



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ  
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

**ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ  
ΕΓΚΕΦΑΛΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΑΠΟ  
ΥΠΟΣΥΝΕΙΔΗΤΑ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΑ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Μαρία Εμμ. Διαμαντάκη

**Επιβλέπων :** Νικόλαος Ουζούνογλου  
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Νοέμβριος 2009





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ  
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

**ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ  
ΕΓΚΕΦΑΛΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΑΠΟ  
ΥΠΟΣΥΝΕΙΔΗΤΑ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΑ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Μαρία Εμμ. Διαμαντάκη

**Επιβλέπων :** Νικόλαος Ουζούνογλου  
Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την Νοεμβρίου 2009.

.....  
Ν. Ουζούνογλου  
Καθηγητής ΕΜΠ

.....  
Κ. Νικήτα  
Καθηγήτρια ΕΜΠ

.....  
Γ. Ματσόπουλος  
Επ. Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Νοέμβριος 2009

.....  
Μαρία Εμμ. Διαμαντάκη

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Μαρία Διαμαντάκη, 2009.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή ΕΜΠ Νικόλαο Ουζούνογλου για την ανάθεση αυτής της εργασίας, καθώς επίσης και για τις πολύτιμες συμβουλές και διορθώσεις του. Επίσης, θα ήταν παράλειψη να μην ευχαριστήσω την υπεύθυνη για τη διπλωματική μου Δρα Ειρήνη Καρανάσιου για τη συνεργασία μας. Δίχως την αμέριστη συμπαράσταση και τις πολύτιμες συμβουλές της θα ήταν αδύνατη η ολοκλήρωση αυτής της εργασίας. Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την υποψήφια διδάκτορα ΕΜΠ Ελένη Τσιανάκα για την συνεργασία και την βοήθεια της καθ' όλο το διάστημα διεκπεραίωσης της εργασίας.



## Περίληψη

Μια από τις πιο ενδιαφέρουσες και σημαντικές πρόσφατες εξελίξεις στους τομείς της ψυχολογίας και των νευροεπιστημών είναι ο συνεχώς αυξανόμενος αριθμός ερευνών που σκοπό έχουν να καθορίσουν την ύπαρξη και τη φύση των μη συνειδητών διαδικασιών και να διαπιστώσουν την επιρροή αυτών στη συμπεριφορά του ανθρώπου.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η αποτίμηση των πιθανών διαφορών στις καταγραφές ηλεκτροεγκεφαλογράφηματος (ΗΕΓ) και προκλητών δυναμικών κατά την υποβολή ενός ατόμου σε οπτικά υποσυνείδητα ερεθίσματα. Στην εργασία χρησιμοποιήθηκε ένα νέο ερευνητικό πρωτόκολλο το οποίο εξετάζει το πώς επηρεάζουν τα υποσυνείδητα ερεθίσματα τη λήψη αποφάσεων και την εγκεφαλική λειτουργία.

Στο πρώτο μέρος της εργασίας (κεφάλαια 1 και 2) γίνεται μια συνοπτική αναφορά σε θέματα σχετικά με το ηλεκτροεγκεφαλόγραμμα και τα προκλητά δυναμικά, καθώς και την υποσυνείδητη αντίληψη. Στο κεφάλαιο 3 περιγράφεται η πειραματική διαδικασία και η μετρητική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε, ενώ γίνεται και εκτενής παρουσίαση της επεξεργασίας των μετρήσεων μέσω του eeglab. Τέλος, στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας σε διαγράμματα φασματικής ισχύος και προκλητών δυναμικών καθώς επίσης και τα συμπεράσματα της εργασίας αυτής.

**Λέξεις Κλειδιά:** Ηλεκτροεγκεφαλόγραμμα (ΗΕΓ), Εγκεφαλικά Προκλητά Δυναμικά, Φασματική Ισχύς, EEGLAB, Υποσυνείδητη Αντίληψη.





## Abstract

One of the more interesting and important recent developments in psychology and neuroscience has been the increasing number of investigations devoted to determining the existence and nature of unconscious processes and finding their influence on human behaviour.

The object of this diploma thesis is the assessment of possible differences in electroencephalogram (EEG) and event - related potentials (ERPs) recordings during the presentation of visual subliminal stimuli compared to non – subliminal conditions. A new protocol that examines how subliminal stimuli influence the decision making and the cerebral operation is used.

In the first part of this thesis (chapter 1 and 2) a brief reference to issues related to the electroencephalogram and the event – related potentials, as well as to the subliminal perception, is presented. In chapter 3, the experiment and the measuring devices used are described, and there is also an extensive presentation of the analysis by using the eeglab. Finally, chapter 4 shows the results of analysis on spectral power and event - related potential graphs, as well as the conclusions of this work.

**Keywords:** Electroencephalogram (EEG), Event – related Potentials (ERPs), Spectral Power, EEGLAB, Subliminal Perception.



## Πίνακας Περιεχομένων

### Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Εγκέφαλος και Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα

|   |    |
|---|----|
| 1.1 Νευροφυσιολογία του Εγκεφάλου.....                          | 17 |
| 1.1.1 Ο ανθρώπινος εγκέφαλος.....                               | 17 |
| 1.1.2 Στοιχεία νευροφυσιολογίας του εγκεφάλου.....              | 17 |
| 1.1.2.1 Ανατομία Νευρώνων.....                                  | 17 |
| 1.1.2.2 Κατηγορίες Νευρώνων.....                                | 18 |
| 1.1.2.3 Δυναμικά της μεμβράνης.....                             | 19 |
| 1.1.2.3.1 Δυναμικό Ηρεμίας.....                                 | 19 |
| 1.1.2.3.2 Βαθμωτά Δυναμικά και Δυναμικά Δράσης.....             | 19 |
| 1.1.2.3.3 Μετασυναπτικό Δυναμικό.....                           | 21 |
| 1.2 Το Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα.....                              | 21 |
| 1.2.1 Περιγραφή ΗΕΓ.....  | 21 |
| 1.2.2 Τα Ηλεκτρόδια.....  | 22 |
| 1.2.3 Ρυθμοί Εγκεφαλογραφήματος.....                            | 24 |
| 1.2.4 Προκλητά Δυναμικά.....                                    | 26 |
| 1.2.5 Διαφορά μεταξύ ΗΕΓ και ERPs.....                          | 31 |
| 1.2.6 Διαδικασία Καταγραφής ERP.....                            | 32 |
| 1.2.7 Περιορισμοί κατά τη διάρκεια καταγραφής ΗΕΓ και ERPs..... | 33 |
| 1.2.8 Χρησιμότητα ERPs.....                                     | 34 |
| 1.3 Βιβλιογραφία.....   | 35 |

### Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Υποσυνείδητη Αντίληψη

|  |    |
|--|----|
| 2.1 Εισαγωγή – Γενικές Πληροφορίες.....                    | 37 |
| 2.2 Υποσυνείδητη αντίληψη.....                             | 40 |
| 2.2.1 Διαφορές Συνειδητής και Υποσυνείδητης Αντίληψης..... | 41 |
| 2.2.2 Διάρκεια Επιρροής Υποσυνείδητων Ερεθισμάτων.....     | 42 |
| 2.3 Υποσυνείδητο ερέθισμα.....                             | 42 |
| 2.3.1 Οπτικά υποσυνείδητα ερεθίσματα.....                  | 42 |
| 2.3.2 Ακουστικά υποσυνείδητα ερεθίσματα.....               | 43 |
| 2.4 Χρήση «μασκών».....                                    | 43 |
| 2.5 Κατώφλια συνειδητοποίησης.....                         | 44 |
| 2.5.1 Υποκειμενικό κατώφλι.....                            | 44 |
| 2.5.2 Αντικειμενικό κατώφλι.....                           | 45 |
| 2.6 Προβολή υποσυνείδητου ερεθίσματος.....                 | 45 |
| 2.6.1 Διάρκεια προβολής υποσυνείδητων ερεθισμάτων.....     | 46 |
| 2.7 Συνέπειες των Υποσυνείδητων Ερεθισμάτων.....           | 47 |
| 2.8 Περιοχές ενεργοποίησης.....                            | 48 |
| 2.9 Βιβλιογραφία.....                                      | 49 |

### Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: Πειραματική διαδικασία και Επεξεργασία των μετρήσεων

|   |    |
|---|----|
| 3.1 Πειραματική Διαδικασία.....                       | 52 |
| 3.1.1 Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας.....         | 52 |
| 3.1.1.1 Πειραματικές συνθήκες.....                    | 53 |
| 3.1.1.2 Υλοποίηση Πειραματικής διάταξης.....          | 54 |
| 3.1.1.3 Ανάλυση του προγράμματος.....                 | 54 |
| 3.1.2 Μετρητική διάταξη – Σύστημα καταγραφής ΗΕΓ..... | 55 |
| 3.1.2.1 Ηλεκτρόδια.....                               | 55 |
| 3.1.2.1.1 Επίπεδα ενεργά ηλεκτρόδια.....              | 56 |

|  |            |
|--|------------|
| 3.1.2.1.2 Ακιδωτά ενεργά ηλεκτρόδια.....                   | 56         |
| 3.1.2.1.3 Σκούφοι.....                                     | 57         |
| 3.1.2.2 Κουτί AD – Α/Ψ (Αναλογικό / Ψηφιακό).....          | 57         |
| 3.1.2.3 Δέκτης USB2.....                                   | 57         |
| 3.1.2.4 Κουτί μπαταρίας.....                               | 58         |
| 3.1.2.5 Φορτιστής.....                                     | 58         |
| 3.1.2.6 Κουτί αναλογικής εισόδου.....                      | 59         |
| 3.1.2.7 Πρόγραμμα καταγραφής ActiView.....                 | 60         |
| 3.2 Επεξεργασία των μετρήσεων.....                         | 61         |
| 3.2.1 EEGLAB.....  | 61         |
| 3.2.2 Απόρριψη λαθών.....                                  | 62         |
| 3.2.3 Στάδια επεξεργασίας των μετρήσεων.....               | 64         |
| 3.3 Βιβλιογραφία.....                                      | 76         |
| <b>Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Αποτελέσματα – Συμπεράσματα</b> |            |
| 4.1 Αποτελέσματα.....                                      | 77         |
| 4.1.1 Διαγράμματα φασματικής ισχύος.....                   | 77         |
| 4.1.2 Διαγράμματα προκλητών δυναμικών.....                 | 83         |
| 4.2 Συμπεράσματα – Σχολιασμός Αποτελεσμάτων.....           | 116        |
| 4.3 Βιβλιογραφία.....                                      | 118        |
| <b>Παράρτημα.....</b>                                      | <b>119</b> |

## Ευρετήριο Σχημάτων

### Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Εγκέφαλος και Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα

|   |    |
|---|----|
| Σχήμα 1.1: Σχηματική αναπαράσταση νευρώνων.....   | 17 |
| Σχήμα 1.2: Δυναμικό Δράσης.....   | 20 |
| Σχήμα 1.3: Η διάταξη των ηλεκτροδίων κατά Jaspers.....  | 23 |
| Σχήμα 1.4: Οι κυματομορφές των βασικών εγκεφαλικών ρυθμών.....  | 25 |
| Σχήμα 1.5: Average ERPs για το ηλεκτρόδιο O1.....   | 27 |
| Σχήμα 1.6: Σχηματική αναπαράσταση του καθορισμού του πλάτους και του χρονικού σημείου κορύφωσης συστατικού του ERP.....     | 28 |
| Σχήμα 1.7: Σχηματική αναπαράσταση VEP, αριστερά τα πρώιμα δυναμικά (0.2μV/div) και δεξιά τα ύστερα δυναμικά(2.0μV/div)..... | 28 |
| Σχήμα 1.8: Η εξαγωγή του μέσου όρου.....  | 33 |

### Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Υποσυνείδητη Αντίληψη

|   |    |
|---|----|
| Σχήμα 2.1: Σχηματική αναπαράσταση για τον καθορισμό του μη κεντρικού οπτικού πεδίου.....  | 46 |
| Σχήμα 2.2: Σχηματική αναπαράσταση των κύριων περιοχών όπου έχει βρεθεί ενεργοποίηση εξαιτίας υποσυνείδητων ερεθισμάτων με χρήση «μάσκας»..... | 48 |

### Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: Πειραματική διαδικασία και Επεξεργασία των μετρήσεων

|  |    |
|--|----|
| Σχήμα 3.1: Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας.....   | 53 |
| Σχήμα 3.2: Σύστημα καταγραφής ΗΕΓ.....   | 55 |
| Σχήμα 3.3: Επίπεδα ενεργά ηλεκτρόδια.....  | 56 |
| Σχήμα 3.4: Ακιδωτά ενεργά ηλεκτρόδια.....  | 56 |
| Σχήμα 3.5: Σκούφοι.....  | 57 |
| Σχήμα 3.6: αριστερά: κουτί AD 256 καναλιών με μπαταρία, δεξιά: κύκλωμα ενισχυτή / μετατροπέα 8 καναλιών.....                     | 57 |
| Σχήμα 3.7: Μπροστά και πίσω όψη ενός δέκτη USB2.....   | 58 |
| Σχήμα 3.8: Κουτί μπαταρίας και ενισχυτής συνδεδεμένος στο κουτί μπαταρίας.....   | 58 |
| Σχήμα 3.9: αριστερά: φορτιστής, δεξιά: αντάπτορας.....   | 59 |
| Σχήμα 3.10: αριστερά: κουτί αναλογικής εισόδου, δεξιά: κουτί AD συνδεδεμένο μέσω οπτικής ίνας σε κουτί αναλογικής εισόδου.....   | 59 |
| Σχήμα 3.11: Πρόγραμμα καταγραφής ActiView.....   | 60 |
| Σχήμα 3.12: Το GUI του EEGLAB.....   | 62 |
| Σχήμα 3.13: Ενδεικτικές καταγραφές ΗΕΓ που συμπεριλαμβάνουν artifacts από: (α) άνοιγμα – κλείσιμο ματιών, (β) κίνηση ματιών..... | 64 |
| Σχήμα 3.14: Αναδυόμενο παράθυρο pop_newset().....  | 64 |
| Σχήμα 3.15: Αναδυόμενο παράθυρο pop_select().....  | 65 |
| Σχήμα 3.16: Θέσεις ηλεκτροδίων.....  | 65 |
| Σχήμα 3.17: Αναδυόμενο παράθυρο pop_reref.....   | 66 |
| Σχήμα 3.18: Αναδυόμενο παράθυρο pop_eegfilt().....   | 66 |
| Σχήμα 3.19: Αναδυόμενο παράθυρο pop_epoch().....   | 67 |
| Σχήμα 3.20: Αναδυόμενο παράθυρο pop_rmbase().....  | 67 |
| Σχήμα 3.21: Αναδυόμενο παράθυρο pop_selectevent().....   | 68 |
| Σχήμα 3.22: Αναδυόμενο παράθυρο pop_rejmenu().....   | 69 |
| Σχήμα 3.23: Παράθυρο για εξέταση και επιλογή των epochs που περιέχουν artifacts.....   | 70 |
| Σχήμα 3.24: Κατανομή της πιθανότητας εμφάνισης κάθε epoch.....   | 71 |
| Σχήμα 3.25: Επιμέρους πληροφορίες για κάθε ηλεκτρόδιο.....   | 72 |
| Σχήμα 3.26: Πιθανοτική κατανομή των epochs με υπολογισμό της κύρτωσης.....   | 73 |
| Σχήμα 3.27: Αναδυόμενα παράθυρα για απόρριψη artifacts με χρήση του φάσματος.....  | 74 |
| Σχήμα 3.28: Αναδυόμενο παράθυρο eeg_plot() που περιλαμβάνει όλες τις μεθόδους απόρριψης των artifacts.....                       | 75 |

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Αποτελέσματα – Συμπεράσματα

|  |    |
|--|----|
| Σχήμα 4.1: Διάγραμμα φασματικής ισχύος για τη συνθήκη d1.....  | 77 |
| Σχήμα 4.2: Διάγραμμα φασματικής ισχύος για τη συνθήκη d2.....  | 78 |
| Σχήμα 4.3: Διάγραμμα φασματικής ισχύος για τη συνθήκη d3.....  | 79 |
| Σχήμα 4.4: Διάγραμμα φασματικής ισχύος για τη συνθήκη d5.....  | 80 |
| Σχήμα 4.5: Διάγραμμα φασματικής ισχύος για τη συνθήκη d4.....  | 81 |
| Σχήμα 4.6: Διάγραμμα φασματικής ισχύος για τη συνθήκη d6.....  | 82 |
| Σχήμα 4.7: Σημειώνονται τα ηλεκτρόδια στα οποία τα προκλητά δυναμικά εμφανίζουν σημαντικές διαφορές..... | 84 |
| Σχήμα 4.8: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1, d2 για το ηλεκτρόδιο F2.....          | 85 |
| Σχήμα 4.9: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1, d2 για το ηλεκτρόδιο Fz.....          | 86 |
| Σχήμα 4.10: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1, d2 για το ηλεκτρόδιο F1.....         | 86 |
| Σχήμα 4.11: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1, d2 για το ηλεκτρόδιο FC2.....        | 87 |
| Σχήμα 4.12: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1, d2 για το ηλεκτρόδιο FCz.....        | 87 |
| Σχήμα 4.13: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1, d2 για το ηλεκτρόδιο FC1.....        | 88 |
| Σχήμα 4.14: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1, d2 για το ηλεκτρόδιο Cz.....         | 88 |
| Σχήμα 4.15: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d3, d5 για το ηλεκτρόδιο Fz.....         | 89 |
| Σχήμα 4.16: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d3, d5 για το ηλεκτρόδιο FC2.....        | 90 |
| Σχήμα 4.17: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d3, d5 για το ηλεκτρόδιο FCz.....        | 90 |
| Σχήμα 4.18: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d3, d5 για το ηλεκτρόδιο C1.....         | 91 |
| Σχήμα 4.19: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d3, d5 για το ηλεκτρόδιο Cz.....         | 91 |
| Σχήμα 4.20: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d4, d6 για το ηλεκτρόδιο F2.....         | 92 |
| Σχήμα 4.21: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d4, d6 για το ηλεκτρόδιο Fz.....         | 93 |
| Σχήμα 4.22: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d4, d6 για το ηλεκτρόδιο F1.....         | 93 |
| Σχήμα 4.23: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d4, d6 για το ηλεκτρόδιο FC2.....        | 94 |
| Σχήμα 4.24: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d4, d6 για το ηλεκτρόδιο FCz.....        | 94 |
| Σχήμα 4.25: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d4, d6 για το ηλεκτρόδιο FC1.....        | 95 |
| Σχήμα 4.26: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες s1, s2 για το ηλεκτρόδιο F2.....         | 96 |
| Σχήμα 4.27: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες s1, s2 για το ηλεκτρόδιο Fz.....         | 96 |
| Σχήμα 4.28: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες s1, s2 για το ηλεκτρόδιο F1.....         | 97 |
| Σχήμα 4.29: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες s1, s2 για το ηλεκτρόδιο FC2.....        | 97 |
| Σχήμα 4.30: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες s1, s2 για το ηλεκτρόδιο FCz.....        | 98 |



|   |     |
|---|-----|
| Σχήμα 4.58: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, s2 για το ηλεκτρόδιο FCz..... | 114 |
| Σχήμα 4.59: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, s2 για το ηλεκτρόδιο C2.....  | 114 |
| Σχήμα 4.60: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, s2 για το ηλεκτρόδιο Cz.....  | 115 |

