



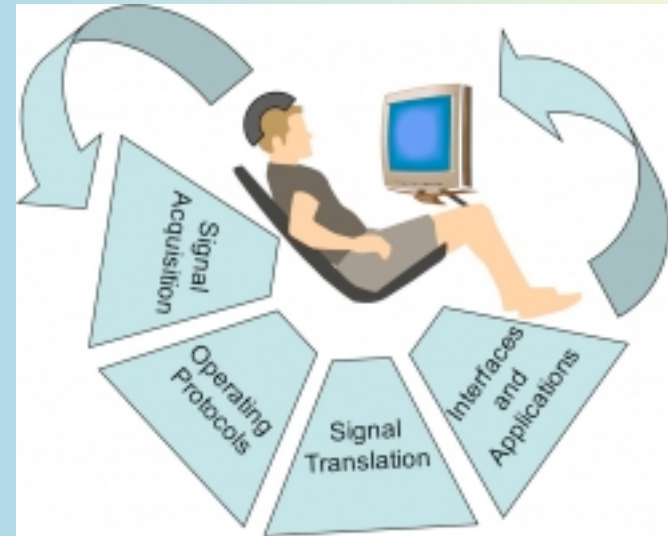
# Jak odczytać intencje – interfejsy mózg komputer

Jarosław Żygierewicz

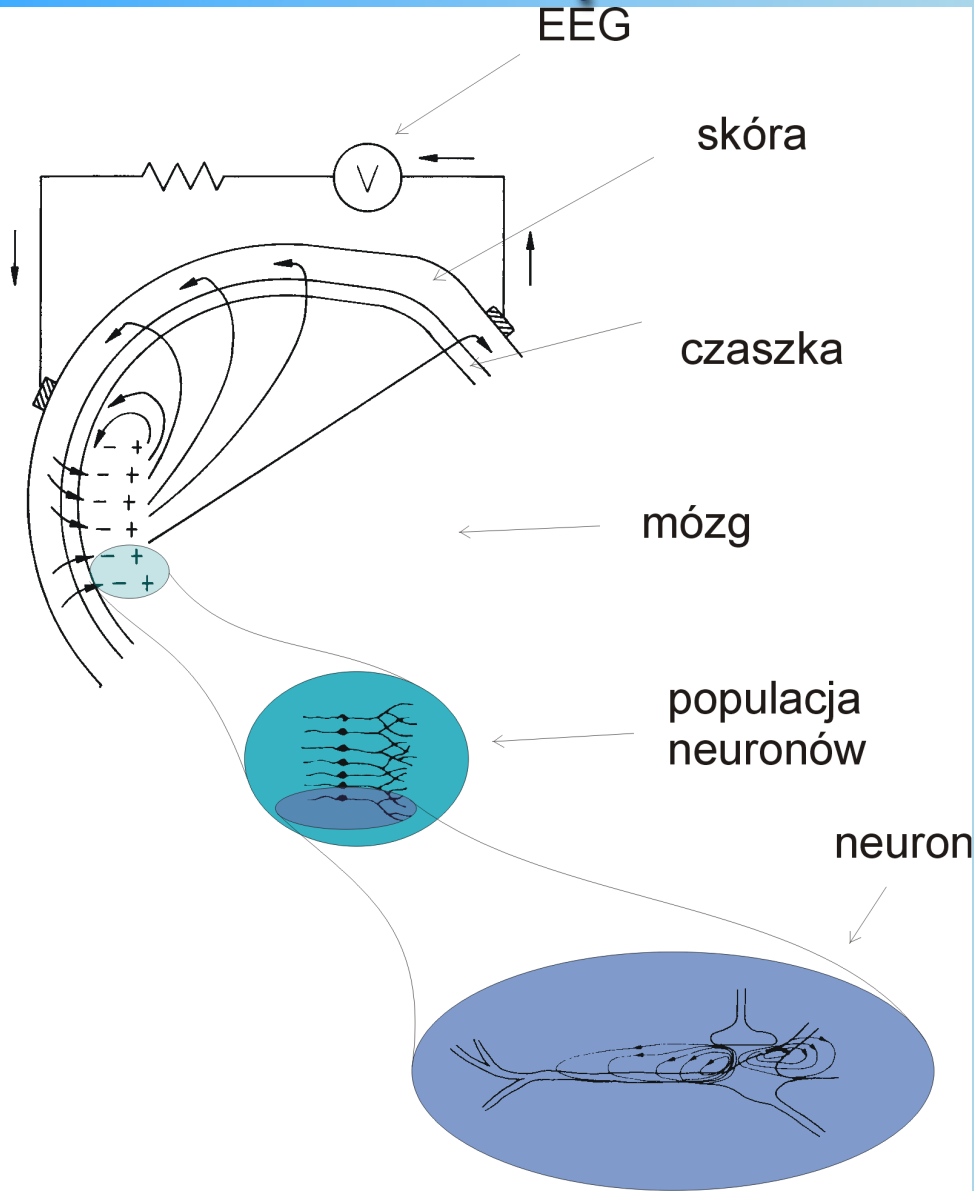
Zakład Fizyki Biomedycznej  
IFD, UW

## Interfejs mózg komputer

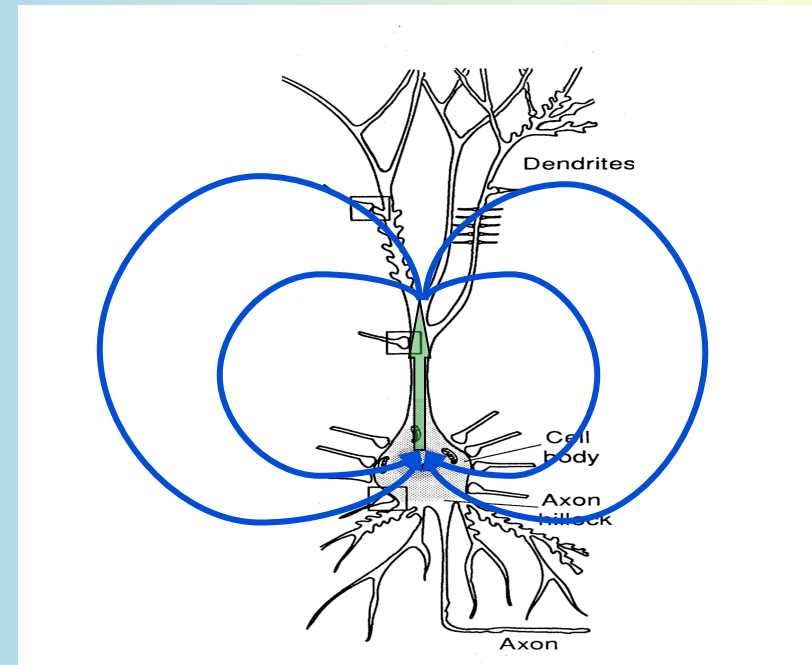
- BCI – brain-computer interface -interfejs pomiędzy człowiekiem a maszyną nie wymagający użycia mięśni
- Umożliwiają komunikację z chorymi w końcowych stadiach chorób, takich jak stwardnienie zanikowe boczne, prowadzących do zespołu zamknięcia.
- Rozważa się także stosowanie tego typu interfejsów do rehabilitacji.



# Jeśli nie mięśnie to może sygnał EEG



- Pole elektryczne wytwarzane przez synchronicznie pobudzone komórki piramidalne sumuje się.
- Różnica potencjałów tego pola na powierzchni głowy to sygnał EEG.

