

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA**  
WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ I ROBOTYKI  
KIERUNEK: INŻYNIERIA AKUSTYCZNA



METODY I NARZĘDZIA PROGRAMOWE W AKUSTYCE

---

## **Projekt II – Metody Geometryczne**

Wyznaczenie parametrów akustycznych modelu płaskiego  
(prostokątne pomieszczenie) w oparciu o metodę źródeł pozornych

---

**Grupa 2, III rok**  
Filip Przychodni,  
Alexander Stefani

Kraków, 4 czerwca 2020

## I. Wstęp

Celem ćwiczenia była własna implementacja metody źródeł pozornych dla modelu płaskiego w dowolnym języku programowania oraz:

- przeprowadzenie pomiarów dla dowolnie wybranego pomieszczenia z odpowiednio dobranymi współczynnikami pochłaniania dla ścian,
- wyznaczenie najważniejszych parametrów akustycznych:  $EDT, T_{20}, T_{30}, C_{80}, D_{50}$  oraz analiza jakości wyników,
- walidacja wyników ze statystycznymi wzorami Sabine’a, Eyring’a.

## II. Założenia projektowe

Zdecydowaliśmy się na implementację metody źródeł pozornych w Pythonie 3. Jako badane pomieszczenie wybraliśmy prostokąt o wymiarach 5x3 metry. W naszym układzie współrzędnych lewy dolny róg pokoju to punkt (0, 0) i w odległości od tego punktu ustalamy źródło i odbiornik. Wyniki podaliśmy dla odbiornika w punkcie (0.5, 0.5) natomiast nadajnik w punkcie (3,2). SPL zostało założone na 94 dB, a mocowy współczynnik tłumienia dźwięku w powietrzu  $m = 0.1$ . Ze względu na konieczność porównywania wyników ze wzorami na czas pogłosu Sabine’a i Eyring’a założyliśmy wysokość pomieszczenia = 1 m.

## III. Kod programu

Ze względu na to, że kod jest długi i składa się z kilku plików jest on dostępny na platformie Github pod tym adresem: [LINK](#)

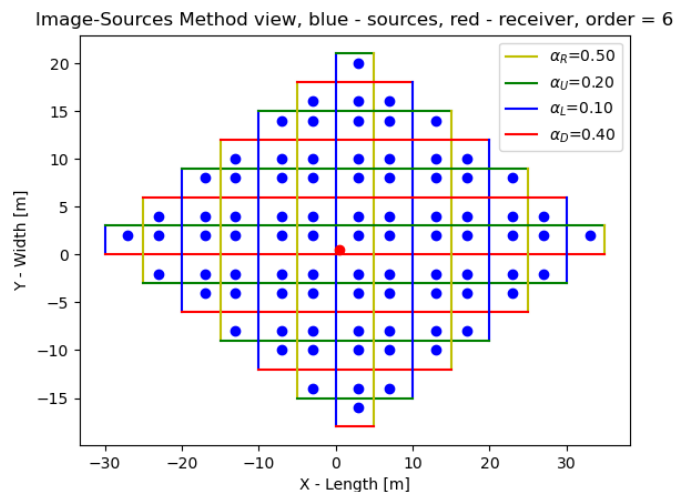
Program do działania wymaga Pythona 3.x (najlepiej 3.7 lub nowszy) oraz biblioteki matplotlib, numpy.

## IV. Wyniki

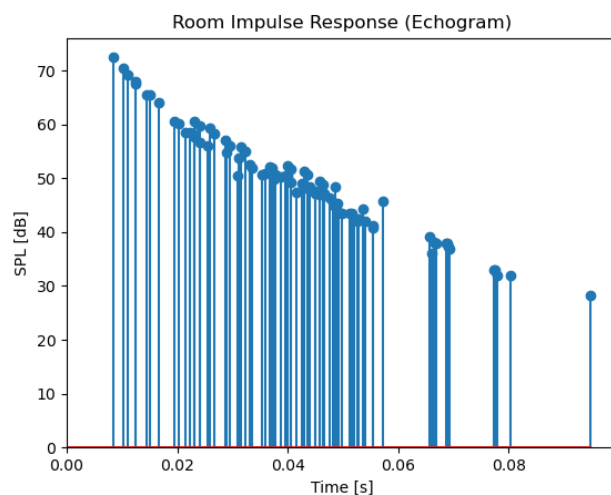
Parametry akustyczne pomieszczenia obliczone są za pomocą naszej implementacji metody źródeł pozornych dla 6. rzędu.