## **Παράρτημα**

|  |     |
|--|-----|
| Σχήμα Π1: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1,d2 για το ηλεκτρόδιο CP5.....   | 120 |
| Σχήμα Π2: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1,d2 για το ηλεκτρόδιο T8.....    | 120 |
| Σχήμα Π3: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1,d2 για το ηλεκτρόδιο TP8.....   | 121 |
| Σχήμα Π4: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d3,d5 για το ηλεκτρόδιο T8.....    | 121 |
| Σχήμα Π5: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d3,d5 για το ηλεκτρόδιο TP8.....   | 122 |
| Σχήμα Π6: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d4,d6 για το ηλεκτρόδιο F5.....    | 122 |
| Σχήμα Π7: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d4,d6 για το ηλεκτρόδιο TP8.....   | 123 |
| Σχήμα Π8: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d4,d6 για το ηλεκτρόδιο TP7.....   | 123 |
| Σχήμα Π9: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d4,d6 για το ηλεκτρόδιο P7.....    | 124 |
| Σχήμα Π10: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες s1, s2 για το ηλεκτρόδιο TP7..... | 124 |
| Σχήμα Π11: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες s1, s2 για το ηλεκτρόδιο TP8..... | 125 |
| Σχήμα Π12: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1, s1 για το ηλεκτρόδιο TP7..... | 125 |
| Σχήμα Π13: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1, s1 για το ηλεκτρόδιο TP8..... | 126 |
| Σχήμα Π14: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1, s1 για το ηλεκτρόδιο TP7..... | 126 |
| Σχήμα Π15: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1, s1 για το ηλεκτρόδιο TP8..... | 127 |



# Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Εγκέφαλος και Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα

## 1.1 Νευροφυσιολογία του Εγκεφάλου

### 1.1.1 Ο ανθρώπινος εγκέφαλος

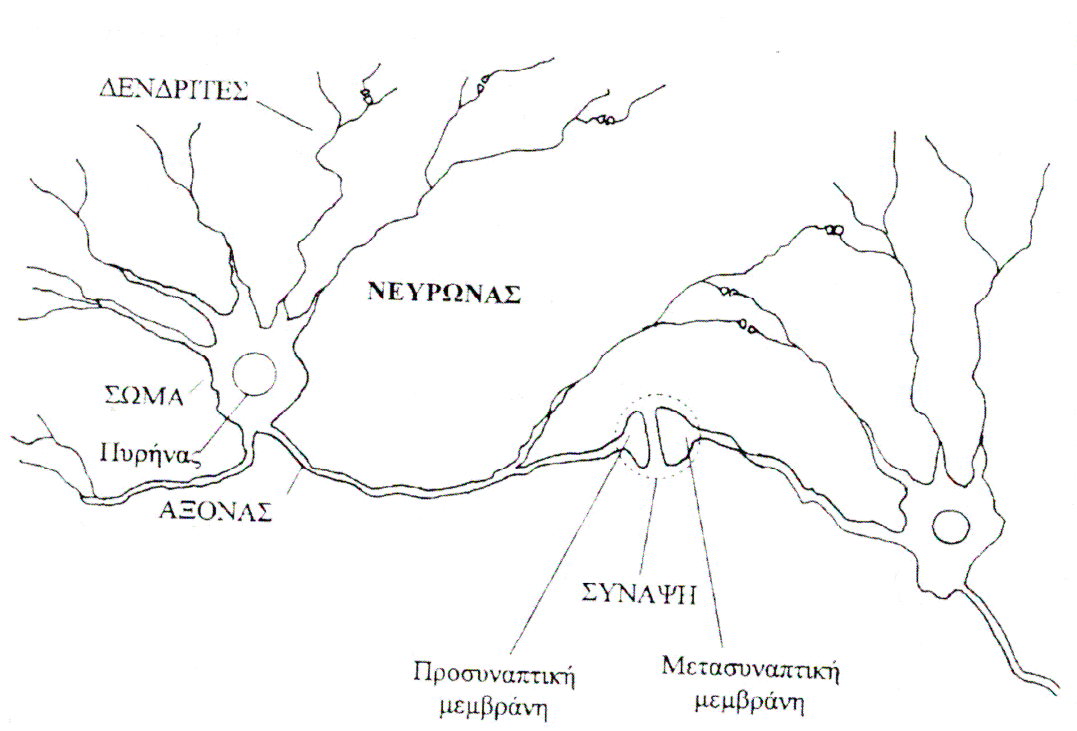
Ο ανθρώπινος εγκέφαλος αποτελεί χωρίς αμφιβολία το πλέον πολύπλοκο δημιούργημα της φύσης. Αποτελείται από ένα εξαιρετικά πολυ – σύνθετο δίκτυο κύτταρων, οι λειτουργίες του οποίου είναι υπεύθυνες για τη δημιουργία των σκέψεων, της μνήμης, τον έλεγχο των δραστηριοτήτων του σώματος και των συναισθημάτων. Αυτό το έργο επιτελείται από τους περίπου  $10^{10}$  νευρώνες του εγκεφάλου, οι οποίοι συναντιούνται μεταξύ τους σε  $10^{14}$  έως  $10^{15}$  σημεία [1].

### 1.1.2 Στοιχεία νευροφυσιολογίας του εγκεφάλου

#### 1.1.2.1 Ανατομία Νευρώνων

Προκειμένου να ερμηνεύσουμε τις καταγραφές του ΗΕΓ, παρουσιάζουμε τη δομή και τη λειτουργία των εγκεφαλικών νευρώνων. Ένας νευρώνας είναι αυτόνομος, το μέγεθος του κυμαίνεται από σχεδόν 0-1m και είναι η βασική μονάδα του νευρικού συστήματος.

Τα νευρικά κύτταρα παράγουν ηλεκτρικά σήματα που μεταδίδονται στο εσωτερικό του κυττάρου, ενώ ταυτόχρονα εκλύουν βιοχημικές ουσίες (αγγελιοφόρους) προκειμένου να επικοινωνήσουν με άλλα κύτταρα. Οι νευρώνες, αν και παρουσιάζουν ποικιλία μεγεθών και σχημάτων, αποτελούνται από τέσσερα μέρη το κυρίως σώμα, τους δενδρίτες, τον άξονα και τις απολήξεις του άξονα [1].



Σχήμα 1.1: Σχηματική αναπαράσταση νευρώνων [1].

Οι δενδρίτες σχηματίζουν δομές που διακλαδίζονται από το κυρίως σώμα του κυττάρου προς τα έξω. Οι περισσότερες συνάψεις, τα σημεία δηλαδή τα οποία λαμβάνουν τα σήματα από τους άλλους νευρώνες, βρίσκονται στους δενδρίτες και το κυρίως σώμα του κυττάρου.

Ο άξονας ή νευρική ίνα, αποτελεί μια προέκταση του κυτταρικού σώματος. Το τμήμα του άξονα που βρίσκεται πλησιέστερα στο σώμα του κυττάρου, μαζί με το σημείο όπου γίνεται η σύνδεση, ονομάζεται αρχικό τμήμα. Από το σημείο αυτό, ξεκινούν τα ηλεκτρικά σήματα που διαδίδονται μακριά από το σώμα, κατά μήκος του άξονα. Ο άξονας επίσης μπορεί να έχει και άλλες εγκάρσιες διακλαδώσεις ενώ στις απολήξεις τόσο του άξονα, όσο και των διακλαδώσεων υπάρχουν περαιτέρω διακλαδώσεις. Όλες οι διακλαδώσεις καταλήγουν σε απολήξεις που είναι υπεύθυνες για την μεταβίβαση των χημικών σημάτων από τους νευρώνες.

Κατά μήκος του άξονα μετακινούνται διάφορα οργανίδια και ουσίες, από το κυρίως σώμα προς τις απολήξεις και αντιστρόφως (αξονική μεταφορά), και έτσι τα διάφορα χημικά σήματα έχουν τη δυνατότητα να επηρεάζουν τη μορφολογία και τη βιοχημεία του νευρώνα.

#### 1.1.2.2 Κατηγορίες Νευρώνων

Οι νευρώνες ανάλογα με την λειτουργία που επιτελούν, διακρίνονται σε προσαγωγούς, απαγωγούς και διανευρώνες. Οι προσαγωγοί νευρώνες μεταφέρουν πληροφορία από τους ιστούς και τα όργανα του κυττάρου στο κεντρικό νευρικό σύστημα, οι απαγωγοί μεταφέρουν ηλεκτρικά σήματα από το κεντρικό νευρικό σύστημα προς τους μύες ή τα κύτταρα αδένων και οι διανευρώνες συνδέουν τους απαγωγούς και προσαγωγούς νευρώνες.

Στα σημεία του κυττάρου που βρίσκονται σε μεγαλύτερη απόσταση από το ΚΝΣ, οι προσαγωγοί νευρώνες διαθέτουν υποδοχείς οι οποίοι μπορεί να είναι είτε εξειδικευμένες απολήξεις του νευρώνα είτε ξεχωριστά κύτταρα που όμως συνδέονται στενά με αυτόν. Οι υποδοχείς, ως απόκριση σε διάφορες φυσικές ή χημικές μεταβολές στο περιβάλλον τους προκαλούν τη δημιουργία ηλεκτρικών σημάτων μέσα στο νευρώνα, ο οποίος με τη σειρά του τα μεταδίδει στον εγκέφαλο ή το νωτιαίο μυελό.

Η εξειδικευμένη σύνδεση μεταξύ 2 νευρώνων, όπου ο ένας μεταβάλλει τη λειτουργία του άλλου, ονομάζεται σύναψη. Στις περισσότερες συνάψεις, το σήμα διαδίδεται από τον ένα νευρώνα στον άλλο μέσω χημικών αγγελιοφόρων που ονομάζονται νευροδιαβιβαστές. Ο νευροδιαβιβαστής που ελευθερώνεται από τον ένα νευρώνα μεταβάλλει το νευρώνα-δέκτη, συνδεδεμένος με έναν ειδικό μεμβρανικό υποδοχέα του τελευταίου.

Οι συνάψεις δημιουργούνται γενικώς μεταξύ των απολήξεων του άξονα του ενός νευρώνα και του κυτταρικού σώματος ή δενδρίτη ενός άλλου, αλλά μπορούν να δημιουργηθούν και μεταξύ των δενδριτών, μεταξύ δενδρίτη και κυτταρικού σώματος ή μεταξύ των απολήξεων δυο αξόνων. Οι νευρώνες που άγουν σήματα προς τη σύναψη ονομάζονται προσυναπτικοί, ενώ αυτοί που λαμβάνουν σήματα μετασυναπτικοί [2], [3].

### 1.1.2.3 Δυναμικά της μεμβράνης

#### 1.1.2.3.1 Δυναμικό Ηρεμίας

Όλα τα κύτταρα σε συνθήκες ηρεμίας έχουν μια διαφορά δυναμικού κατά μήκος των μεμβρανών, με το εσωτερικό του κυττάρου αρνητικά φορτισμένο ως προς το εξωτερικό. Αυτό ονομάζεται δυναμικό ηρεμίας της μεμβράνης. Η τιμή του κυμαίνεται από -5 έως -100 mV, ανάλογα με τον τύπο του κυττάρου (για τους νευρώνες η τιμή κυμαίνεται από -40 έως -75 mV) και μπορεί να μεταβληθεί ταχύτατα από κάποια εξωτερική διέγερση. Η δυνατότητα αυτή των κυττάρων έχει κρίσιμη σημασία για τη λειτουργία τους.

Το δυναμικό ηρεμίας της μεμβράνης οφείλεται στο γεγονός ότι στο εσωτερικό του κυττάρου υπάρχει περίσσεια αρνητικών φορτίων (iónτων), ενώ στο εξωτερικό περίσσεια θετικών φορτίων. Η περίσσεια αρνητικών íόντων στο εσωτερικό έλκεται ηλεκτρικά από τα θετικά íοντα στο εξωτερικό και αντιστρόφως. Με τον τρόπο αυτό, η περίσσεια των íόντων συγκεντρώνεται σε ένα λεπτό φλοιό στην εσωτερική και εξωτερική επιφάνεια της μεμβράνης, ενώ ο κύριος όγκος του εξωκυττάρου υγρού παραμένει ηλεκτρικά ουδέτερος.

#### 1.1.2.3.2 Βαθμωτά Δυναμικά και Δυναμικά Δράσης

Οι παροδικές μεταβολές στο δυναμικό της μεμβράνης προκαλούν ηλεκτρικά σήματα που μπορούν να αλλάξουν τις λειτουργίες του κυττάρου. Οι αλλαγές αυτές είναι ο πιο σημαντικός τρόπος διαχείρισης και μεταφοράς ερεθισμάτων από τα νευρικά κύτταρα. Τα προαναφερθέντα ηλεκτρικά σήματα μπορούν να εμφανιστούν με δυο μορφές, τα βαθμωτά δυναμικά και τα δυναμικά δράσης.

Γενικά, μια μεμβράνη ονομάζεται αποπολωμένη όταν το δυναμικό της είναι λιγότερο αρνητικό (δηλαδή πλησιέστερο στο 0) από το δυναμικό ισορροπίας της. Κατά σύμβαση, ο όρος αυτός περιλαμβάνει και καταστάσεις όπου το δυναμικό της μεμβράνης αντιστρέφεται. Η μεμβράνη ονομάζεται υπερπολωμένη όταν το δυναμικό της είναι περισσότερο αρνητικό από το δυναμικό ισορροπίας.

Η διαδικασία κατά την οποία το δυναμικό ισορροπίας μιας μεμβράνης που έχει είτε αποπολωθεί είτε υπερπολωθεί επιστρέφει προς την τιμή ηρεμίας, ονομάζεται επαναπόλωση.

- Βαθμωτά Δυναμικά

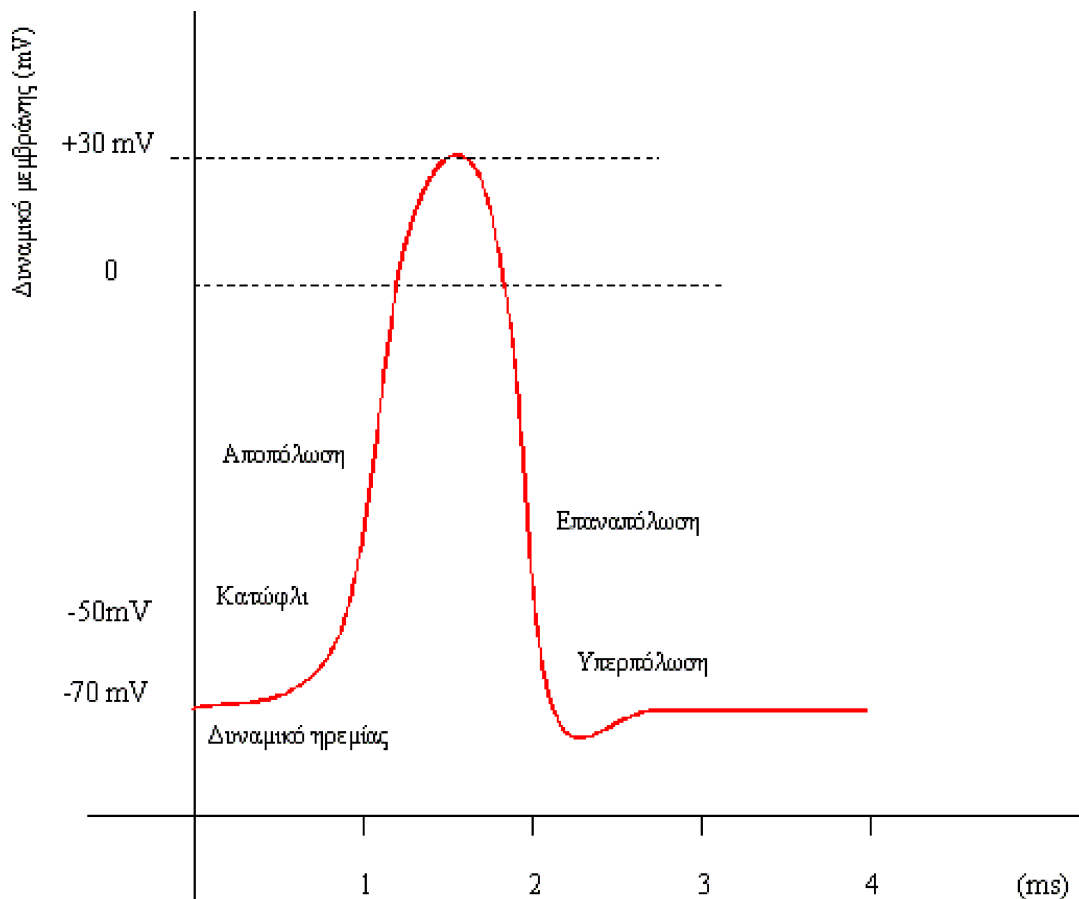
Τα βαθμωτά δυναμικά μεταφέρουν ερεθίσματα σε μικρές αποστάσεις. Πρόκειται για μικρές μεταβολές στο δυναμικό της μεμβράνης που περιορίζονται σε μία μικρή περιοχή αυτής και εξασθενίζουν μετά από 1-2 mm από το σημείο διέγερσης. Τα δυναμικά αυτά παράγονται συνήθως από κάποιο ερέθισμα είτε προς την κατεύθυνση της αποπόλωσης είτε προς την κατεύθυνση της υπερπόλωσης. Ονομάζονται βαθμωτά γιατί το εύρος της αλλαγής του δυναμικού μεταβάλλεται και σχετίζεται με το μέγεθος του ερεθίσματος. Ορισμένα χαρακτηριστικά βαθμωτά δυναμικά ανάλογα με τη θέση που δημιουργούνται ή τη λειτουργία τους είναι τα δυναμικά υποδοχέων, τα συναπτικά δυναμικά και τα δυναμικά βηματοδότη.

