



# AKUSTYKA

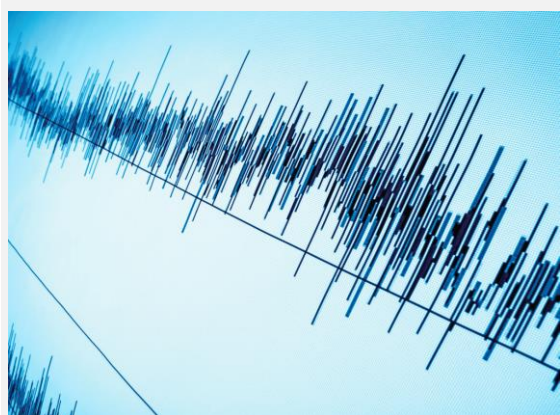
## HAŁAS ŚRODOWISKOWY

ANALIZA AKUSTYCZNA ODDZIAŁYWANIA PLANOWANEJ  
INWESTYCJI NA ŚRODOWISKO. ANALIZA EMISJI HAŁASU.

ZAMAWIAJĄCY:

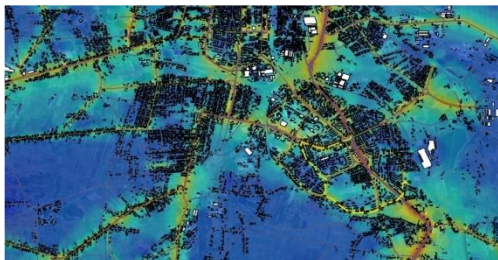
**„STADO OGIERÓW” STAROGARD GDAŃSKI SP.Z O.O.**

**SGS**



Wykonawca

**SGS POLSKA SP. Z O.O.**



**AKUSTYKA**

**HAŁAS ŚRODOWISKOWY**

ANALIZA AKUSTYCZNA  
ODDZIAŁYWANIA PLANOWANEJ  
INWESTYCJI NA ŚRODOWISKO.  
ANALIZA EMISJI HAŁASU.

NA\_105\_PL\_2018

Zamawiający

**„STADO OGIERÓW” STAROGARD  
GDAŃSKI SP.Z O.O.**

14-400 Pasłęk, Rzeczna

Zamówienie: 18010701

**Data wydania dokumentu:**

Pszczyna 13.06.2018

**Niniejszy dokument zatwierdzony przez:**

Konrad Ratowski  
Koordynator pionu akustyki/Acoustics Department Coordinator

## SPIS TREŚCI

---

### ZAWARTOŚĆ RAPORTU

---

|           |                                                                                               |           |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>WSTĘP .....</b>                                                                            | <b>4</b>  |
| <b>2.</b> | <b>ZAKRES PRAC .....</b>                                                                      | <b>4</b>  |
| <b>3.</b> | <b>PODSTAWY PRAWNE .....</b>                                                                  | <b>5</b>  |
| 3.1       | DOPUSZCZALNE POZIOMY HAŁASU W ŚRODOWISKU - NORMATYWY .....                                    | 6         |
| <b>4.</b> | <b>METODYKA OBLICZEŃ .....</b>                                                                | <b>7</b>  |
| 4.1       | CHARAKTERYSTYKA ŹRÓDEŁ HAŁASU .....                                                           | 8         |
| <b>5.</b> | <b>MAPA AKUSTYCZNA.....</b>                                                                   | <b>9</b>  |
| <b>6.</b> | <b>EMISJA HAŁASU – WPŁYW NA KLIMAT AKUSTYCZNY .....</b>                                       | <b>11</b> |
| 6.1       | OPIS ZAGOSPODAROWANIA TERENU W ZASIĘGU ODDZIAŁYWANIA HAŁASU EMITOWANEGO PRZEZ INSTALACJĘ..... | 11        |
| 6.2       | KLIMAT AKUSTYCZNY .....                                                                       | 11        |
| 6.3       | ROZWIĄZANIA MAJĄCE NA CELU OGRANICZENIE ODDZIAŁYWANIA NA KLIMAT AKUSTYCZNY .....              | 12        |
| 6.4       | MONITORING HAŁASU .....                                                                       | 13        |
| <b>7.</b> | <b>ZAŁĄCZNIKI.....</b>                                                                        | <b>14</b> |



## 1. WSTĘP

---

Niniejsze opracowanie dotyczy modelowania akustycznego dla przedsięwzięcia związanego z oceną klimatu akustycznego. Analiza dotyczy prognozy klimatu akustycznego po rozbudowie istniejącego budynku obory wielostanowiskowej znajdującej się na terenie istniejącego gospodarstwa położonej we wsi Lisów, obręb Družno, gmina Elbląg.

## 2. ZAKRES PRAC

---

Zakres pracy obowiązywał:

- Pomiary poziomu akustycznego,
- Identyfikacja znaczących źródeł hałasu na podstawie wizji lokalnej dla projektowanej rozbudowy,
- Określenie kierunkowości rozprzestrzeniania się dźwięku,
- Prezentacja graficzna,
- Sporządzenie analizy akustycznej.



