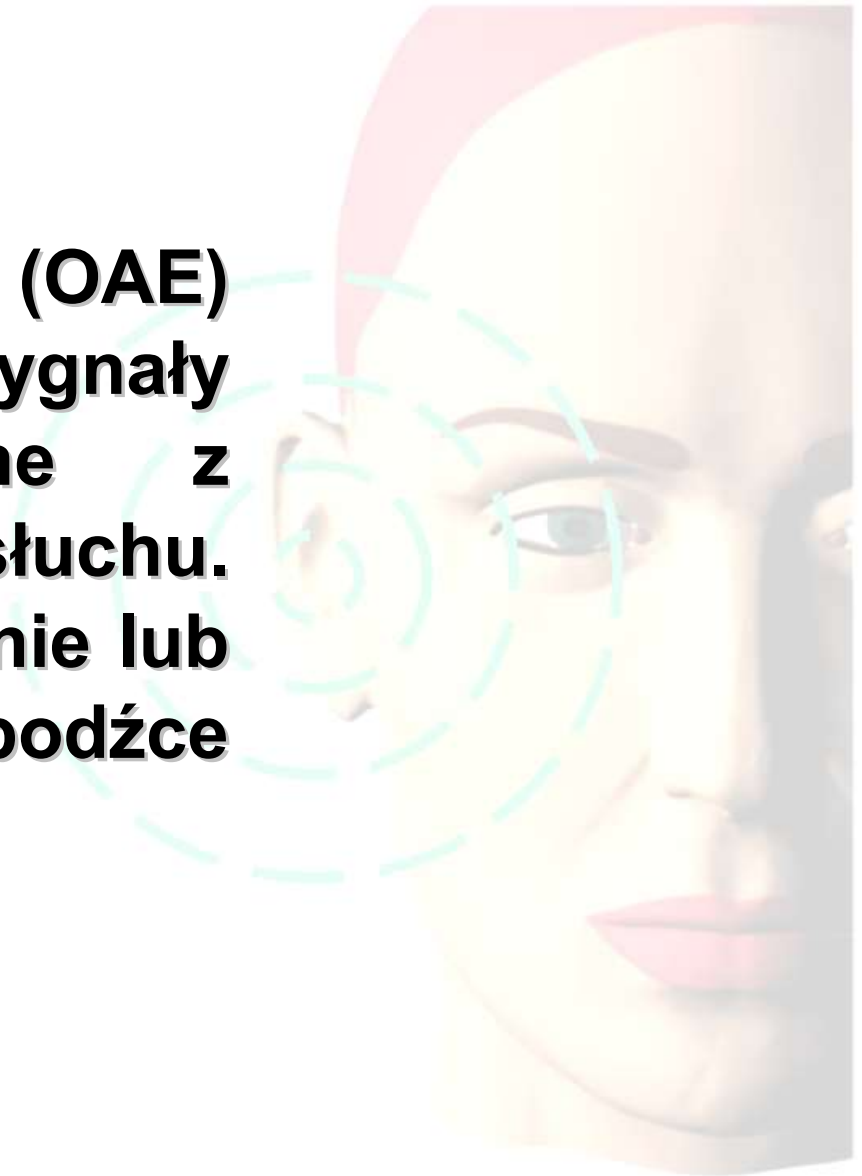


Co może nam powiedzieć ucho, czyli analiza emisji otoakustycznych

Wiesław Jędrzejczak

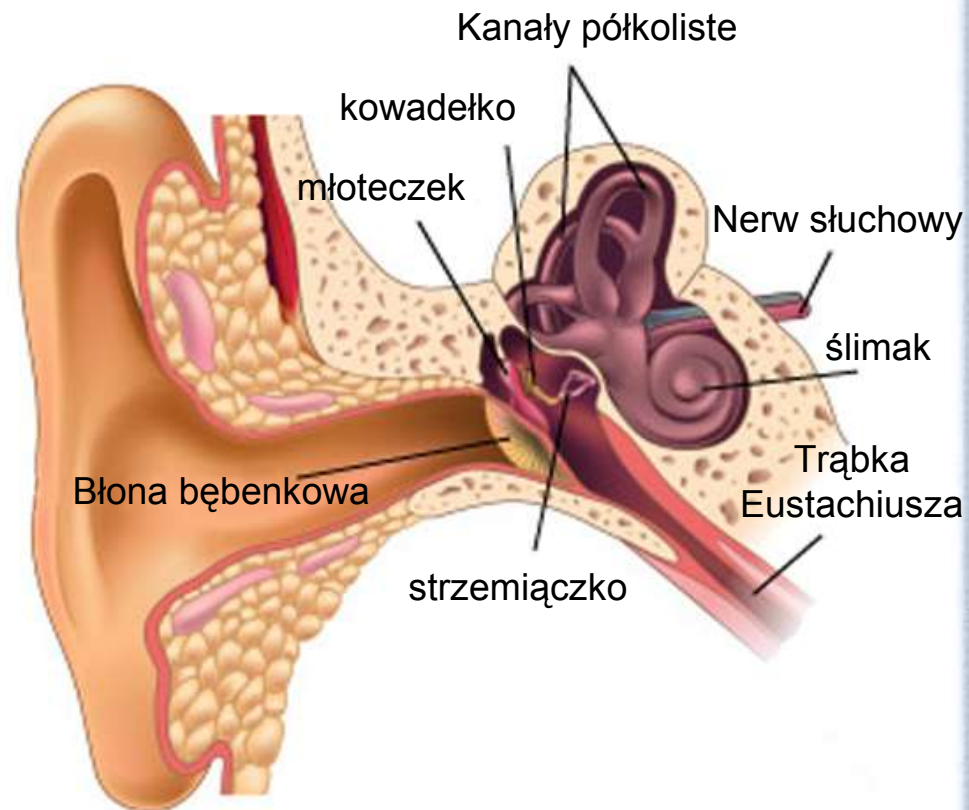
Pracownia Fizyki Medycznej, Instytut Fizyki Doświadczalnej

Emisje otoakustyczne (OAE)
są to słabe sygnały
akustyczne związane z
działaniem organu słuchu.
Występują spontanicznie lub
w skutek reakcji na bodźce
dźwiękowe.