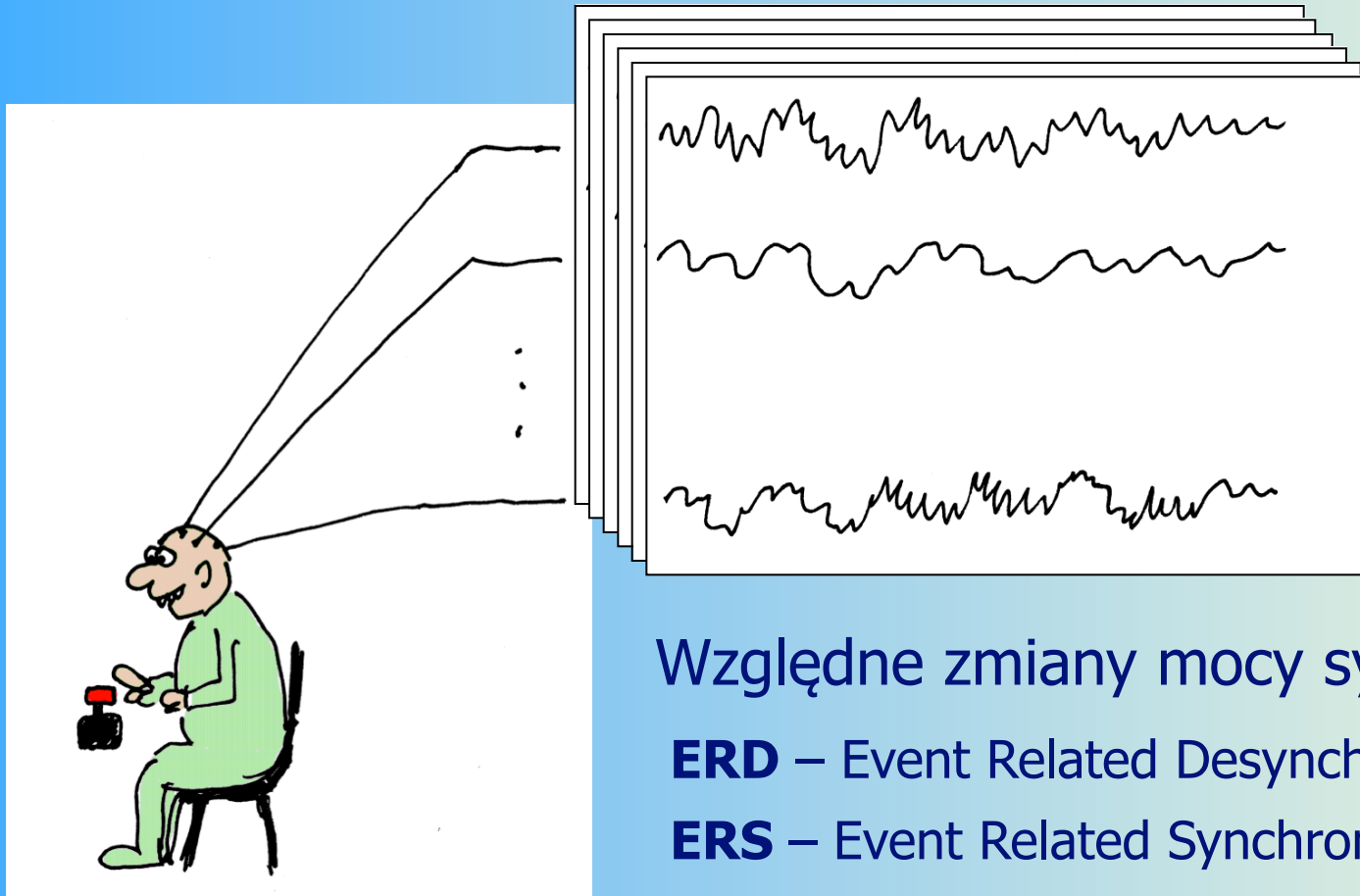




## Paradygmaty wykorzystywane do konstrukcji interfejsów mózg -komputer

- Prowadzą do powstania charakterystycznych zmian w sygnale EEG
- W tym referacie skupimy się na paradygmacie wykorzystującym wyobrażenia ruchowe

## Paradygmat: wyobrażenia ruchowe



Względne zmiany mocy sygnału:

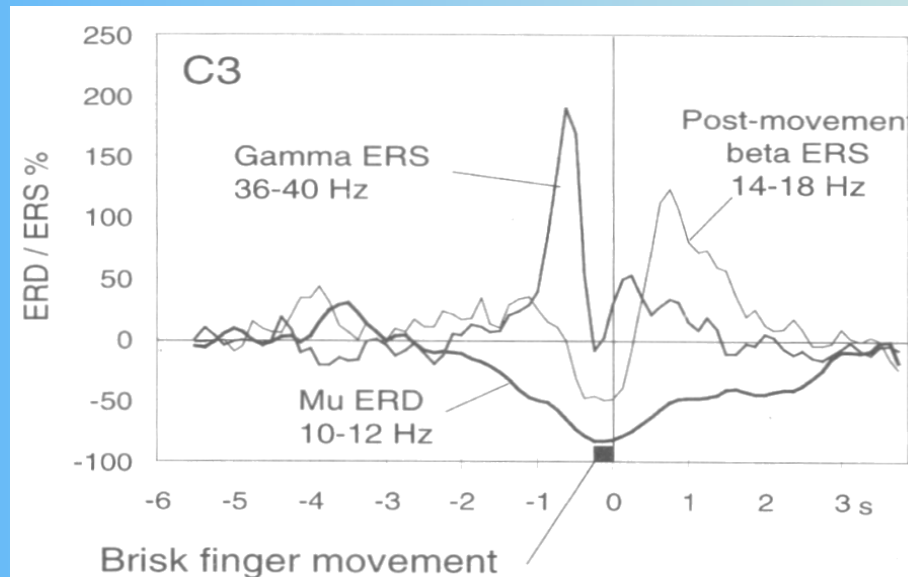
**ERD** – Event Related Desynchronization

**ERS** – Event Related Synchronization

## Przebieg ERD i ERS jest specyficzny:

- dla różnych pasm częstości

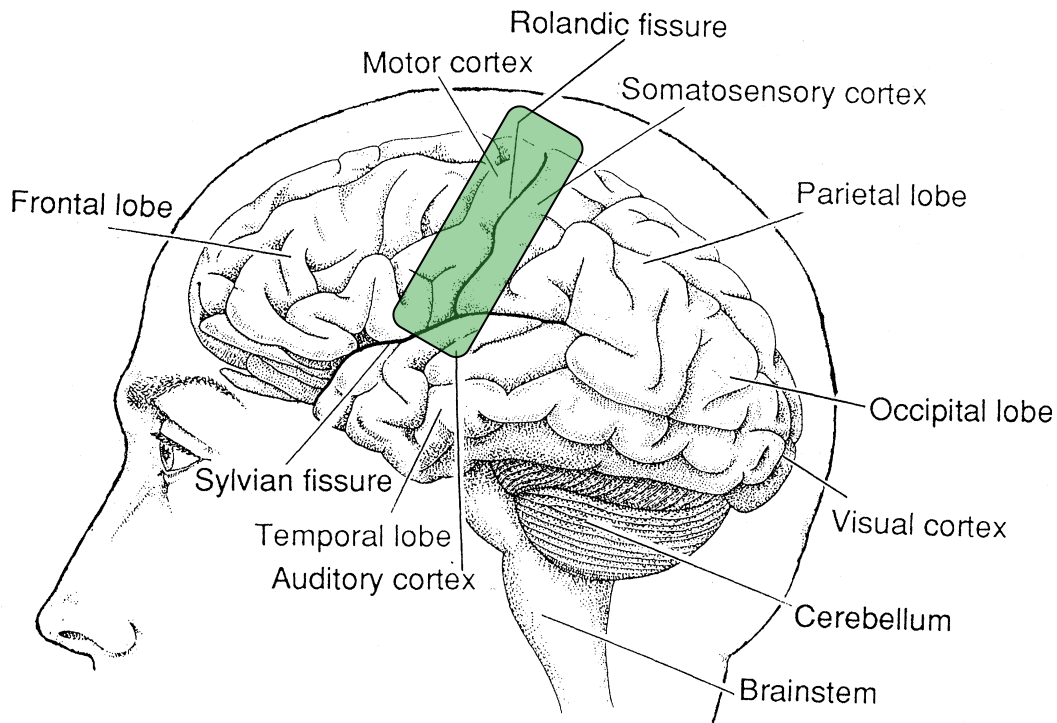
Względne zmiany mocy sygnału EEG związane z zamierzonym ruchem palca