### 3. PODSTAWY PRAWNE

---

Całość prac była wykonywana w oparciu o poniższe akty prawne:

- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2017 r., poz. 519 z późn. zm.) wraz z rozporządzeniami wykonawczymi,
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. z 2014 r., poz. 112),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody (Dz. U. 2014, poz. 1542 z późn. zm.),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie rodzajów wyników pomiarów prowadzonych w związku z eksploatacją instalacji lub urządzenia i innych danych oraz terminów i sposobów ich prezentacji (Dz. U. z 2008 r., nr 215 poz. 1366),
- Dyrektywa 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku (Dyrektywa Hałasowa),
- Instrukcja nr 338 Instytutu Techniki Budowlanej w Warszawie – Metoda określania emisji i immisji hałasu przemysłowego w środowisku,
- Norma PN-EN ISO3744 „Akustyka – wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródła hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego; metoda techniczna stosowana w warunkach zbliżonych do pola swobodnego nad płaszczyzną odbijającą dźwięk”,
- Norma PN-EN ISO 3746 Akustyka – Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów poziomów ciśnienia akustycznego. Metoda orientacyjna z zastosowaniem otaczającej powierzchni pomiarowej nad płaszczyzną odbijającą dźwięk,
- Norma PN-ISO 8297 Akustyka –Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej zakładów przemysłowych z wieloma źródłami hałasu w celu oszacowania wartości poziomu ciśnienia akustycznego w środowisku. Metoda techniczna.
- Norma PN ISO 9613-2 Akustyka - Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej. Ogólna metoda obliczenia.
- Polska Norma PN-ISO 1996 – 1 „Akustyka. Opis i pomiary hałasu środowiskowego. Podstawowe wielkości i procedury”,
- Polska Norma PN-ISO 1996 – 2 „Akustyka. Opis i pomiary hałasu środowiskowego. Zbieranie danych dotyczących sposobu zagospodarowania terenu”,
- Polska Norma PN-ISO 1996 – 3 „Akustyka. Opis i pomiary hałasu środowiskowego. Wytyczne dopuszczalnych poziomów hałasu”.

### 3.1 DOPUSZCZALNE POZIOMY HAŁASU W ŚRODOWISKU - NORMATYWY

Dopuszczalne poziomy hałas w środowisku wyrażone wskaźnikami  $L_{AeqD}$  i  $L_{AeqN}$ , mającymi zastosowanie do ustalania i kontroli warunków korzystania ze środowiska, w odniesieniu do jednej doby, wg wymagań Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (tekst jednolity Dz. U. z 2014 r., poz. 112).

| Lp. | Przeznaczenie terenu                                                                                                                                                                                        | Dopuszczalny poziom hałasu<br>w [dB]                                                                |              |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|     |                                                                                                                                                                                                             | Pozostałe obiekty i działalność<br>będąca źródłem hałasu<br>(z wyłączeniem dróg i linii kolejowych) |              |
|     |                                                                                                                                                                                                             | $L_{Aeq, D}$                                                                                        | $L_{Aeq, N}$ |
| 1.  | a) Strefa ochronna „A” uzdrowiska<br>b) Tereny szpitali poza miastem                                                                                                                                        | 45                                                                                                  | 40           |
| 2.  | a) Tereny zabudowy mieszkaniowej<br>jednorodzinnej<br>b) Tereny zabudowy związanej ze stałym<br>lub wielogodzinnym pobytem dzieci<br>i młodzieży<br>c) Tereny domów opieki<br>d) Tereny szpitali w miastach | 50                                                                                                  | 40           |
| 3.  | a) Tereny zabudowy mieszkaniowej<br>wielorodzinnej i zamieszkania<br>zbiorowego<br>b) Tereny zabudowy zagrodowej<br>c) Tereny rekreacyjno – wypoczynkowe<br>d) Tereny mieszkaniowo – usługowe               | 55                                                                                                  | 45           |
| 4.  | Tereny w strefie śródmiejskiej miast<br>powyżej<br>100 tyś. Mieszkańców                                                                                                                                     | 55                                                                                                  | 45           |



#### 4. METODYKA OBLICZEŃ

---

Celem wykonania analizy akustycznej przyjęto, że:

- Obiektami ekranującymi są wszystkie kubaturowe obiekty nieemitujące hałasu oraz nasypy ziemne;
- Ilość urządzeń emitujących hałas ich czasy pracy oraz poziom mocy akustycznej przyjęto na podstawie danych literaturowych pozyskanych od zamawiającego dla wariantu projektowanej rozbudowy;
- Czas pracy wszystkich źródeł zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody (Dz. U. 2014, poz. 1542), odniesiono do 8 godzin dla pory dnia oraz 1 godziny dla pory nocy;
- Do modelu wykorzystano najmniej korzystny dla gospodarstwa wariant opierający się na uwzględnieniu emisji wszystkich źródeł hałasu jednocześnie na terenie gospodarstwa;
- Obliczenia wykonano dla wysokości 4m względem terenu w siatce 10mx10m;
- Liczba odbić = 1;
- Dla terenów akustycznie miękkich przyjęto współczynnik  $G=1$ , a dla terenów akustycznie twardych przyjęto współczynnik  $G=0$  zgodnie z wytycznymi Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska dotyczącymi wykonywania map akustycznych oraz PN ISO 9613-2 Akustyka - Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej. Ogólna metoda obliczenia.

Wynikiem analizy jest mapa prezentująca rozkład rozprzestrzeniania się hałasu na terenach przyległych do gospodarstwa. Analizy rozprzestrzeniania się dźwięku wykonano z wykorzystaniem najlepszych dostępnych metod w postaci danych GIS. Ma to na celu odzwierciedlenie całej infrastruktury w otoczeniu badanego gospodarstwa, co przekłada się na wyższą precyzję analizy akustycznej i realną ocenę wpływu gospodarstwa na środowisko.