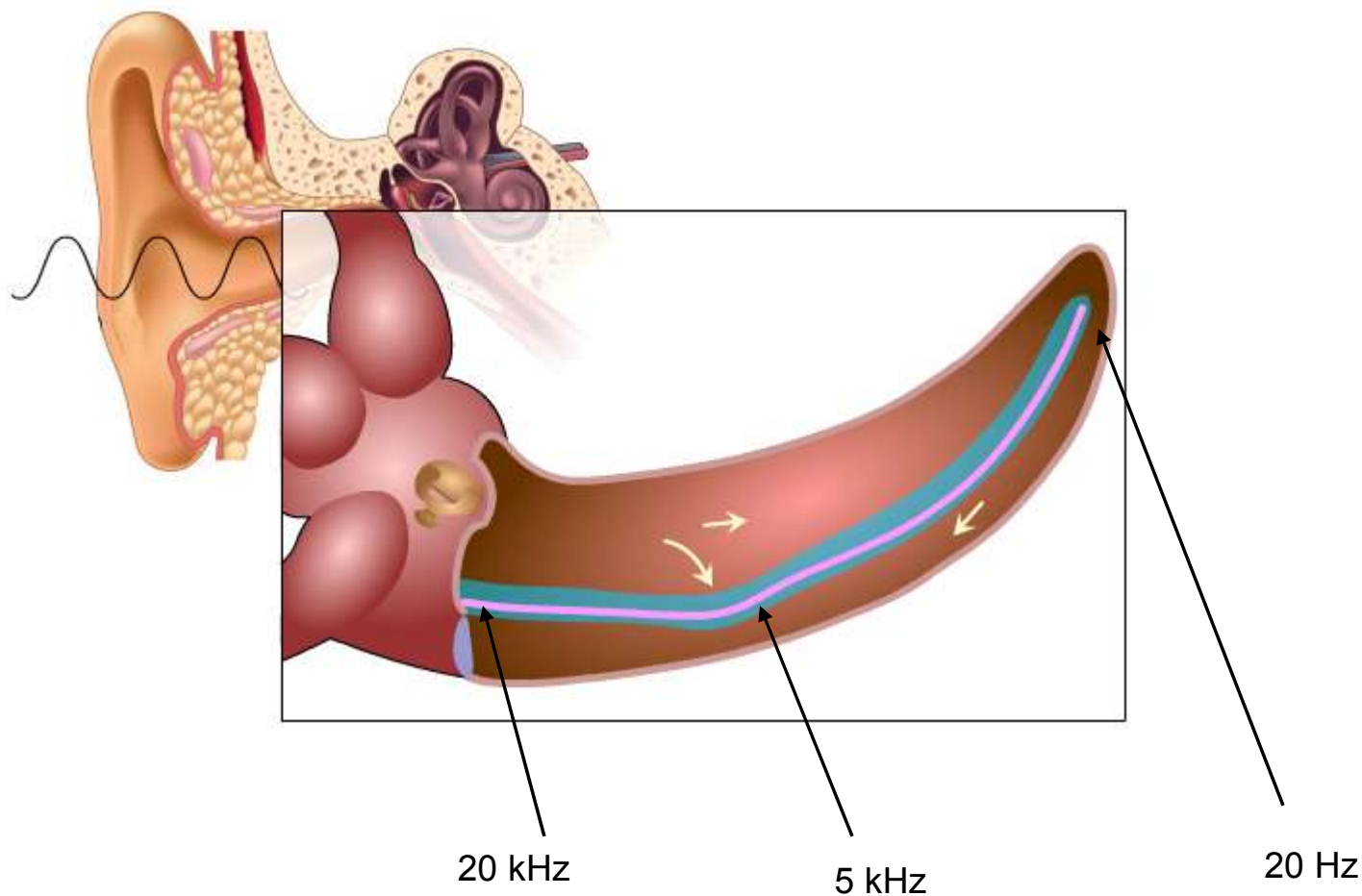


Budowa i działanie narządu słuchu

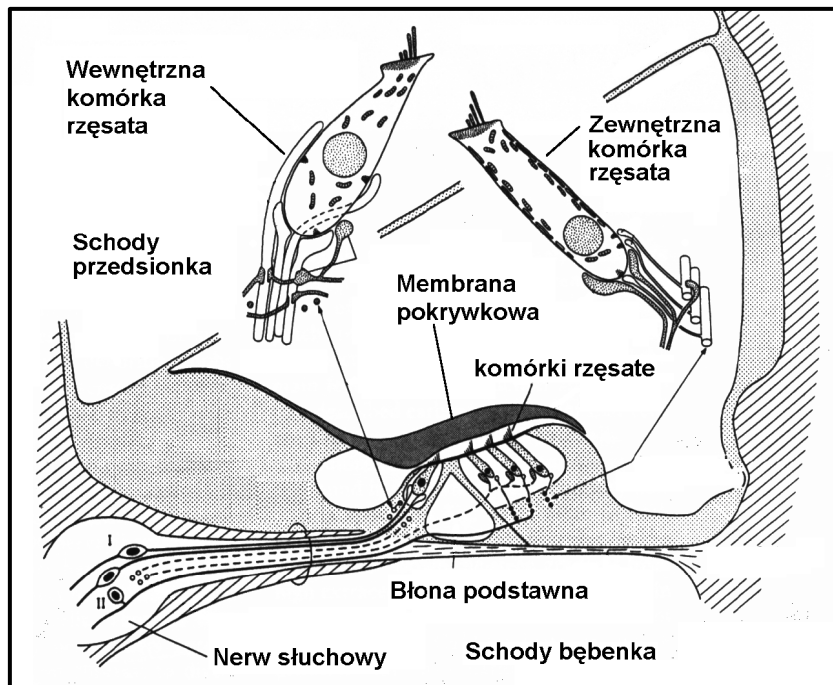
- Fala dźwiękowa przechodzi przez ucho zewnętrzne i oddziałując na błonę bębenkową, powoduje jej drgania.
- Wibracje te są przenoszone przez kosteczki słuchowe na okienko owalne ślimaka.
- W ślimaku następuje zamiana sygnału akustycznego na impulsy elektryczne, które są wysyłane do centralnego układu nerwowego.