- Δυναμικά Δράσης

Τα δυναμικά δράσης παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές ως προς τα βαθμωτά δυναμικά. Είναι ταχείες μεταβολές του δυναμικού της μεμβράνης οι οποίες μπορεί να διαρκέσουν μόνο 1 ms, κατά τη διάρκεια του οπίου όμως το δυναμικό της μεμβράνης μπορεί να μεταβληθεί μέχρι και κατά 100mV, από -70 έως 40 mV και μετά να επαναπολωθεί στη τιμή του δυναμικού ηρεμίας. Μόνον οι νευρώνες, οι μύες και

ορισμένα κύτταρα των αδένων, έχουν μεμβράνες ικανές να παράγουν δυναμικά δράσης. Αυτές ονομάζονται διεγερσιμες μεμβράνες και η ικανότητα τους να παράγουν δυναμικά δράσης είναι γνωστή ως διεγερσιμότητα. Η μετάδοση των δυναμικών δράσης χρησιμοποιείται από το νευρικό σύστημα για επικοινωνία σε μεγάλες αποστάσεις.

Αφότου δημιουργηθεί, ένα συγκεκριμένο δυναμικό δράσης δεν διαδίδεται από μόνο του κατά μήκος της μεμβράνης. Αντίθετα κάθε ενεργό δυναμικό ενεργοποιεί, μέσω δημιουργίας ενός τοπικού ρεύματος, ένα άλλο σε γειτονική περιοχή της μεμβράνης. Το νέο ενεργό δυναμικό είναι θεωρητικά ταυτόσημο με αυτό που το προξένησε και παράγει τοπικά ρεύματα από μόνο του, τα οποία αποπολώνουν την περιοχή γύρω από αυτό και δημιουργούν ένα ακόμα ενεργό δυναμικό στην γειτονική περιοχή και αυτό συνεχίζεται κατά μήκος της μεμβράνης και το δυναμικό δράσης που φτάνει στο άκρο της μεμβράνης είναι ίδιο σε σχήμα με το αρχικό. Με άλλα λόγια, τα δυναμικά δράσης δεν εξασθενούν κατά τη διάδοση, όπως τα βαθμωτά δυναμικά [2], [3], [4].



Σχήμα 1.2: Δυναμικό Δράσης. Το σχήμα παρουσιάζει τη διαφορά δυναμικού μεταξύ εσωκυτταρικού και εξωκυτταρικού χώρου συναρτήσει του χρόνου σε ένα σημείο της μεμβράνης [1].

### 1.1.2.3.3 Μετασυναπτικό Δυναμικό (*post synaptic potential-PSP*)

Εμφανίζεται στη μετασυναπτική μεμβράνη, όταν μεταδοθεί ο ερεθισμός μέσω του συναπτικού χάσματος από την προσυναπτική μεμβράνη που οφείλεται σε ενεργοποίηση του προσυναπτικού νευρώνα. Σε σχέση με το δυναμικό δράσης, έχει πιο συνεχή μορφολογία, είναι πιο περιορισμένο στο χώρο (αφού εμφανίζεται στην περιοχή της σύναψης) και έχει χαμηλότερη τιμή, διότι η μετασυναπτική μεμβράνη αποπολώνεται ή υπερπολώνεται λιγότερο σε σχέση με το σώμα του νευρώνα καθώς εκεί αθροίζονται όλα τα σήματα που προέρχονται από τους δενδρίτες. Κατά τη διάρκεια της αποπόλωσης το δυναμικό ονομάζεται μετασυναπτικό δυναμικό διέγερσης (EPSP), ενώ στην αντίθετη περίπτωση το δυναμικό ονομάζεται μετασυναπτικό δυναμικό καταστολής ή αναστολής (APSP). Σε μια σύναψη του εγκεφάλου μπορεί να εμφανιστεί είτε μόνο μετασυναπτικό δυναμικό διέγερσης, οπότε η σύναψη ονομάζεται σύναψη διέγερσης ή διεγείρουσα σύναψη (*excitatory synapse*) είτε μόνο μετασυναπτικό δυναμικό καταστολής ή αναστολής οπότε αυτή ονομάζεται κατασταλτική ή ανασταλτική σύναψη (*inhibitory synapse*). [1]

Το σύνολο των ηλεκτροχημικών επιδράσεων από νευρώνα σε νευρώνα, αθροιζόμενο για όλες τις περιοχές του εγκεφάλου, μέσα από ένα δίκτυο ανεξερεύνητης ακόμη πολυπλοκότητας, δημιουργεί αυτό που ονομάζουμε εγκεφαλική λειτουργία, της οποίας μόνο μερικώς μπορούμε να ανιχνεύσουμε και να μελετήσουμε τις διάφορες διαδικασίες και εκδηλώσεις. Ένα από τα εργαλεία για τη μελέτη αυτή όπως αναφέραμε και στην εισαγωγή, αποτελεί ακριβώς η Ηλεκτροεγκεφαλογραφία.

## 1.2 Το Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα

### 1.2.1 Περιγραφή ΗΕΓ

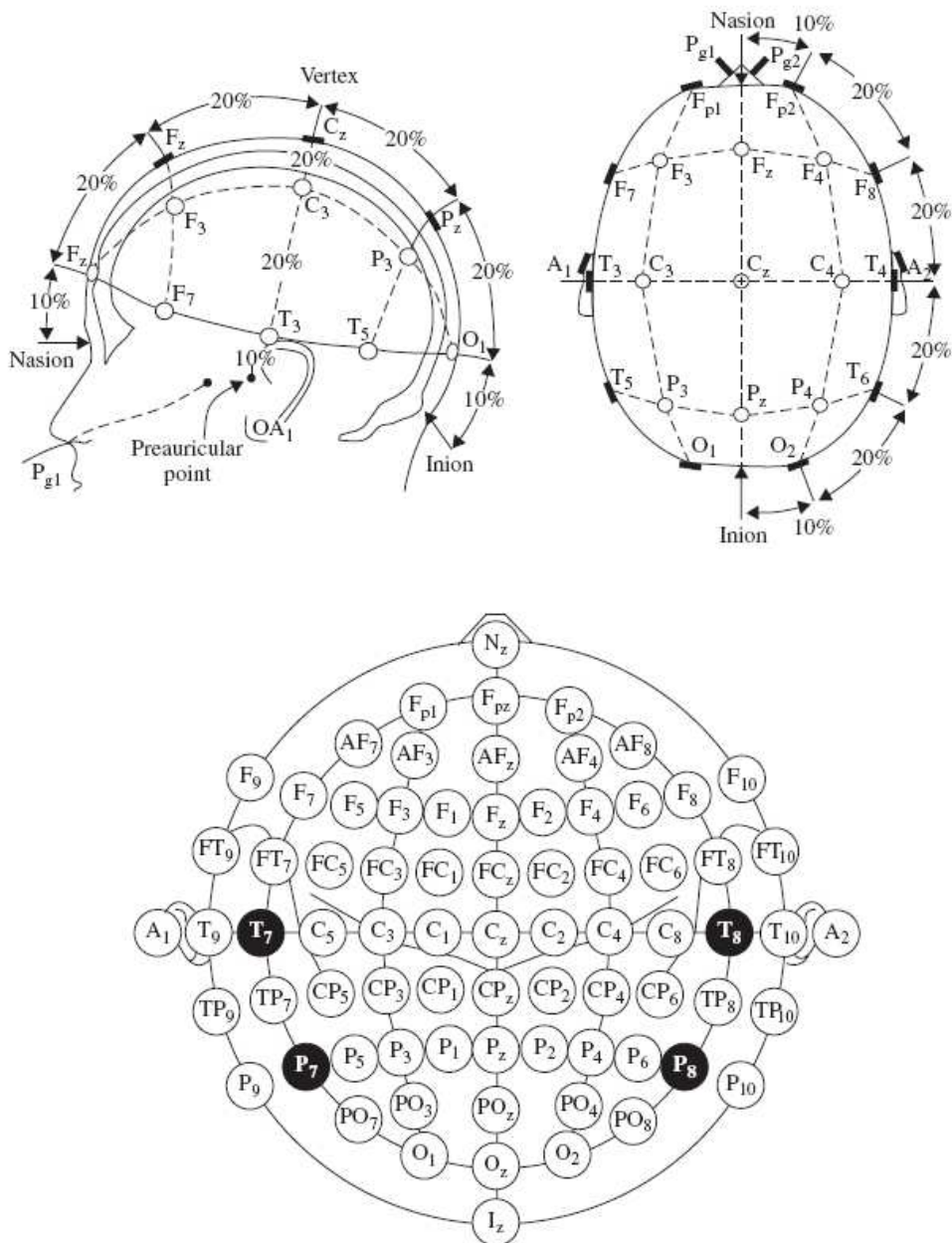
Η πρώτη καταγραφή του ηλεκτρικού πεδίου του ανθρώπινου εγκεφάλου έγινε από τον Γερμανό ψυχίατρο H.Berger το 1924 ο οποίος έδωσε στην καταγραφή αυτή το όνομα *Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα* (ΗΕΓ) [5]. Το ΗΕΓ στηρίζεται στην καταγραφή των διαφορών δυναμικού, οι οποίες παρουσιάζονται σε σημεία της εξωτερικής δερματικής επιφάνειας του ανθρώπινου κεφαλιού. Τα δυναμικά τα οποία μετρούμε μεταξύ δύο ηλεκτροδίων στην εξωτερική δερματική επιφάνεια του κεφαλιού οφείλονται ουσιαστικά σε ρεύματα ιόντων διαμέσου της κυτταρικής μεμβράνης των νευρώνων που συμμετέχουν στην εκάστοτε εγκεφαλική διεργασία. Η παρεμβολή μεταξύ του ηλεκτροδίου και του εγκεφάλου ενός στρώματος πάχους 2-3 cm (δέρμα, κρανίο, σκληρά μήνιγγα) εξασθενεί το σήμα κατά 10 τουλάχιστον φορές. Είναι απαραίτητη η ενίσχυση των σημάτων αυτών για καλύτερη απεικόνιση καθώς και η πυκνότερη κάλυψη του κεφαλιού με απαγωγά ηλεκτρόδια για μεγαλύτερη ακρίβεια και εποπτεία της εγκεφαλικής λειτουργίας [6]. Η ενίσχυση και η καταγραφή αυτών των κυμάτων, που αντιπροσωπεύουν ένα άθροισμα ταυτόχρονων ηλεκτρικών αλλαγών πολλών εγκεφαλικών κυττάρων αποτελεί το «ηλεκτροεγκεφαλογράφημα» (ΗΕΓ).

## 1.2.2 Τα Ηλεκτρόδια

Τα ηλεκτρόδια του ΗΕΓ μετατρέπουν το ρεύμα ιόντων των εγκεφαλικών ιστών σε ηλεκτρικό ρεύμα που οδηγείται στους προενισχυτές του συστήματος ΗΕΓ. Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους καθορίζονται από το είδος του μετάλλου που χρησιμοποιείται. Ο συχνότερος τύπος είναι αυτό του αργύρου-χλωριούχου αργύρου (Ag-AgCl). Συνήθως είναι επαναχρησιμοποιούμενα επιφανειακά ηλεκτρόδια (δίσκοι ή κύπελλα) που τοποθετούνται στο κεφάλι με μια αγωγή κρέμα παρόμοιας σύστασης με τα σωματικά υγρά / ηλεκτρολύτες. Η τοποθεσία αρχικά καθαρίζεται με οινόπνευμα ή ασετόν για την απομάκρυνση των λιπαρών ουσιών του δέρματος. Ακόμα καλύτερα συνίσταται η μείωση (με την τοποθέτηση αγωγικής κρέμας) της αντίστασης επαφής χαμηλότερα από τα 10 kΩ για να εξασφαλιστεί καλή καταγραφή του σήματος του ΗΕΓ [7].

Το πλάτος, η φάση και η συχνότητα του σήματος του ΗΕΓ εξαρτώνται από την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων. Η τοποθέτηση αυτή βασίζεται στις μετωπικές, πλευρικές, κροταφικές και ινιακές περιοχές. Το πιο διαδεδομένο σύστημα τοποθέτησης είναι το 10-20 που καθιερώθηκε από τη διεθνή ομοσπονδία των ενώσεων ΗΕΓ.

Η ονομασία του συστήματος οφείλεται στην επιλογή του 20% της αποστάσεως μεταξύ των δύο αυτιών ως την απόσταση ανάμεσα σε δύο οποιαδήποτε ηλεκτρόδια και στην επιλογή του 10% της αποστάσεως μεταξύ των δύο αυτιών ως την απόσταση από το αυτί στο κοντινότερο προς αυτό ηλεκτρόδιο του [8]. Επιπρόσθετα, απαγωγές τοποθετούνται στους λοβούς των αυτιών καθώς και σε θέσεις κοντά στα μάτια. Τα ηλεκτρόδια (A1 ή A2) που τοποθετούνται στους λοβούς ή πίσω από το αυτί είναι τα ηλεκτρόδια αναφοράς και τα μετρούμενα Προκλητά Δυναμικά σε ένα σημείο της δερματικής επιφάνειας του κρανίου υπολογίζονται ως η διαφορά δυναμικού μεταξύ του σημείου αυτού και των λοβών, οι οποίοι εξαιτίας του γεγονότος ότι διαπερνούνται από μικρό αριθμό νεύρων και έχουν χαμηλή αιμάτωση, εμφανίζουν ιδιαίτερα σταθερό και χαμηλό δυναμικό [19].



Σχήμα 1.3.: Η διάταξη των ηλεκτροδίων κατά Jaspers. Διακρίνονται τα ηλεκτρόδια αναφοράς A1, A2 καθώς και το ηλεκτρόδιο κορυφής Cz [19].

Η ευρεία χρησιμοποίηση του συστήματος 10-20 ή αλλιώς διάταξη κατά Jaspers οφείλεται στο γεγονός ότι προσαρμόζεται σε διάφορες διαστάσεις κεφαλιών (μικρά παιδιά, ενήλικες). Μέχρι σήμερα έχουν προταθεί διάφορες επεκτάσεις του μοντέλου αυτού, όπως το μοντέλο 10-10 [9] και το μοντέλο 10-5 [10], στις οποίες παρεμβάλλονται ηλεκτρόδια ανάμεσα στις θέσεις του συστήματος 10-20. Οι προεκτάσεις αυτές γίνονται με σκοπό να αυξηθεί ο αριθμός των παρεχόμενων καναλιών. Το μοντέλο που έχει γίνει αποδεκτό και έχει τεκμηριωθεί από την Αμερικανική Ηλεκτροεγκεφαλογραφική Κοινότητα (American Electroencephalographic Society) [11] είναι το 10-10 το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα. Το μοντέλο 10-5 αν και είναι υποσχόμενο βρίσκεται ακόμα σε πειραματικά στάδια.

### 1.2.3 Ρυθμοί Εγκεφαλογραφήματος

Η μελέτη του ΗΕΓ βασίζεται στη διάκριση, κατά τις καταγραφές δυναμικού ως συνάρτηση του χρόνου, της ύπαρξης ή μη συγκεκριμένων κυματομορφών, των λεγόμενων ρυθμών των οποίων κύριο χαρακτηριστικό είναι οι συχνότητες των αρμονικών από τις οποίες αποτελούνται, δηλαδή το φασματικό περιεχόμενο [1]. Έχουν αναγνωρισθεί και αναφέρονται στη βιβλιογραφία τέσσερις διακριτοί τύποι συνεχούς ρυθμικής ημιτονοειδούς εγκεφαλικής δραστηριότητας: άλφα, βήτα, δέλτα και θήτα. Η διάκριση μεταξύ τους γίνεται με βάση το τμήμα του φάσματος συχνοτήτων στο οποίο αυτοί εμφανίζονται, χωρίς όμως να υπάρχει απόλυτη συμφωνία για τα όρια και το εύρος κάθε περιοχής.

*δέλτα ρυθμός:* Πρόκειται για μεγάλου πλάτους ( $\approx 75 \mu\text{V}$ ) και χαμηλής συχνότητας ( $\leq 4 \text{ Hz}$ ) ηλεκτρομαγνητικές ταλαντώσεις που φυσιολογικά καταγράφονται στους ενήλικες κατά τα στάδια III και IV του ύπνου ενώ σε κατάσταση εγρήγορσης μόνο σε νεογέννητα έως το δεύτερο έτος της ηλικίας τους. Για την ακρίβεια ο δ-ρυθμός συνιστά ένα ποσοτικό κριτήριο για τη διάκριση ανάμεσα στα στάδια του βαθύ ύπνου: το στάδιο III ορίζεται από την ύπαρξη δ-ρυθμού για ένα χρονικό ποσοστό 20 – 50% ενώ στο στάδιο IV ο ίδιος ρυθμός είναι κυρίαρχος για πάνω από το 50% του χρόνου. [13].

*θήτα ρυθμός:* Ο ρυθμός θήτα (4-8Hz) είναι συνήθως εμφανής στο ΗΕΓ ενηλίκου που δεν κοιμάται, αλλά μπορεί και να μην εμφανίζεται καθόλου. Τείνει να εντοπίζεται περισσότερο στην κεντρική και κροταφική περιοχή και πρέπει η κατανομή του να είναι συμμετρική. Επιπλέον, φαίνεται να συνδέεται με μηχανισμούς καταστολής, είτε στην είσοδο σε φάση χαλάρωσης είτε σε συνδυασμό με το βήτα ρυθμό σε φάση αυξημένης προσοχής [14]. Η παρατήρησή του είναι επίσης πιθανή σε περιπτώσεις εγκεφαλικής βλάβης και σε παθολογικές καταστάσεις όπως η επιληψία. Οι ταλαντώσεις τύπου θ, παρ' όλο που η λειτουργική τους σημασία δεν έχει ξεκαθαριστεί τόσο στον άνθρωπο όσο και στα ζώα, έχουν συσχετιστεί με τις διαδικασίες της διανοητικής συγκέντρωσης, της μνήμης και της μάθησης [13].

