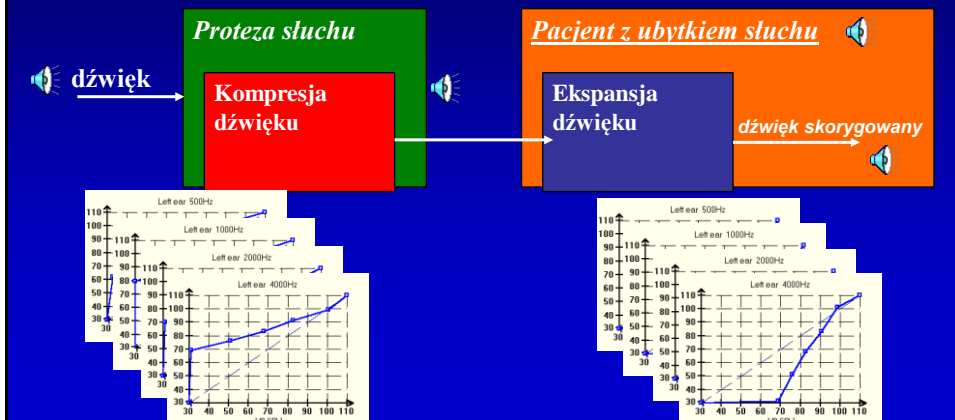


# Metodyka i system dopasowania protez słuchu w oparciu o badanie percepcji sygnału mowy w szumie

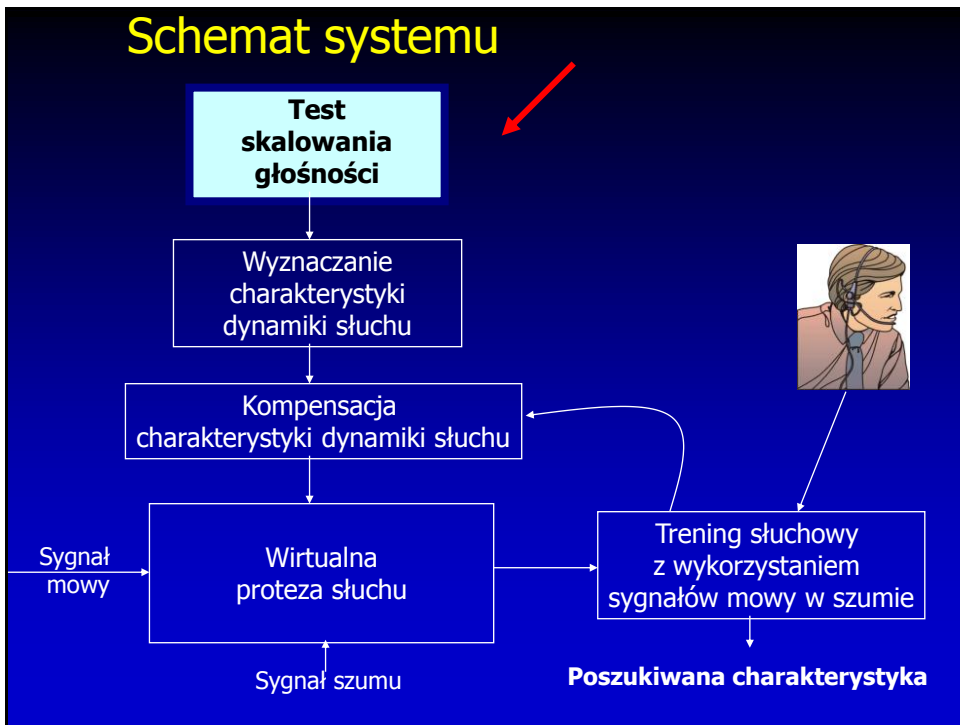
opracowanie  
dr inż. Piotr Suchomski

## Koncepcja metody korekcji ubytku słuchu

- Dopasowanie szerokiej dynamiki odbieranego sygnału dźwiękowego do zawężonej dynamiki uszkodzonego słuchu;



# Schemat systemu



# Implementacja testu skalowania głośności

## Implementacja testu skalowania głośności

- Sygnały testowe – szумы wąskopasmowe w pasmach półoktawowych 0.5, 1, 2, 4 kHz, 17 poziomów głośności (krok 5 dB), każdy poziom kalibrowany był za pomocą sztucznego ucha.
- Zakres badania od 30 – 110 dB SPL.
- Kalibracja poziomu dźwięku dla tonu 1 kHz o poziomie -25 dB (poziom w słuchawkach ER-3 95 dB SPL).