**Handbook of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, Vol 6, Ed. G. Pfurtscheller, FH Lopes da Silva

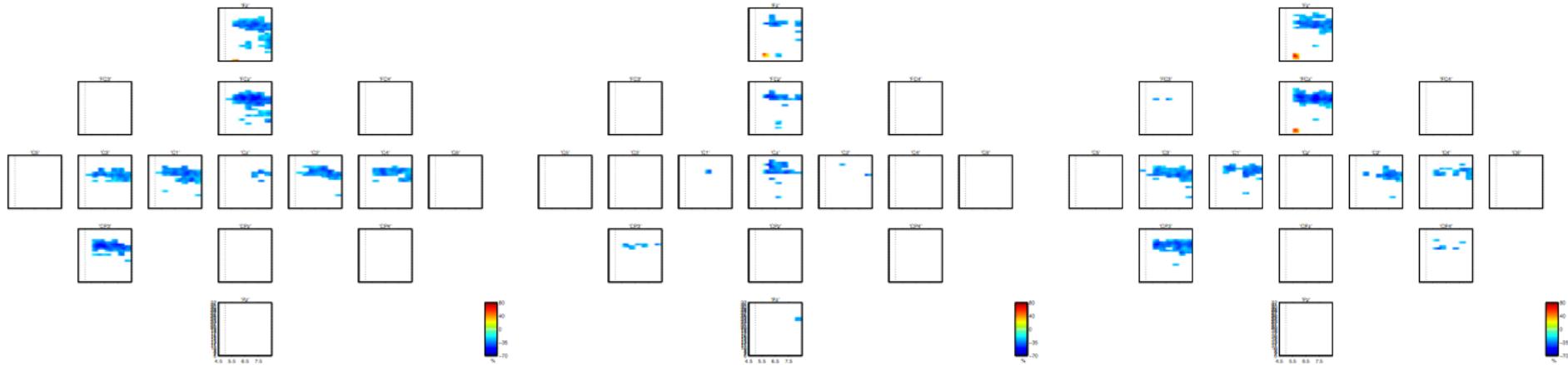
## Przebieg ERD i ERS jest specyficzny:

- topograficznie, ze względu na somatotopyczną organizację kory ruchowej





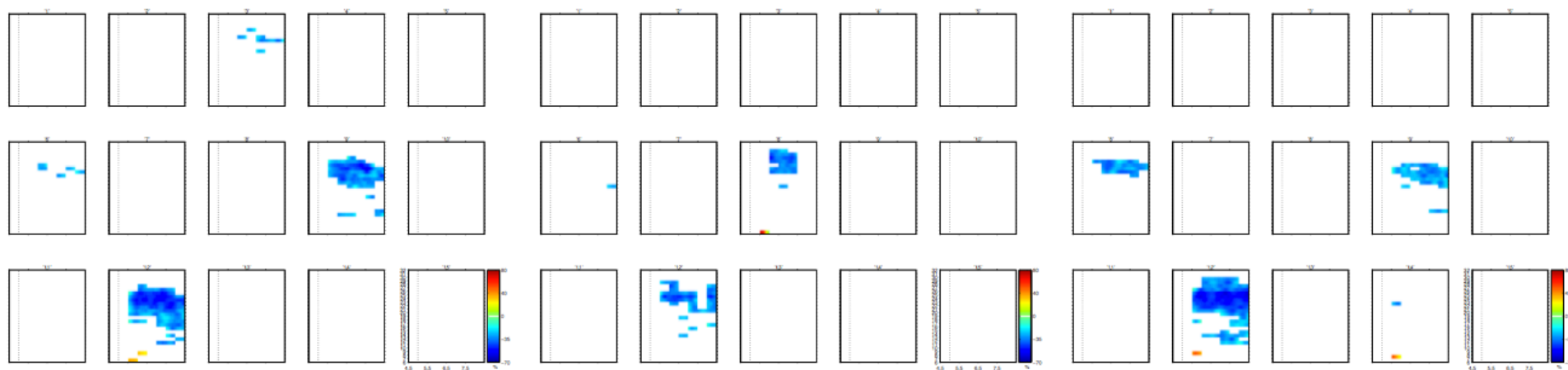
# Topografia i filtry przestrzenne



lewa ręka

stopa

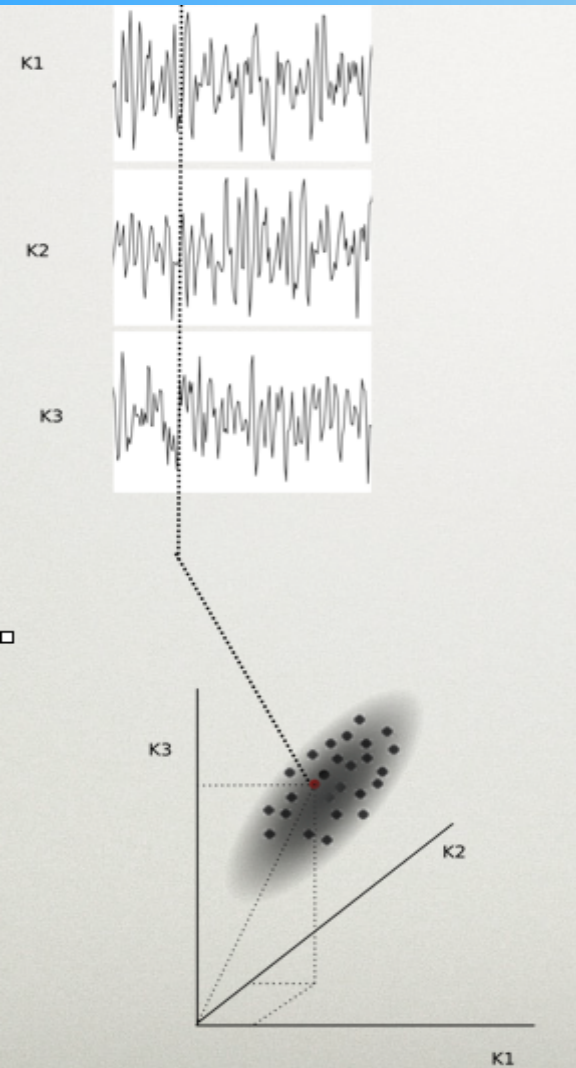
prawa ręka





## Topografia i filtry przestrzenne

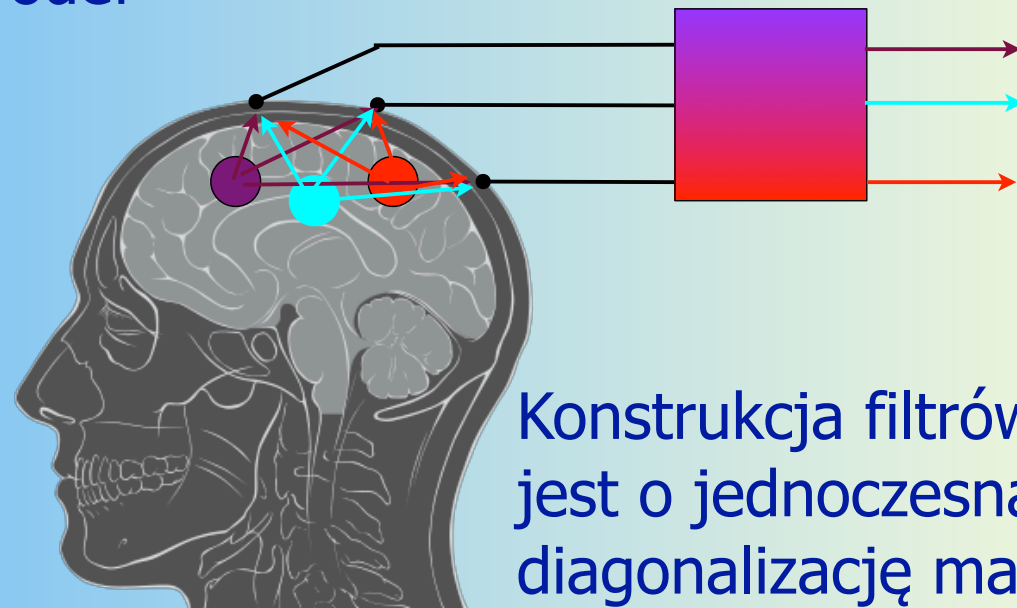
N - kanałowy sygnał EEG możemy przedstawić jako zbiór wektorów w N-wymiarowej przestrzeni kanałów



