

Università degli Studi di Trieste

Corso di Laurea Magistrale in
INGEGNERIA CLINICA

I POTENZIALI EVENTO RELATI

Corso di Complementi di Analisi di
Segnali Biomedici

Modulo NEUROSEGNALI

Docente Sara Renata Francesca MARCEGLIA



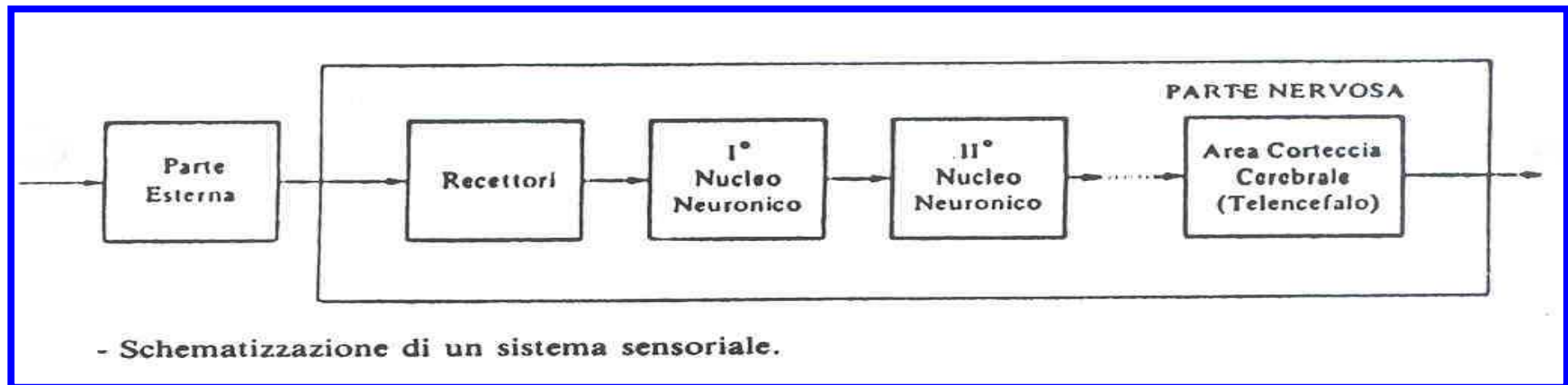
Dipartimento di Ingegneria e Architettura



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

POTENZIALI EVOCATI

➔ **Attività elettrica** che si osserva a livello del sistema nervoso centrale (e periferico) in conseguenza a stimoli sensoriali.



- 1) stimolo sensoriale
- 2) risposta dei recettori specifici
- 3) trasduzione dello stimolo in segnale elettrochimico
- 4) il segnale passa attraverso le vie sensitive afferenti
- 5) e arriva alle aree della corteccia cerebrale corrispondenti



POTENZIALI EVOCATI



Strumento di **indagine funzionale** del sistema sensoriale

- ✓ Procedura **non invasiva**
- ✓ Semplice e poco costosa (strumentazione semplice)
- ✓ Risoluzione temporale elevata
- ✓ Bassa risoluzione spaziale
- ✓ Fenomeno di sfuocamento

CLASSIFICAZIONE



In base al **sistema sensoriale** stimolato

- potenziali evocati uditivi **AEP**
- potenziali evocati visivi **VEP**
- potenziali evocati somatosensoriali **SEP**

In base alle **componenti** esaminate

- Componenti a **breve** latenza (primi 20 ms)
- Componenti a **media** latenza (tra 20 e 200 ms)
- Componenti a **lunga** latenza (oltre 200 ms)

CLASSIFICAZIONE



In base alla **posizione degli elettrodi di rilevamento**

AEP

- elettrococleogrammi **ECoG** (attività dei recettori cocleari)
- Brainstem Auditory Evoked Potentials **BAEP** (attività del tronco encefalico)
- **corticali** (attività della corteccia uditiva)