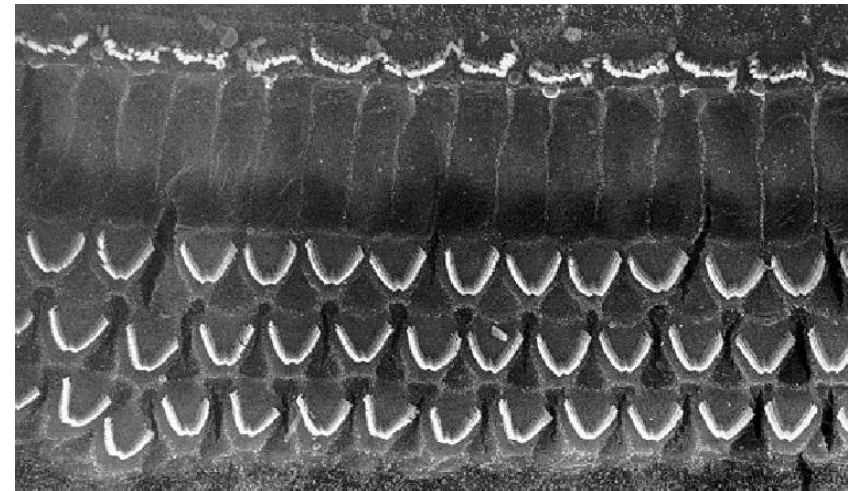
Budowa ucha wewnętrznego



Budowa ucha wewnętrznego



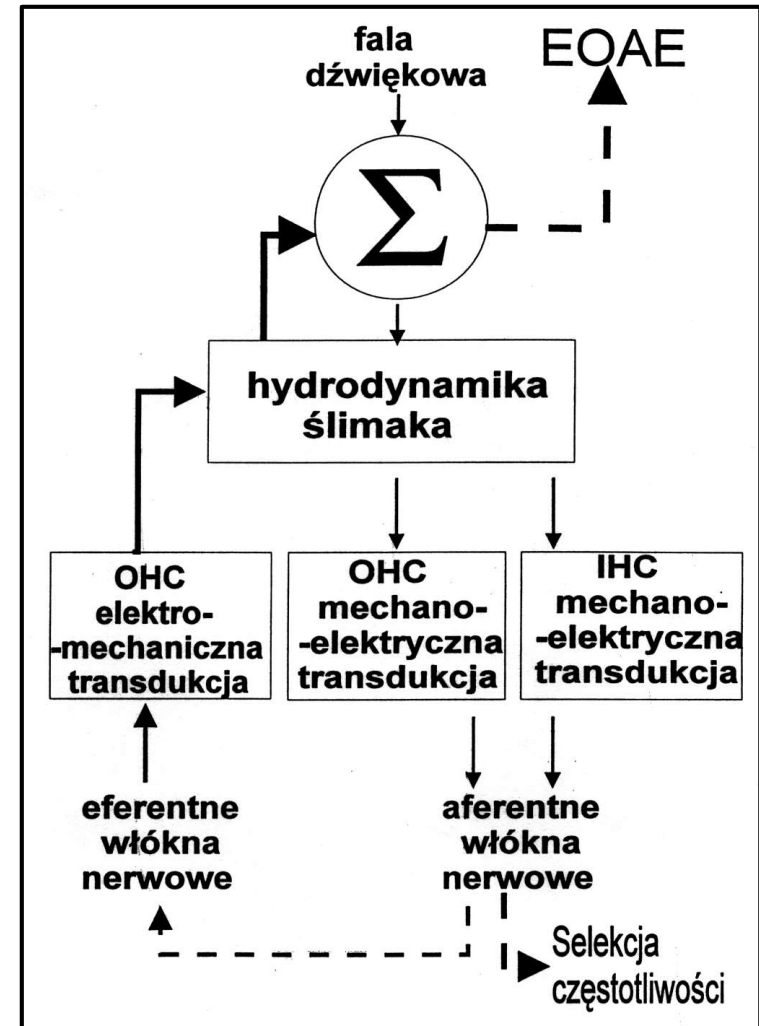
Przekrój przez ślimak



Ułożenie komórek rzęsatych

Emisje otoakustyczne (OAE)

