległości 100 m od punkowego źródła dźwięku poziom ciśnienia akustycznego wynosi $L_{p100m} = 60$ dB, w odległości 200 m wynosi- $L_{p200m} = 54$ dB, a w odległości 400 m - $L_{p400m} = 48$ dB.



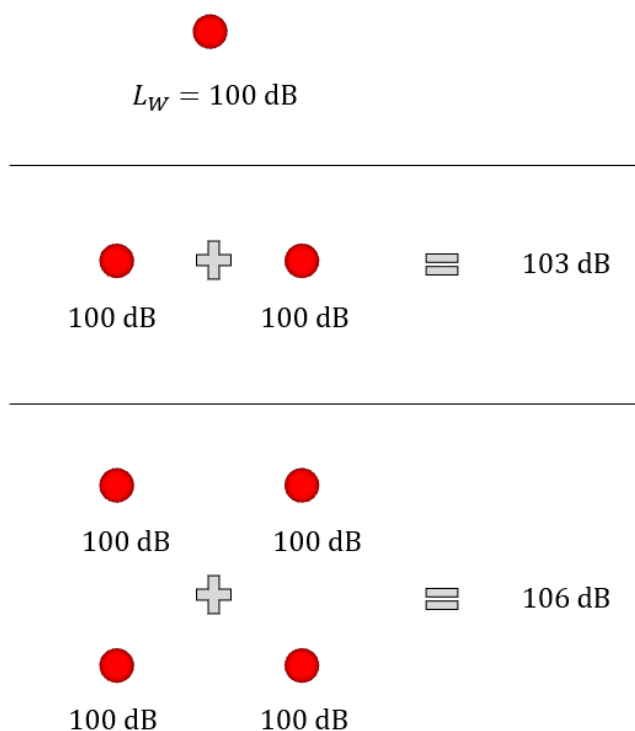
Rysunek D.1 Emisja hałasu od źródła punktowego

Jeśli źródło dźwięku umieszczone jest na powierzchni idealnie odbijającej to wzór (D.1) przyjmuje postać

$$L_p = L_W - 10 \log_{10} \left(\frac{S}{S_0} \right) = L_W - 10 \log_{10} \left(\frac{2\pi d^2}{S_0} \right) = L_W - 20 \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) - 10 \log_{10}(2\pi) \approx L_W - 20 \log_{10}(d) - 8 \text{ dB (Wzór D.2)}$$

Poziom ciśnienia akustycznego (L_p) jest większy o 3 dB niż w warunkach przestrzeni swobodnej oraz maleje o 6 dB na każde podwojenie odległości od źródła.

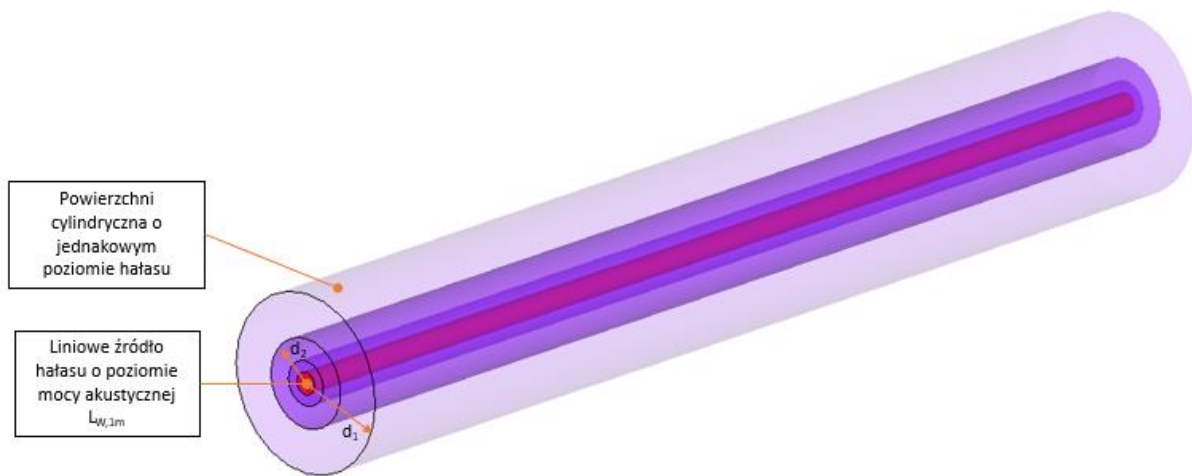
W przypadku umieszczenia źródła dźwięku przy 2 powierzchniach odbijających L_p rośnie o 6 dB, natomiast w narożniku pomieszczenia aż o 9 dB.

**Rysunek D.2 Dodawanie źródeł punktowych**

D.1.3 Źródło liniowe

Źródło liniowe nieskończenie długie

Teoretyczne *źródło liniowe* jest źródłem o nieskończonej długości i równomiernie rozłożonej mocy akustycznej na całej długości. Takie źródło promieniuje falę cylindryczną (Rysunek D.3). Podstawowym parametrem charakteryzującym źródło liniowe jest jednostkowy poziom mocy akustycznej, czyli poziom mocy akustycznej przypadający na jednostkę długości, gdyż dla źródła o nieskończonej długości nie można określić poziomu całkowitej mocy akustycznej.



Rysunek D.3 Emisja hałasu od źródła liniowego

Relacja między jednostkowym poziomem mocy akustycznej (L'_W) a poziomem ciśnienia akustycznego (L_p), w warunkach przestrzeni swobodnej, jest opisana wzorem:

$$L_p = L'_W - 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi d}{d_0} \right) = L'_W - 10 \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) - 10 \log_{10}(4\pi) \approx L'_W - 10 \log_{10}(d) - 11 \text{ dB} \quad (\text{Wzór D.3})$$

gdzie:

L'_W – jednostkowy poziom mocy źródła liniowego ($L_{W/m}$), [dB]

d – prostopadła odległość źródła, [m]

d_0 – odległość odniesienia równa 1m.

Dla źródła liniowego nieskończenie długiego, poziom dźwięku maleje o 3 dB na każde podwojenie prostopadłej odległości od źródła. Jeżeli źródło liniowe znajduje się na powierzchni idealnie odbijającej poziom dźwięku wzrasta o 3 dB w stosunku do poziomu dźwięku występującego w warunkach pola swobodnego. Spadek poziomu dźwięku w funkcji odległości jest mniejszy niż w przypadku źródła punktowego stąd zasięg oddziaływania jest większy.

Przykład: Dla liniowego źródła dźwięku o jednostkowym poziomie mocy akustycznej $L'_W = 111$ dB poziom ciśnienia akustycznego w odległości 1 m wynosi $L_{p1m} = 100$ dB, w odległości 2 m - $L_{p2m} = 97$ dB, a w odległości 4 m - $L_{p4m} = 94$ dB.

Źródło liniowe o skończonej długości

W przypadku źródła liniowego o skończonej długości l parametrami charakteryzującymi emisję dźwięku są:

- ▣ jednostkowy poziom mocy akustycznej L'_W w dB/m,
- ▣ poziom całkowitej mocy akustycznej L_W w dB.

między którymi zachodzi zależność

$$L_W = L'_W + 10 \log_{10}(l/l_0)$$

(Wzór D.4)

gdzie:

l – długość źródła, [m]

$l_0 = 1$ m.