## Czas trwania testu skalowania głośności

- Czas standardowego testu LGOB:

$$T = f \cdot p \cdot t \cdot \left( \frac{L_{MAX} - L_{MIN}}{s} + 1 \right)$$

$$T = 4 \cdot 3 \cdot 3 \cdot \left( \frac{110 - 30}{5} + 1 \right) = 612 \text{ s} \approx 10 \text{ min.}$$

- Gdzie:  $f$  – liczba pasm,  
 $p$  – liczba prób,  
 $t$  – czas sygnału,  
 $L_{MAX}$  – maksymalny poziom [dB],  
 $L_{MIN}$  – minimalny poziom [dB],  
 $s$  – krok zmiany amplitudy;

## Możliwości skrócenia testu skalowania głośności

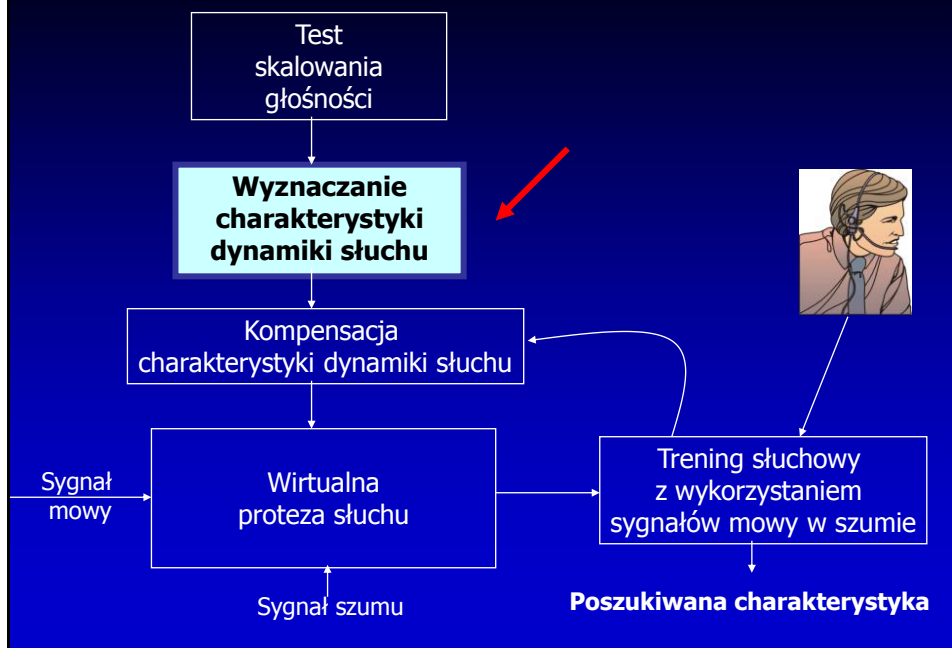
- Ograniczenie liczby sygnałów testowych:
  - zwiększenie wartości kroku zmiany poziomu sygnałów testowych,
  - ograniczenie liczby prób,
  - wybór „charakterystycznych” poziomów sygnałów testowych.
- Propozycja skrócenia czasu testu:

$$T' = f \cdot p \cdot t \cdot K$$

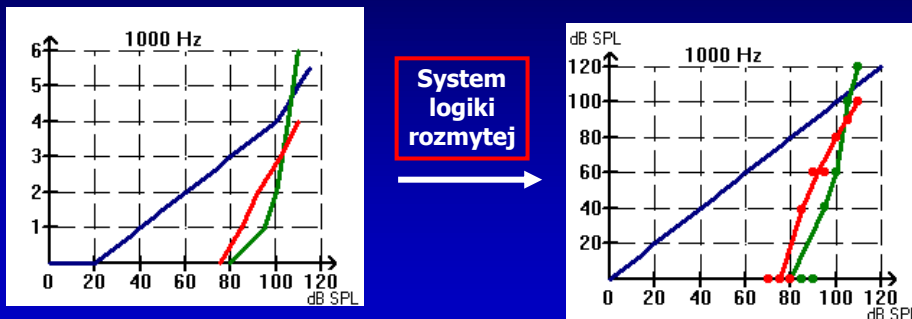
$$T' = 4 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 7 = 252 \text{ s} \approx 4 \text{ min.}$$