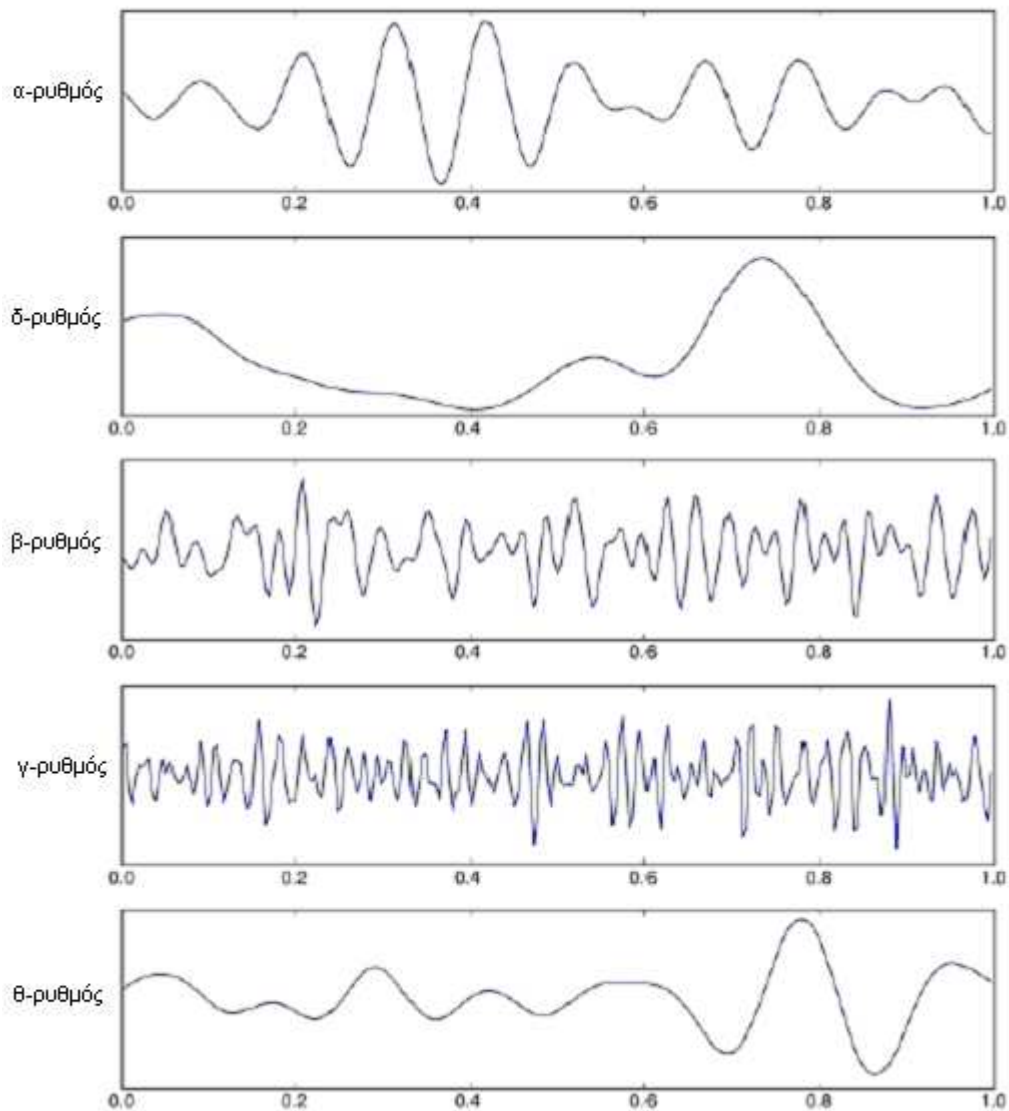
*άλφα ρυθμός:* Πρόκειται για ηλεκτρομαγνητικές ταλαντώσεις στη συχνοτική περιοχή 8 – 13 Hz. Ο ρυθμός αυτός πήρε το όνομά του επειδή ήταν ο πρώτος που μελετήθηκε από τον Hans Berger (1929) [12]. Ο α-ρυθμός εντοπίζεται κυρίως στον ινιακό λοβό ενώ είμαστε ξύπνιοι, σε χαλάρωση και με τα μάτια κλειστά, αντιπροσωπεύοντας κατά κάποιο τρόπο τη δραστηριότητα του οπτικού φλοιού απουσία εξωτερικών ερεθισμών. Το κλείσιμο ή το άνοιγμα, των ματιών προκαλεί αύξηση ή μείωση αντίστοιχα, του άλφα ρυθμού. Ο ρυθμός αυτός είναι λιγότερο ή περισσότερο συμμετρικός μεταξύ των ημισφαιρίων αλλά συχνά είναι μεγαλύτερου πλάτους στο μη κυρίαρχο ημισφαίριο. Η απουσία του άλφα σε ένα από τα δυο ημισφαίρια είναι πάντα παθολογική [13].

Επίσης εγκεφαλική δραστηριότητα που έχει παρατηρηθεί στην ίδια συχνοτική περιοχή με τον α-ρυθμό αλλά εστιάζεται στον σωματοκινητικό φλοιό, αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως μ-ρυθμός. Κατ' αντιστοιχία με τα προηγούμενα, ο μ-ρυθμός εξασθενεί όταν υπάρχει κίνηση (ή πρόθεση για κίνηση) σηματοδοτώντας έτσι τις περιόδους ηρεμίας του σωματοκινητικού φλοιού. Ο ρυθμός αυτό έχει συσχετιστεί με μια πιθανή συνεργατική ενεργοποίηση οπτικού και σωματοκινητικού φλοιού, λειτουργικό αποτέλεσμα της οποίας είναι η μετάφραση οπτικοακουστικών ερεθισμάτων σε κινήσεις [14].



*βήτα ρυθμός*: Με τον όρο αυτό χαρακτηρίζεται η εγκεφαλική ηλεκτρομαγνητική δραστηριότητα που καταγράφεται σε συχνότητες από 13 Hz έως και 30 Hz και εμφανίζεται όταν είμαστε ξύπνιοι σε κατάσταση φυσιολογικής εγρήγορσης. Ποικίλει σημαντικά σε πλάτος και το μέγιστος πλάτος παρατηρείται συνήθως στις εμπρόσθιες κεντρικές περιοχές του εγκεφάλου, αλλά μπορεί να είναι και περισσότερο εκτεταμένος [14]. Τα πλάτη του σε διάφορες συχνοτικές περιοχές έχουν συχνά συσχετιστεί με λειτουργίες όπως η νοητική συγκέντρωση και η σκέψη σε καταστάσεις άγχους. Η εμφάνιση του β-ρυθμού επηρεάζεται επίσης από παθολογικούς παράγοντες και από τη χρήση φαρμάκων [13].

Κατ' αναλογία με τον β-ρυθμό έχουν παρατηρηθεί και οι ταλαντώσεις τύπου γάμα ( $\gamma$ ) (30 – 80 Hz) κυριαρχούν στον εγκέφαλο σε φάσεις λειτουργικής εγρήγορσης. Η δραστηριότητα τύπου  $\gamma$  έχει σχετιστεί με την εστιασμένη εγρήγορση, την κίνηση, τη σωματοαισθητική αντίληψη και πρόβλεψη, ενώ έχει επίσης προταθεί η άποψη ότι ο συγχρονισμός στις συχνότητες  $\gamma$  είναι σημαντικός για το συσχετισμό στο χρόνο των αισθητικών ερεθισμάτων [13].



Σχήμα 1.4: Οι κυματομορφές των βασικών εγκεφαλικών ρυθμών όπως εμφανίζονται στο ΗΕΓ [13].

| <i><b>Ρυθμός</b></i> | <i><b>Περιοχή συχνοτήτων (Hz)</b></i> | <i><b>Πλάτος (μV)</b></i> |
|----------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| <i>δέλτα (δ)</i>     | 0.5 - 4                               | έως 100 - 200             |
| <i>θήτα (θ)</i>      | 4- 8                                  | <30                       |
| <i>άλφα (α)</i>      | 8 -13                                 | 30 - 50                   |
| <i>βήτα (β)</i>      | 13 - 19                               | <20                       |
| <i>ταχύς βήτα</i>    | 20 - 30                               | <20                       |

Πίνακας 1.1: Ρυθμοί του ΗΕΓ [1].

#### 1.2.4 Προκλητά Δυναμικά

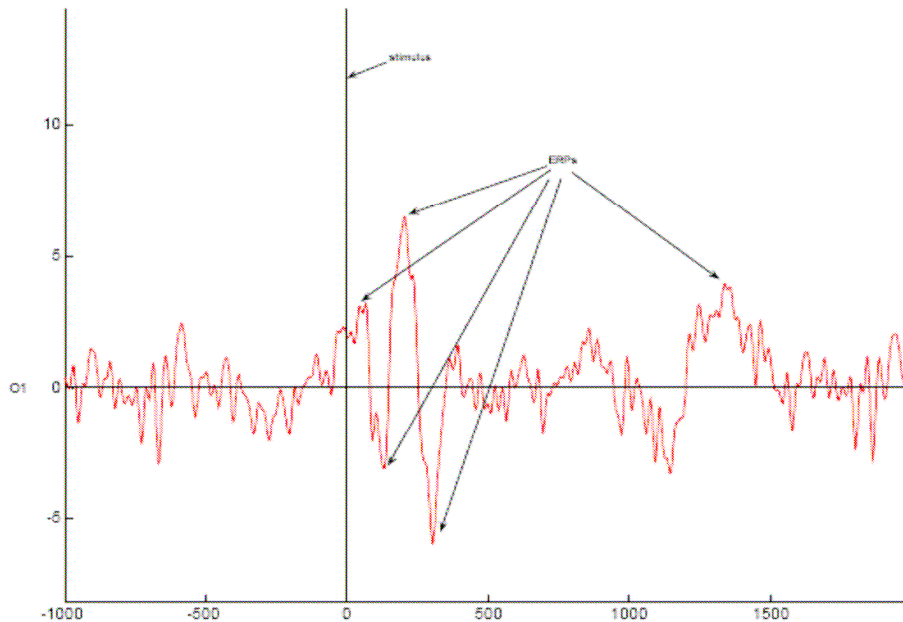
Η ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου είναι συνεχώς παρούσα με έναν αυθόρμητο τρόπο αλλά μπορεί επίσης να προκληθεί ως απόκριση (response) σε ένα εξωτερικό ερέθισμα, όπως για παράδειγμα ένας ήχος ή ένα φωτεινό φλας ή ακόμα και σαν απόκριση ενός εσωτερικού ερεθίσματος, όπως για παράδειγμα η παράλειψη ενός αναμενόμενου ερεθίσματος. Τα ηλεκτρικά δυναμικά που καταγράφονται κατόπιν ερεθισμάτων είναι διακριτά σε σχέση με τα αυθόρμητα δυναμικά που παράγει ο εγκέφαλος τα οποία σχετίζονται με κάποια ψυχολογική διαδικασία του εξεταζόμενου και καλούνται Emitted Potentials (εκπεμπόμενα δυναμικά). Η μεταβολή του συνεχούς ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος εξαιτίας κάποιων ερεθισμάτων καλείται Event Related Potential (ERP- δυναμικό που σχετίζεται με κάποιο συμβάν) ή απλά προκλητό δυναμικό (Evoked Potential-EP).

Τα ERPs που αντικατοπτρίζουν την εγκεφαλική δραστηριότητα σχετιζόμενη με ένα εξωτερικό ερέθισμα, μπορούμε να τα μελετήσουμε μέσω προδιαγεγραμμένων πειραματικών διαδικασιών στο εργαστήριο και διακρίνονται σε 3 κυρίως κατηγορίες ανάλογα με το είδος του εξωτερικού ερεθίσματος που τα προκαλεί:

1. **Οπτικά** προκλητά δυναμικά (Visual Evoked Potentials - VEP), τα οποία προκαλούνται από οπτικό ερεθισμό όπως είναι η εμφάνιση μιας συγκεκριμένης εικόνας, η αλλαγή χρωμάτων, οι λάμπειες κ.α.
2. **Ακουστικά** προκλητά δυναμικά (Audio Evoked Potentials - AEP), τα οποία προκαλούνται από ακουστικό ερεθισμό, δηλαδή ήχους, λέξεις ή τόνους διαφόρων συχνοτήτων και έντασης.
3. **Σωματοαισθητικά** προκλητά δυναμικά (Somatosensory Evoked Potentials - SEP), τα οποία προκαλούνται όταν ένα ηλεκτρικό ρεύμα μικρής διάρκειας και έντασης ερεθίσει κάποιο συγκεκριμένο νεύρο.

Μία σημαντική παράμετρος που διαχωρίζει τα ERPs σχετίζεται με τον χρόνο εμφάνισής τους σε σχέση με το εξωτερικό ερέθισμα (λανθάνων χρόνος). Για παράδειγμα, τα ακουστικά – VEP – διακρίνονται σε πρώιμα (early) (2-12 msec από τη στιγμή του ερεθίσματος), μέσα (middle) (12-50 msec) και αργά ή ύστερα (late) (50-800 msec). Εύκολα μπορεί κανείς να παρατηρήσει πως το εύρος ζώνης των κυματομορφών μειώνεται ενώ το πλάτος αυξάνεται καθώς αυξάνει ο λανθάνων χρόνος. Οι διαφοροποιήσεις αυτές στο εύρος ζώνης και το πλάτος οφείλονται στο σημείο έκλυσης των δυναμικών μέσα στον ανθρώπινο εγκέφαλο. Συγκεκριμένα, τα πρώιμα σχετίζονται με την διαβίβαση των νευρωνικών ώσεων κατά μήκος του ακουστικού ή οπτικού νεύρου για ακουστικά ή οπτικά προκλητά δυναμικά και κατά μήκος της σωματοαισθητικής οδού για τα σωματοαισθητικά. Αντίθετα τα ύστερα δυναμικά αντανακλούν την εγκεφαλική δραστηριότητα περιοχών του φλοιού ως αντίδραση στην άφιξη της εξωτερικής πληροφορίας.

Τα ERPs μπορούν, επίσης, να διακριθούν σε ενδογενή, που εξαρτώνται από την ψυχολογική κατάσταση του ατόμου και τα ψυχολογικά γνωρίσματα του απλού ή συμπλόκου ερεθίσματος, και εξωγενή, που σχετίζονται άμεσα με τη φύση του εκλυτικού ερεθίσματος δηλαδή την ένταση, τη συχνότητά του και την ακεραιότητα των αισθητικών οδών [1].

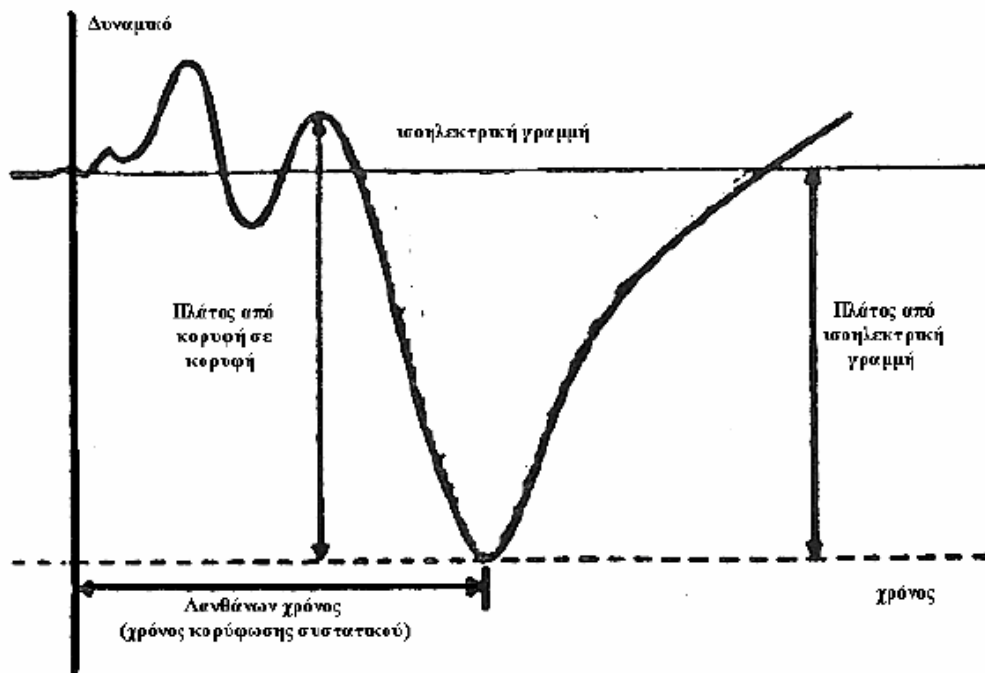


Σχήμα 1.5: Average ERPs για το ηλεκτρόδιο  $O_1$  (ινιακός λοβός) [13]

Η μελέτη των ERPs γίνεται πιο συστηματοποιημένη αν στηριχθεί κανείς στα επιμέρους συστατικά (components) που έχουν τα σήματα αυτά. Τα συστατικά αυτά είναι μερικές κυματομορφές του συνολικού σήματος, οι οποίες καθορίζονται βάσει:

- ο κορυφώσεων (αρνητικών ή θετικών) του πλάτους δυναμικού
- ο της χρονικής στιγμής στην οποία κατά προσέγγιση λαμβάνει χώρα η κορύφωση
- ο του χρονικού εύρους το οποίο καταλαμβάνει η μερική κυματομορφή που περιέχει τη συγκεκριμένη κορύφωση

Το πλάτος του συστατικού συνήθως μετράται με αναφορά την ισοηλεκτρική γραμμή (0 Volts) ή το επίπεδο δυναμικού στην έναρξη της διαδικασίας μέτρησης ή κάποια άλλη προγενέστερη κορύφωση ενώ, ξεκινάμε να μετράμε από τη χρονική στιγμή που λαμβάνει χώρα το εκλυτικό γεγονός του συνολικού ERP [15].



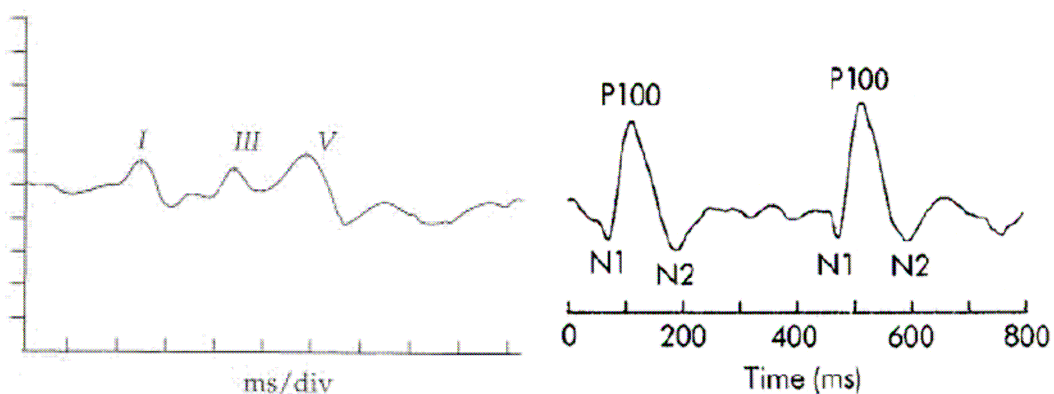
Σχήμα 1.6: Σχηματική αναπαράσταση του καθορισμού του πλάτους και του χρονικού σημείου κορύφωσης συστατικού του ERP [14].