Rozpatrując zmiany poziomu dźwięku w funkcji odległości prostopadłej od źródła wyróżnia się dwie strefy:

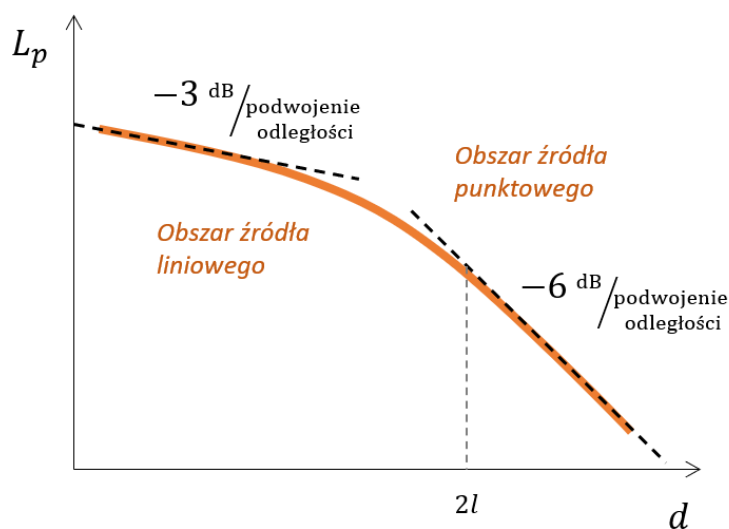
- dla małych odległości $d \ll l$ poziom dźwięku maleje o 3 dB na każde podwojenie odległości jak dla źródła liniowego nieskończenie długiego. Zależność (D.3) przyjmuje postać:

$$L_p = L_W - 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi dl}{S_0} \right) = L_W - 10 \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) - 10 \log_{10} \left(\frac{l}{l_0} \right) - 10 \log_{10}(4\pi) \approx L_W - 10 \log_{10}(d) - 10 \log_{10}(l) - 11 \text{ dB}$$

(Wzór D.5)

- dla dużych odległości $d \gg l$ poziom dźwięku maleje o 6 dB na każde podwojenie odległości jak dla źródła punktowego

Granica między strefami przebiega w odległości $d_{gr} = 2l$ (Rysunek D.4)



Rysunek D.4 Spadek poziomu ciśnienia akustycznego od źródła liniowego o skończonej długości (opracowanie własne)

D.1.4 Źródło powierzchniowe

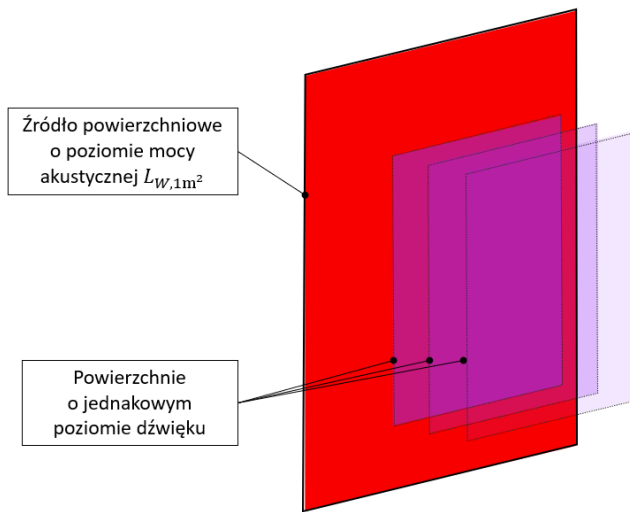
Teoretyczne źródło powierzchniowe jest to płaszczyzna o nieskończonych wymiarach i równomiernie rozłożonej mocy akustycznej (Rysunek D.5) które promieniuje płaską falę akustyczną, której poziom ciśnienia akustycznego L_p nie zmienia się wraz z oddalaniem się od źródła:

$$L_p = L_{W,1m^2}$$

(Wzór D.6)

gdzie:

$L_{W,1m^2}$ – jednostkowy poziom mocy akustycznej przypadający na każdy $1 m^2$ powierzchni źródła.



Rysunek D.5 Nieskończone źródło powierzchniowe

Źródło powierzchniowe o skończonych wymiarach

W przypadku źródła powierzchniowego o skończonych wymiarach parametrami charakteryzującymi emisję dźwięku są:

- ▣ jednostkowy poziom mocy akustycznej L_W'' w dB/m²
- ▣ poziom całkowitej mocy akustycznej L_W w dB

między którymi zachodzi zależność

$$L_W = L_W'' + 10 \log_{10}(S/S_0)$$

(Wzór D.7)

gdzie:

S – pole powierzchni źródła, [m²]

$S_0 = 1 m^2$.

Rozpatrując zmiany poziomu dźwięku w funkcji odległości prostopadłej od źródła powierzchniowego o skończonych wymiarach ($a \times b$), wyróżnia się następujące strefy:

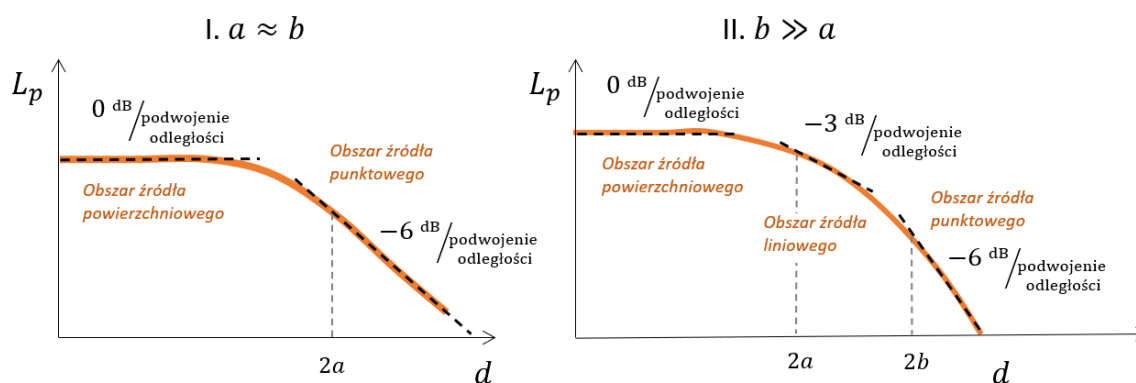
- ▣ dla małych odległości $d \ll a$, gdzie a to najmniejszy wymiar źródła powierzchniowego, poziom dźwięku nie zmienia się wraz z odległością, tak jak dla źródła powierzchniowego o nieskończonych wymiarach. Poziom ciśnienia akustycznego może być wyznaczony za pomocą wzoru (D.7) lub wykorzystując całkowity poziom mocy akustycznej L_W

$$L_p = L_W - 10 \log_{10}\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (D.1)$$

- dla dużych odległości $b \gg l$, gdzie b to największy liniowy wymiar źródła powierzchniowego, poziom dźwięku maleje o 6 dB na każde podwojenie odległości jak dla źródła punkowego,

Przyjmuje się, że granica między strefami przebiega w odległości $d_{gr} = 2b$ (Rysunek D.6).