- Gdzie:  $f$  – liczba pasm,  
 $p$  – liczba prób,  
 $t$  – czas sygnału,  
 $K$  – liczba kategorii oceny wrażenia głośności

## Schemat systemu



## Wyznaczanie charakterystyki dynamiki słuchu

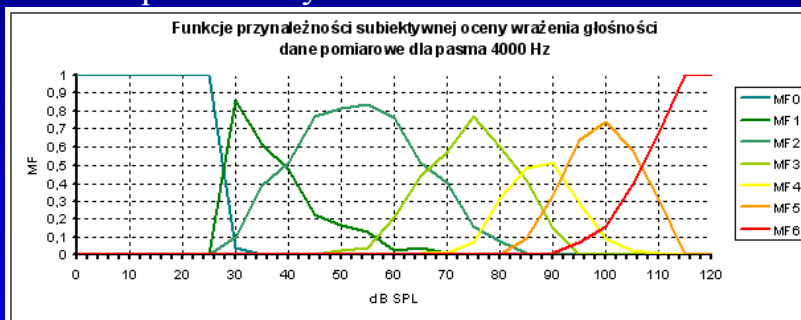


## Zastosowanie logiki rozmytej do wyznaczania charakterystyki dynamiki słuchu

- Aby system działający w oparciu o logikę rozmytą mógł wyznaczyć charakterystykę dynamiki słuchu na podstawie wyników testu skalowania głośności potrzebne są następujące informacje:
  - dane dotyczące wyników skalowania głośności dla osób o słuchu prawidłowym,
  - wyniki skalowania głośności dla danej osoby niedosłyszącej (częstotliwość, poziom, kategoria głośności),
  - wiedza dotycząca interpretacji różnic między aktualnie analizowanymi wynikami a wynikami dla słuchu prawidłowego (baza reguł),
  - sposób obliczenia różnicy, wyrażonej w decybelach, dla aktualnie analizowanego wyniku testu skalowania głośności.

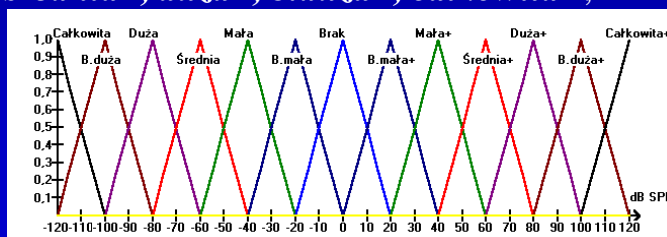
## Zastosowanie logiki rozmytej do wyznaczania charakterystyki dynamiki słuchu

- Każdej kategorii głośności odpowiada jeden zbiór rozmyty, opisany funkcją przynależności.
- Kształt funkcji przynależności wyznaczono w oparciu o wyniki badań statystycznych na grupie 51 osób o słuchu prawidłowym.



## Zastosowanie logiki rozmytej do wyznaczania charakterystyki dynamiki słuchu

- Mając na uwadze, że w skali 7 kategorii oceny wrażenia głośności można określić 6 kategorii różnicy dodatniej, 6 kategorii różnicy ujemnej oraz brak różnicy określono 13 wyjściowych funkcji przynależności o etykietach: *brak*, *b.mała*, *mała*, *średnia*, *duża*, *b.duża*, *całkowita*, *b.mała+*, *mała+*, *średnia+*, *duża+*, *b.duża+*, *całkowita+*;