Do obliczeń wykorzystano oprogramowanie CadnaA 4.2., które jest rekomendowane przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska w wytycznych dotyczących tworzenia map akustycznych.



#### 4.1 CHARAKTERYSTYKA ŹRÓDEŁ HAŁASU

Klimat akustyczny przedmiotowej instalacji kształtowany jest przez wykazane w poniższej tabeli istotne źródła hałasu. Poniższa tabela zawiera wykaz źródeł hałasu wraz z podaniem ich czasu pracy w porze dnia i nocy. Poziomy akustyczne zostały dobrane na podstawie danych literaturowych mocy akustycznych dla kluczowych źródeł hałasu.

Moc akustyczną agregatu przyjęto na podstawie karty katalogowej przykładowego modelu agregatu prądotwórczego QAS100 firmy Atlas Copco. Założono wariant pracy ciągłej agregatu prądotwórczego co jest wariantem bardzo niekorzystnym, a jednocześnie mało prawdopodobnym.

Wartość ta pochodzi z Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń używanych na zewnątrz pomieszczeń w zakresie emisji hałasu do środowiska (Dz. U. z 2005r. Poz. 2202 Nr 263) dla ciągnika o mocy 250 kW. Założono parametry odpowiadające ładowarce kołowej, jako że ciągnik na przedmiotowym obiekcie może również pełnić taką rolę.

Do stworzenia modelu akustycznego przyjęto wariant najmniej korzystny dla gospodarstwa. Przyjęcie do obliczeń wariantu najmniej korzystnego jest z punktu widzenia ochrony przed hałasem podejściem właściwym. Nieprzekroczenie wartości dopuszczalnych w sytuacji akustycznie gorszej dla gospodarstwa, nie będzie skutkowało przekroczeniem wartości dopuszczalnych w rzeczywistości.

| L.P. | Źródło hałasu       | Moc Akustyczna<br>[dB] | Czas pracy - [godz]  |              | Czas odniesienia<br>- [godz] |              |
|------|---------------------|------------------------|----------------------|--------------|------------------------------|--------------|
|      |                     |                        | Pora<br>dnia         | Pora<br>nocy | Pora<br>dnia                 | Pora<br>nocy |
|      | Stan projektowany   |                        |                      |              |                              |              |
| 1    | Agregat             | 92                     | 16                   | 8            | 8                            | 1            |
| 2    | 2 Ciągniki siodłowe | 108,3                  | 4<br>przejazdy<br>/h | -            | 8                            | -            |

## 5. MAPA AKUSTYCZNA

Imisyjna mapa rozkładu izofon. Pora dnia.



# Imisyjna mapa rozkładu izofon. Pora nocy.





## 6. EMISJA HAŁASU – WPŁYW NA KLIMAT AKUSTYCZNY

---

### 6.1 OPIS ZAGOSPODAROWANIA TERENU W ZASIĘGU ODDZIAŁYWANIA HAŁASU EMITOWANEGO PRZEZ INSTALACJĘ

---

Na omawianym obszarze nie obowiązują miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego, które definiują całość obszaru oddziaływania akustycznego przedmiotowego gospodarstwa. Obszary te oceniono na podstawie faktycznego zagospodarowania i wykorzystania dla przeważającej części terenu. Obszary akustycznie chronione to zabudowa jednorodzinna znajdująca się na południe oraz na zachód od omawianego gospodarstwa.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. z 2014 r., poz. 112)

Na potrzeby analizy przyjęto dopuszczalne poziomy hałas na poziomie:

- $L_{AeqD}$  – 50 dB w porze dnia (od 06:00 do 22:00),
- $L_{AeqN}$  – 40 dB w porze nocy (od 22:00 do 06:00).

### 6.2 KLIMAT AKUSTYCZNY

---

Na podstawie otrzymanych w wyniku modelowania rezultatów analizy akustycznej, można stwierdzić **brak ponad normatywnego oddziaływania przedmiotowego gospodarstwa na tereny akustycznie chronione.**

**Nie stwierdza się możliwości wystąpienia przekroczeń dopuszczalnych wartości hałasu emitowanego do środowiska w porze dnia jak i nocy przez gospodarstwo obecnie oraz po rozbudowie.**

Należy powtórnie zaznaczyć, że rozpatrywany wariant pracy gospodarstwa uwzględnia warunki bardzo niekorzystne dla omawianej instalacji. Przyjęcie pracy ciągłej urządzeń oraz ich sumarycznego oddziaływania na tereny akustycznie chronione, użycie maksymalnej wartości mocy akustycznych urządzeń, a także uwzględnienie znacznie dłuższego czasu pracy źródeł związanych z komunikacją i załadunkiem, niż ma to miejsce w rzeczywistości, ma na celu uwzględnienie w modelowaniu wariantu najmniej korzystnego dla gospodarstwa. Nie przekroczenie wartości dopuszczalnych w sytuacji skrajnej wyklucza możliwość powstania przekroczeń podczas normalnej pracy gospodarstwa.