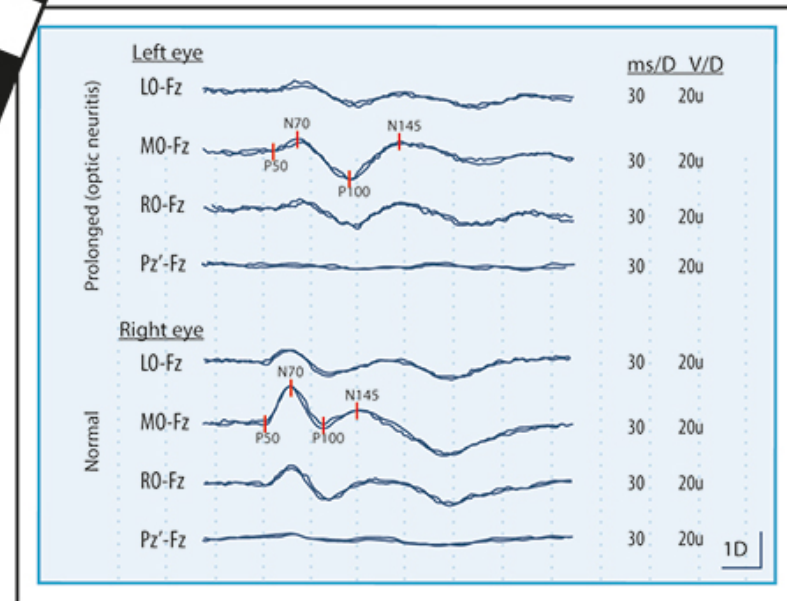
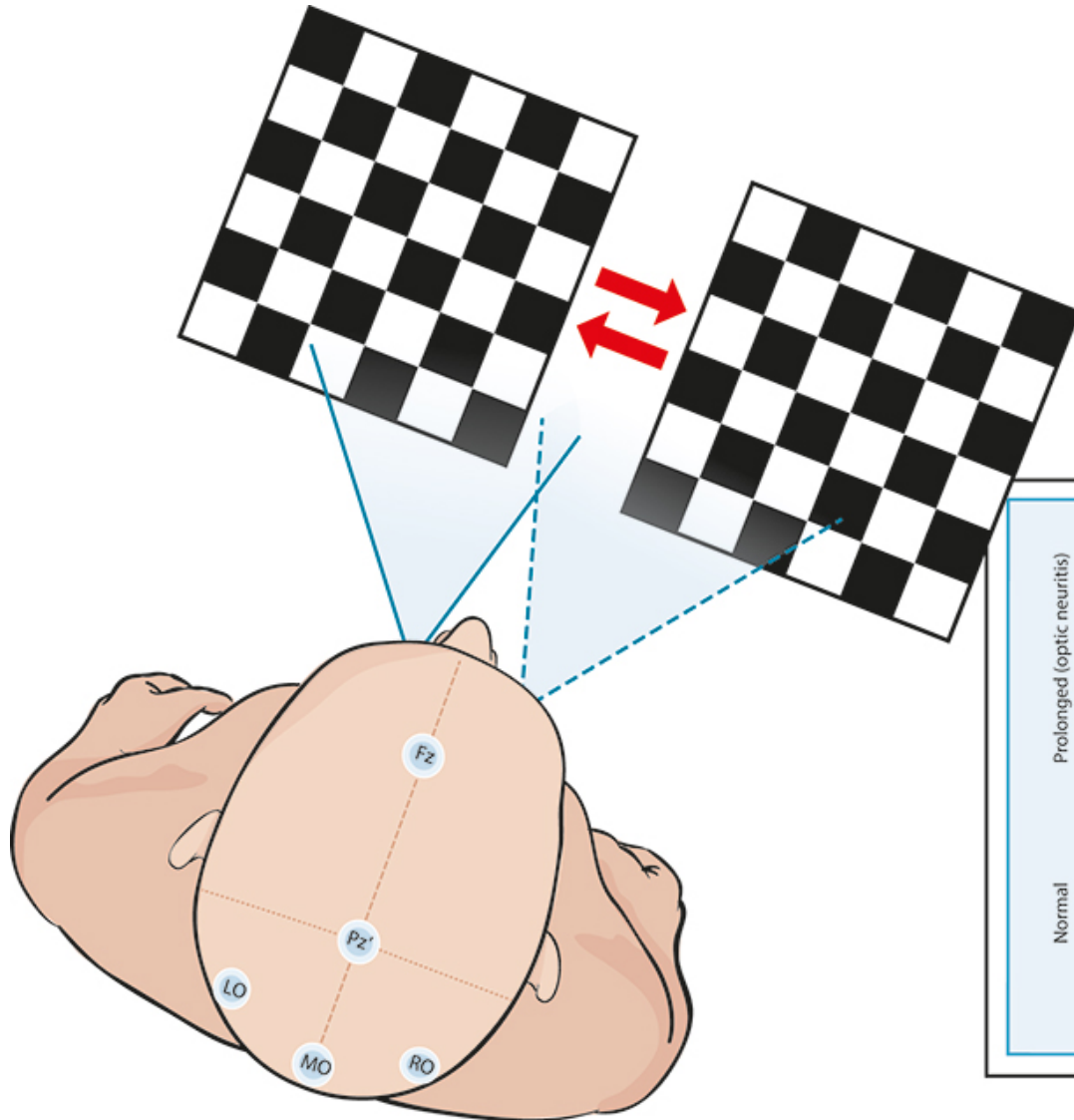
VEP

- elettroretinogrammi **ERG** (attività dei recettori retinici)
- **VEP** (attività della corteccia visiva)

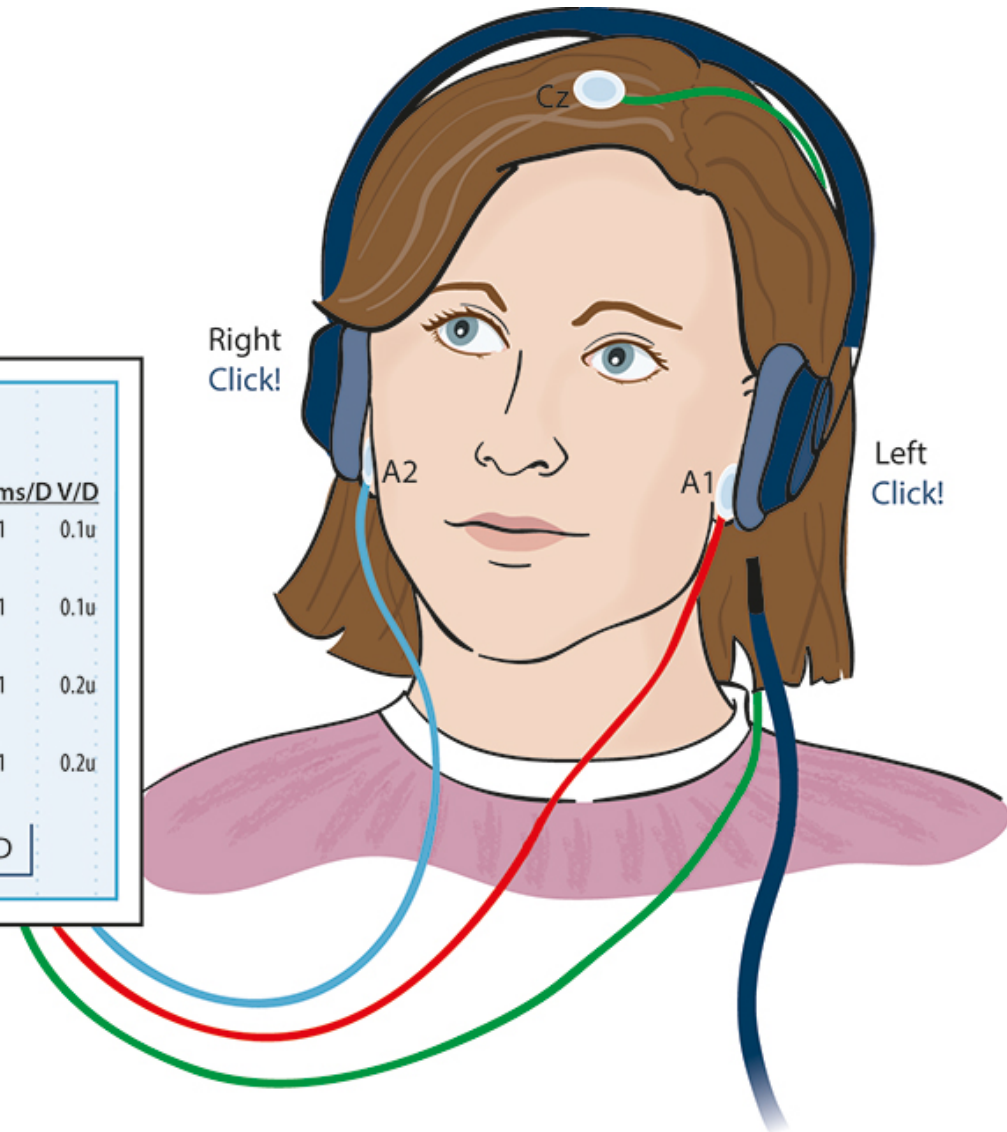
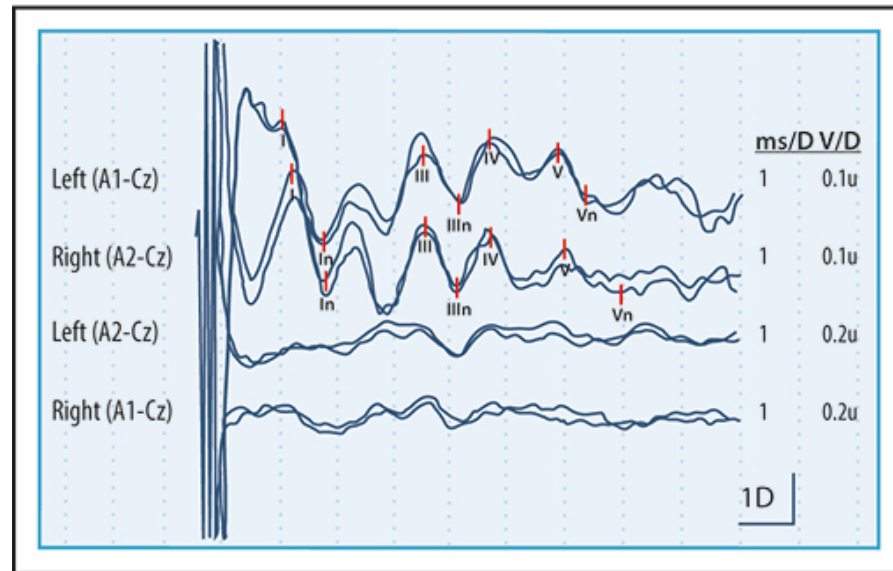
SEP