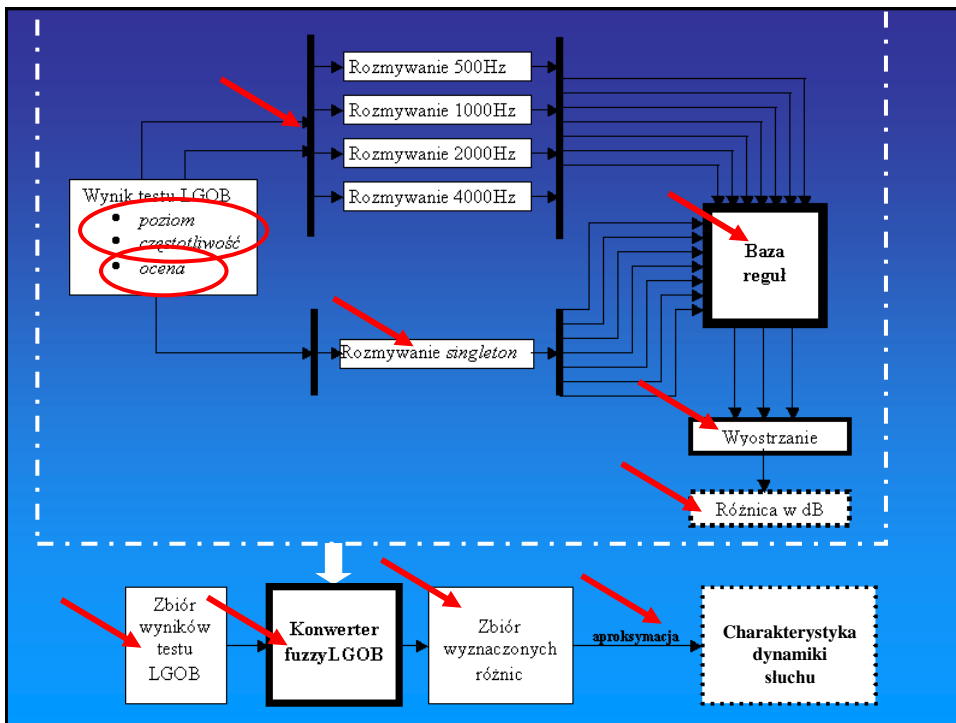
# Zastosowanie logiki rozmytej do wyznaczania charakterystyki dynamiki słuchu