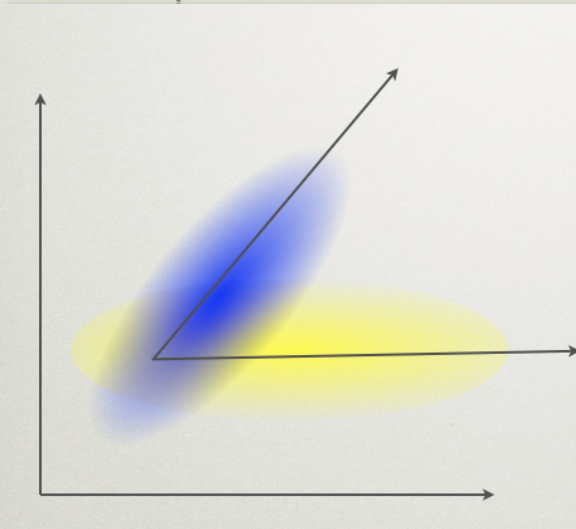
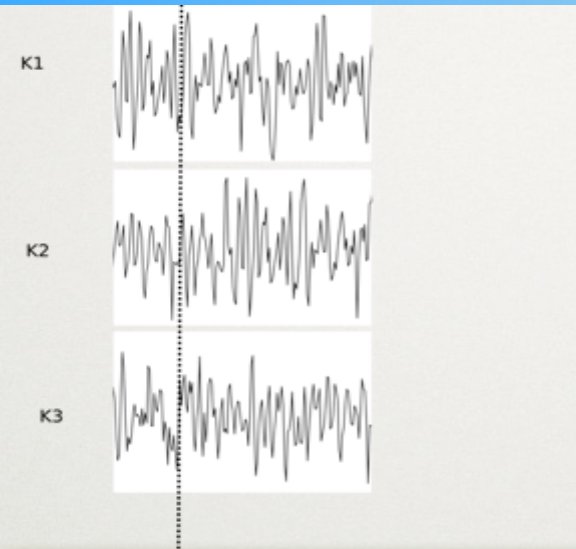
Taki zbiór wygodniej analizować w układzie współrzędnych zgodnym z osiami głównymi macierzy kowariancji

## Topografia i filtry przestrzenne

Sygnał EEG jest superpozycją aktywności elektrycznej wielu źródeł



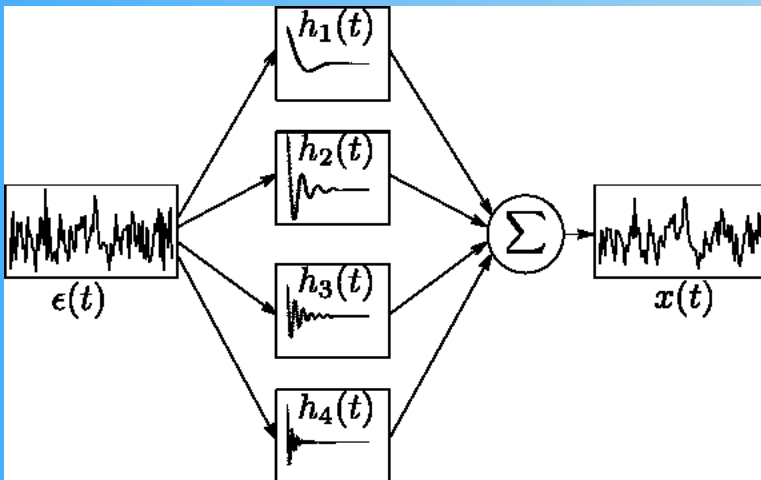
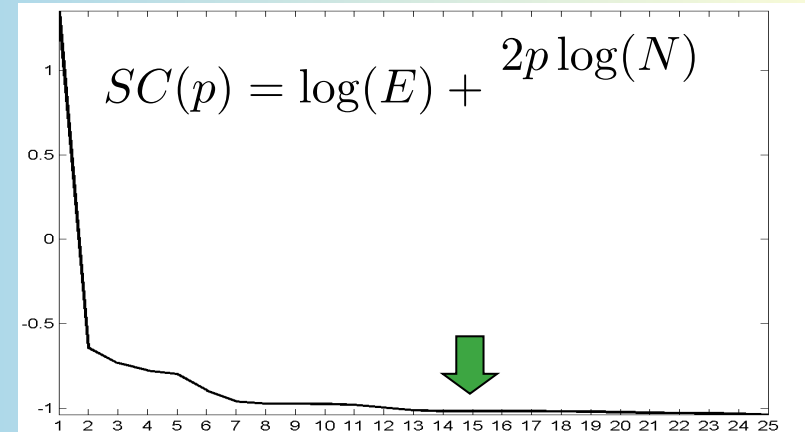
Konstrukcja filtrów oparta jest o jednoczesną diagonalizację macierzy kowariancji odpowiadających różnym warunkom.