Na podstawie modelu wykonano obliczenia dla punktów zlokalizowanych przy najbliższych zabudowaniach. Do obliczeń wykorzystano oprogramowanie CadnaA 4.2.

| Obliczone wartości równoważnego poziomu hałasu w środowisku dla:<br>pory dnia T=8h oraz pory nocy T=1h |                           |                    |                  |                                                    |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------|------------------|----------------------------------------------------|-----------|
| L.P.                                                                                                   | Symbol punktu pomiarowego | Współrzędne GPS    |                  | Poziom hałas $L_{Aeq}$ [dB] – wariant projektowany |           |
|                                                                                                        |                           | Szerokość geograf. | Długość geograf. | Pora dnia                                          | Pora nocy |
| 1.                                                                                                     | P1                        | 54°03'44,1"N       | 19°33'28,3"E     | 48,4                                               | 34,8      |
| 2.                                                                                                     | P2                        | 54°03'42,7"N       | 19°33'33,1"E     | 36,6                                               | 20,5      |
| 3.                                                                                                     | P3                        | 54°03'45,3"N       | 19°33'40,7"E     | 46,0                                               | 31,5      |

### 6.3 ROZWIĄZANIA MAJĄCE NA CELU OGRANICZENIE ODDZIAŁYWANIA NA KLIMAT AKUSTYCZNY

W związku z brakiem przekroczeń wartości dopuszczalnych poziomu hałasu na terenach akustycznie chronionych nie jest konieczne stosowanie żadnych dodatkowych metod ochrony przed hałasem emitowanym do środowiska. Prowadzenie kontrolnych pomiarów hałasu zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 30.10.2014 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody (Dz. U. 2014, poz. 1542) powinno odbywać się nie rzadziej niż na 2 lata dla instalacji posiadających decyzje o dopuszczalnych poziomach hałasu lub posiadające pozwolenie zintegrowane, chyba że decyzje te mówią inaczej.

W przypadku instalacji posiadających pozwolenie zintegrowane zgodnie z art. 214 oraz art. 208 Ustawy Prawo ochrony środowiska z dnia 27.04.2001 r. (Dz. U. 2001 Nr 62 poz. 627) każda istotna zmiana powinna zostać skonsultowana z właściwym organem ochrony środowiska.

Głównymi czynnikami/elementami ograniczającymi emisję hałasu są przede wszystkim:

- Systematyczne wykonywanie pomiarów hałasu emitowanego do środowiska,
- Eksploatacja maszyn i urządzeń pracujących w zgodzie z dokumentacjami techniczno-ruchowymi,
- Okresowe przeglądy instalacji,
- Znajomość aktualnych wymogów prawnych w zakresie ochrony środowiska,
- Osiąganie założonych celów środowiskowych.

## 6.4 MONITORING HAŁASU

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody (Dz. U. 2014, poz. 1542 §10) nakłada na właścicieli instalacji obowiązek okresowych pomiarów hałasu emitowanego do środowiska raz na dwa lata na najbliższych terenach akustycznie chronionych. Ponadto zaleca się wykonanie pomiarów kontrolnych po zakończeniu każdej inwestycji, która może wpłynąć na pogorszenie klimatu akustycznego. Pomiary kontrolne powinny być prowadzone okresowo oraz przy każdej istotnej zmianie w procesach produkcyjnych. Proponuje się aby pomiary hałasu emitowanego do środowiska prowadzono w oparciu o 3 punkty pomiarowe przy najbliższej zabudowie mieszkalnej.

| Proponowane punkty monitoringu hałasu emitowanego do środowiska |                           |                    |                  |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------|------------------|
| L.P.                                                            | Symbol punktu pomiarowego | Współrzędne GPS    |                  |
|                                                                 |                           | Szerokość geograf. | Długość geograf. |
| 1.                                                              | P1                        | 54°03'44,1"N       | 19°33'28,3"E     |
| 2.                                                              | P2                        | 54°03'42,7"N       | 19°33'33,1"E     |
| 3.                                                              | P3                        | 54°03'45,3"N       | 19°33'40,7"E     |



## 7. ZAŁĄCZNIKI

### Załącznik 1: Opis obliczeń propagacji fali akustycznej w środowisku

#### Podstawowe definicje:

#### Ekwiwalentny ciągły poziom dźwięku A ( $L_{AT}$ ):

$$L_{AT} = 10 \log \left\{ \left[ \left( \frac{1}{T} \right) \int_0^T p_A^2(t) dt \right] / p_0^2 \right\}$$

Gdzie:

$p_A(t)$  - ciągłe ciśnienie dźwięku A [Pa],

$p_0$  - ciśnienie odniesienia =  $20 \cdot 10^{-6}$  [Pa],

T - czas trwania [s],

#### Ekwiwalentny ciągły poziom dźwięku w pasach oktaowych $L_{fT}$ :

$$L_{fT}(DW) = 10 \log \left\{ \left[ \left( \frac{1}{T} \right) \int_0^T p_f^2(t) dt \right] / p_0^2 \right\}$$

Gdzie:

$p_f(t)$  - ciągłe ciśnienie dźwięku w pasmach oktaowych [Pa],

f - częstotliwość środkowa pasma oktaowego,

#### Tłumienność wtrąceniowa (przeszkody):

Jest to różnica [dB] pomiędzy poziomami ciśnienia w punkcie odbioru w dwóch przypadkach:

na drodze propagacji istnieje przeszkoda,

przeszkoda ta została usunięta,

Pozostałe warunki propagacji fali są takie same w obu przypadkach.

#### Opis źródła

Omawiane równania stosuje się dla źródeł punktowych. Rozciągle źródło hałasu (droga lub linia kolejowa, obszar przemysłowy) może być reprezentowana przez szereg sekcji, z których każda ma odpowiednią moc i kierunkowość. Źródła liniowe można podzielić na odcinki, źródło powierzchniowe na mniejsze komórki.