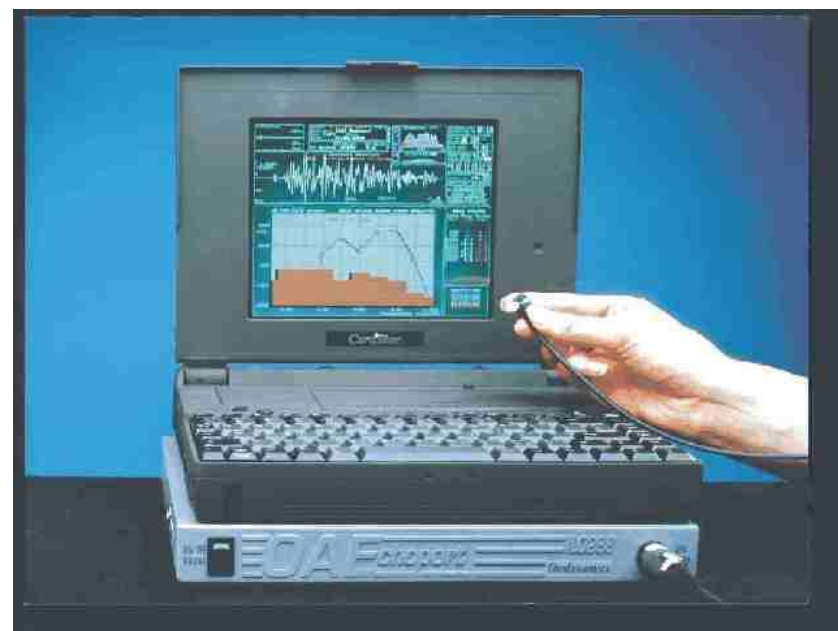
Komórki rzęsaty wysyłają impulsy do centralnego układu nerwowego (CUN) - mechano-elektryczna transdukcja. Z CUN wysyłane są zwrotne impulsy sterujące – elektro-mechaniczna transdukcja. Pobudzane są te OHC, które leżały wewnątrz obszaru najsilniejszego pobudzenia błony podstawnej falą dźwiękową. Wibrujące pod wpływem pobudzenia z centralnego układu nerwowego OHC powodują drgania płynów ślimaka. Są one przenoszone wstecz do błony bębenkowej i powodują powstanie fali akustycznej.



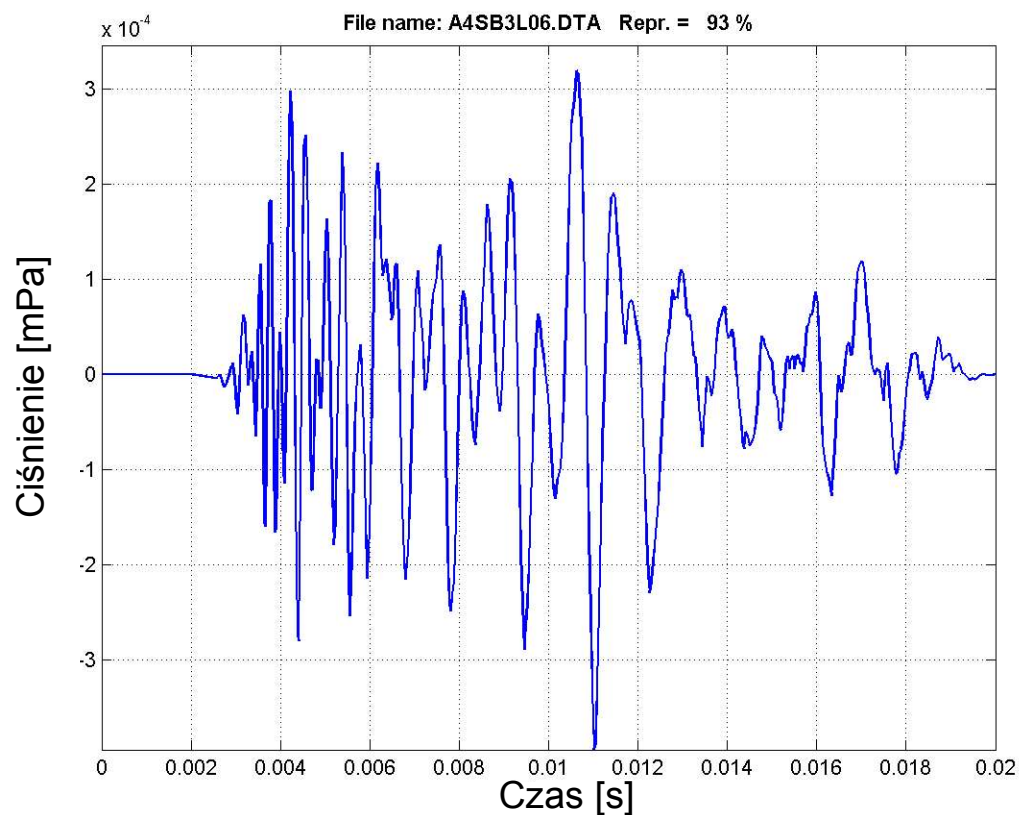
Pomiar OAE

Do wykonania pomiarów OAE używa się bardzo czułych mikrofonów z głośnikiem (do generacji bodźca), połączonych z systemem akwizycji danych. Taką sondę umieszcza się w przewodzie słuchowym.

Odpowiedź OAE obliczana jest jako średnia z odpowiedzi na kilkaset bodźców.

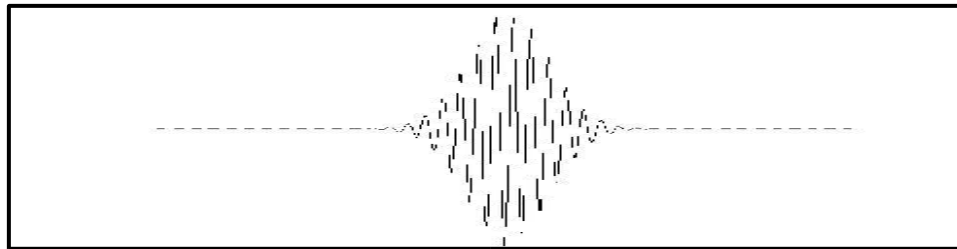


Przebieg w czasie przykładowej emisji otoakustycznej wywołanej bodźcem szerokopasmowym (tzw. klik).