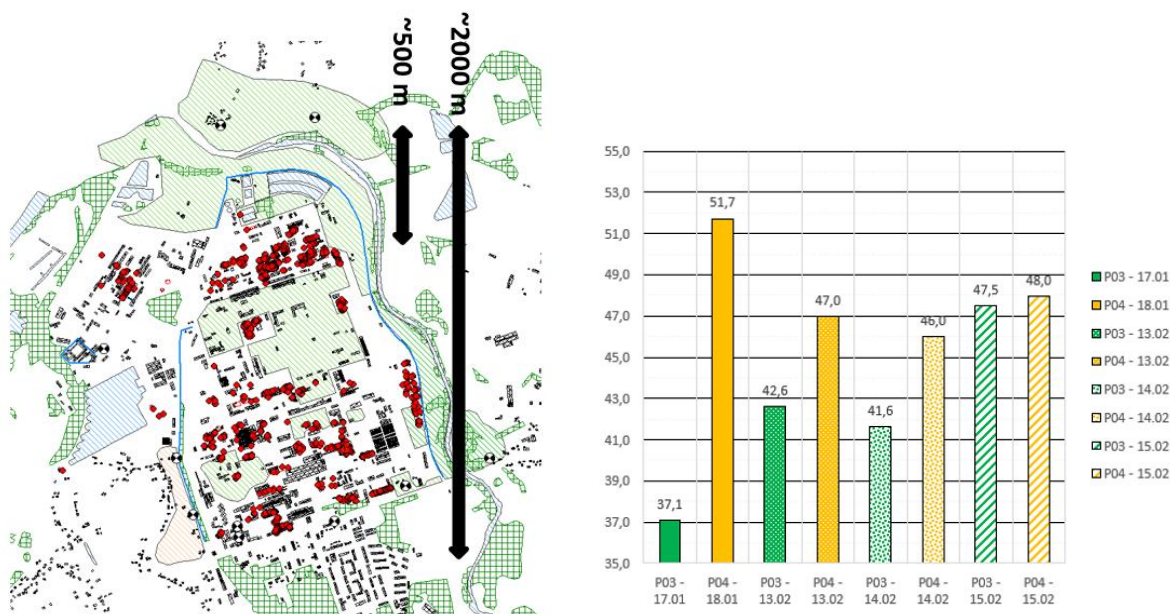
- jeżeli jeden z wymiarów źródła powierzchniowego jest dużo większy niż drugi, np. $b \gg a$, to między strefą o stałym poziomie dźwięku i strefą 6 dB spadku występuje strefa 3-decybelowego spadku, jak dla źródła liniowego (Rysunek D.6).



Rysunek D.6 Spadek poziomu ciśnienia akustycznego od skończonego źródła powierzchniowego. Po lewej skończone źródło powierzchniowe o zbliżonych wymiarach, po prawej źródło o jednym dominującym wymiarze: b . (opracowanie własne)

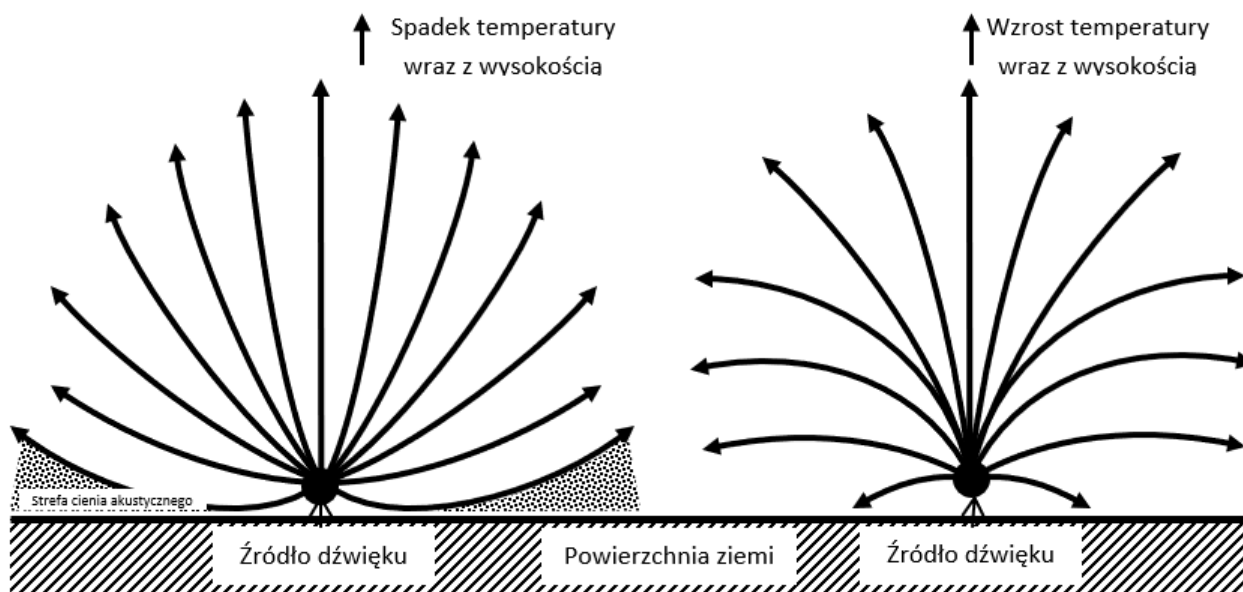
D.2 Propagacja dźwięku

Przy propagacji fali dźwiękowej na duże odległości wynik pomiaru jest silnie uzależniony od warunków meteorologicznych. Zmiany poziomu hałasu rejestrowane w punktach kontrolnych w różnych dobach, przy stałym poziomie emisji hałasu dochodzić mogą nawet do 10 dB (patrz Rysunek D.7).

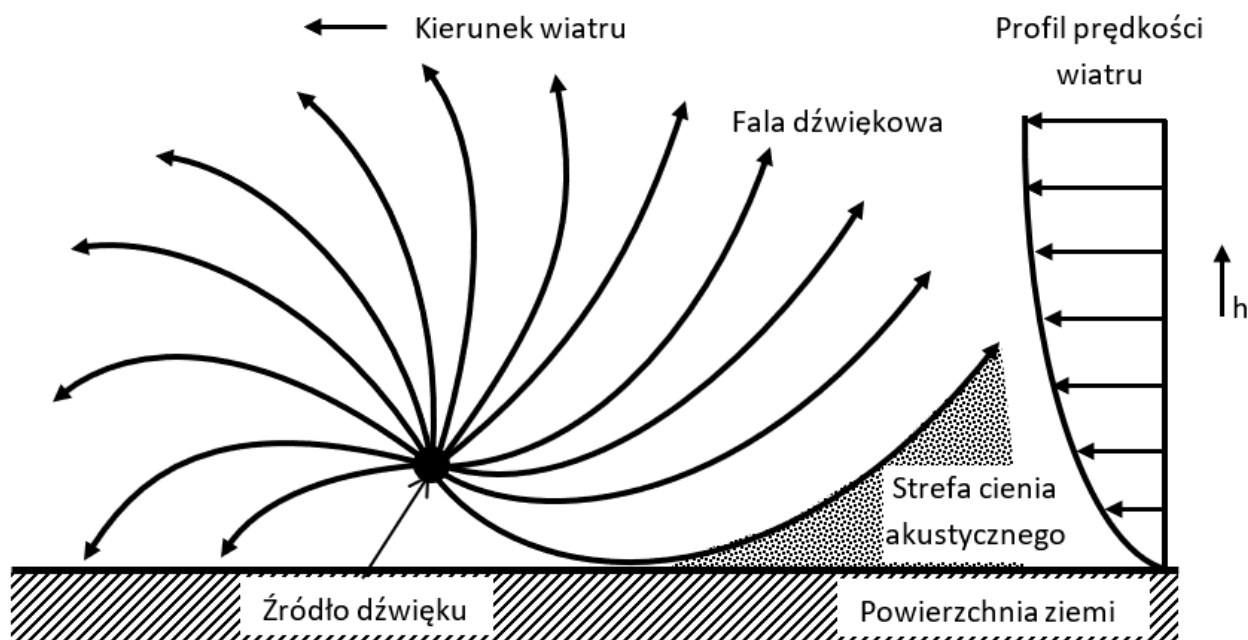


Rysunek D.7 Model akustyczny i zmiany poziomu hałasu obserwowane podczas pomiarów w różnych dobach (opracowanie własne)