- spinali **SSEP** (attività spinale)
- cervicali **CSEP** (attività cervicale)
- **SEP** (attività della corteccia somatosensoriale)

ESEMPIO: VEP

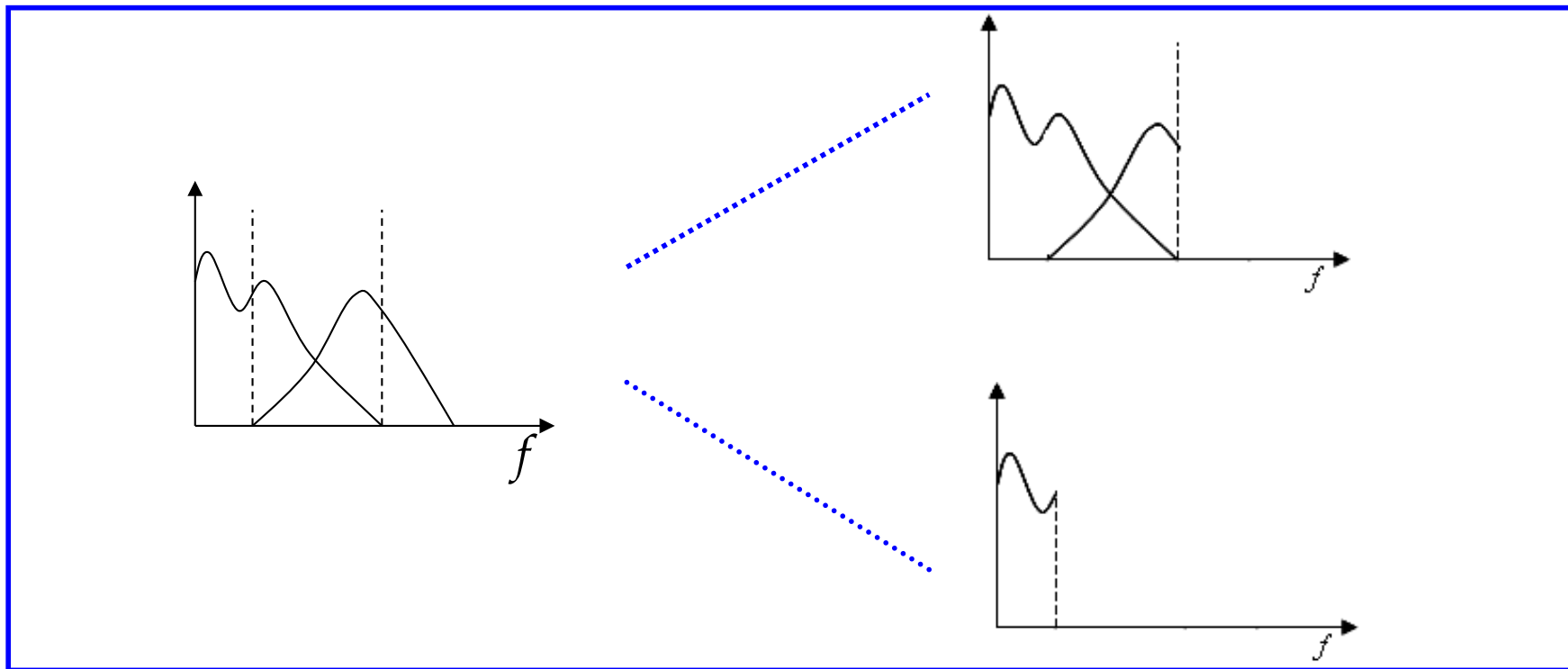


ESEMPIO: AEP



AVERAGING

Quando lo spettro del segnale e del rumore si sovrappongono un filtro tradizionale non è efficace o può cancellare parte del segnale utile



Si può ottenere un miglioramento del SNR tenendo in considerazione le diverse proprietà statistiche del segnale e del rumore o con opportuni modelli di interazione tra segnale e rumore.