## Identyfikacja pasm

$$x[n] = \sum_{i=1}^p a[i]x[n-i] + e[n]$$

$$x[z] = \frac{e[z]}{1 - \sum_{i=1}^p a[i]z^{-i}} = h[z]e[z]$$



$$h[z] = \frac{1}{1 - \sum_{i=1}^p a[i]z^{-i}}$$

$$h[z] = \sum_{j=1}^p C_j \frac{z}{z - z_j}$$

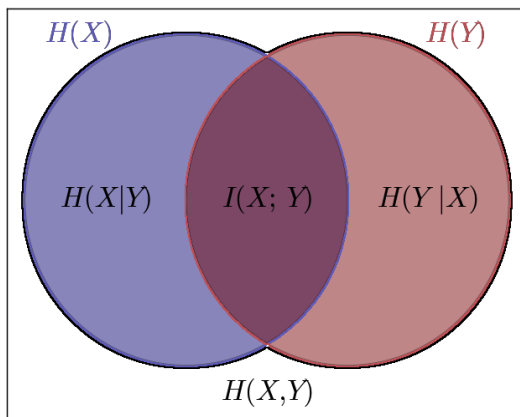
P. J. Franaszczuk and K. J. Blinowska, "Linear model of brain electrical activity – EEG as a superposition of damped oscillatory modes," Biol. Cybern., vol. 53, pp. 19–25, 1985.

## Wybór cech do klasyfikacji

Cechy powinny:

- ✓ nieść jak najwięcej informacji o klasie
- ✓ być jak najmniej redundantne

Dobór cech można oprzeć na informacji wzajemnej:



$$I(X; Y) = \sum_{y \in Y} \sum_{x \in X} p(x, y) \log \frac{p(x, y)}{p_1(x)p_2(y)}$$

$$J_n = I(X_n; Y) - \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^{n-1} I(X_n; X_k)$$



## Wybór typu klasyfikatora (1)

Wiadomo, że błąd klasyfikacji jest ograniczony:

$$\frac{H(Y) - I(X; Y) - 1}{\log |Y|} \leq P(g(X) \neq Y) \leq \frac{1}{2} H(Y|X)$$

gdzie:  $X$  cechy                       $Y$  kategorie                       $|Y|$  ilość kategorii

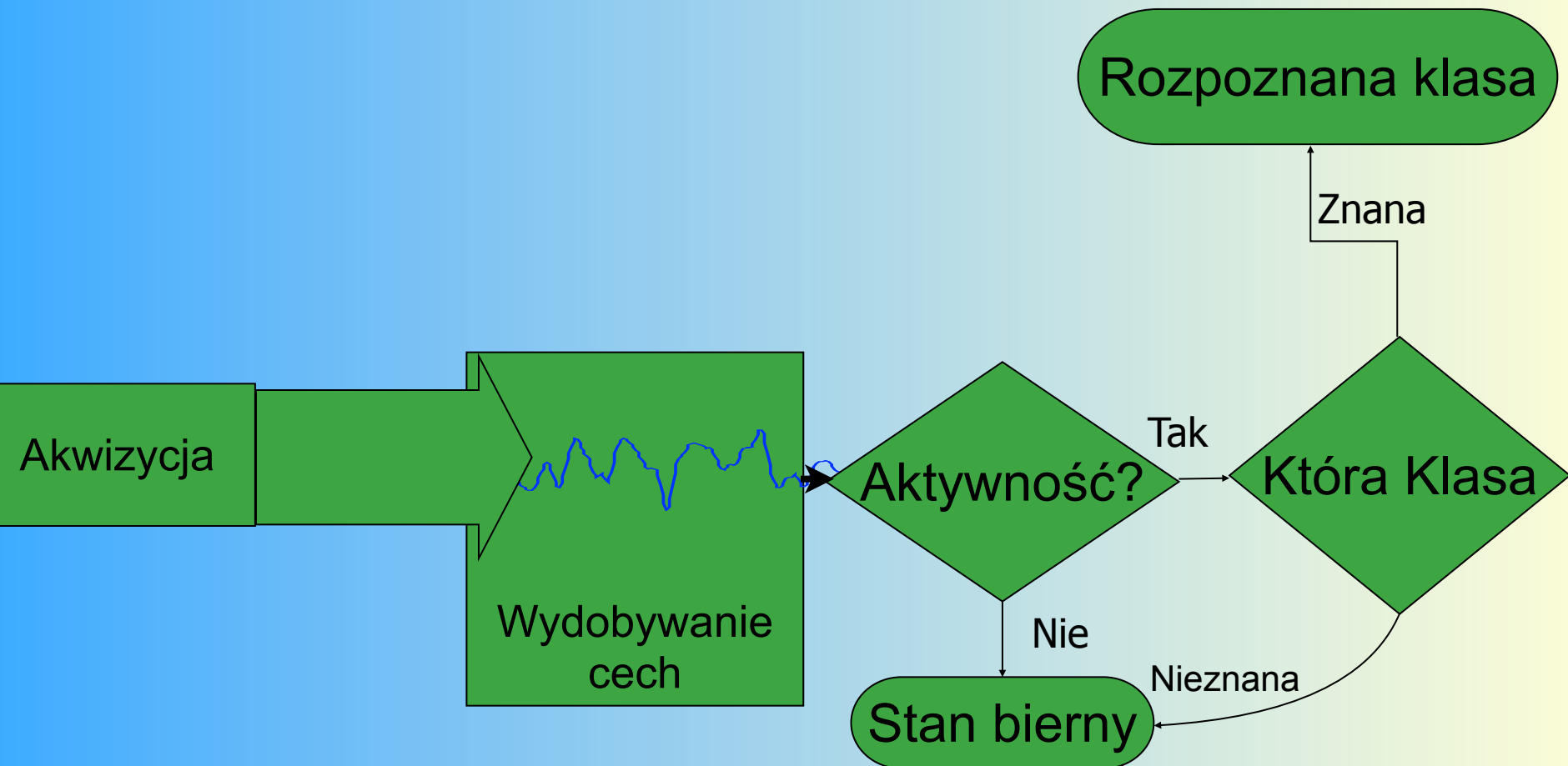
$H$  entropia informacji                       $I$  informacja wzajemna