Obserwowane zmiany wynikają ze zmian warunków meteorologicznych, które zmieniają pionowe profile prędkości dźwięku i wiążą się ze zmianą temperatury w funkcji wysokości oraz siły i kierunku wiatru. Zmiany te powodując ugięcie fali dźwiękowej, zwane zjawiskiem refrakcją fali dźwiękowej. W bezwietrzny słoneczny dzień wraz ze wzrostem wysokości obserwuje się spadek temperatury powietrza, który powoduje, że fale dźwiękowe zginają się ku górze tworząc lokalne strefy cienia akustycznego. Natomiast w bezchmurną noc sytuacja ulega odwróceniu i fale dźwiękowe zginają się ku dołowi. Podobny efekt, tylko w płaszczyźnie poziomej, zachodzi przy bocznym wietrze, gdzie od strony nawietrznej następuje zwiększenie poziomu hałasu z powodu uginania fal dźwiękowych ku ziemi, a od strony zawietrznej dochodzi do zabierania fali dźwiękowej i uginania fal dźwiękowych ku górze. Wizualizacje opisanych zjawisk przedstawiono na Rysunek D.8 i Rysunek D.9.



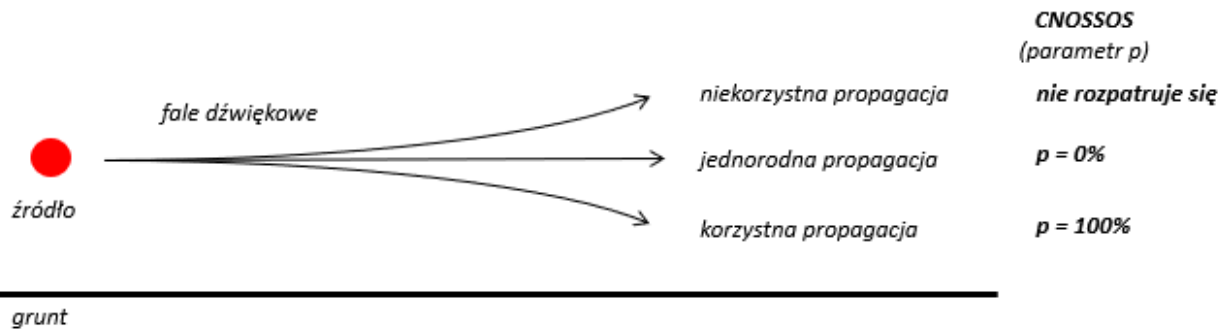
Rysunek D.8 Wpływ zmian gradientu temperatury na rozchodzenia się fali dźwiękowej (opracowanie własne)



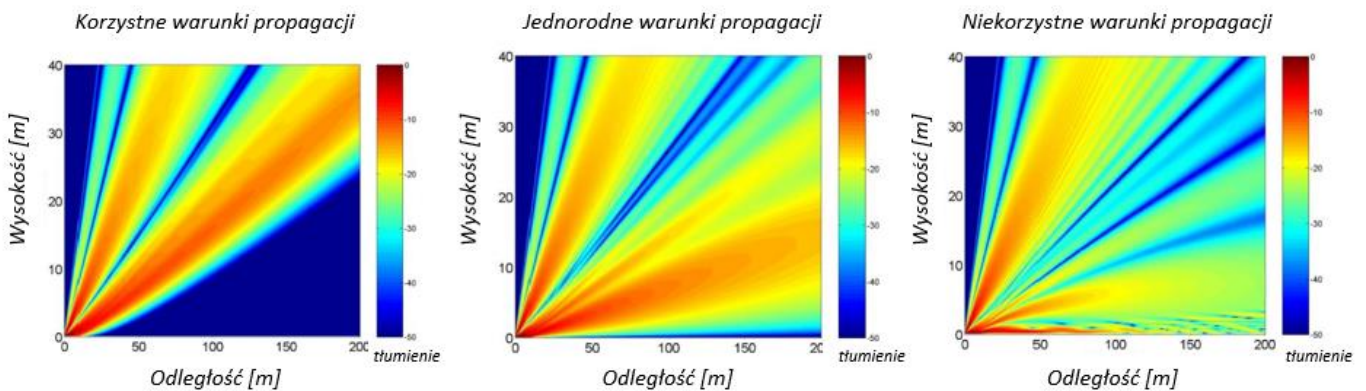
Rysunek D.9 Wpływ wiatru na rozchodzenia się fali dźwiękowej (opracowanie własne)

Metodyka obliczeniowa CNOSSOS-EU do oceny warunków propagacji wymaga zdefiniowania parametru „p” opisującego procentowy udział warunków korzystnej propagacji do warunków

propagacji jednorodnej. W metodzie nie wyróżnia się warunków niekorzystnej propagacji, które zastępują się warunkami propagacji w warunkach jednorodnych. Parametr „p” może przyjmować wartości od 0 do 100. Na rysunku Rysunek D.10 przedstawiono podstawowe warunki propagacji i odpowiadającą im wartość parametru „p”. Na Rysunek D.11 przedstawiono wizualizacje tłumienia fali akustycznej dla różnych warunków propagacji.



Rysunek D.10 Podstawowe warunki propagacji i odpowiadające im wartości parametru „p” (opracowanie własne)



Rysunek D.11 Tłumienie dźwięku w funkcji odległości i wysokości dla różnych warunków propagacji [11]

Do dokładnego określenia parametru „p” dla różnych kierunków propagacji konieczne jest posiadanie wieloletnich danych meteorologicznych. Na podstawie tych danych możliwe jest obliczenie rozkładu parametru „p” dla dowolnej lokalizacji.

W metodyce obliczeniowej CNOSSOS wpływ warunków meteorologicznych uwzględnia się przy obliczaniu tłumienia przez grunt oraz tłumienia przez przeszkody. Ogólna zależność opisująca sposób obliczania poziomu hałasu w punkcie kontrolnym opisana jest wzorem [5]:

$$L_{pA} = L_{WA} - 20\log(d) - A_{atm} - (A_{grH}/A_{grF}) - (A_{barH}/A_{barF})$$

Zależne od warunków meteorologicznych (jednorodne vs korzystne)
Kontrolowane przez parametr p[%], dystans i wysokość
Zasada działania jak w metodzie NMPB dla hałasu drogowego

poprawki na warunki propagacji

(Wzór D.8)

gdzie:

 L_{pA} – poziom ciśnienia akustycznego w punkcie kontrolnym [dB] L_{WA} – poziom mocy akustycznej [dB], d – odległość [m], A_{atm} – tłumienie przez powietrze [dB], A_{grH} – tłumienie przez grunt w warunkach jednorodnej propagacji [dB], A_{grF} – tłumienie przez grunt w warunkach korzystnej propagacji [dB], A_{barH} – tłumienie przez przeszkody w warunkach jednorodnej propagacji [dB], A_{barF} – tłumienie przez przeszkody w warunkach korzystnej propagacji [dB].

W formule jeszcze jeden czynnik zależny jest od warunków meteorologicznych. Jest nim tłumienie przez powietrze, które zależne jest od temperatury (T) i wilgotności (H). Dla strategicznych map hałasu należy stosować domyślne wartości równe $T = 10^{\circ}\text{C}$ oraz $H = 75\%$.