LA PROCEDURA DI AVERAGING

- PROCEDURA DI ELABORAZIONE LARGAMENTE UTILIZZATA IN CLINICA
- CONSISTE NELL'ESTRAZIONE DI UN CERTO FENOMENO (EVENTO) IMMERSO IN UN SEGNALE RUMOROSO (RUMORE SOVRAPPOSTO)
- IL FENOMENO MISURATO DEVE RIPETERSI SEMPRE UGUALE A SE STESSO





AVERAGING

$$x_i(t) = s(t) + n_i(t)$$

ipotesi

- 1) additività segnale + rumore per produrre x_i (risposta evocata)
- 2) Il contributo del segnale ad ogni singola sweep è lo stesso, cioè $s(t)$ non varia al variare dell' i -esima sweep
⇒ stazionarietà del segnale al variare della sweep
- 3) Il rumore è un processo casuale stazionario, scorrelato, a valore medio nullo e varianza σ^2

CARATTERISTICHE DELLO STIMATORE



$$E[\hat{s}] = \bar{X}_i(t) = E\left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i(t)\right] = s(t) + \frac{1}{N} E\left[\sum_{i=1}^N n_i(t)\right]$$

Se $N \uparrow \uparrow$ $\bar{X}_i(t) \rightarrow s(t)$ (stima non polarizzata)

$$\begin{aligned} \hat{\sigma}^2 &= E[\hat{s}(t) - s(t)]^2 = E\left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N n_i(t)\right]^2 = \frac{1}{N^2} E\left[\sum_{i=1}^N n_i^2(t)\right] = \\ &= \frac{1}{N^2} N \cdot \sigma^2 = \frac{\sigma^2}{N} \end{aligned}$$

$\rightarrow \frac{1}{N}$ nella varianza $\Rightarrow \frac{1}{\sqrt{N}}$ nella deviazione standard

$$SNR_{x_i} = \frac{\overline{s^2(t)}}{\overline{n_i^2(t)}} = \sigma_{x_i}^2$$

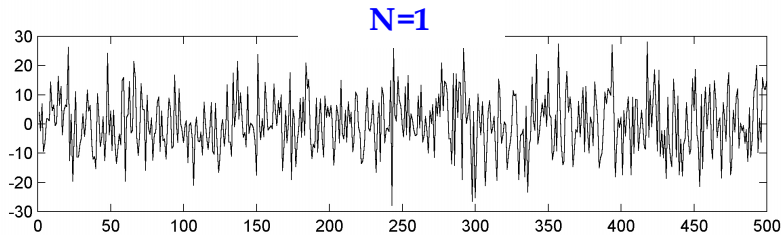
$$SNR_{N x_i} = \frac{N^2 \overline{s^2(t)}}{N \overline{n_i^2(t)}} = N \cdot \sigma_{x_i}^2$$