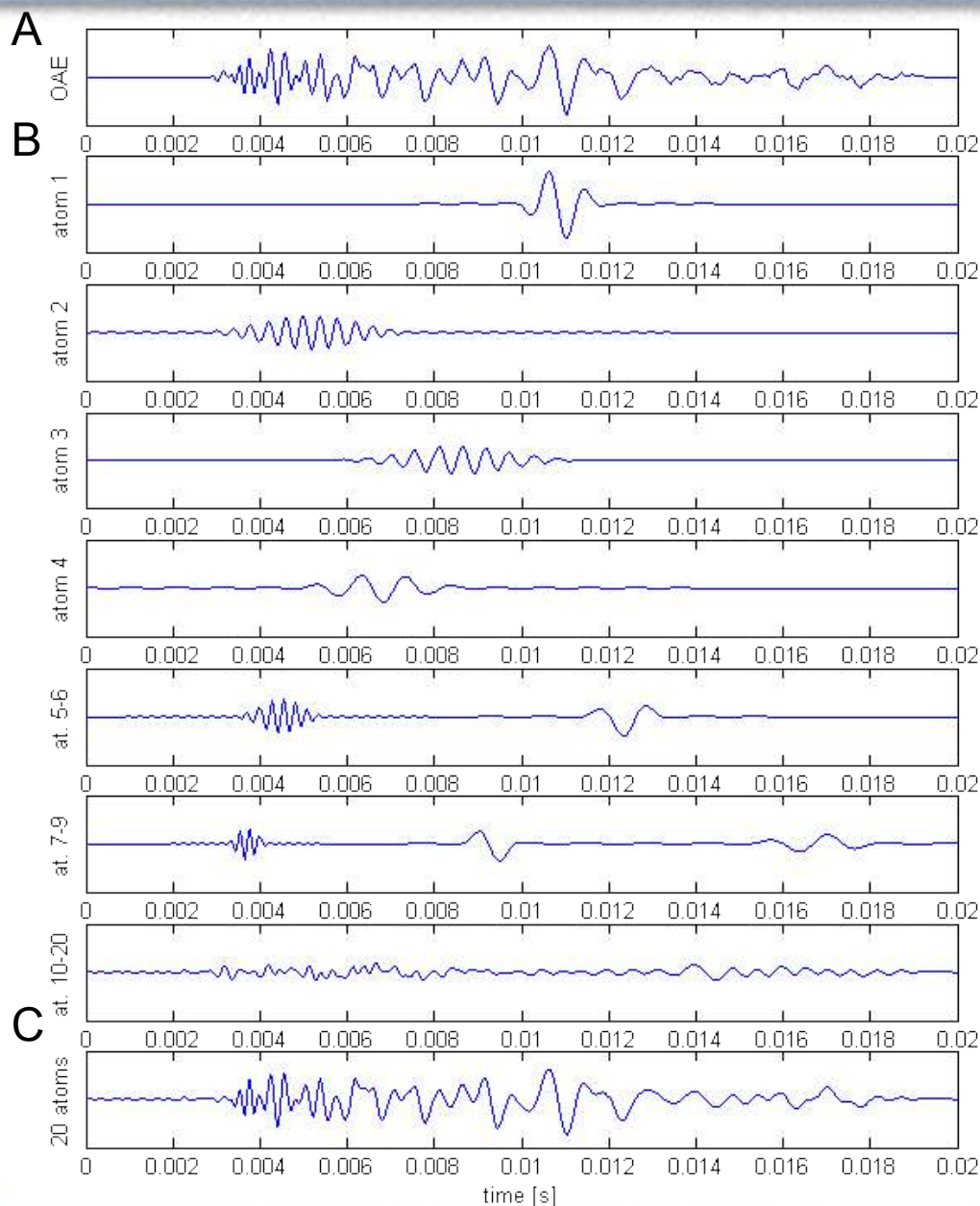


Matching Pursuit (MP)

- Algorytm Matching Pursuit to iteracyjna, nieliniowa procedura rozkładająca sygnał na liniową sumę znanych funkcji (zwanymi atomami) wybranych z bardzo dużego zbioru funkcji (słownika). W tym przypadku słownik został utworzony z funkcji Gabora (sinus modulowany Gaussem).