D.3 Przegląd metod oceny hałasu tonalnego

Metody oceny tonalności zostały przedstawione w takich standardach jak DIN 45681, DIN 45465, BS 7445 (ekwiwalentna do ISO 1996), BS 7135, BS 4142, ECMA-74. Metody te można podzielić na subiektywne (BS 4142), bazujące na analizie hałasu w pasmach 1/3 oktawy (DIN 45 465), bazujące na analizie w pasmach krytycznych (BS 7135, DIN 45681).

W tabeli poniżej (Tabela D.1) przedstawiono porównanie metod i poprawek na tonalność stosowanych w Australii, gdzie w każdym ze stanów obowiązuje inna metoda wyznaczania poprawki.

Tabela D.1. Poprawki tonalne i metody jej wyznaczenia w Australii [17]

Stan	Metoda przy określeniu tonalności	Poprawka
NSW	Jeżeli poziom w paśmie 1/3 oktawy ważone A przekracza poziom w każdym sąsiadującym paśmie o: * 5 dB lub więcej dla > 400 Hz * 8 dB lub więcej dla ≥ 160 Hz i ≤ 400 Hz * 15 dB lub więcej dla < 160 Hz.	+5 dB
Queensland	Jeśli poziom w paśmie 1/3 oktawy ważone A przekracza poziom w każdym sąsiednie paśmie o 5 dB lub więcej (niezależnie od częstotliwości)	+5 dB tylko do pasma 1/3 oktawy
SA	Jeśli poziom w paśmie 1/3 oktawy ważone A przekracza poziom w każdym sąsiednie paśmie o 5 dB lub więcej (niezależnie od częstotliwości)	+5 dB
Tasmania	Obliczona poprawka do pasma tonalnego (Tonal Band Adjustment - TBA) ma zastosowanie do każdego pasma jednej trzeciej oktawy ważonego A, które przekracza średnią arytmetyczną dwóch sąsiednich pasm o więcej niż 3 dB.	Zmienna, w zależności od TBA do max. 10 dB
Victoria	Obliczona poprawka do pasma tonalnego (Tonal Band Adjustment - TBA) ma zastosowanie do każdego pasma jednej trzeciej oktawy ważonego A, które przekracza średnią arytmetyczną dwóch sąsiednich pasm o więcej niż 3 dB.	Zmienna, w zależności od TBA
WA	Jeżeli poziom ważony A w paśmie 1/3 oktawy przekracza średnią arytmetyczną poziomu w dwóch sąsiednich pasmach o więcej niż 3 dB (niezależnie od częstotliwości).	+5 dB

D.4 Ankieta – przykład

Tabela D.2 Przykładowa ankieta zbierania danych akustycznych

1A	Osoba kontaktowa ze strony Wykonawcy mapy hałasu:	Imię Nazwisko: Telefon: E-mail:		
1B	Osoba kontaktowa ze strony zakładu:	Imię Nazwisko: Telefon: E-mail:		
2	Czy zakład posiada Pozwolenie zintegrowane		TAK	NIE
2A	Jeżeli TAK, proszę o przygotowanie i przekazanie:			
	Część akustyczna z wniosku o pozwolenie (część tekstowa, załączniki graficzne, załączniki z danymi wprowadzonymi do modelu akustycznego);			<input type="checkbox"/>
	Części akustycznej pozwolenia (informacje o źródłach, punktach/obszarach kontrolnych, standardach akustycznych);			<input type="checkbox"/>
3	Czy w ramach budowy/rozbudowy zakładu opracowywany była Raport Oddziaływania na Środowisko		TAK	NIE
3A	Jeżeli TAK, proszę o przygotowanie i przekazanie:			
	Części akustycznej raportu (część tekstowa, załączniki graficzne, załączniki z danymi wprowadzonymi do modelu akustycznego);			<input type="checkbox"/>
4	Czy zakład posiada Plan Zarządzania Hałasem		TAK	NIE
4A	Jeżeli TAK, proszę o przygotowanie i przekazanie:			
	Kompletnej treści planu;			<input type="checkbox"/>
	Osobę kontaktową odpowiedzialną za zarządzanie;			<input type="checkbox"/>
5	Czy zakład posiada Decyzję o dopuszczalnym poziomie hałasu		TAK	NIE
5A	Jeżeli TAK, proszę o przygotowanie i przekazanie:			
	Treści decyzji;			<input type="checkbox"/>
	Wyników ostatnich akredytowanych pomiarów poziomu hałasu;			<input type="checkbox"/>
	Wyników wcześniejszych akredytowanych pomiarów poziomu hałasu;			<input type="checkbox"/>
6	Dane przestrzenne			
	Plan Zagospodarowania Terenu			<input type="checkbox"/>
	Rzuty dachów wraz z lokalizacją i nazwą urządzeń (szczegółowość danych zależna od dostępności danych)			<input type="checkbox"/>
	Szlaki komunikacyjne na terenie zakładu (główne drogi transportowe, miejsca postojów, miejsca rozładunków/załadunków parkingi)			<input type="checkbox"/>
7	Dane o ruchu (kolej, drogi, parkingi)			
7A	Czy na terenie zakładu odbywa się transport kolejowy		TAK	NIE
	Jeżeli TAK, proszę o przygotowanie i przekazanie:			
	Średniej liczby składów kolejowych w porze dnia (6-18) średnia: dzienna/tygodniowa/roczna			szt.
	Średniej liczby wagonów jednego składu w porze dnia (6-18) średnia: dzienna/tygodniowa/roczna			szt.
	Średniej liczby składów kolejowych w porze wieczoru (18-22) średnia: dzienna/tygodniowa/roczna			szt.
	Średniej liczby wagonów jednego składu w porze wieczoru (18-22) średnia: dzienna/tygodniowa/roczna			szt.
	Średniej liczby składów kolejowych w porze nocy (22-6) średnia: dzienna/tygodniowa/roczna			szt.
	Średniej liczby wagonów jednego składu w porze nocy (22-6) średnia: dzienna/tygodniowa/roczna			szt.
7B	Czy na terenie zakładu odbywa się transport drogowy ciężarowy			