## Baza reguł

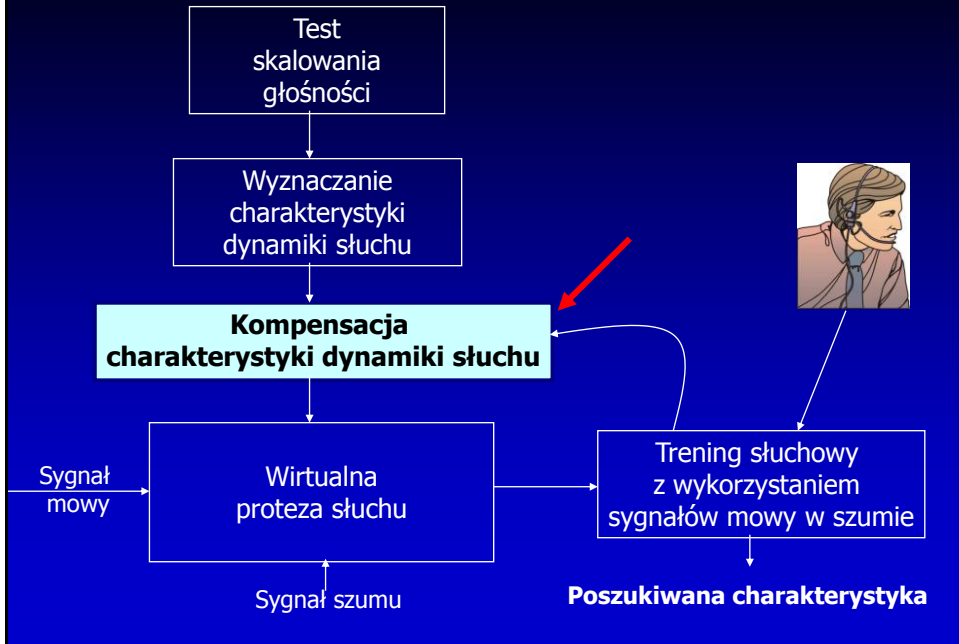
Osoba badana

|                | NIC<br>NIE SŁYSZĘ | B.CICHO | CICHO   | DOBRZE   | GŁOŚNO   | B.GŁOŚNO | ZA GŁOŚNO  |
|----------------|-------------------|---------|---------|----------|----------|----------|------------|
| nic nie słyszę | Brak              | B.mała+ | Mała+   | Średnia+ | Duża+    | B.duża+  | Całkowita+ |
| b.cicho        | B.mała            | Brak    | B.mała+ | Mała+    | Średnia+ | Duża+    | B.duża+    |
| cicho          | Mała              | B.mała  | Brak    | B.mała+  | Mała+    | Średnia+ | Duża+      |
| dobrze         | Średnia           | Mała    | B.mała  | Brak     | B.mała+  | Mała+    | Średnia+   |
| głośno         | Duża              | Średnia | Mała    | B.mała   | Brak     | B.mała+  | Mała+      |
| b.głośno       | B.duża            | Duża    | Średnia | Mała     | B.mała   | Brak     | B.mała+    |
| za głośno      | Całkowita         | B.duża  | Duża    | Średnia  | Mała     | B.mała   | Brak       |