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, για τα ακουστικά προκλητά δυναμικά (VEP) οι μερικές κυματομορφές ορίζονται ως εξής:

α. Για τα πρώιμα δυναμικά, 2-12msec από τη στιγμή που λαμβάνει χώρα το ακουστικό ερέθισμα, επτά διαδοχικές κορυφώσεις αριθμούμενες από το I ως το VII.

β. Για τα μέσου χρόνου δυναμικά (12-50msec) υπάρχουν τα συστατικά *No*, *Po*, *Na*, *Pa*, *Nb*. Οι κορυφώσεις *No*, *Po* λαμβάνουν χώρα πριν τα 20msec οι δε *Na*, *Pa*, *Nb* περίπου στα 20, 30 και 40 msec αντίστοιχα.

γ. Για τα ύστερα δυναμικά (50msec και πέρα) αναφέρονται τα συστατικά *N100*, *P200*, *N200*, *P300*, *N400*, όπου το N δηλώνει αρνητική κορύφωση, το P θετική κορύφωση και ο δείκτης τον λανθάνοντα χρόνο εμφάνισης της κυματομορφής σε msec. Η εμφάνιση κάθε κυματομορφής σχετίζεται με διαφορετικές εγκεφαλικές διεργασίες.



Σχήμα 1.7: Σχηματική αναπαράσταση VEP, αριστερά τα πρώιμα δυναμικά (0.2μV/div) και δεξιά τα ύστερα δυναμικά(2.0μV/div) [14].

Τα συστατικά που εμφανίζονται πριν από τα 100msec συνήθως ανήκουν στα εξωγενή δυναμικά και χρησιμεύουν στη διάγνωση νευρολογικών νόσων, ενώ τα μετά των 70msec μετρούμενα δυναμικά ανήκουν στα ενδογενή δυναμικά και έχουν άμεση σχέση με τα διάφορα στάδια νοητικής επεξεργασίας των εξωτερικών ερεθισμών στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ).

Η εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών είναι μια επίπονη διαδικασία αφού πρέπει να παρατηρηθεί η κορύφωση στη συνολική κυματομορφή κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, μέσω μιας καλά ελεγχόμενης πειραματικής διαδικασίας χορήγησης του ερεθισμού. Επιπλέον, απαιτείται η κυματομορφή να έχει κάποιο περιορισμένο χρονικό εύρος, και να επαναλαμβάνεται υπό αμετάβλητες συνθήκες. Στη βασική μεθοδολογία που ακολουθείται, χρησιμοποιούνται χάρτες κατανομής των δυναμικών στην επιφάνεια του κεφαλιού που μπορούν να βοηθήσουν στη διαδικασία της κατηγοριοποίησης και προχωρημένες ψηφιακές τεχνικές μέτρησης, που επιτρέπουν τη λεπτομερέστερη μελέτη των συστατικών, χωρίζοντάς τα σε «υποσυστατικά».

Όταν λοιπόν καθοριστεί η ύπαρξη ενός συστατικού, χρησιμοποιούνται πειραματικές διαδικασίες για τον καθορισμό της λειτουργικής σημασίας του συστατικού. Αρχικά, συλλέγονται πληροφορίες για παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν το πλάτος, το χρόνο εμφάνισης, το συνολικό χρονικό εύρος του συστατικού κ.α., οι οποίοι είναι συνήθως χαρακτηριστικά του ερεθίσματος που χορηγείται στον εξεταζόμενο. Για τα ενδογενή συστατικά, οι παράγοντες αυτοί αφορούν κατά κύριο λόγο ψυχολογικά γνωρίσματα του ερεθίσματος, όπως σπανιότητα, σημαντικότητα, νοηματική πολυπλοκότητα, σχέση με προκαθορισμένες εργασίες και στόχους. Καθώς η διαδικασία αυτή προχωρά, ο ερευνητής έχει τη δυνατότητα να διαμορφώσει μια θεωρία για την ερμηνεία των νοητικών λειτουργιών, τις οποίες αντικατοπτρίζει το συστατικό του ERPs ή μία ομάδα συστατικών. Στη συνέχεια, αυτή η θεώρηση ελέγχεται ως προς την ισχύ της σε σχέση με νέες πειραματικές διαδικασίες, οι οποίες μπορεί να την επιβεβαιώσουν ή να την καταρρίψουν. Συνεπώς, τα διάφορα συστατικά του ERPs καθίστανται δείκτες συγκεκριμένων ψυχικών λειτουργιών.

Στον τομέα της Ψυχιατρικής, τα ERPs, ως μετρήσιμες ποσότητες που εξάγονται κάτω από αυστηρά ελεγχόμενες πειραματικές συνθήκες, αποτελούν σημαντικό παράγοντα στην προώθηση της ψυχιατρικής έρευνας και κλινικής εφαρμογής. Γίνεται, λοιπόν, προσπάθεια να μελετηθούν οι διαφορές που παρουσιάζουν άρρωστοι σε σχέση με υγιείς, όσον αφορά χαρακτηριστικά συστατικών των ERPs, όπως π.χ. πλάτος του N100 και του P300, καθυστέρηση του P300, μεταβολή των χρονικών διαστημάτων ανάμεσα στις κορυφώσεις των N100 και P200 κ.ά [1], [14].

Τα σημαντικότερα συστατικά των ERPs είναι τα εξής:

*Κορύφωση P50:* θεωρείται ο δείκτης των προσυνειδητών πτυχών προσοχής και αντικατοπτρίζει την μετάβαση των πληροφοριών από το θάλαμο στα φλοιώδη προβλητικά πεδία [15].

*Κορύφωση N100:* θεωρείται ο δείκτης επιλεκτικής προσοχής. Αναφέρεται στην αρνητική κορύφωση του μετρούμενου δυναμικού 90 ως 150msec μετά την παροχή του εκλυτικού ερεθίσματος και συνδέεται με τη λειτουργία της προσοχής και της επιλογής πληροφοριών. Επηρεάζεται και από εξωγενείς παράγοντες του ερεθισμού όπως ένταση, διάρκεια, συχνότητα και πιθανώς εκφράζει μια πολλαπλότητα συναφών μηχανισμών, αφού στη χρονική περιοχή του φαίνεται να συνυπάρχουν από 3 ως 6 ταυτοχρόνως ενεργά συστατικά [1], [14].

*Κορύφωση P200:* θεωρείται ο δείκτης επικέντρωσης της προσοχής αναφορικά με τις επεξεργαζόμενες πληροφορίες [15].

*Κορύφωση P300:* θεωρείται ο δείκτης κινητοποίησης προγραμμάτων δράσης σε επίπεδο κεντρικού νευρικού συστήματος. Αναφέρεται στη θετική κορύφωση του μετρούμενου δυναμικού από 220 ως 500msec μετά το ερέθισμα και αποτελείται από δύο υποσυστατικά: το *P300a (P3a)*, που εκφράζει την εκούσια αντίδραση προσανατολισμού, και το *P300b (P3b)*, το οποίο εμφανίζεται στο χρονικό διάστημα 300 ως 500msec και θεωρείται μέτρο των ελεγχόμενων, σκόπιμων, διαδικασιών επεξεργασίας ερεθισμάτων. Έχει παρατηρηθεί ότι συνδέεται και με τη μνήμη [1], [15].

*Κορύφωση N400:* Αναγνωρίζεται ως ο δείκτης σημαντικότητας των πληροφοριών. Αναφέρεται στην αρνητική κορύφωση του μετρούμενου δυναμικού που παρατηρείται γύρω στα 400msec μετά το ερέθισμα και προσφέρεται στην εξέταση μηχανισμών που σχετίζονται με τη γλώσσα και το εννοιολογικό - συντακτικό της περιεχόμενο. Απεικονίζει την κινητοποίηση προγραμμάτων σχετιζόμενων με την σημαντικότητα επεξεργαζόμενων πληροφοριών [1], [15].

*Κορύφωση P400:* θεωρείται ο δείκτης που αντικατοπτρίζει τα συστήματα επεξεργασίας πληροφοριών που σχετίζονται με την συντακτικότητα των πληροφοριών [15].

*Κορύφωση P600:* Αντιστοιχεί στη χρονική περίοδο τελικής οργάνωσης, ελέγχου και εκτέλεσης της απόφασης που επιλέγεται όταν ο οργανισμός εκτίθεται σε εκλυτικό ερέθισμα ή σύμπλοκο ερεθισμάτων που έχουν ψυχολογική σπουδαιότητα [15].

### 1.2.5 Διαφορά μεταξύ ΗΕΓ και ERPs

Το ΗΕΓ αναφέρεται στην αυθόρμητη ηλεκτρική ρυθμική ταλάντωση του εγκεφάλου όταν βρίσκεται σε ηρεμία και δεν δέχεται εξωτερικά ερεθίσματα.

Τα Προκλητά Δυναμικά (Event Related Potential) είναι μία κατηγορία Βιοματικών Δυναμικών που προκύπτουν από το ΗΕΓ και είναι οι διαφορές δυναμικού που καταγράφονται στη δερματική επιφάνεια του κεφαλιού οι οποίες προκαλούνται ως απόκριση ή ως προετοιμασία σε κάποιο συγκεκριμένο γεγονός το οποίο συμβαίνει στον εξωτερικό περιβάλλον ή είναι αποτέλεσμα ενδοψυχολογικής διαδικασίας. Λόγω της ιδιότητας που έχουν να παρατηρούνται στο επιφανειακό μέρος του κεφαλιού έχουν το πλεονέκτημα ότι αποτελούν ένα μη επεμβατικό τρόπο εκτίμησης της εγκεφαλικής λειτουργίας και δραστηριότητας. Η φύση τους είναι τέτοια ώστε να παρατηρούνται σε συγκεκριμένα και διακριτά χρονικά διαστήματα τα οποία είναι πολύ μικρής διάρκειας, της τάξης των msec.

Η μελέτη των διαφορών προκλητών δυναμικών είναι πολύ σημαντική για δύο κυρίως λόγους. Αφενός είναι ακίνδυνη αφού γίνεται απλά μέτρηση με ηλεκτρόδια επιφανειακά στο δέρμα, χωρίς να εκτίθεται σε κάποιου είδους πεδίο το πειραματόζωο (όπως γίνεται με τους αξονικούς τομογράφους), γεγονός το οποίο έχει σαν όφελος το να μπορεί να γίνει μελέτη και με βρέφη τα οποία είναι πολύ ευαίσθητα. Αφετέρου με την χρήση πολλών ηλεκτροδίων κατά μήκος όλου του κρανίου είναι δυνατόν να μπορούμε να δούμε σε ποιο μέρος του εγκεφάλου παρατηρείται η ηλεκτρική δραστηριότητα, με αποτέλεσμα να μπορούμε να εντοπίσουμε ποιο μέρος του εγκεφάλου είναι υπεύθυνο κάθε φορά για κάποια διαδικασία [15].

Οι σύγχρονες αντιλήψεις σχετικά με τα ERPs είναι πως πρόκειται για δυναμικά που προέρχονται από το συνεχές ηλεκτροεγκεφαλογράφημα με τη διαδικασία του συντονισμού. Στη φυσική ο συντονισμός είναι ένα καλά μελετημένο φαινόμενο όπως για παράδειγμα στις εξαναγκασμένες ταλαντώσεις, όπου αν η συχνότητα μιας εξωτερικής μεταβλητής δύναμης συμπίπτει με την ιδιοσυχνότητα του συστήματος πάνω στο οποίο ασκείται, τότε το σύστημα πραγματοποιεί ταλάντωση με μέγιστο πλάτος. Ο Basar εισήγαγε την ακόλουθη σύλληψη με σκοπό να κατανοήσει τη σχέση ERPs και ΗΕΓ: Στο ΗΕΓ πολλές διαφορετικές ταλαντώσεις και ασύγχρονες ταλαντώσεις συμβαίνουν ταυτόχρονα. Όταν έχουμε ένα ερέθισμα μερικές από αυτές τις συχνότητες μπορεί να αυξάνονται μέσω συντονισμού. Υποτίθεται λοιπόν, πως αυτές οι αυξημένες ταλαντώσεις συνδέονται με τη μετάδοση πληροφορίας μέσα στον εγκέφαλο και έχουν διαφορετικές «λειτουργίες» και «σημασίες» [16]. *Τα ERPs αντιπροσωπεύουν αποκρίσεις από ομάδες νευρώνων και συνιστούν το αποτέλεσμα μιας μετάβασης από την αταξία στην τάξη* [17].

Τα ERPs μπορεί να παράγονται από ένα ερέθισμα και να είναι χρονικά καθορισμένα ως προς το ερέθισμα, μπορεί να παράγονται από ένα ερέθισμα αλλά να μην εμφανίζονται σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή ή τέλος να προέρχονται από μια εσωτερική διαδικασία παρά από το ίδιο το ερέθισμα. Στην πλειονότητα των μελετών, για να αναλυθούν οι αποκρίσεις του εγκεφάλου σε συγκεκριμένα ερεθίσματα χρησιμοποιείται η μέθοδος των ERPs. Ειδικά στην διερεύνηση της επεξεργασίας του συναισθήματος τα ERPs αντιπροσωπεύουν την ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου που συνδέεται με διαφορετικές διαδικασίες επεξεργασίας ερεθισμάτων και παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για την ρύθμιση του συναισθήματος [13].

## 1.2.6 Διαδικασία Καταγραφής ERP

Το πλάτος των προς μέτρηση δυναμικών είναι αρκετά μικρότερο σε σχέση με τα σήματα τα οποία μετρώνται κατά τη διάρκεια μιας κοινής ηλεκτροεγκεφαλογραφικής μέτρησης. Η μέτρηση των ERPs γίνεται με την ίδια αρχική διάταξη που χρησιμοποιείται για το ΗΕΓ και το επιθυμητό σήμα εμπεριέχεται μέσα στο συνολικό σήμα που ο ΗΕΓ καταγράφει. Το τμήμα της διαφοράς δυναμικού, το οποίο δεν σχετίζεται με το εκλυτικό γεγονός, αποτελεί στην περίπτωση αυτή ανεπιθύμητο θόρυβο και αντιστοιχεί στη μέτρηση του ΗΕΓ αν δεν υπήρχε εκλυτικό γεγονός.

Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών μπορούν να εφαρμοστούν οι εξής τεχνικές:

- *Εξαγωγή του μέσου όρου*: Το πείραμα επαναλαμβάνεται πολλές φορές και το σήμα που λαμβάνεται είναι ο μέσος όρος των σημάτων των επιμέρους μετρήσεων.

Έστω ότι  $r_i(t)$  είναι το μετρούμενο σήμα κατά την διάρκεια της επανάληψης  $i$ . Το σήμα αυτό θεωρείται ότι αποτελείται από το επιθυμητό σήμα  $s_i(t)$  και τον θόρυβο  $n_i(t)$  που αντιπροσωπεύει τα σήματα του εξελισσόμενο ΗΕΓ τα οποία είναι άσχετα με το εκλυτικό ερέθισμα της διαδικασίας

$$r_i(t) = s_i(t) + n_i(t), \quad i = 1, \dots, M \quad (1.1)$$

όπου  $M$  είναι ο αριθμός των επαναλήψεων.

Αν λάβουμε τον μέσο όρο  $E\{r_i(t)\}$  από τα λαμβανόμενα σήματα θα είναι

$$E\{r_i(t)\} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M r_i(t) = \frac{1}{M} \left( \sum_{i=1}^M s_i(t) + \sum_{i=1}^M n_i(t) \right) \quad (1.2)$$

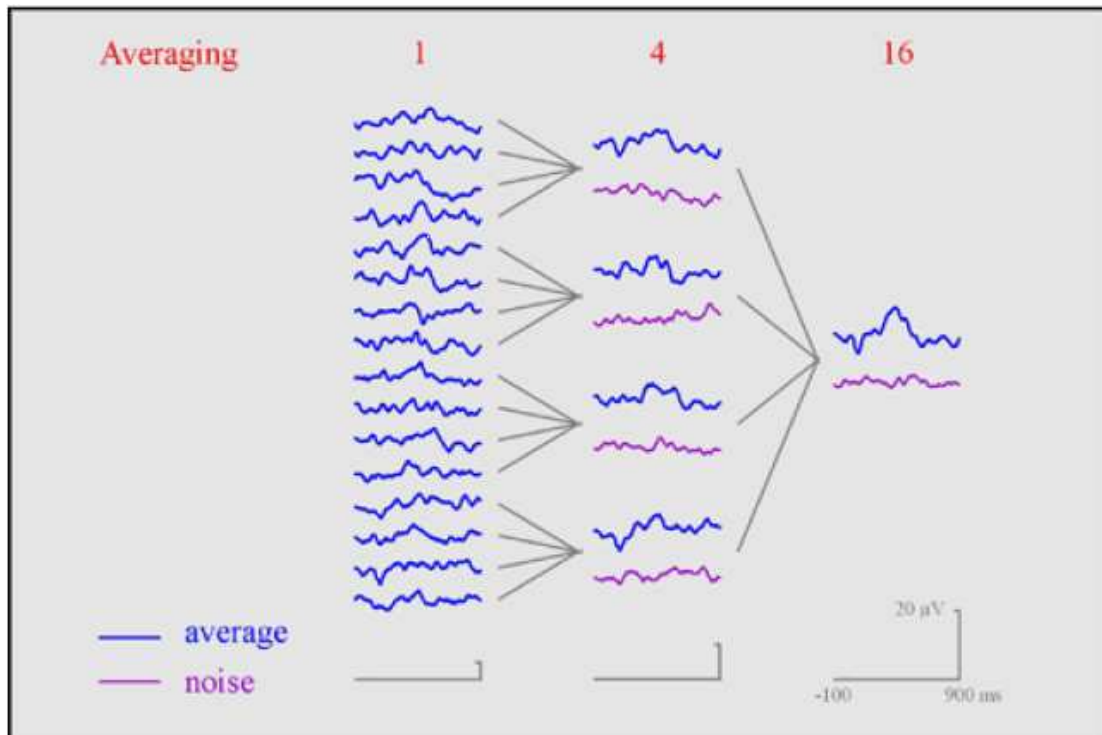
Το επιθυμητό σήμα  $s_i(t)$  το οποίο προέρχεται από το εκλυτικό ερέθισμα είναι περίπου το ίδιο σε κάθε επανάληψη. Δηλαδή  $s_i(t) = s_j(t) = s(t)$  (1.3)

Αντίθετα, ο θόρυβος  $n_i(t)$  είναι τυχαία διαδικασία με μηδενικό μέσο όρο. Έτσι προκύπτει

$$E\{r_i(t)\} = \frac{1}{M} \left( \sum_{i=1}^M s_i(t) + \sum_{i=1}^M n_i(t) \right) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M s_i(t) + 0 = \frac{1}{M} M s_i(t) \Rightarrow E\{r_i(t)\} = s_i(t) \quad (1.4)$$

Με αυτό τον τρόπο «αποθορυβοποιείται» το σήμα και λαμβάνεται μόνο το επιθυμητό σήμα, δηλαδή το σήμα που σχετίζεται αποκλειστικά με τα ERPs [1].