Grupy punktów mogą być opisane jako jedno źródło punktowe usytuowane w środku grupy, w szczególności jeśli:

- źródła mają w przybliżeniu taką samą moc i wysokość nad ziemią,



- panują takie same warunki propagacji,
- odległość między punktem odbioru a pojedynczym równoważnym źródłem przekracza dwukrotnie największy wymiar  $H_{\max}$  źródła ( $d > 2 \cdot H_{\max}$ ).

### Warunki meteorologiczne

Obliczenia przeprowadzane są dla propagacji hałasu z wiatrem.

Propagacja hałasu z wiatrem ma miejsce wtedy, gdy:

- kierunek wiatru jest w granicach  $<45^\circ$  od kierunku łączącego środek dominującego źródła i środek punktu odniesienia,
- prędkość wiatru wynosi od 1 do 5 s, mierzona jest na wysokości 3 - 11 m nad ziemią,

### Podstawowe równania

Równoważny, z wiatrem, ciągły poziom dźwięku w paśmie oktawowym w punkcie odbioru można obliczyć dla każdego źródła punktowego z równania:

$$L_{\pi}(Dw) = L_w + D_c - A$$

Gdzie:

$L_w$  - poziom mocy źródła w paśmie oktawowym, w porównaniu do mocy odniesienia = 1 pikowat (1pW),

$D_c$  - korekcja kierunkowa [dB], która opisuje wielkość odchylenia w danym kierunku ekwiwalentnego poziomu dźwięku pochodzącego od źródła punktowego w stosunku do poziomu dźwięku źródła wszechkierunkowego,

$A$  - tłumienie w paśmie oktawowym [dB],

$$A = A_{\text{div}} + A_{\text{atm}} + A_{\text{gr}} + A_{\text{bar}} + A_{\text{misc}}$$

Gdzie:

$A_{\text{div}}$  - tłumienie spowodowane odchyleniem geometrycznym,

$A_{\text{atm}}$  - tłumienie spowodowane absorpcją atmosferyczną,

$A_{\text{gr}}$  - tłumienie spowodowane "ground" efektem,

$A_{\text{bar}}$  - tłumienie spowodowane przeszkodami,

$$A_{div} = \left[ 20 \log \left( \frac{d}{d_0} \right) + 11 \right]$$

$A_{misc}$  - tłumienie spowodowane różnorodnymi innymi efektami,

Gdzie:

$d$  - odległość pomiędzy źródłem a punktem odbioru [m],

$d_0$  - odległość odniesienia = 1m,

$$A_{atm} = \alpha \cdot d / 1000$$

Gdzie:

$\alpha$  - współczynnik pochłaniania atmosferycznego [dB/km] dla każdego pasma oktawowego (tabela 1).

**Tabela 1 - Współczynnik tłumienia atmosferycznego  $\alpha$  dla pasm oktawowych**

| Temperatura<br>[°C] | Wilgotność<br>wzgl. [%] | Współczynnik tłumienia atmosferycznego $\alpha$ [dB/km] |     |     |     |      |      |      |      |
|---------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|                     |                         | 63                                                      | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 10                  | 70                      | 0,1                                                     | 0,4 | 1,0 | 1,9 | 3,7  | 9,7  | 32,8 | 117  |
| 20                  | 70                      | 0,1                                                     | 0,3 | 1,1 | 2,8 | 5,0  | 9,0  | 22,9 | 76,6 |
| 30                  | 70                      | 0,1                                                     | 0,3 | 1,0 | 3,1 | 7,4  | 12,7 | 23,1 | 59,3 |
| 15                  | 20                      | 0,3                                                     | 0,6 | 1,2 | 2,7 | 8,2  | 28,2 | 88,8 | 202  |
| 15                  | 50                      | 0,1                                                     | 0,5 | 1,2 | 2,2 | 4,2  | 10,8 | 36,2 | 129  |
| 15                  | 80                      | 0,1                                                     | 0,3 | 1,1 | 2,4 | 4,1  | 8,3  | 23,7 | 82,6 |

Wielkość  $A_{gr}$  jest rezultatem odbicia dźwięku od powierzchni ziemi. Tłumienie to jest spowodowane przede wszystkim przez powierzchnie ziemi blisko źródła oraz blisko punktu odbioru. Aby można było obliczyć to tłumienie powierzchnia ziemi powinna być płaska, raczej pozioma lub ze stałym nachyleniem.

Można wyróżnić 3 regiony dla tzw. "ground" efektu:

a) **region źródłowy** - odległość od źródła w kierunku punktu odbioru o długości  $30 h_s$  (maksymalna długość  $d_p$ ),

$h_s$  - wysokość źródła,

$d_p$  - odległość od źródła do punktu odbioru,

b) **region odbioru** - odległość od punktu odbioru w kierunku źródła o długości  $30 h_r$  (maksymalny dystans  $d_p$ )

$h_r$  - wysokość punktu odbioru

c) **region środkowy** - pomiędzy regionem źródłowym a regionem odbioru.



Jeśli  $d_p$ ,  $(30h_s + 30h_r)$  region źródłowy i odbioru pokrywają się częściowo.

Własności akustyczne każdego regionu można obliczyć ze współczynnika  $G$ .