	Jeżeli TAK, proszę o przygotowanie i przekazanie:		
	Średniej liczby pojazdów w porze dnia (6-18) średnia: dzienna/tygodniowa/roczna		szt.
	Średniej liczby pojazdów w porze wieczoru (18-22) średnia: dzienna/tygodniowa/roczna		szt.
	Średniej liczby pojazdów w porze nocy (22-6) średnia: dzienna/tygodniowa/roczna		szt.
7C	Czy na terenie zakładu odbywa się transport drogowy osobowy i dostawczy		
	Jeżeli TAK, proszę o przygotowanie i przekazanie:		
	Średniej liczby pojazdów w porze dnia (6-18) średnia: dzienna/tygodniowa/roczna		szt.
	Średniej liczby pojazdów w porze wieczoru (18-22) średnia: dzienna/tygodniowa/roczna		szt.
	Średniej liczby pojazdów w porze nocy (22-6) średnia: dzienna/tygodniowa/roczna		szt.
7B	Parkingi		
	Liczba miejsc parkingowych dla pojazdów ciężarowych		szt.
	Średni czas postoju jednego pojazdu ciężarowego		min.
	Liczba miejsc parkingowych dla pojazdów osobowych		szt.
	Średni czas postoju jednego pojazdu osobowego		min.
	Czy parking pracuje w porze nocy (22-6)?	TAK	NIE
8	Czasy pracy		
	Czy pracują Państwo w porze nocy?	TAK	NIE
	Czy pracują Państwo 24h?	TAK	NIE
	Jaki jest czas pracy poszczególnych urządzeń? <i>Czy wszystko zawsze działa?</i> <i>Czy są urządzenia które pracują zamiennie lub nie pracują równocześnie?</i>	<input type="checkbox"/>	
	W jakich godzinach Państwo pracują w porze dnia (6-18):		od - do
	W jakich godzinach Państwo pracują w porze wieczora (18-22):		od - do
	W jakich godzinach Państwo pracują w porze nocy (22-6):		od - do
	Czy pracują Państwo prze cały rok?	TAK	NIE
	Jeżeli NIE, proszę o przygotowanie i przekazanie:		
	Kiedy Państwo nie pracują	<input type="checkbox"/>	
	Czy w Państwa praca ma charakter sezonowy?	<input type="checkbox"/>	
9	Dane techniczne urządzeń		
	<i>Informacje zbierane podczas wywiadu, jeżeli potrzebne. Na podstawie danych technicznych (DTR, DataSheet) oraz informacji o wydajności maszyn (kW, m3/h, itp.) możliwe jest określanie poziomu mocy akustycznej urządzeń. Dodatkowo część urządzeń, np. objęte Dyrektywą 2000/14/WE, posiada deklaracje poziomu mocy akustycznej. Przy odczytywaniu danych z deklaracji bardzo istotne jest rozumienie podstawowych pojęć tam stosowanych</i>		
10	Nietypowe/Inne		
	Czy występują zdarzenia o charakterze impulsowym?	TAK	NIE
	Czy wstępują zdarzenia o charakterze tonalnym?	TAK	NIE

D.5 Skorygowane widmo hałasu – krzywa A

Ważenie krzywą A można wykonać samodzielnie korzystając z poniższej zależności.

$$L_{pA} = 10 \log_{10} (10^{0,1*(L_{p1}+C_1)} + 10^{0,1*(L_{p2}+C_2)} + 10^{0,1*(L_{p3}+C_3)} + \dots + 10^{0,1*(L_{pk}+C_k)}) \quad \text{(Wzór D.9)}$$

$$L_{WA} = 10 \log_{10} (10^{0,1*(L_{W1}+C_1)} + 10^{0,1*(L_{W2}+C_2)} + 10^{0,1*(L_{W3}+C_3)} + \dots + 10^{0,1*(L_{Wk}+C_k)}) \quad \text{(Wzór D.10)}$$

gdzie:

$L_{p1} \dots L_{pk}$ oraz $L_{W1} \dots L_{Wk}$ poziomy ciśnienia lub mocy akustycznej w k -tym paśmie oktawowym lub tercjowym (nieskorygowane krzywą ważoną A),

$C_1 \dots C_k$ to wartości charakterystyki częstotliwościowej A, dla wybranego pasma przedstawionej w tabeli Tabela D.3.



Rysunek D.12 Krzywa ważenia A

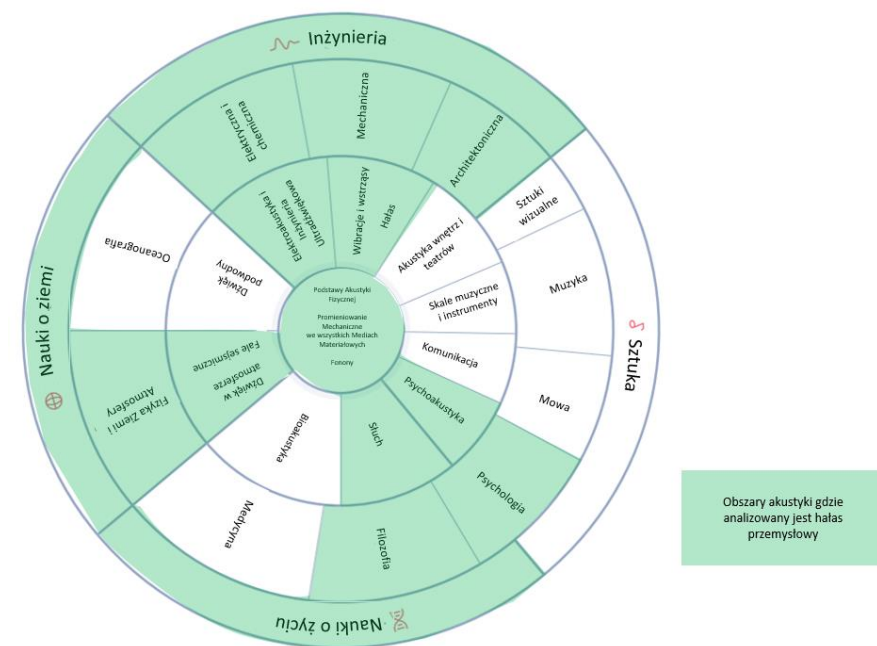
Tabela D.3. Wartości charakterystyki częstotliwościowej A w pasmach 1/3 i 1/1 oktawy (PN-EN-ISO 3744:2011).

k	Częstotliwości środkowe pasm 1/3- oktawowych	Wartości charakterystyki częstotliwościowej A C_k
1	20	-50,5
2	25	-44,7
3	31,5	-39,4
4	40	-34,6
5	50	-30,2
6	63	-26,2
7	80	-22,5
8	100	-19,1
9	125	-16,1
10	160	-13,4
11	200	-10,9
12	250	-8,6
13	315	-6,6
14	400	-4,8
15	500	-3,2
16	630	-1,9
17	800	-0,8
18	1000	0
19	1250	0,6
20	1600	1
21	2000	1,2
22	2500	1,3
23	3150	1,2
24	4000	1
25	5000	0,5
26	6300	-0,1
27	8000	-1,1
28	10000	-2,5
29	12500	-4,3
30	16000	-6,6
31	20000	-9,3

k	Częstotliwości środkowe pasm 1/1 oktawy	Wartości charakterystyki częstotliwościowej A C_k
1	31,5	-39,4
2	63	-26,2
3	125	-16,1
4	250	-8,6
5	500	-3,2
6	1000	0
7	2000	1,2
8	4000	1
9	8000	-1,1

D.6 Kompetencje zawodowe

Opracowania akustyczne w zakresie hałasu przemysłowego wymagają szerokiego spojrzenia i łączenia wiedzy z wielu obszarów akustyki, geoinformatyki, mechaniki i budowy maszyn oraz prawa. Aby uzmysłowić sobie jak szerokie jest spektrum dziedzin nauk badających hałas przemysłowy na Rysunek D.13 przedstawiono obszary w których prowadzone są badania związane z tym tematem.



Obszary akustyki gdzie analizowany jest hałas przemysłowy

Rysunek D.13 Obszary akustyki badające hałas przemysłowy w środowisku (opracowanie własne na podstawie Lindsay's Wheel Acoustics - <https://acoucou.org/about>)

W celu minimalizacji błędów dobrą praktyką jest, aby Wykonawca analiz akustycznych posiadał, jako potwierdzenie swoich kompetencji w tym zakresie akredytację PCA³² na wyznaczanie poziomu mocy akustycznej, pomiary hałasu przemysłowego w środowisku oraz/lub obliczenia hałasu w oparciu o metodykę CNOSSOS-EU albo PN-ISO 9613-2.