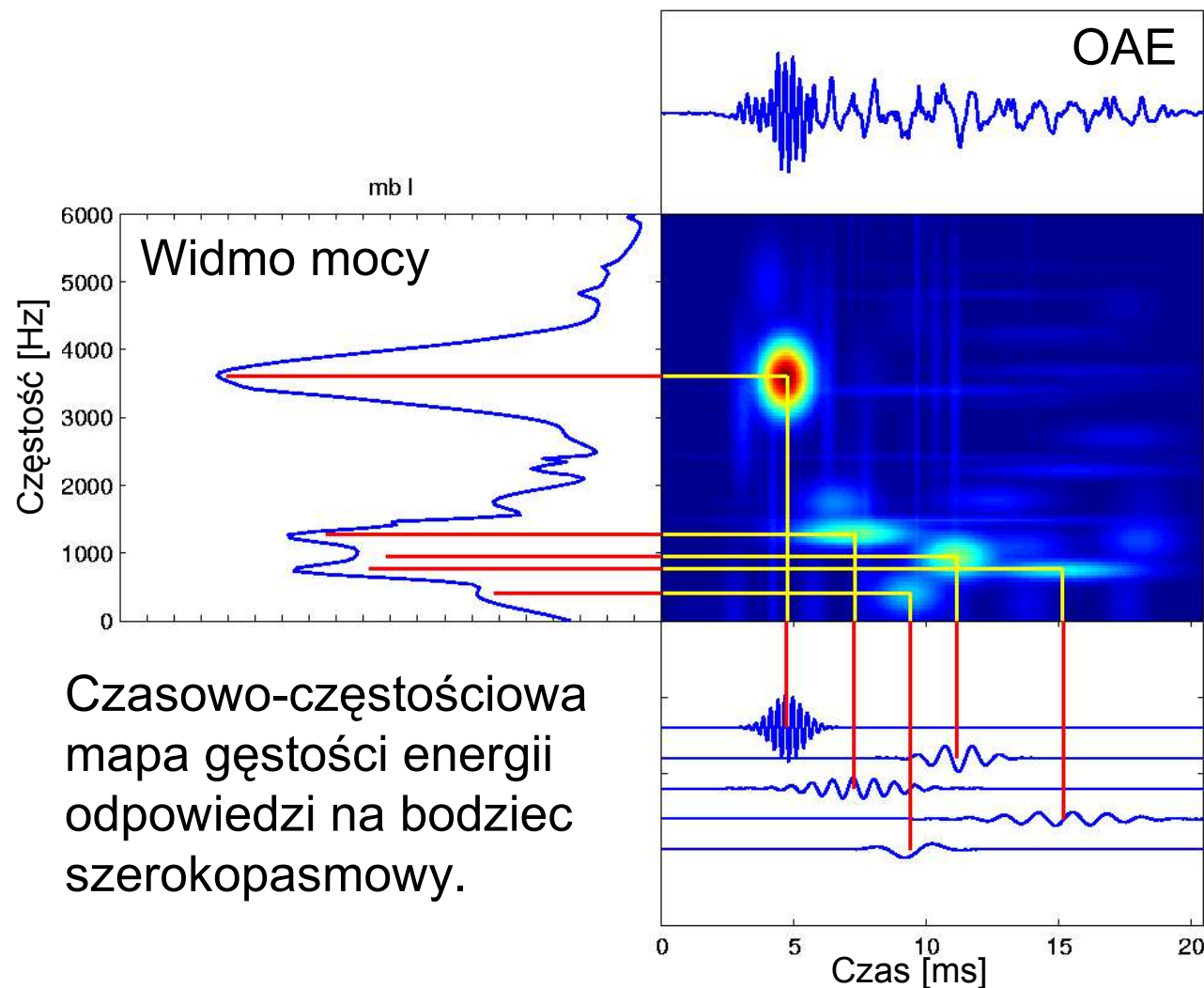
- Funkcje Gabora są charakteryzowane przez następujące parametry: pozycja w czasie i częstotliwości, szerokość, amplituda, faza.