Można wyróżnić 3 kategorii powierzchni ziemi:

Powierzchnia twarda - np. asfalt, woda, lód itp.  $G = 0$ ,

Powierzchnia porowata - np. powierzchnia pokryta trawą, drzewami itp.  $G = 1$ ,

Powierzchnia mieszana - zawiera elementy zarówno powierzchni twardej, jak i mieszanej  $0 < G < 1$ .

$$A_{dr} = A_s + A_r + A_m,$$

Gdzie:

$A_s$  - tłumienie w regionie źródłowym,

$A_r$  - tłumienie w regionie punktu odbioru,

$A_m$  - tłumienie w regionie środkowym,

Metody obliczenia tych wartości zawiera tabela 2.

$A_{gr}$  można obliczyć również z innego wzoru:

$$A_{gr} = 4,8 - \left( \frac{2h_m}{d} \right) \left[ 17 + \frac{300}{d} \right] \geq 0$$

$H_m$  - średnia wysokość ścieżki propagacji (rysunek 3).

Wzór ten można stosować, gdy:

interesuje nas tylko poziom dźwięku  $A$  w punkcie odbioru,

hałas rozprzestrzenia się nad powierzchnią porowatą lub mieszana z przewagą powierzchni porowatej,

**Tabela 2 Metoda obliczenia  $A_s$ ,  $A_r$  i  $A_m$**

| Nominalna częst. środkowa<br>[Hz]                           | A <sub>s</sub> lub A <sub>r</sub><br>[dB] | A <sub>m</sub><br>[dB] |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|
| 63                                                          | -1,5                                      | -3q(1-G)               |
| 125                                                         | -1,5+G*a(h)                               |                        |
| 250                                                         | -1,5+G*b(h)                               |                        |
| 500                                                         | -1,5+G*c(h)                               |                        |
| 1000                                                        | -1,5+G*d(h)                               |                        |
| 2000                                                        | -1,5(1-G)                                 |                        |
| 4000                                                        | -1,5(1-G)                                 |                        |
| 8000                                                        | -1,5(1-G)                                 |                        |
| Dla d <sub>p</sub> <30(h <sub>s</sub> +h <sub>r</sub> ) q=0 |                                           |                        |
| Dla d <sub>p</sub> >30(h <sub>s</sub> +h <sub>r</sub> ) q=  |                                           |                        |

$$a'(h) = 1,5 + 3,0 \cdot e^{-0,12(h-5)^2} \left( 1 - e^{-\frac{d_p}{50}} \right) + 5,7 \cdot e^{0,09h^2} \left( 1 - e^{-2,810^{-6} \cdot d_p} \right)$$

$$b'(h) = 1,5 + 8,6 \cdot e^{-0,09h^2} \left( 1 - e^{-\frac{d_p}{50}} \right)$$

$$c'(h) = 1,5 + 14,0 \cdot e^{-0,46h^2} \left( 1 - e^{-\frac{d_p}{50}} \right)$$

$$d'(h) = 1,5 + 5,0 \cdot e^{-0,9h^2} \left( 1 - e^{-\frac{d_p}{50}} \right)$$

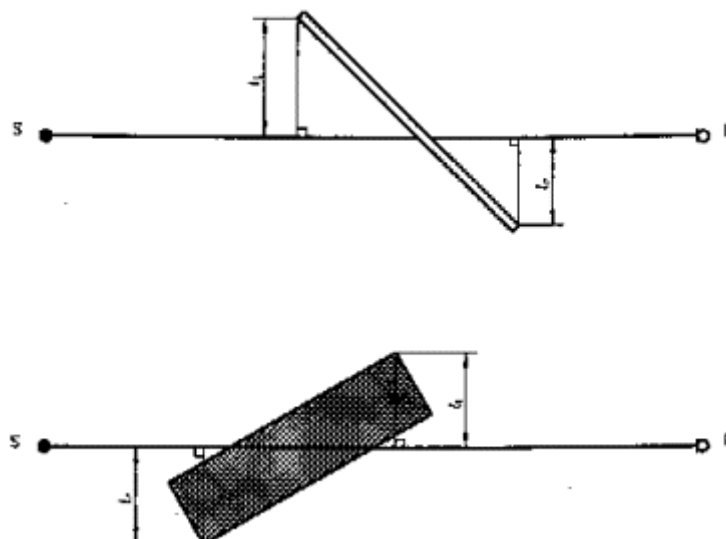
## Ekranowanie

Obiekt można zaliczyć do przeszkód ekranujących, gdy:

- Jego gęstość powierzchniowa jest nie mniejsza niż 10 kg/m<sup>2</sup>,
- Obiekt ma powierzchnie zamkniętą bez dużych otworów,

Wymiar poziomy, prostopadły do linii łączącej punkt odbioru i źródło jest większy niż długość fali  $\lambda$  dla nominalnej częstotliwości środkowej pasma oktawowego:

$L_l + L_r < \lambda$  (rysunek 1).