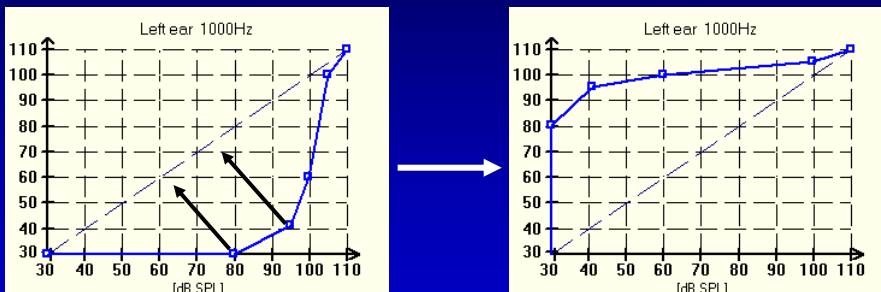
Osoby o słuchu prawidłowym



## Schemat systemu

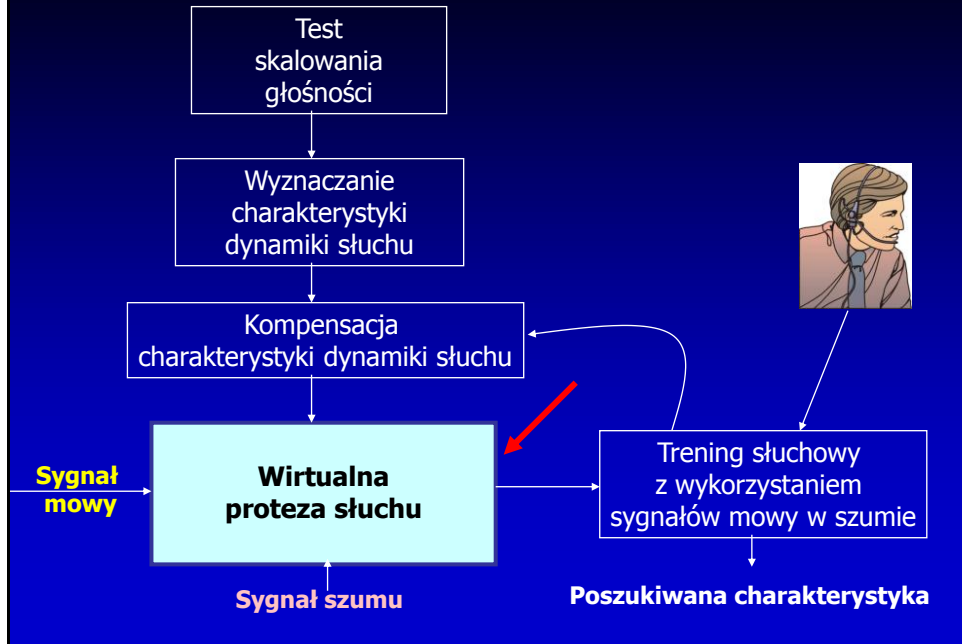


## Kompensacja charakterystyki dynamiki słuchu

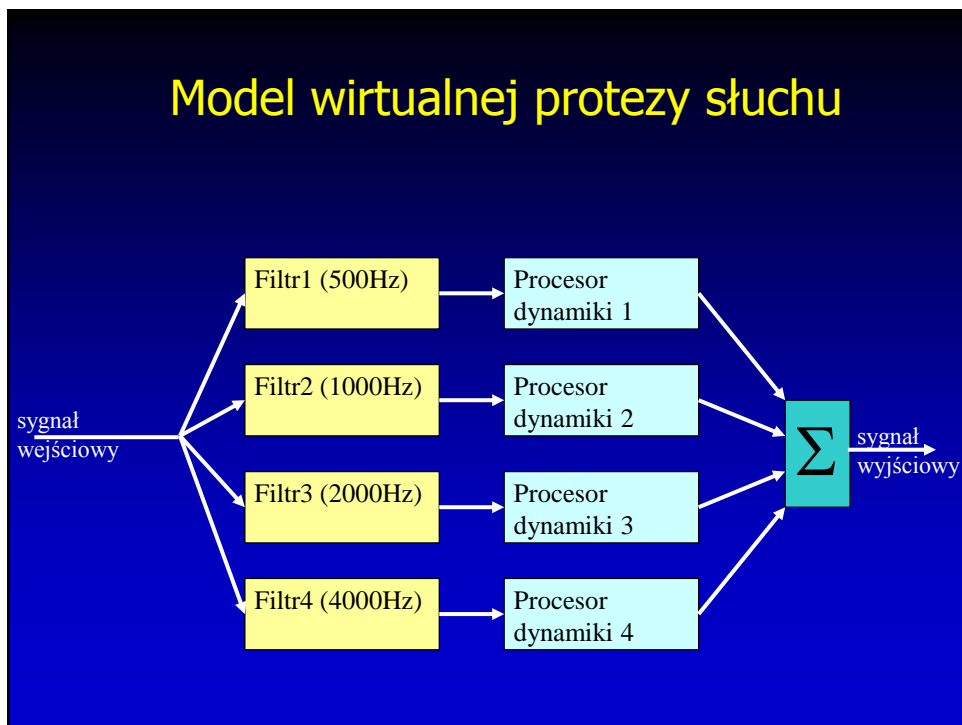




## Schemat systemu



## Model wirtualnej protezy słuchu



# Procesory dynamiki – realizacja nieliniowego wzmacnienia

**Charakterystyka przejściowa**

|              |   |              |          |
|--------------|---|--------------|----------|
| WE: = 30,00  | → | WY: = 30,00  | [dB SPL] |
| WE: = 54,74  | → | WY: = 30,47  | [dB SPL] |
| WE: = 72,00  | → | WY: = 60,00  | [dB SPL] |
| WE: = 82,00  | → | WY: = 60,00  | [dB SPL] |
| WE: = 90,00  | → | WY: = 110,00 | [dB SPL] |
| WE: = 95,00  | → | WY: = 110,00 | [dB SPL] |
| WE: = 110,00 | → | WY: = 110,00 | [dB SPL] |

**Parametry dynamiczne**

RMS: 1102

Próbki  
 ms.