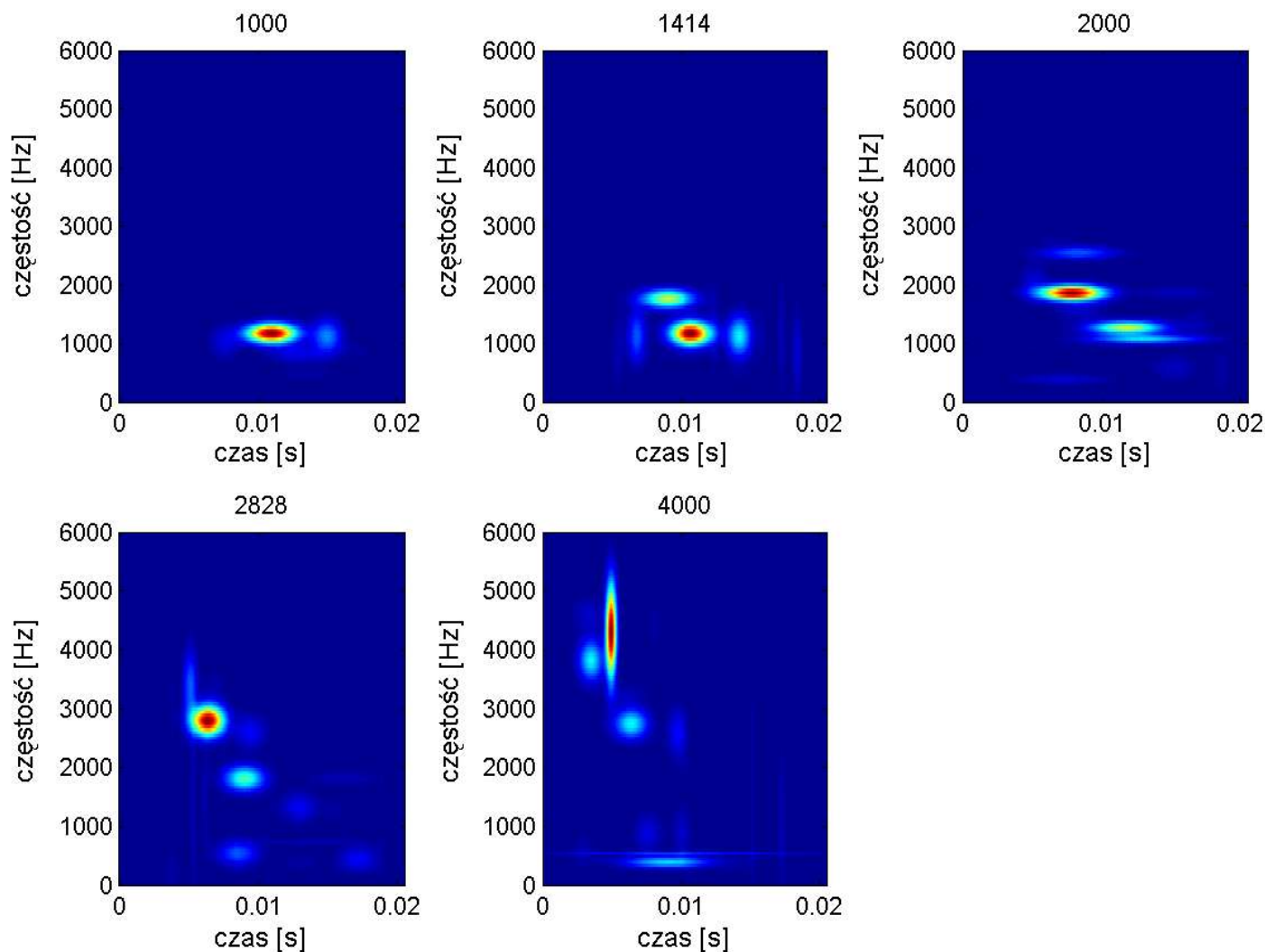


Dekompozycja przykładowego sygnału OAE za pomocą Matching Pursuit

- B. Sygnał OAE.
- C. Dekompozycja sygnału na funkcje Gabora (atomy).
- D. Rekonstrukcja sygnału z atomów.

Reprezentacja czas-częstość

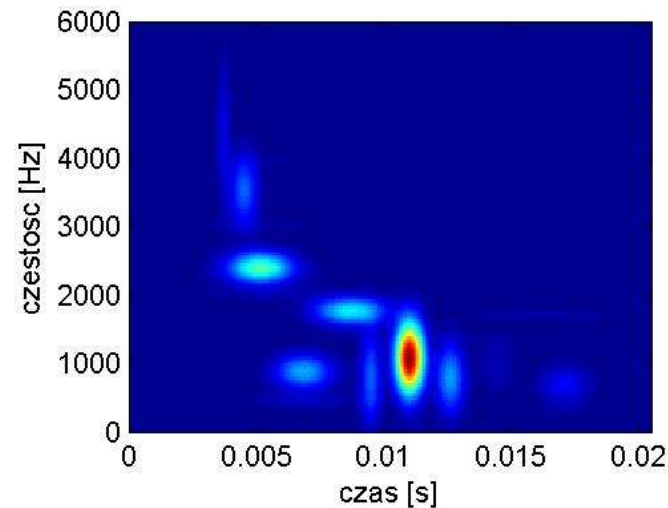




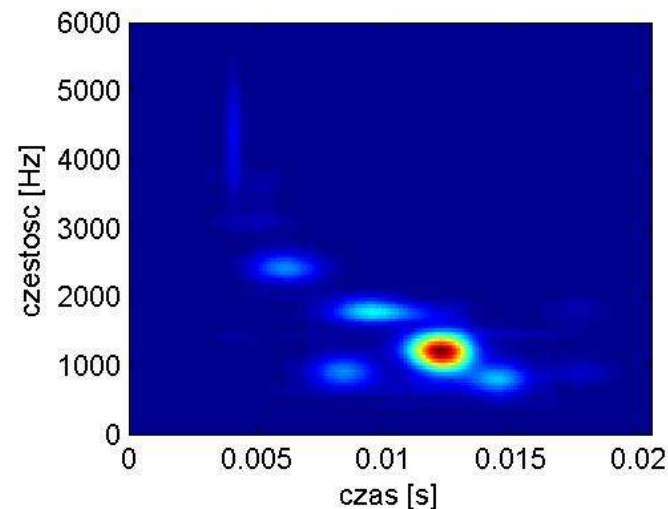
Mapy czas-częstość odpowiedzi na kolejne bodźce tonalne dla jednej osoby. Nad każdym rysunkiem podana jest częstość stymulacji w Hz.

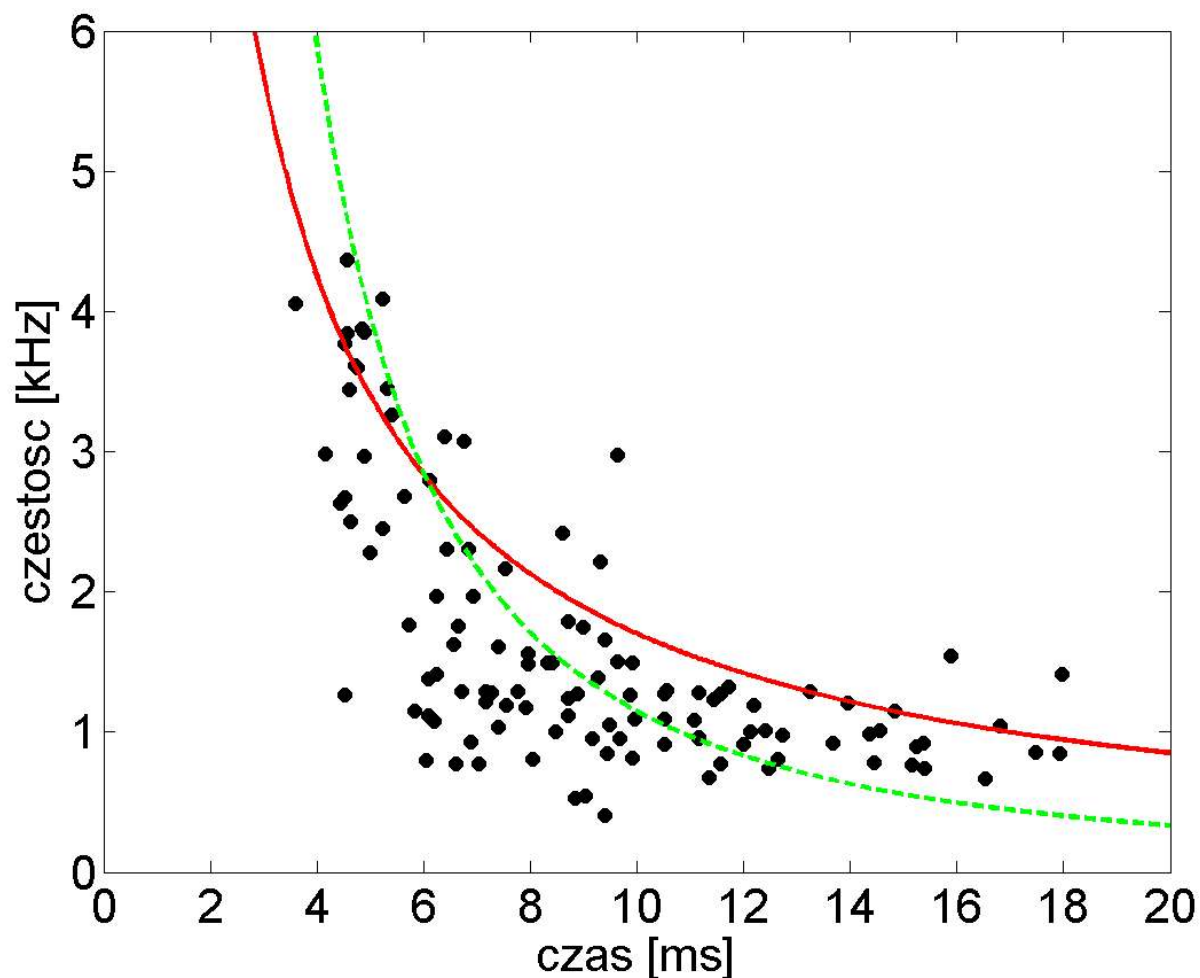
Porównanie sygnałów OAE wywołanych przez bodziec szerokopasmowy z odpowiedziami na bodźce wąskopasmowe.