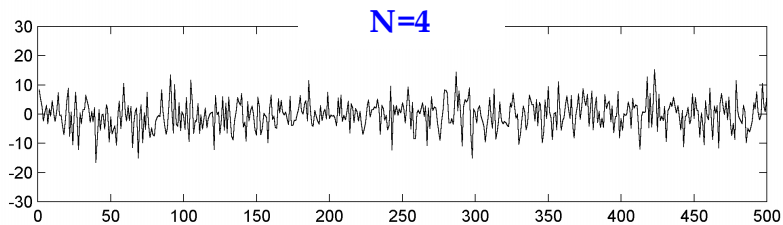
$$SNR_{N x_i} = N \cdot SNR_{x_i}$$



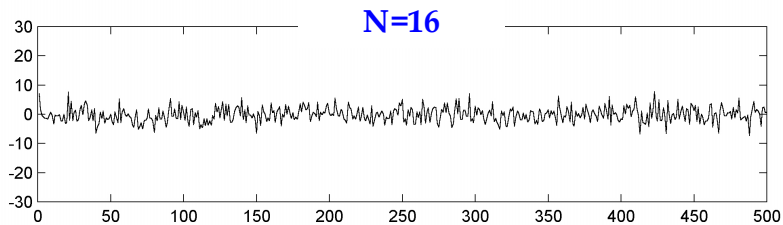
RUMORE BIANCO



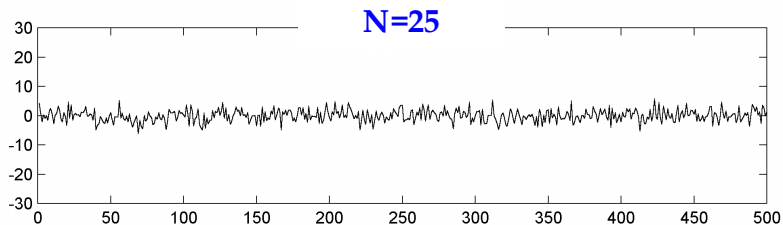
$$\sigma^2 = 100$$



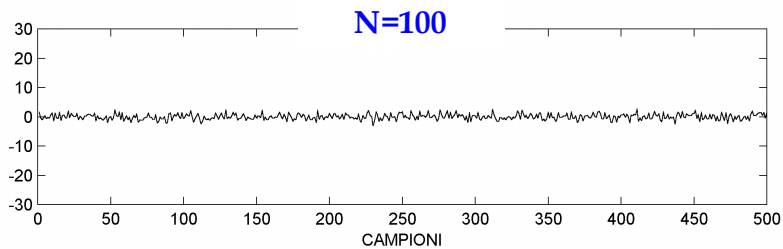
$$\sigma^2 = 25.3$$



$$\sigma^2 = 6.6$$



$$\sigma^2 = 4.3$$