Σχήμα 1.8: Η εξαγωγή του μέσου όρου. Η τελική καμπύλη δεξιά προκύπτει ως μέσος όρος πολλών καταγραφών δυναμικού από την ίδια απαγωγή. Σε κάθε επίπεδο επεξεργασίας η κλίμακα του πλάτους του δυναμικού μεταβάλλεται [1].

- Μετρήσεις εντός ηλεκτρομαγνητικά θωρακισμένου δωματίου (κλωβός Faraday): Με αυτό τον τρόπο αντιμετωπίζεται ο τεχνητός θόρυβος καθώς εξουδετερώνονται τα εξωτερικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία δηλαδή τα πεδία δημιουργούμενα από ηλεκτροκινητήρες, γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, κινητά τηλέφωνα, κ.α. [18]

### 1.2.7 Περιορισμοί κατά τη διάρκεια καταγραφής ΗΕΓ και ERPs

Η καταγραφή του ΗΕΓ και των ERPs παρουσιάζει κάποιους περιορισμούς οι οποίοι οφείλονται κυρίως στην κατάσταση του εξεταζόμενου. Πιο συγκεκριμένα, ο εξεταζόμενος ενδεχόμενα προσαρμόζεται ή εξοικειώνεται με τα ερεθίσματα όποτε τότε η καταγραφή τους δεν είναι ακριβής. Επίσης μετά από κάποιο χρόνο ο εξεταζόμενος κουράζεται ή στρέφει αλλού την προσοχή του επηρεάζοντας τα σήματα στην ένταση και στο χρόνο. Για αυτό τον λόγο χρειάζεται να υπάρχει κάποιος μέγιστος αριθμός επαναλήψεων πέραν των οποίων γίνεται η παραδοχή ότι οι μετρήσεις δεν είναι αξιόπιστες. Επίσης πρέπει να γίνεται τακτικά έλεγχος της κατάστασης του εξεταζόμενου κατά την διάρκεια της διαδικασίας καταγραφής. Επίσης αρκετές φορές απαιτείται απεριοδικός χρονισμός αλληπάλλληλων πειραμάτων ώστε να αποφεύγεται η εξοικείωση με τα ερεθίσματα.

### 1.2.8 Χρησιμότητα ERPs

Η κυριότερη χρησιμότητα των ERPs έγκειται στην διάγνωση ασθενειών. Τα ERPs εφαρμόζονται κυρίως για τον εντοπισμό ψυχιατρικών ασθενειών όπως η σχιζοφρένεια και η παράνοια. Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτό είναι συνήθως η στατιστική μελέτη των κορυφώσεων των κυματομορφών (P300, P600 κ.λ.π.) . Τη στατιστική μελέτη των κορυφώσεων των ERPs συνοδεύει συνήθως γραφική αναπαράσταση των κυματομορφών που αποτελούν το συνολικό μέσο όρο (grand average) κάθε απαγωγής για όλους τους εξεταζόμενους κάθε κατηγορίας ασθενών ή υγιών μαρτύρων. Οι συνολικοί μέσοι όροι δεν αποτελούν αξιόπιστο μέσο γιατί αποκόπτουν και εξομαλύνουν πολλές πληροφορίες των ERPs, παρουσιάζοντας ενίοτε εντελώς διαφορετική εικόνα από αυτή που πραγματικά έχει μία κατηγορία ασθενών.

Έτσι ERPs έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία στον τομέα της επιληψίας. Ο συσχετισμός των μεταβολών μεταξύ ERPs και κλινικών συμπερασμάτων μπορεί να βοηθήσει στη μελέτη της φυσιοπαθολογίας της επιληψίας. Χρήση των ERPs γίνεται επίσης για την αναγνώριση ασθενών που πάσχουν από Alzheimer και την διάκριση τους από άλλες ασθένειες. Επίσης χρησιμοποιούνται για την μελέτη της επίδρασης φαρμάκων που χορηγούνται για την νόσο αυτή.

Τα ERPs όμως μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για ερευνητικούς σκοπούς στην κλινική νευροφυσιολογία. Λόγω του υψηλού χρονισμού τους, παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για την εγκεφαλική λειτουργία. Διάφορες νοητικές διεργασίες, όπως η αντίληψη, η προσοχή, η γλωσσική επεξεργασία και η μνήμη, λαμβάνουν χώρα σε χρονικές περιόδους της τάξεως δεκάδων χιλιοστών του δευτερολέπτου. Οι περισσότερες τυπικές τεχνικές απεικόνισης απαιτούν την διατήρηση της δραστηριότητας του εγκεφάλου για κάποια δευτερόλεπτα και έτσι αδυνατούν να συλλάβουν τις διαδικασίες αυτές. Οι καταγραφές με ERPs, όμως, παρέχουν απεικονίσεις με ακρίβεια χιλιοστών του δευτερολέπτου οπότε αποτελούν ιδανική μεθοδολογία για τη μελέτη των πτυχών συγχρονισμού τόσο των φυσιολογικών όσο και των παθολογικών γνωστικών διεργασιών. Για την παρατήρηση των ERPs κατασκευάζονται χάρτες με την κατανομή δυναμικού στη δερματική επιφάνεια του κεφαλιού, που στην απλούστερη περίπτωση μπορεί να λάβει τη μορφή ισοδυναμικών επιφανειών. Η τοπογραφική αναπαράσταση των ERPs μέσω χαρτών προσδίδει μεγαλύτερη δυνατότητα εποπτείας των εξελισσόμενων γεγονότων στην επιφάνεια του κεφαλιού. Τα συστατικά των ERPs μπορούν να μελετηθούν σχετικά εύκολα ως προς την χωρική τους κατανομή [15].

### 1.3 Βιβλιογραφία

- [1] Κουτσούρης Δ., Παυλόπουλος Σ., Πρέντζα Α., Εισαγωγή στη Βιοϊατρική Τεχνολογία και Ανάλυση Ιατρικών Σημάτων, Εκδόσεις Τζιόλα, 2003.
- [2] Γιόβα Δ., Εισαγωγή στη βιοϊατρική και κυτταρική μηχανική, Ε.Μ.Π., 2002.
- [3] Shepherd G. M., Neurobiology, Oxford University Press, USA, 1994.
- [4] Knudsen O., Biological Membranes: Theory of transport, potentials and electric impulses, Cambridge University Press, September 26, 2002.
- [5] Swartz B.E., Timeline of the history of EEG and associated fields, Electroencephalography and Clinical Neurophysiology 106: 173 – 176, 1998.
- [6] Srinivasan R., Tucker D.M., Murias M., Estimating the spatial Nyquist of the human EEG, Behav Res Methods Instrum Comput p. 8 – 19, 1998.
- [7] Tassinary L.G., Geen T.H., Cacioppo J.T., Edelberg R., Issues in biometrics: offset potentials and the electrical stability of Ag/AgCl electrodes, Psychophysiology, 27: 236 – 242, 1990.
- [8] Jasper H.H., The 10 – 20 electrode system of the International Federation, Electroenceph. Cl. Neurophysiology 10, p. 370 – 375, 1958.
- [9] Chatrian G.E., Lettich E., Nelson, Ten percent electrode system for topographic studies of spontaneous and evoked EEG activity, American Journal EEG Technology 25, p. 83 – 92, 1985.
- [10] Oostenveld R., Praamstra P., The five percent electrode system for high resolution EEG and ERP measurements, Clinical Neurophysiology, Volume 112, Issue 4, p. 713 – 719, April 2001.
- [11] American Electroencephalographic Society, Guideline thirteen: Guidelines for standard electrode position nomenclature, J Clin Neurophysiol 11, p. 111 – 113, 1994.
- [12] Rowan A. J., Tolunsky E., Primer of EEG, Butterworth Heinemann, 2003.
- [13] Γαλάνης Δ.Γ., Ανίχνευση ρυθμών εγκεφαλικής δραστηριότητας σε ηλεκτροεγκεφαλογραφήματα, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 2008.
- [14] Γεραγγέλου Α.Σ., Βόκαλη Ε.Δ., Πειραματικός σχεδιασμός για την αποτίμηση της επίδρασης της ακτινοβολίας συστημάτων κινητών επικοινωνιών τρίτης γενιάς στις καταγραφές ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος και προκλητών δυναμικών κατά τη διάρκεια ακουστικού ερεθίσματος, Διπλωματική εργασία ΕΜΠ, Αθήνα 2009.
- [15] Γιαννακάκης Γ.Α., Ανάλυση ηλεκτροεγκεφαλογραφικού σήματος με εφαρμογές στην επιληψία και τις μαθησιακές δυσκολίες, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία ΕΜΠ, Αθήνα 2005.

[16] Quiroga R.Q., Quantitative analysis of EEG signals: time-frequency methods and chaos theory, Ph.D. Thesis, Lübeck, 1998.

[17] Basar E., Basar C.- Roglou E., Karakas S., Schurmann M., Brain oscillations in perception and memory, *International Journal of Psychophysiology*, 35, 95-124, 2000.

[18] Szczerbiski M., A discussion of 'Faraday cage' lightning protection and application to real building structures, *Journal of Electrostatics*, Vol. 48, Issue 2, 145-154, 2000.

[19] Sanei S. Chambers J.A., *EEG Signal Processing*, John Wiley & Sons, 2007.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Υποσυνείδητη Αντίληψη

### 2.1 Εισαγωγή – Γενικές Πληροφορίες

Η έννοια της υποσυνείδητης αντίληψης είναι ιδιαίτερου ενδιαφέροντος εξ' αιτίας του ότι υποστηρίζει ότι οι σκέψεις, τα συναισθήματα και οι πράξεις των ανθρώπων επηρεάζονται από ερεθίσματα τα οποία λαμβάνονται χωρίς να έχει ο άνθρωπος την επίγνωση ότι τα έλαβε. Έχει τις απαρχές της πίσω στο ξεκίνημα της ψυχολογίας ως μια εμπειρική επιστήμη ανεξάρτητη από φιλοσοφία, όπως αποτυπώνεται στα κείμενα του Johan Friedrich Herbart (1776-1841). Μια από τις πρώτες καταγραφές της άποψης ότι ερεθίσματα που προβάλλονται έξω από τα όρια συνειδητοποίησης μπορούν να επηρεάσουν τον άνθρωπο είναι των Peirce και Jastrow (1884), οι οποίοι ανέφεραν ότι οι άνθρωποι μπορούν να αντιλαμβάνονται μικρές διαφορές στην πίεση στο δέρμα τους χωρίς συνειδητοποίηση διαφορετικών αισθημάτων [2].

Στις πρώτες ψυχολογικές μελέτες, που διεξήχθησαν κατά τα τέλη του 1800 με αρχές του 1900, οι άνθρωποι απλά ερωτούνταν αν είχαν επίγνωση της αντίληψης ενός ερεθίσματος ή όχι. Για παράδειγμα, οπτικά ερεθίσματα όπως γράμματα, ψηφία ή γεωμετρικά σχήματα προβάλλονταν σε τέτοια απόσταση από τους παρατηρητές που ισχυρίζονταν είτε ότι δεν έβλεπαν τίποτα είτε ότι έβλεπαν μόνο θαμπές κουκκίδες. Παρομοίως, ακουστικά ερεθίσματα όπως ονόματα γραμμάτων ψιθυρίζονταν τόσο αμυδρά που οι παρατηρητές ισχυρίζονταν ότι δε μπορούσαν να ακούσουν κανένα ήχο. Για να ελέγξουν αν αυτά τα οπτικά ή ακουστικά ερεθίσματα ίσως να είχαν ληφθεί από τους παρατηρητές παρά τους αντίθετους ισχυρισμούς τους, οι παρατηρητές κλήθηκαν να κάνουν εικασίες σχετικά με τα ερεθίσματα. Για παράδειγμα, αν τα μισά ερεθίσματα ήταν γράμματα και τα υπόλοιπα ήταν ψηφία, οι παρατηρητές μπορεί να καλούνταν να μαντέψουν αν είχε παρουσιαστεί γράμμα ή ψηφίο. Τα λογικά συμπεράσματα που προέκυψαν από αυτές τις αρχικές μελέτες ήταν ότι οι εικασίες των παρατηρητών όσον αφορούσε τα ερεθίσματα ήταν περισσότερο σωστές από ότι ήταν αναμενόμενο με βάση τη θεωρία πιθανοτήτων. Με άλλα λόγια, παρά τους ισχυρισμούς των παρατηρητών ότι δεν είχαν επίγνωση της αντίληψης των ερεθισμάτων, οι εικασίες τους έδειχναν ότι στην πραγματικότητα είχαν αντιληφθεί επαρκή πληροφορίες ώστε να κάνουν ακριβή εικασίες όσον αφορούσε τα ερεθίσματα. Όσο περνούσαν τα χρόνια, πραγματοποιήθηκαν κυριολεκτικά εκατοντάδες μελέτες που ακολουθούσαν παρόμοια μορφή. Συνολικά, αυτές οι μελέτες δείχνουν ότι σημαντικές πληροφορίες ικανές να διαμορφώνουν αποφάσεις και να καθοδηγούν πράξεις λαμβάνονται από τους παρατηρητές ακόμα και αν αυτοί δεν έχουν επίγνωση της αντίληψής τους.

Άλλος ένας τρόπος μέσω του οποίου έχει αποδειχθεί η υποσυνείδητη αντίληψη σε ελεγχόμενες εργαστηριακές μελέτες είναι δείχνοντας ότι τα ερεθίσματα μπορούν να ληφθούν ακόμα και όταν παρουσιάζονται υπό συνθήκες όπου είναι δύσκολο αν όχι αδύνατο να διακρίνει κάποιος ένα ερέθισμα από ένα άλλο. Καταξιωμένες μελέτες διεξήχθησαν τη δεκαετία του 1970 από το Βρετανό ψυχολόγο Anthony Marcel [13]. Αυτά τα πειράματα βασίστηκαν σε προηγούμενα ευρήματα που έδειχναν ότι μια απόφαση όσον αφορά ένα ερέθισμα διευκολύνεται όταν το ερέθισμα ακολουθεί ένα άλλο σχετικό ερέθισμα. Για παράδειγμα, αν ο παρατηρητής κληθεί να χαρακτηρίσει μια γραμματοσειρά είτε ως λέξη (π.χ. doctor, bread) είτε ως μη-λέξη (π.χ. tocdor, dreab), μια γραμματοσειρά όπως η λέξη doctor θα χαρακτηριστεί ως λέξη γρηγορότερα όταν ακολουθεί μια εννοιολογικά σχετική λέξη (π.χ. nurse) παρά

όταν ακολουθεί μια εννοιολογικά μη σχετική λέξη (π.χ. butter). Ο Marcel βρήκε ότι λέξεις που διευκολύνουν επακόλουθες αποφάσεις (λέξη / μη λέξη) για γραμματοσειρές ακόμα και αν οι λέξεις παρουσιάζονται υπό συνθήκες που κάνουν δύσκολο αν όχι αδύνατο για τους παρατηρητές να διακρίνουν τότε οι λέξεις παρουσιάστηκαν και τότε όχι. Από τον καιρό των αρχικών πειραμάτων του Marcel έχουν πραγματοποιηθεί πολλές άλλες μελέτες που χρησιμοποίησαν παρόμοιες μεθόδους. Αυτές οι μέθοδοι όχι μόνο επιβεβαίωσαν τα αποτελέσματα του Marcel, αλλά απέδειξαν ότι άλλα ερεθίσματα όπως εικόνες, πρόσωπα και φωνητικές λέξεις μπορούν επίσης να διευκολύνουν επερχόμενες αποφάσεις όταν παρουσιάζονται υπό συνθήκες όπου είναι δύσκολη η διάκριση ενός ερεθίσματος από ένα άλλο. Αν και έχουν προκύψει ερωτήματα σχετικά με το αν οι παρατηρητές σε αυτές τις μελέτες δεν μπορούσαν όντως να διακρίνουν ένα ερέθισμα από ένα άλλο, η εδραία κατάληξη αυτών των μελετών είναι ότι σημαντικές πληροφορίες λαμβάνονται ακόμα και αν οι παρατηρητές έχουν μικρή ή και καθόλου επίγνωση της αντίληψης όπως φαίνεται από τη δυσκολία τους να διακρίνουν ένα ερέθισμα από ένα άλλο.

Παραδείγματα υποσυνείδητης αντίληψης έχουν βρεθεί σε μελέτες με ασθενείς με νευρολογικές βλάβες. Ένα εντυπωσιακό χαρακτηριστικό ενός αριθμού νευρολογικών συνδρόμων είναι ότι οι ασθενείς ισχυρίζονται ότι δε βλέπουν συγκεκριμένα ερεθίσματα αλλά παρόλα αυτά ανταποκρίνονται σε πληροφορίες που διαβιβάζονται μέσω αυτών των ερεθισμάτων. Ένα παράδειγμα είναι ένα σύνδρομο που ονομάζεται τυφλή όραση (blindsight). Ασθενείς με τυφλή όραση έχουν βλάβη στον πρόσθιο οπτικό φλοιό. Σαν αποτέλεσμα αυτής της βλάβης συχνά δεν έχουν επίγνωση της αντίληψης ερεθισμάτων μέσα στην περιορισμένη περιοχή του οπτικού τους πεδίου. Για παράδειγμα, αν θεωρήσουμε ότι το οπτικό πεδίο αποτελείται από τέσσερα τεταρτημόρια, ένας ασθενής με τυφλή όραση μπορεί να έχει κανονική όραση για ερεθίσματα που παρουσιάζονται στα τρία τεταρτημόρια αλλά να μην αντιλαμβάνεται τα ερεθίσματα που παρουσιάζονται στο τέταρτο τεταρτημόριο. Παρόλα αυτά, ακόμα και αν αυτοί οι ασθενείς μπορεί να ισχυρίζονται ότι δε βλέπουν τα ερεθίσματα που προβάλλονται στο “τυφλό” τεταρτημόριο, είναι όμως ικανοί να μαντέψουν το μέγεθος, το σχήμα ή τον προσανατολισμό των ερεθισμάτων που ισχυρίζονται ότι δε βλέπουν. Ένα άλλο νευρολογικό σύνδρομο στο οποίο παρατηρείται η υποσυνείδητη αντίληψη είναι η προσωπαγνωσία. Οι ασθενείς με προσωπαγνωσία είναι ανίκανοι να αναγνωρίσουν οικεία πρόσωπα. Αν και μπορεί να αντιλαμβάνονται ότι κοιτούν το πρόσωπο ενός ατόμου, είναι ανίκανοι να πουν ποιο πρόσωπο μπορεί να είναι. Έτσι, οι ασθενείς με προσωπαγνωσία δεν έχουν επίγνωση της αντίληψης οποιασδήποτε πληροφορίας σχετικά με ποιο πρόσωπο μπορεί να κοιτάζουν. Όμως, παρά την απουσία επίγνωσης μερικοί ασθενείς με προσωπαγνωσία μπορούν να διαλέξουν ποιο από δυο ονόματα αντιστοιχεί σε ένα οικείο πρόσωπο, που ισχυρίζονται ότι δε μπορούν να αναγνωρίσουν.