Tabela 1: Parametry akustyczne dla pomieszczenia w zależności od współczynników pochłaniania ścian  $\alpha$  pomieszczenia

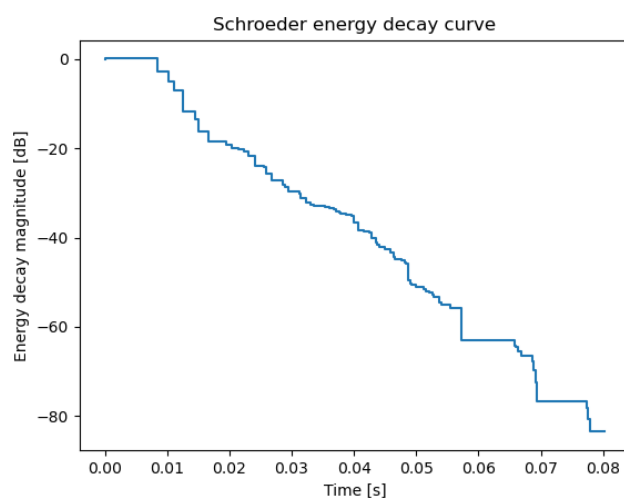
	EDT [s]	$T_{20}$ [s]	$T_{30}$ [s]	$T_{60}$ [s]	$C_{50}$ [dB]	$C_{80}$ [dB]	$D_{50}$ [%]	$D_{80}$ [%]	Sabine $T_{60}$ [s]	Eyring $T_{60}$ [s]
$\alpha_L = 0.1, \alpha_G = 0.2$ $\alpha_P = 0.5, \alpha_D = 0.4$	0.122	0.050	0.059	0.058	51.041	83.480	99.99	100	0.175	0.146
$\alpha_L = \alpha_G = \alpha_P = \alpha_D = 0.5$	0.112	0.041	0.044	0.050	61.718	97.807	100	100	0.105	0.075



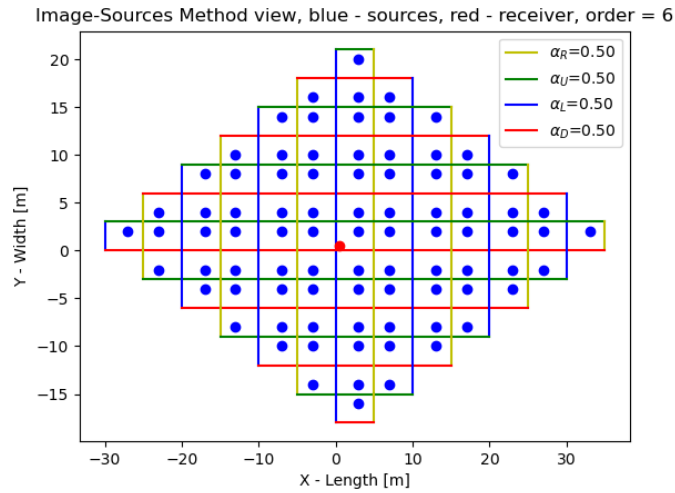
Wykres 1: Podgląd metody źródeł pozornych dla różnych współczynników  $\alpha$