W zakresie doświadczenia w wykonywaniu analiz akustycznych obszarów przemysłowych, w zależności od przedmiotu zamówienia, dobrą praktyką jest posiadanie przez wykonawców referencji spośród następujących usług:

- ▣ **SRH – Strategii Redukcji Hałasu** opracowanych w celu poprawy stanu klimatu akustycznego wokół zakładu,
- ▣ **PZH – Planach Zarządzania Hałasem** opracowywanych w ramach wsparcia Systemów Zarządzania Środowiskowego,

³² Zalecenie to powinno stanowić dobrą aczkolwiek uznaniową praktykę. Obecny system prawnym wymóg akredytacji PCA wymagany jest tylko dla obszarów wynikających z art. 147a ustawy POŚ.

- ▣ **PZ** - część akustyczna do **Pozwolenia Zintegrowanego**,
- ▣ **ROŚ / KIP** – część akustyczna do **Raportów Oddziaływania na Środowisko / Kart Informacyjnych Przedsięwzięcia**,
- ▣ **PE** – część akustyczna **Przeглядów Ekologicznych**,
- ▣ pomiarów hałasu dla zakładów przemysłowych wykonanych metodami pomiarowymi,
- ▣ pomiarów hałasu dla zakładów przemysłowych wykonanych metodami obliczeniowymi,
- ▣ **SMH** - Map akustycznych miast powyżej 100 tys. mieszkańców,
- ▣ **POŚpH** – Programów ochrony środowiska przed hałasem dla miast powyżej 100 tys. mieszkańców.

E. BIBLIOGRAFIA:

- [1] ARPAT, IMAGINE - WP1 Final Report. (2007). Guidelines and good practice on strategic noise mapping. : IMAGINE project nr. 503549.
- [2] Barron, R. F. (2001). *Industrial Noise Control and Acoustics*. New York, Basel: Marcek Dejjer, Inc.
- [3] Bayerisches Landesamt für Umwelt. (2007). Parking Area Noise Recommendations for the Calculation of Sound Emissions of Parking Areas, Motorcar Centers and Bus Stations as well as of Multi-Storey Car Parks and Underground Car Parks 6. Revised Edition. Augsburg: Bayerisches Landesamt für Umwelt.
- [4] Bies, D. A. i Hansen, C. H. (2009). *Engineering Noise Control. Theory and Practice 4th Edition*. London and New York: Spon Press.
- [5] DataKustik GmbH. (2020). *CadnaA 2021 Reference Manual*. Gilching: DataKustik GmbH.
- [6] Department for Environment. Food and Rural Affairs. (2005). *Update of Noise Database for Prediction of Noise on Construction and Open Sites*. Londyn: DEFRA.
- [7] Department for Environment. Food and Rural Affairs. (2006). *Update of Noise Database for Prediction of Noise on Construction and Open Sites, Phase 3: Noise measurement data for construction plant used on quarries*. Londyn: DEFRA.
- [8] DIN 45 635. (brak daty). Measurement of airborne noise emitted by machines.
- [9] DIN 45635-45. (1988). Measurement of airborne noise emitted by machines; enveloping surface method; continuous handling equipment.
- [10] DIN 45635-46. (1985). Measurement of noise emitted by machines; airborne noise emission; enveloping surface method; cooling towers.
- [11] Dutilleul, G., Junker, F., Defrance, J. i Ecotièrre, D. (2009). *Road Noise prediction. Noise propagation computation method including meteorological effects (NMPB 2008)*. : Setra.
- [12] Dyrektywa 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002r. odnosząca się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku.
- [13] Dyrektywa Komisji UE 2015/996 z dnia 19 maja 2015 r ustanawiające wspólne metody oceny hałasu zgodnie z dyrektywą 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego o Rady.
- [14] ECMA-74. (2019). Measurement of Airborne Noise emitted by Information Technology and Telecommunications Equipment.
- [15] Engel, Z. (1993). *Ochrona środowiska przed drganiem i hałasem*. Warszawa: PWN.
- [16] European Commission Working Group (WG-AEN). (2006). *Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure*. : .
-

- [17] Evans, T. i Cooper, J. (2015). A Comparison of Tonal Noise Regulations in Australia. *Acoustics 2015 Hunter Valley*.
- [18] Forum Schall. (2008). *Praxisleitfaden Gastgewerbe*. Wien: Umweltbundesamt.
- [19] Gerges, S. N., Sehrndt, G. A. i Parthey, W. (2001). *5 Noise Sources. Occupational Exposure to Noise*.
- [20] GIOŚ - Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. (2021). Dobre praktyki wykonywania strategicznych map hałasu. Wytyczne Głównego Inspektora Ochrony Środowiska.
- [21] GIOŚ - Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. (planowana publikacja lipiec 2021). Katalog danych dotyczących infrastruktury transportowej oraz środków transportu w Polsce w odniesieniu do wymagań Dyrektywy 2015/996.
- [22] GMBI Nr. 26/1998 S. 503. (1998). Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm) Vom 28. August 1998.
- [23] Hongisto, V. i Oliva, D. (2018). Annoyance penalty of low-level tonal sounds. Crete: Euronoise 2018.
- [24] ISO 1996-1:2016. (brak daty). Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 1: Basic quantities and assessment procedures.
- [25] ISO 1996-2:2017. (brak daty). Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 2: Determination of sound pressure levels.
- [26] ISO 6395:2008. (brak daty). *Earth-moving machinery — Determination of sound power level — Dynamic test conditions*.
- [27] ISO/PAS 20065:2016. (brak daty). Acoustics — Objective method for assessing the audibility of tones in noise — Engineering method.
- [28] Izdebski, W. (2020). Podstawowe usługi danych przestrzennych dedykowane do wykorzystania w systemach informatycznych państwa. Warszawa: Główny Urząd Geodezji i Kartografii.
- [29] Joint Research Centre of the European Commission. (2012). *Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU)*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- [30] Kokowski, P. (2002-2003). Pracownia Akustyki Stosowanej. Wprowadzenie Teoretyczne. Opis ćwiczeń. Poznań: .
- [31] Kucharski, R. J. (2016). *Wytyczne do Sporządzania Map Akustycznych*. Warszawa: Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.
- [32] Kukulski, B. i Wszolek, T. (brak daty). Qualification Methods for Assessment of Annoyance of Impulsive Sounds. *Mechanics and Control, Vol. 33 No. 3 2014*.