Η αντίληψη χωρίς επίγνωση μπορεί επίσης να παρατηρηθεί σε ασθενείς που υποβάλλονται σε ολική αναισθησία πριν από εγχείριση. Ο σκοπός της ολικής αναισθησίας είναι να διασφαλίσει ότι οι ασθενείς δεν θα αντιληφθούν τίποτα από αυτά που θα συμβούν κατά τη διάρκεια της αναισθησίας. Αυτός ο σκοπός ικανοποιείται στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, αφού όταν οι ασθενείς ερωτούνται μετά την επέμβαση να αναφέρουν οτιδήποτε θυμούνται ότι συνέβη κατά τη διάρκεια της εγχείρισης, σχεδόν κάθε ασθενής ισχυρίζεται ότι δε θυμάται τίποτα. Όμως, όταν η μνήμη εκτιμάται μέσω πιο έμμεσων μεθόδων, εμφανίζεται να υπάρχει μνήμη για γεγονότα κατά τη διάρκεια της αναισθησίας. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια της επέμβασης οι ασθενείς μπορεί να φορούν ακουστικά και μια μαγνητοφώνηση με ένα αριθμό επαναλήψεων μιας ακολουθίας λέξεων παίζεται για τους ασθενείς. Αν μετά

την εγχείριση επιδειχθούν στους ασθενείς θέματα λέξεων όπως *gui\_ \_* ή *pro\_ \_* και κληθούν να συμπληρώσουν αυτά τα θέματα ώστε να παράξουν μια συνηθισμένη Αγγλική λέξη, υπάρχουν πολυάριθμες πιθανές ολοκληρώσεις (π.χ. *guilt*, *guild*, *guile* και *prone*, *prowl*, *probe*). Παρόλα αυτά, αν οι λέξεις *guide* και *proud* παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια της αναισθησίας, οι ασθενείς είναι πολύ πιθανό να συμπληρώσουν τα θέματα *gui\_ \_* και *pro\_ \_* με γράμματα που θα αναπαραγάγουν τις λέξεις *guide* και *proud*, παρά με γράμματα που θα παράγουν άλλες πιθανές λέξεις. Δεδομένου ότι οι ασθενείς που υπόκεινται σε ολική αναισθησία δεν έχουν επίγνωση των συμβάντων στο εξωτερικό περιβάλλον, η μνήμη για συγκεκριμένα ερεθίσματα που παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια της αναισθησίας δείχνει ότι οι πληροφορίες κάποιες φορές γίνονται αντιληπτές χωρίς επίγνωση της αντίληψης κατά τη διάρκεια της ολικής αναισθησίας.

Με το πέρασμα των χρόνων, έχουν διατυπωθεί κάποιοι ασυνήθιστοι ισχυρισμοί όσον αφορά τη δύναμη της υποσυνείδητης αντίληψης. Η πεποίθηση ότι τα υποσυνείδητα μηνύματα έχουν τη δύναμη να καθοδηγούν την ανθρώπινη συμπεριφορά φαίνεται πως προέκυψε αρχικά το 1957 από τον James Vicary, έναν διαφημιστή που ισχυρίστηκε ότι αύξησε σε ένα σινεμά τις πωλήσεις *popcorn* και *Coca-Cola*, απλά αναβοσβήνοντας τα μηνύματα «*Drink Coca-Cola*» και «*Eat Popcorn*». Σύμφωνα με τον Vicary, ένα μήνυμα αναβόσβηνε για 1/3msec μία φορά κάθε 5 sec. Η διάρκεια των μηνυμάτων ήταν τόσο μικρή ώστε δεν ήταν συνειδητά αντιληπτά. Παρά το γεγονός ότι οι πελάτες δεν είχαν επίγνωση της αντίληψης των μηνυμάτων, ο Vicary ισχυρίστηκε ότι σε μια περίοδο έξι εβδομάδων οι πωλήσεις των *popcorn* αυξήθηκαν κατά 57.7% και της *coca-cola* κατά 18.1%. Οι ισχυρισμοί του Vicary γίνονται συχνά αποδεκτοί ως αναμφισβήτητα γεγονότα. Παρόλα αυτά, ο Vicary ποτέ δεν ανακοίνωσε μια λεπτομερή περιγραφή της μελέτης του και δεν υπήρξε ποτέ κάποια ανεξάρτητη απόδειξη - στοιχείο να υποστηρίξει τους ισχυρισμούς του. Επίσης, σε μια συνέντευξη στο *Advertising Age* το 1962, ο Vicary δήλωσε ότι η μελέτη ήταν ένα κατασκευάσμα. Το βάρος της μαρτυρίας υποδεικνύει ότι ήταν όντως ένα κατασκευάσμα.

Άλλοι ισχυρίζονται σχετικά με την ασυνήθιστη δραστηριότητα της υποσυνείδητης αντίληψης ότι επίσης έχει έλλειψη ευστάθειας. Τη δεκαετία του 1970, ο Wilson Bryan Key έγραψε βιβλία όπως «*Subliminal Seduction*» [22] και «*Media Sexploitation*» [23] στα οποία ισχυριζόταν ότι συχνά χρησιμοποιούνται υποσυνείδητα σεξουαλικά σύμβολα ή αντικείμενα για να δελεάσουν τους καταναλωτές ώστε να αγοράσουν και να χρησιμοποιήσουν διάφορα προϊόντα και υπηρεσίες. Ένας από τους πιο ξακουστούς ισχυρισμούς του Key είναι ότι η λέξη *sex* συχνά ενσωματωνόταν σε προϊόντα και διαφημίσεις. Σύμφωνα με τον Key, παρά το γεγονός ότι οι ενσωματωμένες λέξεις δεν γίνονται αντιληπτές συνειδητά, γίνονται όμως ασυνείδητα και μπορούν να προκαλέσουν σεξουαλική διέγερση η οποία με τη σειρά της κάνει τα προϊόντα πιο ελκυστικά στους καταναλωτές. Αν και οι ισχυρισμοί του Key είναι ευρύτερα γνωστοί, δεν υπάρχει ανεξάρτητη απόδειξη που να αποδεικνύει ότι ενσωματωμένες, υποσυνείδητες λέξεις, σύμβολα ή αντικείμενα χρησιμοποιούνται για την πώληση προϊόντων. Επιπλέον, ακόμα και αν χρησιμοποιούνταν τέτοια ενσωματωμένα υποσυνείδητα ερεθίσματα δεν υπάρχει απόδειξη ότι αυτή θα μπορούσε να είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για να επηρεάζει τις επιλογές των καταναλωτών.

Τέλος της δεκαετίας του 1980 και αρχές του 1990 η πεποίθηση ότι η δύναμη της υποσυνείδητης αντίληψης μπορεί να προκαλεί αλλαγές στον τρόπο με το οποίο οι άνθρωποι και συμπεριφέρονται και νιώθουν ήταν τόσο εξαπλωμένη που κάποιες επιχειρήσεις εκμεταλλεύτηκαν αυτήν την πεποίθηση προωθώντας στη αγορά κασέτες,

εικόνας και ήχου, για αυτό-βοήθεια (self-help). Οι εταιρείες που προωθούν αυτές τις κασέτες ισχυρίζονται ότι σωστή χρήση της κασέτας μπορεί να θεραπεύσει πολλά προβλήματα και συμβάλλει στην ανάπτυξη πολλών ικανοτήτων. Κάθε εταιρεία προωθεί διαφορετικές κασέτες. Ίσως, αυτό που διακρίνει τις διαφορετικές κασέτες που προωθούνται από την κάθε εταιρεία είναι τα ενσωματωμένα υποσυνείδητα μηνύματα που δε μπορούν να ληφθούν, είτε ακούγοντάς τα είτε βλέποντάς τα, συνειδητά. Κάποιες από τις πιο γνωστές κασέτες υποτίθεται ότι βοηθούν τους χρήστες τους να σταματήσουν το κάπνισμα, να χάσουν βάρος ή να μειώσουν το άγχος. Άλλες υποτίθεται ότι βοηθούν τους ανθρώπους να αυξήσουν την ταχύτητα που διαβάζουν, να βελτιώσουν τη μνήμη τους ή να αναπτύξουν ικανότητες σε κάποιο άθλημα. Δοσμένης της ασυνήθιστης φύσης αυτών των ισχυρισμών, έχουν γίνει πολλές ελεγχόμενες μελέτες ειδικά σχεδιασμένες ώστε να ελέγχουν την αποτελεσματικότητα των κασετών αυτών. Όλες αυτές οι μελέτες έχουν αποτύχει να βρουν οποιαδήποτε απόδειξη σύμφωνη με τους ισχυρισμούς των εταιρειών που προωθούν αυτές τις κασέτες. Απλά δεν υπάρχει απόδειξη ότι το να ακούς ή να βλέπεις κασέτες υποσυνείδητης αυτό-βοήθειας είναι μια αποδοτική μέθοδος ώστε να ξεπεράσεις κάποια προβλήματά σου ή να βελτιώσεις τις ικανότητές σου. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν στοιχεία ότι πολλές κασέτες υποσυνείδητης αυτό-βοήθειας δεν περιέχουν καν υποσυνείδητα μηνύματα που θα μπορούσαν πιθανώς να γίνουν αντιληπτά κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες από έναν άνθρωπο.

Ένα συνηθισμένο θέμα που οδηγεί όλους τους ασυνήθιστους ισχυρισμούς σχετικά με την υποσυνείδητη αντίληψη είναι ότι η αντίληψη με απουσία επίγνωσης του ότι κάτι γίνεται αντιληπτό είναι κατά κάποιο τρόπο πιο ισχυρή ή έχει μεγαλύτερη επιρροή από την αντίληψη με επίγνωση. Αυτή η ιδέα δεν υποστηρίζεται από τα αποτελέσματα των ελεγχόμενων εργαστηριακών ερευνών στην υποσυνείδητη αντίληψη. Τα αποτελέσματα των ελεγχόμενων μελετών δείχνουν ότι η υποσυνείδητη αντίληψη, όταν παρατηρείται, αντικατοπτρίζει την ερμηνεία των ερεθισμάτων από ένα πρόσωπο. Επιπλέον, δεν υπάρχουν στοιχεία που να υποστηρίζουν ότι οι άνθρωποι συμπεριφέρονται σύμφωνα με την υποσυνείδητη αντίληψη. Η σημασία των στοιχείων δείχνει ότι οι άνθρωποι πρέπει να έχουν επίγνωση της αντίληψης ερεθισμάτων πριν αρχίσουν κάποιες ενέργειες ή αλλάξουν τις συνηθισμένες τους αντιδράσεις. Έτσι, αν και η υποσυνείδητη αντίληψη μας επιτρέπει να κάνουμε ακριβείς εικασίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά των ερεθισμάτων, δεν μπορεί να οδηγήσει ένα άτομο να πει Coca-Cola ή να φάει Porcorn και δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά ώστε να βελτιώσει τις ικανότητες ενός ατόμου στο τένις ή να θεραπεύσει τις κακές τους συνήθειες [1], [3].

## 2.2 Υποσυνείδητη αντίληψη

Η υποσυνείδητη αντίληψη (subliminal perception) παρατηρείται όποτε ένα ερέθισμα που παρουσιάζεται κάτω από το κατώφλι / όριο της επίγνωσης φαίνεται να επηρεάζει σκέψεις, συναισθήματα ή πράξεις. Ο όρος υποσυνείδητη αντίληψη χρησιμοποιήθηκε αρχικά για να περιγράψει περιπτώσεις στις οποίες ασθενή ερεθίσματα λαμβάνονταν χωρίς επίγνωση. Τα τελευταία χρόνια ο όρος χρησιμοποιείται πιο γενικά για να περιγράψει κάθε κατάσταση στην οποία λαμβάνονται απαρατήρητα ερεθίσματα [1].



### 2.2.1 Διαφορές Συνειδητής και Υποσυνείδητης Αντίληψης

Ο κύριος στόχος των πρώτων ερευνών που πραγματοποιήθηκαν σχετικά με την υποσυνείδητη αντίληψη ήταν η απόδειξη ύπαρξης της αντίληψης χωρίς συνειδητοποίησης. Σε αυτές τις μελέτες χρησιμοποιήθηκαν κυρίως δυο διαφορετικές πειραματικές προσεγγίσεις. Η μια προσέγγιση ήταν βασισμένη σε ενδοσκοπικές μετρήσεις της συνειδητοποίησης και η άλλη σε συμπεριφορικές μετρήσεις της συνειδητοποίησης. Καμία από τις δυο προσεγγίσεις δεν ήταν επιτυχής και δεν απέφερε αποτελέσματα.

Αφότου έγινε αντιληπτό από τους ερευνητές της εποχής ότι είναι απίθανο να αποδειχθεί η ύπαρξη ή μη ύπαρξη της αντίληψης χωρίς συνειδητοποίηση, οι έρευνες κινήθηκαν προς άλλη κατεύθυνση. Στις αρχές των δεκαετιών 1970 και 1980 υιοθετήθηκε μια άλλη στρατηγική έρευνας, η οποία υποστήριζε ότι για διερεύνηση των διαφορών μεταξύ συνειδητών και μη συνειδητών διαδικασιών πρέπει να χρησιμοποιούνται ενδοσκοπικές αναφορές για το διαχωρισμό της συνειδητής από την υποσυνείδητη αντίληψη και για τον καθορισμό της άποψης ότι τα ερεθίσματα που λαμβάνονται συνειδητά οδηγούν σε ποιοτικά διαφορετικές συνέπειες από τα ερεθίσματα που λαμβάνονται υποσυνείδητα. Έγιναν πολλές μελέτες που ακολούθησαν αυτή τη στρατηγική έρευνας. Σε καθεμία χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές πειραματικές διαδικασίες και καθεμία είχε σαν αποτέλεσμα την κατάδειξη ενός διαφορετικού χαρακτηριστικού που ξεχωρίζει τη συνειδητή από την υποσυνείδητη αντίληψη. Όλα αυτά τα αποτελέσματα μαζί παρέχουν συναρπαστικά στοιχεία για την επιρροή της υποσυνείδητης αντίληψης στις αντιδράσεις των ανθρώπων. Στη συνέχεια αναφέρονται συνοπτικά τα αποτελέσματα κάποιων από αυτές τις μελέτες.

Μια από τις πρώτες έρευνες ήταν αυτή του Marcel (1980) [24] ο οποίος υπέθετε ότι η επιρροή των συμφραζόμενων στην αντίληψη είναι περιορισμένη στις πληροφορίες που λαμβάνονται συνειδητά. Τα αποτελέσματα του πειράματος του Marcel είναι σύμφωνα με την άποψη ότι η συνειδητή αντίληψη ενός ερεθίσματος περιορίζεται από τα συμφραζόμενα αλλά η υποσυνείδητη αντίληψη του ίδιου ερεθίσματος οδηγεί σε αυτοματοποιημένες αντιδράσεις που δεν περιορίζονται από τα συμφραζόμενα, αφού ενεργοποιούνται αυτόματα τα πολλαπλά νοήματα που μπορεί να περικλείει ένα ερέθισμα. Μια ενδιαφέρουσα, ποιοτική διαφορά που πρώτος υποστήριξε ο Groeger (1984, 1988) [25], [26] είναι ότι οι λέξεις που λαμβάνονται υποσυνείδητα κωδικοποιούνται διαφορετικά από ότι αυτές που λαμβάνονται υποσυνείδητα. Όταν ένα ερέθισμα λαμβάνεται συνειδητά η κυρίαρχη κωδικοποίηση του είναι εννοιολογική, ενώ όταν λαμβάνεται συνειδητά τα εξωτερικά χαρακτηριστικά της δομής του είναι πιο σημαντικά. Περισσότερο πειστικά στοιχεία για την σημαντικότητα της υποσυνείδητης αντίληψης στον καθορισμό αντιδράσεων προέκυψαν από τους Murphy και Zajonc (1993) [27], οι οποίοι απέδειξαν ότι οι αντιδράσεις επηρεάζονται σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από υποσυνείδητα ερεθίσματα παρά από συνειδητά, τα οποία είναι δυνατόν να αγνοούνται. Ένας διαχωρισμός μεταξύ ενεργητικών και παθητικών επιπτώσεων της αντίληψης έχει παρουσιαστεί σε πολλά πειράματα τα οποία αποδεικνύουν ότι τα ερεθίσματα που λαμβάνονται συνειδητά επιτρέπουν στους παρατηρητές να χρησιμοποιήσουν τις ληφθείσες πληροφορίες ώστε να καθοδηγούν τη συμπεριφορά τους και να μπορούν να ακολουθούν οδηγίες, ενώ τα ερεθίσματα που λαμβάνονται υποσυνείδητα οδηγούν σε αυτοματοποιημένες αντιδράσεις που δεν ελέγχονται από τους παρατηρητές (Merikle & Joordens, 1997 [28], Debner & Jacoby, 1994 [29]) [4].