Rys 1 Przeszkody pomiędzy źródłem a punktem odbioru

### Dyfrakcja na krawędzi górnej:

$$A_{\text{bar}} = D_z - A_g > 0,$$

Dyfrakcja na krawędziach bocznych:

$$A_{\text{bar}} = D_z$$

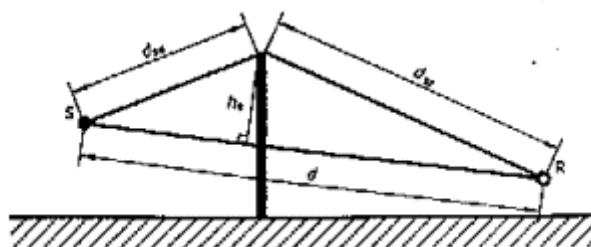
$D_z$  - tłumienie przeszkody w każdym paśmie oktawowym,

$A_g$  - tłumienie spowodowane "ground" efektem, jeśli przeszkoda nie występuje.

$$D_z = 10 \log \left[ 3 + \frac{C_2}{\lambda} \cdot C_3 \cdot z \cdot K_{\text{met}} \right]$$

$C_1 = 20$  [dB] (zawiera efekt odbicia od powierzchni ziemi, w pewnych przypadkach może być równe 40 dB),

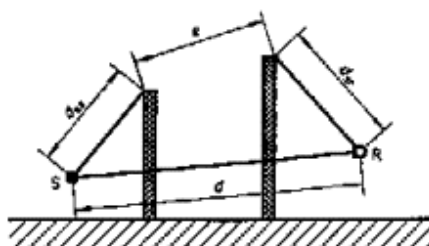
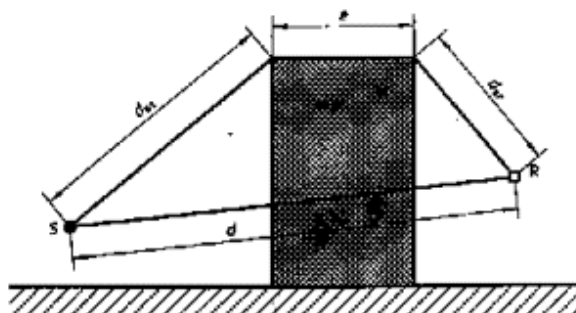
$C_3 = 1$  - dla pojedynczego ugięcia, (rysunek 2)



Rysunek 2 - dyfrakcja pojedyncza

$$C_3 = \frac{\left[ 1 + \left( \frac{5\lambda}{e} \right)^2 \right]}{\left[ \frac{1}{3} + \left( \frac{5\lambda}{e} \right)^2 \right]}$$

dla podwójnej dyfrakcji (rysunek 3)





Rysunek 3 - dyfrakcja podwójna

$\lambda$  - długość fali (dla częstotliwości środkowej pasma oktawowego),

$K_{\text{met}}$  - współczynnik korekcji atmosferycznej,

$Z$  - różnica pomiędzy długością drogi propagacji fali ugiętej na przeszkodzie a droga propagacji bez przeszkody,

$E$  - odległość pomiędzy dwoma krawędziami ugięcia,

Dla pojedynczej dyfrakcji:

$$z = \left[ (d_{ss} + d_{sr})^2 + a^2 \right]^{1/2} - d$$

Gdzie:

$D_{ss}$  - odległość pomiędzy źródłem a krawędzią ugięcia [m],

$D_{sr}$  - odległość pomiędzy punktem odbioru a krawędzią ugięcia [m],

$A$  - składnik odległości równoległy do krawędzi przeszkody pomiędzy źródłem a punktem odbioru [m],

Dla podwójnej dyfrakcji:

$$z = \left[ (d_{ss} + d_{sr} + e)^2 + a^2 \right]^{1/2} - d$$

$$K_{\text{met}} = e^{\left[ -1/2000 \sqrt{d_{ss} \cdot d_{sr} \cdot d / 2z} \right]}$$

$K_{\text{met}} = 1$  dla  $z \leq 0$ .

### Odbicie

Odbicie można potraktować w kategorii źródła pozornego. Odbicia (np. od budynków) mogą zwiększyć poziom hałasu w punkcie odbioru. Aby nastąpiło odbicie muszą być spełnione następujące warunki:

współczynnik odbicia  $\geq 0,2$ ,

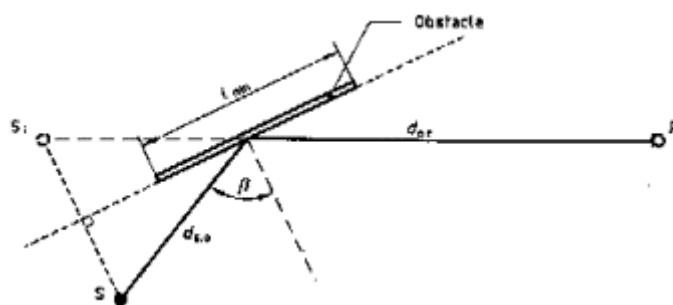
pole powierzchni jest wystarczająco duże dla długości fali  $\lambda$  (rysunek4)

Przykładowe współczynniki odbicia:

ściany - 1,

ściany z oknami - 0,8,

mury z otworami, które stanowią 50 % powierzchni - 0,4



Rysunek 4 - odbicie od przeszkody

**Poziom mocy źródła pozornego:**

$$L_{w,im} = L_w + 10 \cdot \log(\zeta) + D_{ir}$$

Gdzie:

$\zeta$  - współczynnik odbicia (tabela)