Czasowo-częstościowa
mapa gęstości energii
odpowiedzi OAE na
bodziec szerokopasmowy

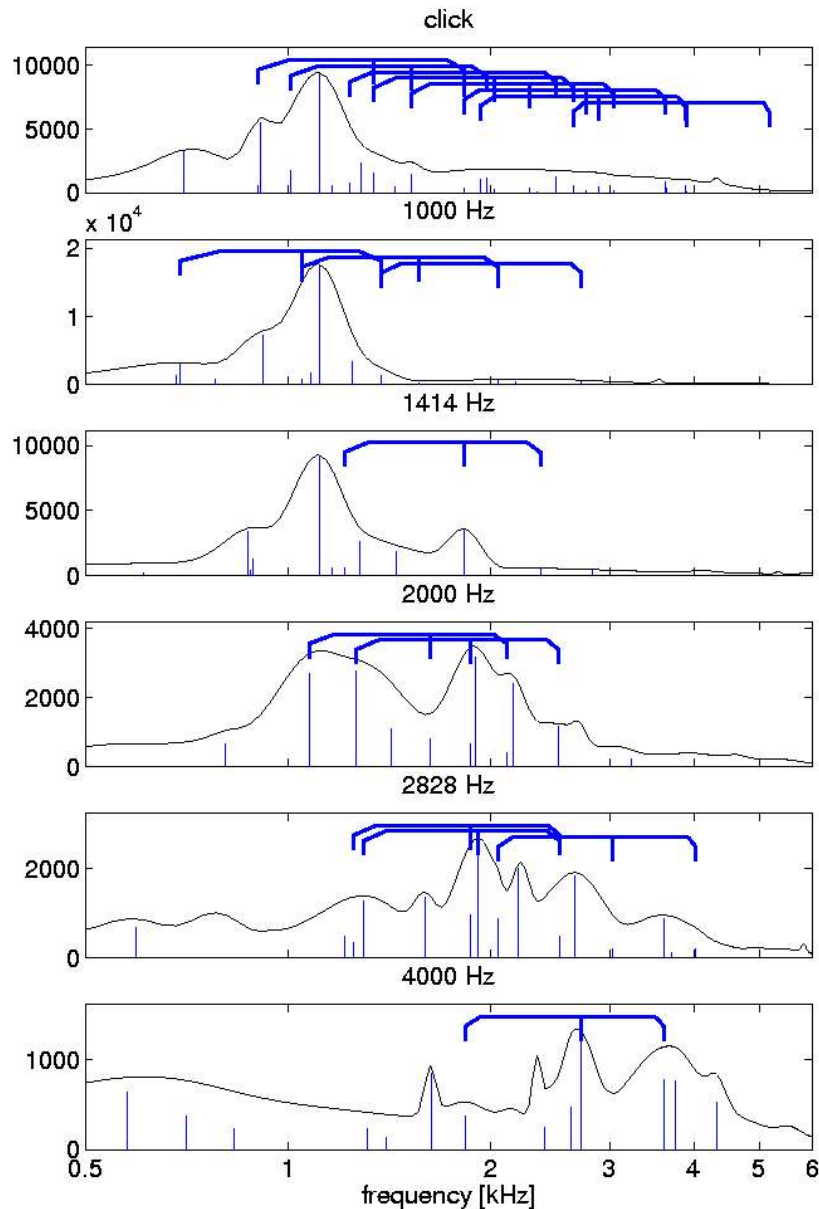


Suma map odpowiedzi OAE
na bodźce wąskopasmowe





Centra atomów dopasowanych przez MP do odpowiedzi OAE dla 20 osób. Do punktów dopasowano krzywą $t=af^b$, $a=10.8$, $b=-0.56$ (kolor czerwony).



Widma mocy sygnałów OAE przy różnej częstotliwości stymulacji. Częstość atomów jest zaznaczona przez pionowe linie. Poziome klamry oznaczają atomy tworzące sekwencje zawierające oktawę i kwintę.

Zastosowanie OAE

- Badanie mechanizmów aktywnych w ślimaku ucha wewnętrznego
- Diagnoza wad słuchu
- Kontrola grup zawodowych narażonych na hałas
- Badania przesiewowe noworodków