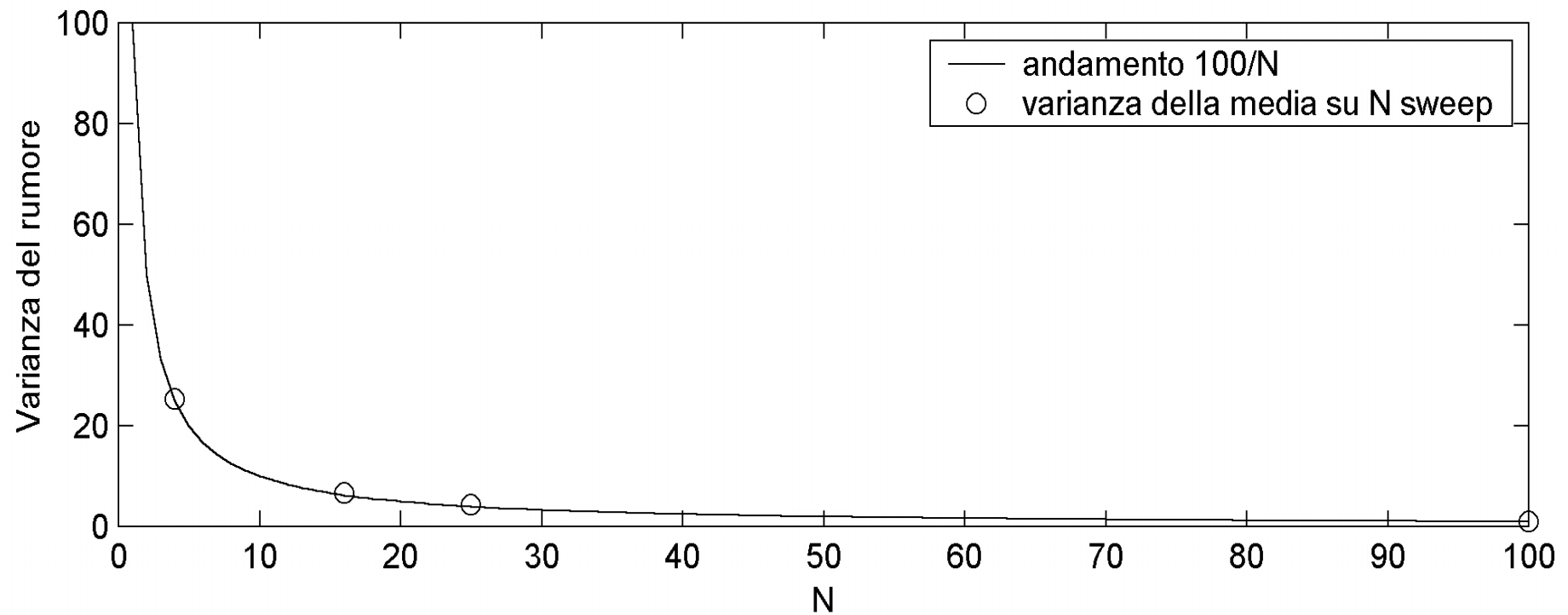
$$\sigma^2 = 1.05$$

Andamento della
varianza al crescere di
N



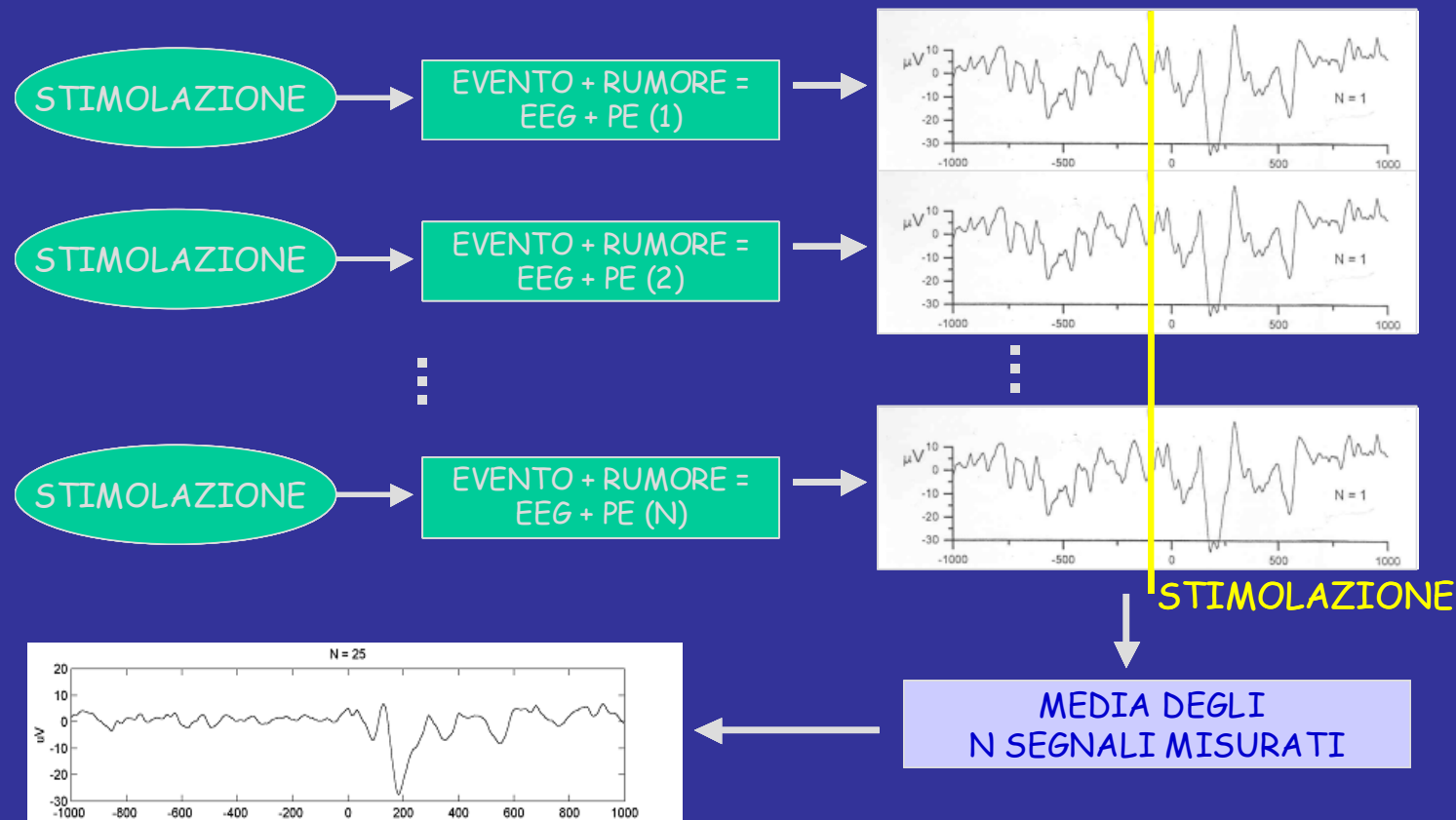
ANDAMENTO DELLA VARIANZA

- andamento teorico
- dati sperimentali

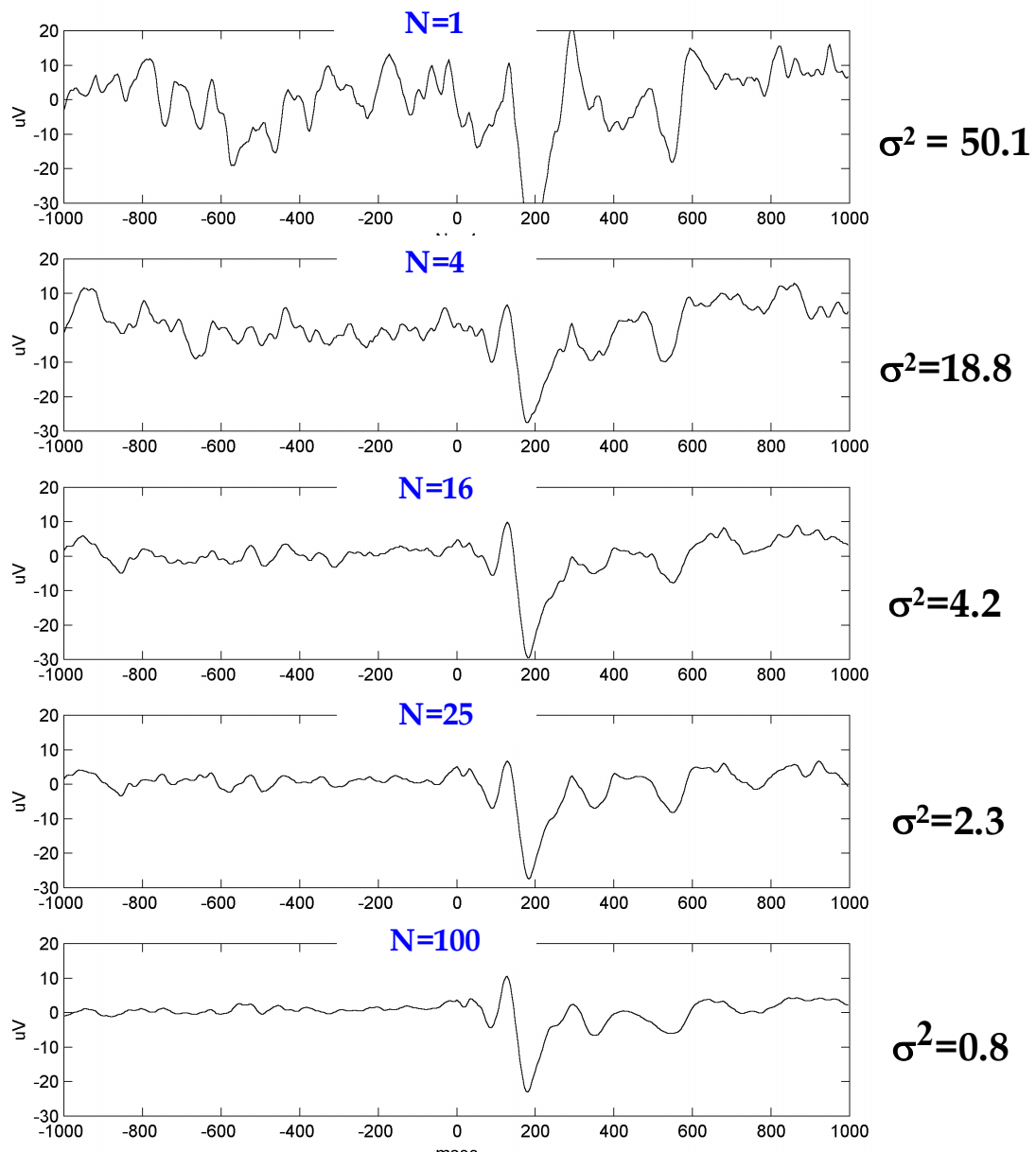


LA PROCEDURA DI AVERAGING

- I POTENZIALI EVOCATI SI RIPETONO SEMPRE UGUALI A SE STESSI