- [33] Kumar, K., Ledoux, H., Schmidt, R., Verheij, T. i Stoter, J. (2020). A Harmonized Data Model for Noise Simulation in the EU. *International Journal of Geo-Information*.
- [34] Licitra, G. (2012). *Noise Mapping in the EU: Models and Procedures*. CRC Press.
- [35] Licitra, G. (2018). *Out of the labyrinth: lights and shadows of noise mapping in CNOSSOS era*. Kreta: .
- [36] Maekawa, Z., Rindel, J. i Lord, P. (2010). *Environmental and Architectural Acoustics* (wyd. II). London: CRC Press. doi:10.4324/9780203931356
- [37] Malec, T. (2019). Acoustic noise maps - exchange / integration of data within various database systems - problems, needs, new possibilities, interoperability. *International Congress on Acoustics*. Achen.
- [38] Malec, T. (2019). Problem oceny poziomu tła akustycznego przy ocenie hałasu przemysłowego w środowisku. *Otwarte Seminarium z Akustyki*. Poznań-Boszkowo.
- [39] Malec, T. (2020). Modeling of industrial noise by the ISO 9613-2 and CNOSSOS methods - case study. *e-Forum Acousticum* . Lyon.
- [40] Materiały szkoleniowe geoportal.gov.pl. (2020). Warszawa: Główny Urząd Geodezji i Kartografii.
- [41] Members of the Noise Working Group. (1996). The Assessment and Rating of Noise from Wind Farms, Final Report (ETSU-R-97). : dti.
- [42] Morillas, J. M., González, D. M. i Gozalo, G. R. (2016). A review of the measurement procedure of the ISO 1996 standard. *Science of the Total Environment*, 595-606.
- [43] NOR: ENVP9760055A. (1997). Arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement.
- [44] Nordtest Method. (2002). NT ACOU 112 Acoustics: Prominence of Impulsive Sounds and for Adjustment of LAeq.
- [45] Pedersen, T. H. i Soendergaard, M. (2000). Objective Method for Assessing the Audibility of Tones in Noise. Nice, Francja: Inter Noise.
- [46] Petersen, E. C. (brak daty). *Application Note: An Overview of Standards for Sound Power Determination*. Dania: Bruel&Kjaer.
- [47] PN ISO 8297:2003. (brak daty). Akustyka -- Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej zakładów przemysłowych z wieloma źródłami hałasu w celu oszacowania wartości poziomu ciśnienia akustycznego w środowisku -- Metoda techniczna.
- [48] PN-EN 61400-11:2013-07. (brak daty). Turbozespoły wiatrowe -- Część 11: Procedury pomiaru hałasu.

- [49] PN-EN 61400-11:2013-07/A1:2018-09. (brak daty). Turbozespoły wiatrowe -- Część 11: Procedury pomiaru hałasu.
- [50] PN-EN ISO 12354-4:2017. (brak daty). Akustyka budowlana -- Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów -- Część 4: Przenikanie hałasu z budynku do środowiska.
- [51] PN-EN ISO 1996-1:2006. (brak daty). Akustyka -- Opis, pomiary i ocena hałasu środowiskowego -- Część 1: Wielkości podstawowe i procedury oceny.
- [52] PN-EN ISO 1996-2:1999/A1. (brak daty). Akustyka -- Opis i pomiary hałasu środowiskowego -- Zbieranie danych dotyczących sposobu zagospodarowania terenu (Zmiana A1).
- [53] PN-EN ISO 1996-3:1999. (brak daty). Akustyka -- Opis i pomiary hałasu środowiskowego - - Wytyczne dotyczące dopuszczalnych poziomów hałasu.
- [54] PN-EN ISO 3746:2011. (brak daty). Akustyka -- Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej i poziomów energii akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego -- Metoda orientacyjna z zastosowaniem otaczającej powierzchni pomiarowej nad płaszczyzną odbijającą dźwięk.
- [55] PN-EN ISO 3747:2011. (brak daty). Akustyka -- Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej i poziomów energii akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego -- Metoda techniczna i orientacyjna w warunkach in situ w środowisku pogłosowym.
- [56] PN-EN ISO 9612:2011. (brak daty). Akustyka -- Wyznaczanie zawodowej ekspozycji na hałas -- Metoda techniczna.
- [57] PN-EN ISO 9613-2:2002. (2002). Akustyka -- Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej -- Obliczanie pochłaniania dźwięku przez atmosferę.
- [58] PN-EN ISO 9614-1:2010. (brak daty). Akustyka -- Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów natężenia dźwięku -- Część 1: Metoda stałych punktów pomiarowych.
- [59] PN-EN ISO 9614-2:2000. (brak daty). Akustyka -- Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów natężenia dźwięku --Część2: Metoda omiatania.
- [60] PN-EN ISO 9614-3:2010. (brak daty). Akustyka -- Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów natężenia dźwięku -- Część 3: Dokładna metoda omiatania.
- [61] PN-EN-ISO 3744:2011. (brak daty). Akustyka - Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej i poziomów energii akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego - Metody techniczne stosowane w warunkach zbliżonych do pola swobodnego nad płaszczyzną odbijającą dźwięk.

- [62] PN-ISO 10843. (brak daty). Akustyka. Metody opisu i pomiaru pojedynczych impulsów lub serii impulsów.
- [63] Probst, W. (2019). Quality assurance methods demonstrated with the calculation of sound propagation with ISO 9613-2 and with CNOSSOS-EU. *23rd International Congress on Acoustics*. Aachen: .
- [64] Puzyna, C. (1970). *Zwalczanie Hałasu w Przemśle*. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.
- [65] Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 1 lipca 2021 r. w sprawie szczegółowego zakresu danych ujętych na strategicznych mapach hałasu, sposobu ich prezentacji i formy ich przekazywani. [Dz.U. 2021 poz. 1325].
- [66] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011 roku w sprawie w wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów substancji lub energii w środowisku przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem lub portem. (2011). [Dz.U. 2011 nr 140 poz. 824].
- [67] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody. (2014-2019). [tekst jednolity: Dz.U. 2019 poz. 2286].
- [68] Rudno-Rudzińska, B. i Habrat, T. (2005). Budowa Modelu Zakładu Przemysłowego Jako Źródła Hałasu. Gliwice: .
- [69] Rudno-Rudzińska, B. i Rudno-Rudziński, K. (1999). *Tablice Warunków Meteorologicznych Propagacji Dźwięku w Polsce*. Wrocław: Instytut Telekomunikacji i Akustyki Politechniki Wrocławskiej.
- [70] SoundPLAN GmbH. (2015). *User's manual*.
- [71] Szudrowicz, B. (2002). Instrukcje, Wytyczne, Poradniki. Właściwości dźwiękoizolacyjne przegród budowlanych i ich elementów (369/2002). Warszawa: Instytut Techniki Budowlanej.
- [72] Szudrowicz, B. i Tomczyk, P. (2015). Instrukcje, Wytyczne Poradniki. Właściwości dźwiękoizolacyjne ścian, dachów, okien i drzwi oraz nawiewników powietrza zewnętrznego (480/2015). Warszawa: Instytut Techniki Budowlanej.
- [73] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska. (brak daty). [tekst jednolity: Dz.U. 2020 poz. 1219].
- [74] Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko. (brak daty). [tekst jednolity: Dz.U. 2021 poz. 247].

- [75] Wölfel Meßsysteme · Software GmbH & Co et al. (2003). *Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping*. European Commission, DG Environment.
- [76] Wszolek, T., Stępień, B. i Mleczko, D. (2019). Comparison of ISO 9613-2 and CNOSSOS-EU methods in noise modelling of a large industrial plant. *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings 259 (2)*. Madryt.

F. Źródła internetowe:

<https://aci.acoucou.org>

<https://ace.acoucou.org/>

<https://geoportal.gov.pl/>

<https://www.geoportal.gov.pl/o-geoportalu/materialy-do-pobrania>

<http://www.gugik.gov.pl/pzgik/zamow-dane/numeryczny-model-terenu>

<http://www.gugik.gov.pl/pzgik/zamow-dane/ortofotomapa>

<http://www.gugik.gov.pl/pzgik/zamow-dane/baza-danych-objektow-topograficznych-bdot-10k>

https://www.wodgik.katowice.pl/www/pobierz/wykaz_BDOT10k.pdf

<https://www.youtube.com/user/GUGiKPL>

<https://softnoise.com/downloads/>

https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/noise-emissions-outdoor-equipment_en

<https://multimedia.3m.com/mws/media/12623120/3m-noise-navigator.xlsx>

<https://multimedia.3m.com/mws/media/8885530/noise-navigator-sound-level-hearing-protection-database.pdf>

http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=NO01043_5581_FRP.pdf

http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=NO01102_5302_FRP.pdf