$D_{ir}$  - indeks kierunkowości źródła,

**Współczynnik korekcji meteorologicznej**

$$C_{met} = 0 \text{ jeśli } d_p < 10(h_s + h_r)$$

$$C_{met} = C_0 \left[ 1 - 10(h_s + h_r)/d_p \right]$$

$$\text{jeśli } d_p > 10(h_s + h_r)$$

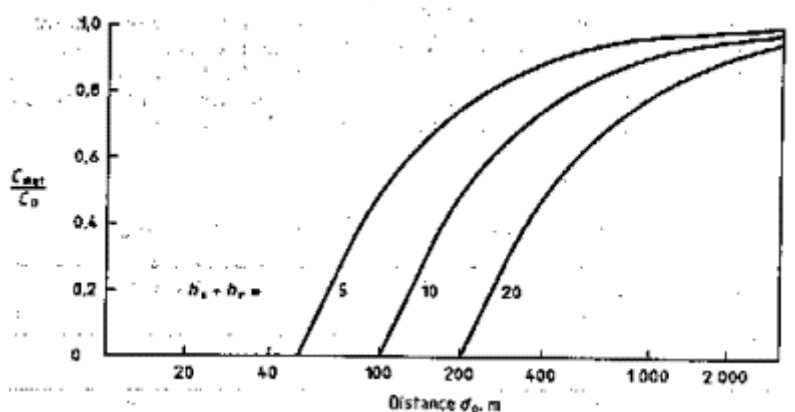
Gdzie:

$H_s$  - wysokość źródła,

$D_p$  - odległość w poziomie między źródłem a punktem odbioru,

$C_0$  - współczynnik zależący od lokalnych warunków meteorologicznych (zależy od prędkości i kierunku wiatru, gradientu temperatury itp.)

Wartości  $C_{met}$  można odczytać z wykresu (rysunek5)


Rysunek 5 - współczynnik  $C_{met}$

### Dodatkowe typy tłumienia ( $A_{misc}$ )

Wielkość  $A_{misc}$  zawiera następujące wartości:

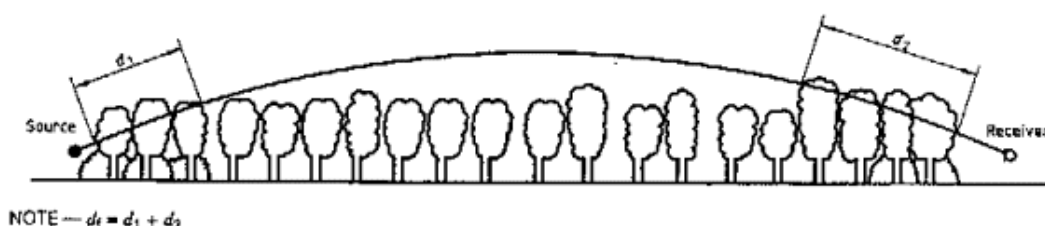
$A_{fol}$  - tłumienie dźwięku na terenach zielonych,

$A_{site}$  - tłumienie dźwięku na terenach przemysłowych,

$A_{hous}$  - tłumienie dźwięku na terenach mieszkalnych,

**Tereny zielone** - pokrycie drzewami i krzewami powoduje małe tłumienie dźwięku. Tłumienie spowodowane jest przede wszystkim przez roślinność znajdującą się blisko źródła dźwięku i blisko punktu odbioru (rysunek6).

$$d_f = d_1 + d_2$$



Rysunek 6 - Tłumienia w wyniku rozprzestrzeniania się dźwięku na terenie zielonym

W tabeli podane są współczynniki tłumienia spowodowane przez roślinność.

**Tabela - Tłumienie w pasmach oktaowych dla terenów zielonych**

| Dystans propagacji<br>$d_f$ [m] | Nominalna częstotliwość środkowa [Hz] |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                 | 63                                    | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| $10 \leq d_f \leq 20$           | Tłumienie [dB]                        |      |      |      |      |      |      |      |
|                                 | 0                                     | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 3    |
| $20 \leq d_f \leq 200$          | Tłumienie [dB/m]                      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                 | 0,02                                  | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,09 | 0,12 |

**Tereny przemysłowe** - wartość  $A_{site}$  - zależy w dużym od rodzaju terenu, w związku z tym powinna być wyznaczana za pomocą pomiarów. Można jednak estymować jej wartość zgodnie z wartościami podanymi w tabeli. Tłumienie to wzrasta wraz ze wzrostem wielkości obszaru przemysłowego, po którym rozprzestrzenia się dźwięk (rysunek).



**Tabela - Współczynnik tłumienia dla pasm oktaowych dla terenów przemysłowych**

|                                            |    |       |       |       |      |      |       |       |
|--------------------------------------------|----|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|
| Nominalna<br>częstotliwość<br>środkowa[Hz] | 63 | 125   | 250   | 500   | 1000 | 2000 | 4000  | 8000  |
| $A_{site}$ , [dB/m]                        | 0  | 0,015 | 0,025 | 0,025 | 0,02 | 0,02 | 0,015 | 0,015 |

**Tereny mieszkalne** - Jeśli punkt emisji i punkt odbioru znajdują się na terenie mieszkaniowym, tłumienie spowodowane jest odbiciami od domów.

Wartość tego współczynnika można estymować dla poziomu dźwięku A następującym równaniem:

$$A_{\text{hous}} = A_{\text{hous},1} + A_{\text{hous},2},$$

$$A_{\text{hous},1} = 0,1B_{db}, [\text{dB}]$$

Gdzie:

$B$  - gęstość budynków wzdłuż drogi propagacji na terenie mieszkalnym,

$D_b$  - długość drogi propagacji fali na terenie mieszkalnym,

$$A_{\text{hous},2} = -10\log[1-(p/100)] [\text{dB}]$$

$P$  - procent długości fasad domów w stosunku do całkowitej długości propagacji fali  $\leq 90\%$ .