- VENGONO GENERATI MEDIANTE STIMOLAZIONE (TRIGGER CHE CONSENTE LA SINCRONIZZAZIONE)
- L'ESTRAZIONE DELL'INFORMAZIONE DIPENDE DAL NUMERO N DI REALIZZAZIONI MEDIANTE



SEP – POTENZIALE SOMATOSENSORIALE



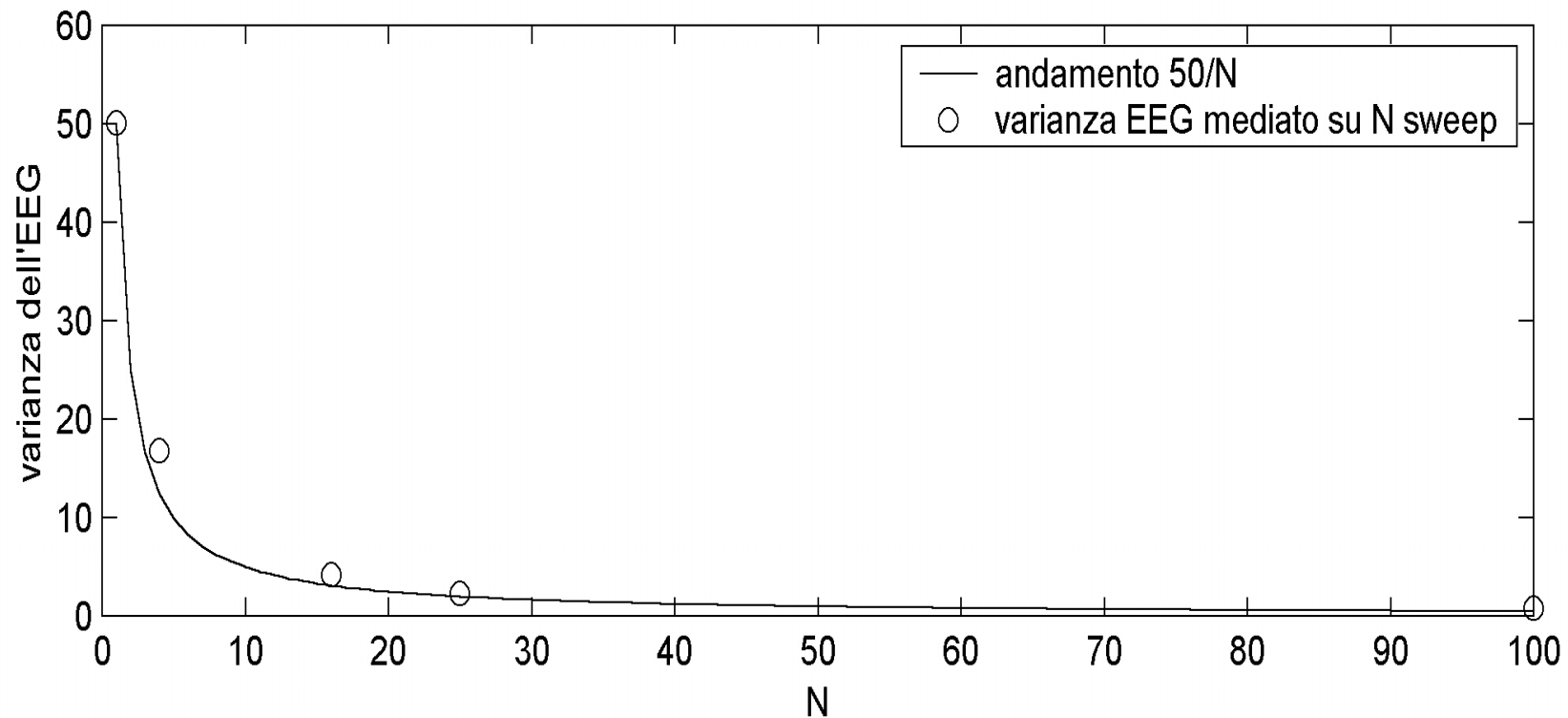
**STIMOLAZIONE
DEL NERVO
MEDIANO A t=0**