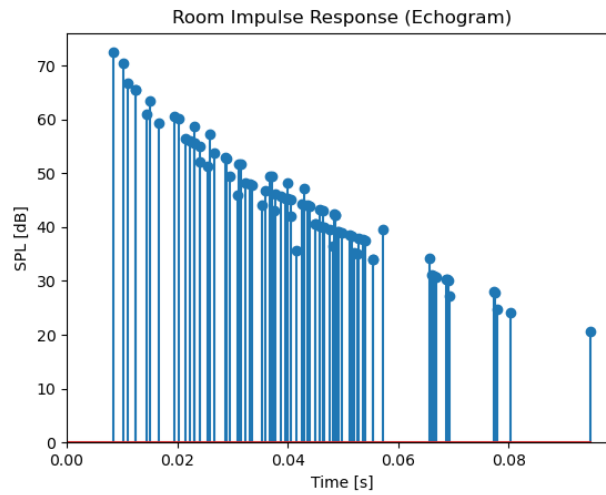
Wykres 2: Wykres odpowiedzi impulsowej pomieszczenia o różnych współczynnikach  $\alpha$  (amplituda ciśnienia od czasu)



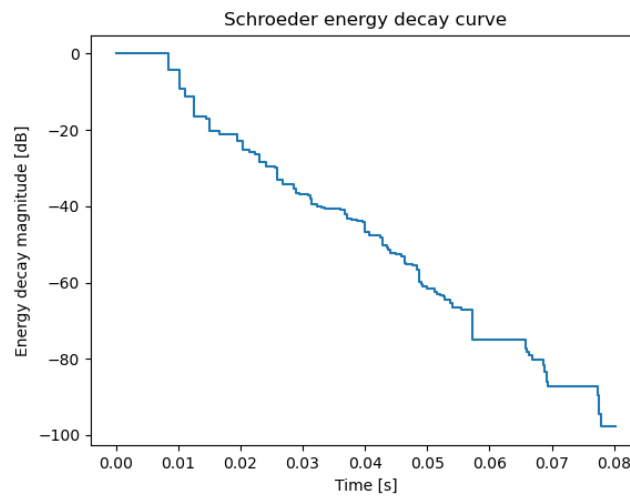
Wykres 3: Logarytmiczny poziom spadku energii zgodny z metodą całkowania Schroedera, dla pomieszczenia o różnych współczynnikach  $\alpha$



Wykres 4: Podgląd metody źródeł pozornych dla wszystkich współczynników  $\alpha = 0.5$



Wykres 5: Wykres odpowiedzi impulsowej pomieszczenia o wszystkich współczynnikach  $\alpha = 0.5$  (amplituda ciśnienia od czasu)



Wykres 6: Logarytmiczny poziom spadku energii zgodny z metodą całkowania Schroedera, dla pomieszczenia o wszystkich współczynnikach  $\alpha = 0.5$

## V. Wnioski

Za pomocą metod geometrycznych możliwe jest wyznaczenie parametrów akustycznych pomieszczenia. Otrzymane przez nas wyniki różnią się od tych ze wzorów Sabine’a oraz Eyring’a, ale biorąc pod uwagę, że przeprowadzamy analizę tylko w przestrzeni 2D a wzory opisują przestrzeń trójwymiarową różnice są zrozumiałe. Rozszerzając metodę do przestrzeni 3D uzyskalibyśmy dodatkową ilość odbitych pomieszczeń oraz źródeł pozornych, co wydłużyłoby odpowiedź impulsową (echogram) oraz dało dłuższe czasy pogłosu, co jest zgodne z obliczeniami statystycznymi ze wzorów Eyring’a i Sabine’a.

Na jakość wyniku i jego dokładność będzie także wpływać rząd Metody Źródeł Pozornych – czym wyższy rząd, tym dłuższy echogram i dokładniejsze parametry akustyczne. Należy wziąć po uwagę, że metoda ta nie uwzględnia rozpraszania na powierzchni, efektów dyfrakcji oraz filtracji częstotliwościowej przy odbiciu.

Udało nam się stworzyć autorskie oprogramowanie pozwalające liczyć Metodą Źródeł Pozornych parametry akustyczne pomieszczenia prostokątnego w przestrzeni 2D.

## VI. Bibliografia

- [1] [Hak, Wenmaekers, van Luxemburg – Measuring Room Impulse Responses: Impact of the Decay Range on Derived Room Acoustic Parameters](#)
- [2] [Lehmann, Johansson – Diffuse reverberation model for efficient image-source simulation of room impulse responses](#)
- [3] [Mehta, Bhadradiya – Measurement of Room Impulse Response Using Image Source Method](#)