$g(X)$  funkcja przypisująca kategorie do cech

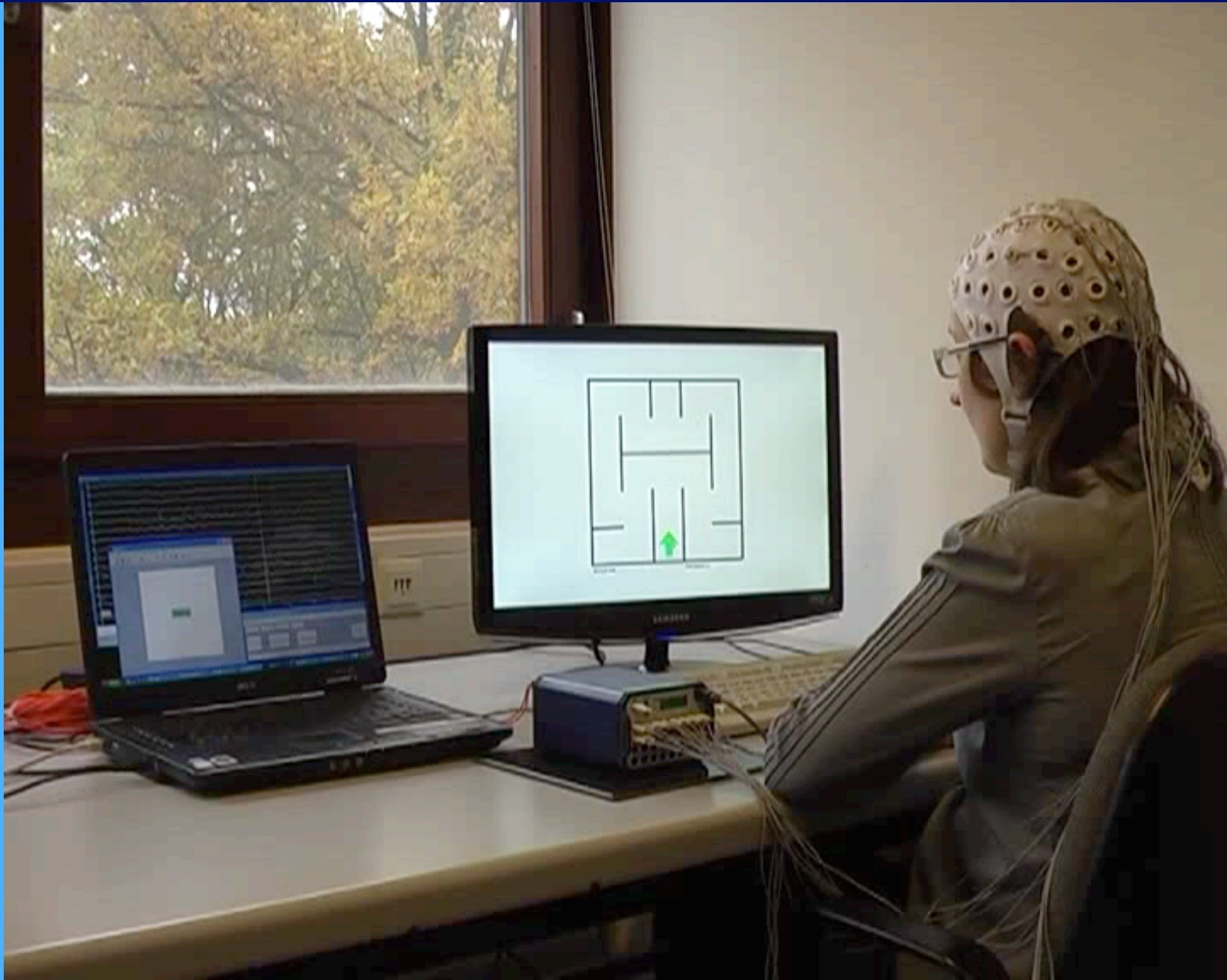
$P(g(X) \neq Y)$  błąd klasyfikacji

czy błąd klasyfikacji osiągnie dolną granicę zależy od funkcji  $g(X)$

# Przykład: asynchroniczny interfejs party o wyobrażenie ruchu











**Dziękuję za uwagę**