Andamento della
varianza
al crescere di **N**



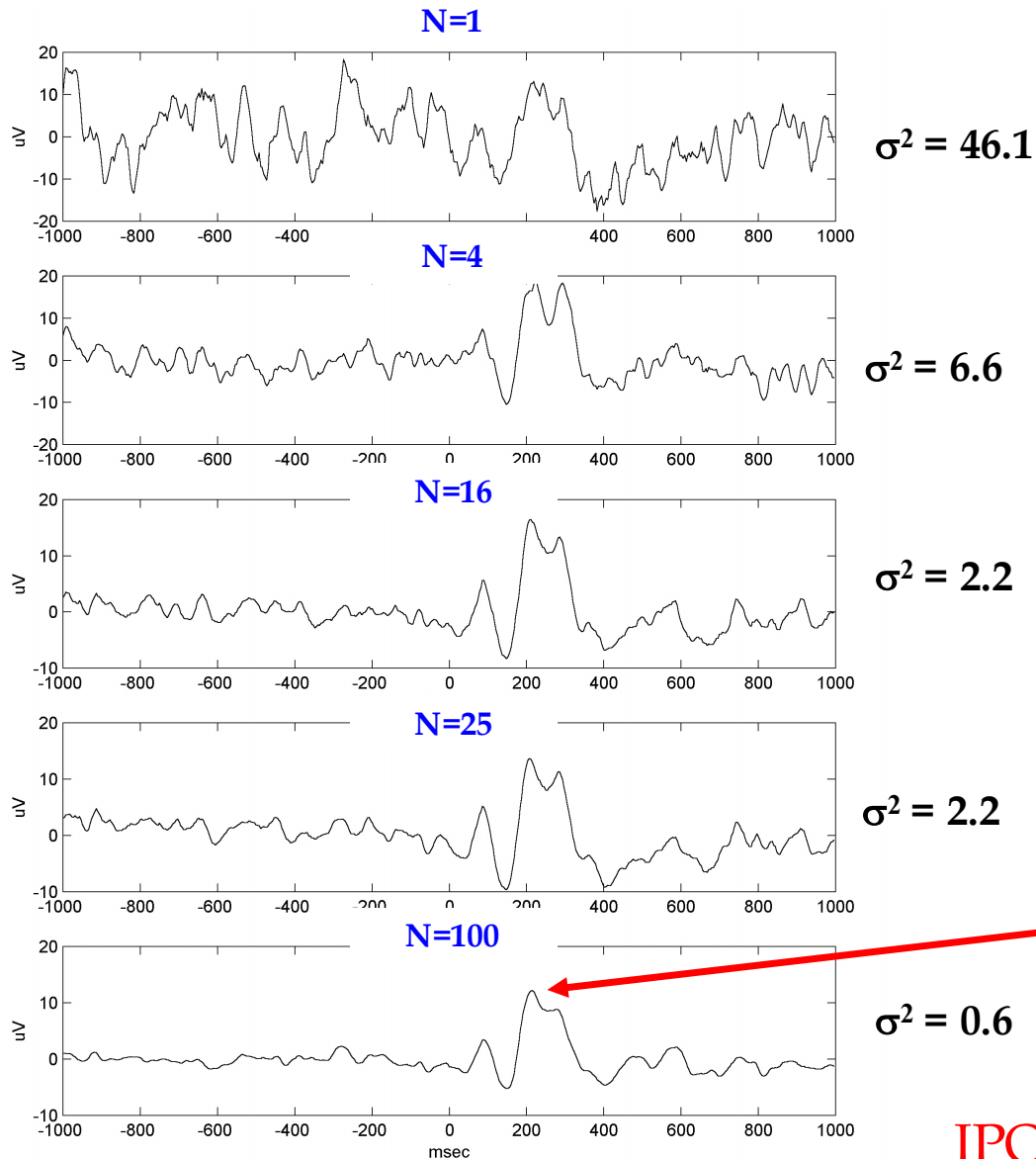
VARIANZA DEL EEG

- andamento teorico
- dati sperimentali





SEP



**STIMOLAZIONE
DEL NERVO
MEDIANO A t=0**

Andamento della
varianza
al crescere di N

riduzione
dell'ampiezza del
potenziale al crescere
di N

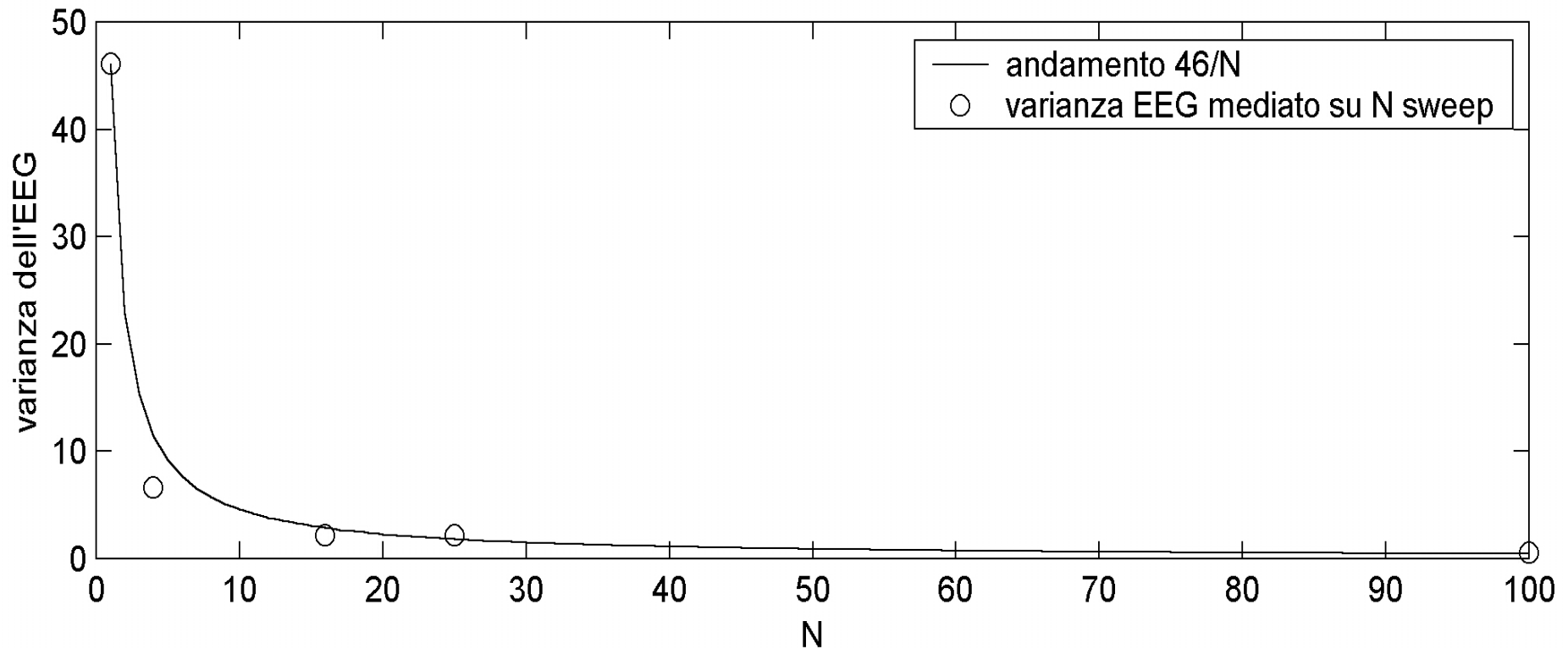


IPOTESI NON VERIFICATE

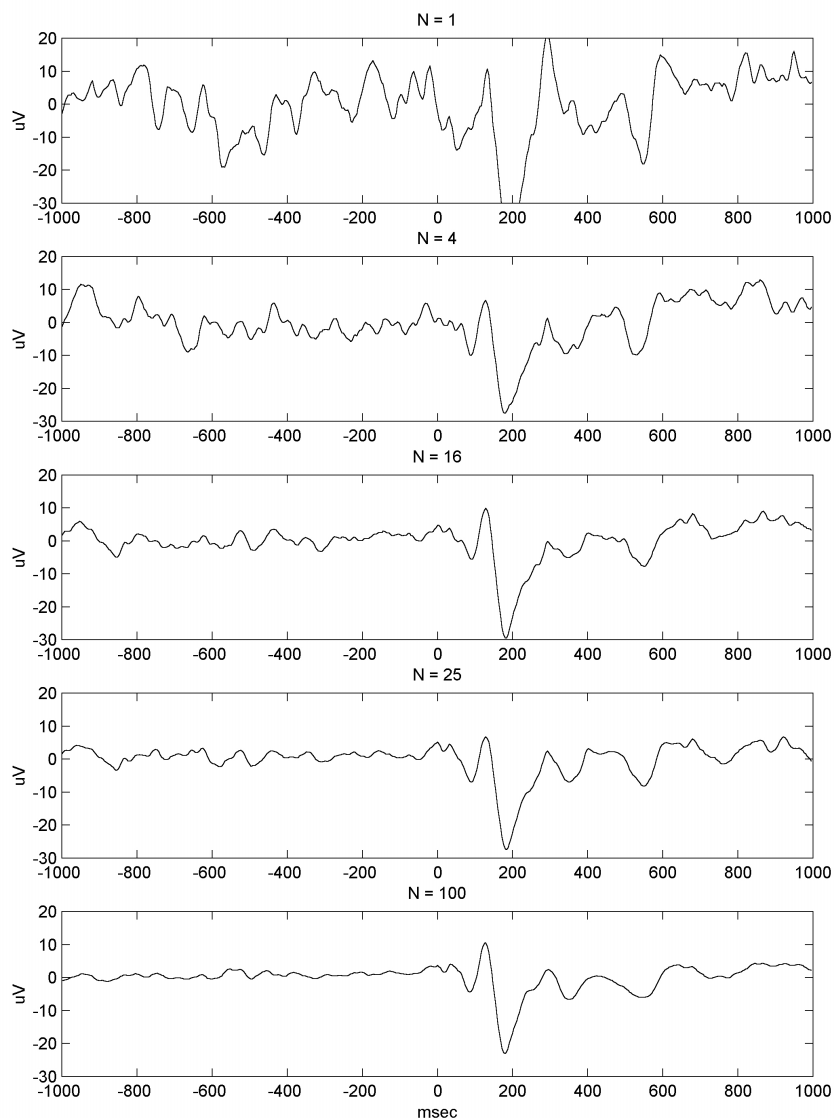
VARIANZA DEL EEG



- andamento teorico
- dati sperimentali



DIPENDENZA DALLE REALIZZAZIONI



N=1

N=4

N=16

N=25

N=100

SEGNALE ANCORA
RUMOROSO

PE BEN VISIBILE

PE BEN VISIBILE, MA
ALTERATO IN
AMPIEZZA