**Zastosuj do wszystkich**

**Wczytaj wyniki testu LGOB**

standardowa  
 fuzzy logic

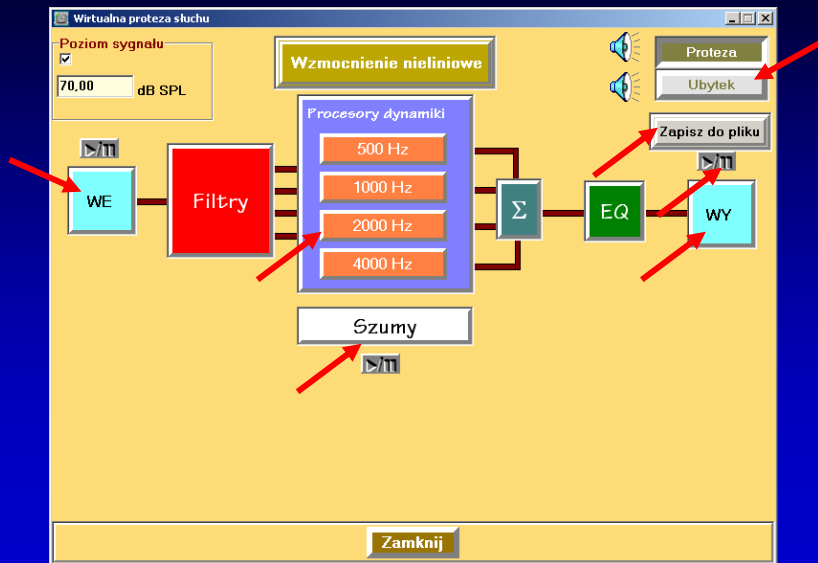
**Kompensacja ubytku słuchu**

**Kompensuj**

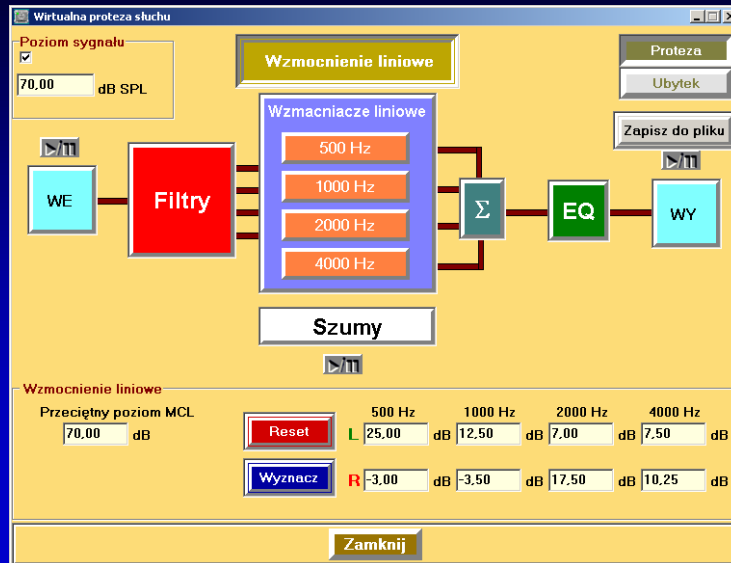
**Zeruj wszystkie...** **Zeruj**

**Odczytaj ustawienia z pliku** **Zamknij** **Zapisz ustawienia do pliku**

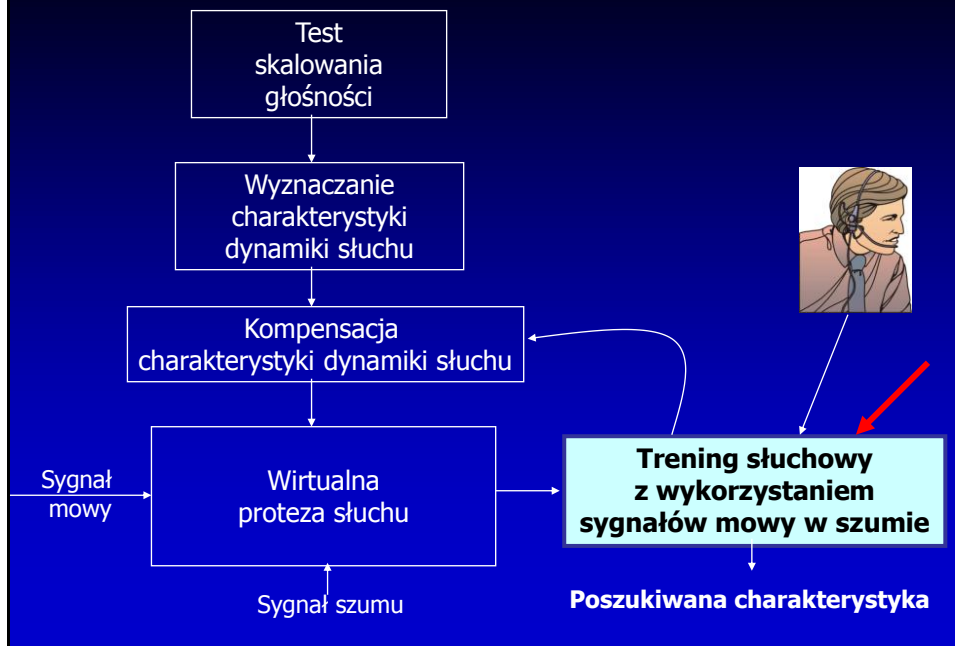
# Implementacja wirtualnej protezy słuchu



# Implementacja wirtualnej protezy słuchu



## Schemat systemu



Dziękuję za uwagę