## 2.2.2 Διάρκεια Επιρροής Υποσυνείδητων Ερεθισμάτων

Στην πλειονότητα των μελετών η μνήμη για τις υποσυνείδητα ληφθείσες πληροφορίες μετριέται λίγα δευτερόλεπτα μετά την προβολή της πληροφορίας, γεγονός που περιορίζει τη γενικότητα των αποτελεσμάτων, μια και δεν υπάρχει τρόπος να μάθουμε αν οι υποσυνείδητα ληφθείσες πληροφορίες έχουν μακροχρόνιες ή βραχυχρόνιες επιπτώσεις. Προφανώς, οι θεωρίες για την υποσυνείδητη αντίληψη θα είχαν αρκετά μεγαλύτερη γενικότητα και σημαντικότητα αν μπορούσε να αποδειχθεί ότι οι επιπτώσεις των υποσυνείδητων πληροφοριών διαρκούν περισσότερο από δυο, τρία δευτερόλεπτα, που τυπικά χωρίζουν τη στιγμή της προβολής του ερεθίσματος από τη στιγμή της επακόλουθης πειραματικής μέτρησης. Αν και οι κλασσικές εργαστηριακές μελέτες δεν έχουν εξετάσει χρονικά διαστήματα μεγαλύτερα από μερικά δευτερόλεπτα, υπάρχουν δυο πηγές που δείχνουν ότι η επίδραση των υποσυνείδητων ερεθισμάτων μπορεί να διαρκέσει πολλές ώρες.

Η πρώτη πηγή είναι μια έρευνα του Roetzl (1917/1960) [30], στην οποία βρέθηκε ότι οι υποσυνείδητα ληφθείσες πληροφορίες παραμένουν στη μνήμη για πολλές ώρες. Συγκεκριμένα, τα ευρήματα της έρευνας ήταν ότι οι υποσυνείδητες πληροφορίες μπορεί να εμφανιστούν στο περιεχόμενο των επερχόμενων ονείρων του παρατηρητή, γεγονός που έχει επαληθευτεί και από άλλες πειραματικές μελέτες μετά τον Roetzl. Η δεύτερη πηγή προέρχεται από μελέτες που έχουν γίνει σε ασθενείς κατά τη διάρκεια αναισθησίας (Merikle & Daneman, 1996) [31]. Υπάρχουν πειράματα τα οποία αποδεικνύουν ότι οι ασθενείς που έχουν υποστεί χειρουργική επέμβαση λαμβάνουν και θυμούνται συγκεκριμένα γεγονότα που συνέβησαν κατά τη διάρκεια της ολικής αναισθησίας. Αν και υπάρχουν πειράματα από τα οποία δεν έχουν προκύψει αντίστοιχα πειστήρια, υπάρχουν αξιόλογα στοιχεία ότι συγκεκριμένες πληροφορίες που ελήφθησαν κατά τη διάρκεια της αναισθησίας διατηρούνται στη μνήμη για τουλάχιστον 24 ώρες μετά την επέμβαση [4].

## 2.3 Υποσυνείδητο ερέθισμα

Ο όρος *υποσυνείδητος* - *subliminal* σημαίνει «κάτω από ένα κατώφλι - όριο συνειδητοποίησης». Η ετοιμολογία της λέξης *subliminal* προέρχεται από τις λατινικές λέξεις “sub”, που σημαίνει κάτω – υπό, και “limen”, που σημαίνει κατώφλι. Για την κατανόηση του όρου υποσυνείδητος απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο καθορισμός ενός «κατωφλίου συνειδητοποίησης», το οποίο αποτελεί σαφή διαχωρισμό του συνειδητού από το ασυνείδητο [3]. Ένα υποσυνείδητο ερέθισμα είναι ένα σήμα ή μήνυμα ενσωματωμένο σε ένα άλλο μέσον, το οποίο είναι σχεδιασμένο ώστε να είναι κάτω από τα φυσιολογικά επίπεδα της ανθρώπινης αντίληψης. Αυτά τα ερεθίσματα είναι μη αναγνωρίσιμα από το συνειδητό, αλλά μπορούν να προσληφθούν από το ασυνείδητο και να επηρεάσουν τη σκέψη, τη συμπεριφορά ακόμα και τις αποφάσεις των ανθρώπων.

Τα υποσυνείδητα ερεθίσματα διακρίνονται σε δυο κυρίως κατηγορίες όσον αφορά τη φύση τους, τα οπτικά και τα ακουστικά.

### 2.3.1 Οπτικά υποσυνείδητα ερεθίσματα

Τα οπτικά ερεθίσματα αποτελούνται από γράμματα, ψηφία ή γεωμετρικά σχήματα, τα οποία στις πρώτες έρευνες που διεξήχθησαν προβάλλονταν σε τέτοια απόσταση από τους παρατηρητές που ισχυρίζονταν είτε ότι δεν έβλεπαν τίποτα είτε ότι έβλεπαν μόνο θαμπές κουκκίδες [1].

Μετά την προβολή ενός οπτικού ερεθίσματος σε έναν παρατηρητή παραμένει στον εγκέφαλό του ένα «αποτύπωμα» του ερεθίσματος, έτσι παρά το γεγονός ότι το ερέθισμα προβλήθηκε για πολύ μικρή χρονική διάρκεια και μετά αποσύρθηκε, η απεικόνισή του παραμένει ακόμα ορατή για τον παρατηρητή. Μετά την πρώτη προβολή της λέξης – ερεθίσματος ο παρατηρητής μπορεί να θυμάται το σχήμα του αρχικού τμήματος της λέξης. Στην επόμενη προβολή, η οποία συμβαίνει μετά από πολύ μικρό χρονικό διάστημα, ο εγκέφαλος κρατάει το αποτύπωμα του μεσαίου τμήματος της λέξης. Κατά αυτόν τον τρόπο, ο παρατηρητής μπορεί συνδέοντας όλα αυτά τα αποτυπώματα, τα οποία μεμονωμένα δεν έχουν κάποιο νόημα, να σχηματίσει – αναγνωρίσει ολόκληρη τη λέξη. Για τη αποφυγή του αυτού του φαινομένου στα πειράματα που περιλαμβάνουν οπτικά ερεθίσματα χρησιμοποιούνται «μάσκες». Οι «μάσκες» είναι εικόνες χωρίς νόημα, για παράδειγμα μια σειρά γραμμάτων που όμως δεν σχηματίζουν λέξη ή μια τυχαία συμβολοσειρά, οι οποίες εμφανίζονται αμέσως μετά το ερέθισμα. Έτσι, το αποτύπωμα που παραμένει στον εγκέφαλο είναι αυτό της μάσκας και όχι του ερεθίσματος [7].

### **2.3.2 Ακουστικά υποσυνείδητα ερεθίσματα**

Αντιστοίχως, τα ακουστικά ερεθίσματα κατά τις πρώτες μελέτες πάνω στο θέμα της υποσυνείδητης αντίληψης ήταν ονόματα γραμμάτων που ψιθυρίζονταν τόσο αμυδρά ώστε οι παρατηρητές ισχυρίζονταν ότι δε μπορούσαν να ακούσουν κανένα ήχο.

Ακουστικά υποσυνείδητα ερεθίσματα έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στον τομέα του εμπορίου. Κάποιες εταιρείες εκμεταλλευόμενες την πεποίθηση ότι η υποσυνείδητη αντίληψη μπορεί να προκαλεί αλλαγές στη συμπεριφορά και τον τρόπο σκέψης των ανθρώπων, προώθησαν στην αγορά ακουστικό υλικό ισχυριζόμενοι ότι έχει θεραπευτικές ικανότητες. Έτσι κυκλοφορούν στο εμπόριο κασέτες οι οποίες υποτίθεται βοηθούν τους χρήστες να σταματήσουν το κάπνισμα, να χάσουν βάρος, να βελτιώσουν τη μνήμη τους και πολλά άλλα! Μέχρι σήμερα όσες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί έχουν αποτύχει να βρουν οποιαδήποτε απόδειξη σύμφωνη με τους ισχυρισμούς των εταιρειών που προωθούν τα προϊόντα αυτά [1]. Επίσης, πολλά καταστήματα χρησιμοποιούν ακουστικά υποσυνείδητα μηνύματα που καλύπτονται από τη μουσική του καταστήματος για να αποθαρρύνουν την κλοπή. Τα κρυμμένα μηνύματα συμπιέζονται ή επιταχύνονται σε τέτοιο βαθμό ώστε είναι μη κατανοητά ακόμα κι αν είναι πάνω από το κατώφλι συνειδητοποίησης. Η μουσική στις περιπτώσεις αυτές αποτελεί τον πρωτεύων διάυλο ενώ ο δευτερεύων είναι το κρυμμένο μήνυμα. Έρευνες που έχουν γίνει επί του θέματος δείχνουν ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος αναλύει το περιεχόμενο του δευτερεύοντος διαύλου σε επίπεδο μεμονωμένων λέξεων, καθώς επίσης παρατηρείται και σύντομη εμμονή της μνήμης όσον αφορά το περιεχόμενό του [7].

### **2.4 Χρήση «μασκών»**

Οτιδήποτε προβάλλεται στο οπτικό πεδίο ενός παρατηρητή αφήνει το αποτύπωμά του στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού του, έτσι ο παρατηρητής συνεχίζει να «βλέπει» μια εικόνα και αφότου αυτή έχει αποσυρθεί, γεγονός που δεν επιτρέπει τη διεξαγωγή πειραματικών ερευνών με υποσυνείδητα ερεθίσματα.

Μια λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι να αυξηθεί αρκετά η ταχύτητα προβολής του ερεθίσματος, το οποίο επιτυγχάνεται με χρήση ταχυστοσκοπίου (tachistoscope). Το ταχυστοσκόπιο είναι μια συσκευή που επιτρέπει την προβολή

ερεθισμάτων μικρής και συγκεκριμένης διάρκειας, της τάξης του 1msec. Δυστυχώς αποτελεί πολύ ακριβό, ογκώδη, δύσχρηστο και χρονοβόρο στην εκμάθηση εξοπλισμό.

Μια εναλλακτική λύση είναι η χρήση οπτικών «μασκών». Οι μάσκες είναι συμβολοσειρές ή εικόνες χωρίς νόημα που παρουσιάζονται αμέσως μετά το υποσυνείδητο οπτικό ερέθισμα, ώστε να αποτρέπουν την αποτύπωση του ερεθίσματος στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού μετά την απομάκρυνσή του. Με τη χρήση μάσκας παραμένει το αποτύπωμα της μάσκας στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού και όχι του ερεθίσματος, επιτρέποντας έτσι την προβολή των ερεθισμάτων για μεγαλύτερη διάρκεια. Οι μάσκες είναι συνήθως τυχαίες συμβολοσειρές, όπως #####, ή γραμματοσειρές, όπως ΧΤΒΡΚΝΖΧ, η ακόμα και εικόνες χωρίς νόημα [5].

## 2.5 Κατώφλια συνειδητοποίησης

Πώς μπορεί να αποδειχθεί ότι ένα ερέθισμα έχει επίδραση σε ένα άτομο δεδομένου ότι το άτομο αυτό δε γνωρίζει τη φύση του ερεθίσματος ή ακόμα και την ύπαρξή του; Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, για την κατανόηση του όρου υποσυνείδητος απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο καθορισμός ενός «κατώφλιου συνειδητοποίησης», το οποίο αποτελεί σαφή διαχωρισμό του συνειδητού από το ασυνείδητο. Όσον αφορά την υποσυνείδητη αντίληψη το κατώφλι που μας ενδιαφέρει είναι το «απόλυτο κατώφλι», το οποίο είναι το σημείο όπου ένα ερέθισμα είναι ακριβώς τόσο ισχυρό ώστε να προκαλέσει αίσθηση. Τα κατώφλια δεν είναι προκαθορισμένα αλλά διαφέρουν από άνθρωπο σε άνθρωπο και από μια χρονική στιγμή σε μια άλλη. Σε άλλο επίπεδο, το απόλυτο κατώφλι θα μπορούσε να οριστεί ως η ένταση του ερεθίσματος που απαιτείται ώστε να προκληθεί μια νευρική ώση σε ένα νευρώνα [8].

Από σύγχρονους μελετητές έχουν καθοριστεί δυο διαφορετικά κατώφλια συνειδητοποίησης, το υποκειμενικό και το αντικειμενικό, τα οποία χρησιμοποιούνται στις πειραματικές έρευνες [6]:

### 2.5.1 Υποκειμενικό κατώφλι

Το υποκειμενικό κατώφλι (subjective threshold) αναφέρεται σε εκείνο το επίπεδο έντασης ερεθισμάτων στο οποίο ο παρατηρητής υποστηρίζει ότι απλά υποθέτει τι μπορεί να είναι το ερέθισμα, στην ουσία δηλαδή δε δίνεται καμία πληροφορία ώστε να μπορεί ο παρατηρητής να αποφανθεί σίγουρα για το ένα ή το άλλο σχετικά με κάποιο γεγονός. Υποσυνείδητα γεγονότα κάτω από το υποκειμενικό κατώφλι είναι γεγονότα των οποίων η παρουσία δεν έχει αναφερθεί από τους παρατηρητές [3].

Ο υποκειμενικός τρόπος μέτρησης βασίζεται στις αναφορές των συμμετεχόντων σχετικά με τις ικανότητες αντίληψης του καθενός. Παραδείγματα του υποκειμενικού τρόπου μέτρησης είναι ερωτήσεις όπως: «Αναγνωρίσατε τη λέξη που σας παρουσιάστηκε;» ή «Νομίζετε ότι η λέξη που σας παρουσιάστηκε επηρέασε την κρίση σας;» [5]. Η χρήση του υποκειμενικού κατώφλιου συνεπάγεται ότι ο κάθε συμμετέχων παρέχει το δικό του καθορισμό της συνειδητοποίησης, άρα τα κατώφλια συνειδητοποίησης θα ποικίλλουν από παρατηρητή σε παρατηρητή [6].

### 2.5.2 Αντικειμενικό κατώφλι

Το αντικειμενικό κατώφλι (objective threshold) αναφέρεται σε εκείνο το επίπεδο έντασης ερεθισμάτων στο οποίο ο παρατηρητής δε μπορεί ούτε καν μαντεύοντας να διακρίνει μεταξύ γεγονότων την παρουσία ή όχι ενός σήματος. Υποσυνείδητα γεγονότα κάτω από το αντικειμενικό κατώφλι είναι γεγονότα των οποίων η παρουσία δεν εντοπίζεται από τους παρατηρητές. Τα αποτελέσματα ερευνών που χρησιμοποιούν γεγονότα κάτω από το αντικειμενικό κατώφλι δείχνουν ότι δεν υπάρχουν αδιαμφισβήτητα στοιχεία όσον αφορά την υποσυνείδητη αντίληψη των ερεθισμάτων, ότι το νόημα ή το περιεχόμενο τέτοιων γεγονότων μπορεί να επηρεάσει τη συμπεριφορά των ανθρώπων. Με απλά λόγια, αν ένα ερέθισμα είναι κάτω από το αντικειμενικό κατώφλι συνειδητοποίησης του παρατηρητή δεν έχει καμία απολύτως επιρροή σε αυτόν [3].

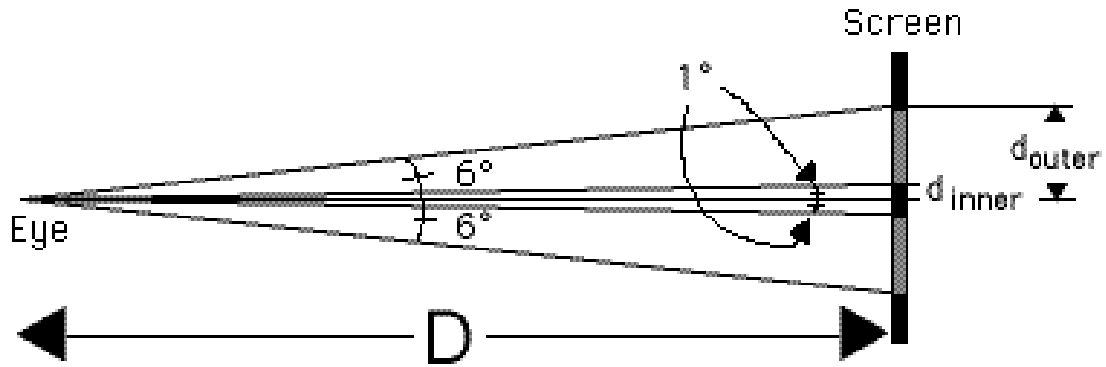
Ο αντικειμενικός τρόπος μέτρησης βασίζεται στην ικανότητα των συμμετεχόντων να διακρίνουν μεταξύ συγκεκριμένων ερεθισμάτων. Τέτοιου είδους μετρήσεις περιλαμβάνουν την αναγκαστική επιλογή μεταξύ δύο ή περισσότερων ερεθισμάτων, όπως για παράδειγμα «Ποιο από αυτά τα μηνύματα έχετε ξαναδεί;», ή κρίση όσον αφορά στην παρουσία ή απουσία του ερεθίσματος, «Ήταν αυτό ένα από τα μηνύματα που σας παρουσιάστηκαν ή όχι;» [5].

Ο αντικειμενικός τρόπος μέτρησης προβλέπει χαμηλότερο κατώφλι για τη συνειδητοποίηση σε σχέση με τον υποκειμενικό [5]. Κατά συνέπεια, αν μπορεί να αποδειχθεί ότι κάποιο ερέθισμα παρουσιάζεται πάνω από το αντικειμενικό κατώφλι και ταυτόχρονα κάτω από το υποκειμενικό κατώφλι του παρατηρητή και αν, επιπλέον, μπορεί να αποδειχθεί η ύπαρξη κάποιας επιρροής στη συμπεριφορά του παρατηρητή που να σχετίζεται με τη σημασία του ερεθίσματος και δεν εμφανίζεται ελλείψει του ερεθίσματος, τότε θα υπήρχε μια ένδειξη υποσυνείδητης αντίληψης και υποσυνείδητης επιρροής [3].

## 2.6 Προβολή υποσυνείδητου ερεθίσματος

Δύο από τις ευρέως χρησιμοποιούμενες μεθόδους για προβολή οπτικών υποσυνείδητων ερεθισμάτων σε πειραματικές έρευνες είναι είτε στο κέντρο του οπτικού πεδίου του παρατηρητή (περιοχή ωχρας κηλίδας του παρατηρητή - foveal) είτε έξω από αυτό (εκτός της περιοχής ωχρας κηλίδας του παρατηρητή - parafoveal). Στη foveal μέθοδο η προβολή του ερεθίσματος μπορεί να γίνει στο κέντρο της οθόνης ενός υπολογιστή ή μιας τηλεόρασης, ενώ στην parafoveal μέθοδο η προβολή του ερεθίσματος μπορεί να γίνει σε κάποια από τις γωνίες της οθόνης. Μέχρι στιγμής οι επιστήμονες δε έχουν καθορίσει επακριβώς τα όρια των περιοχών κεντρικής και μη κεντρικής όρασης, αλλά τα εξωτερικά όρια έχουν τεθεί προσεγγιστικά στις οπτικές γωνίες 1° και 6° αντίστοιχα [9], [10], [11].

Για να καθοριστεί το μη κεντρικό οπτικό πεδίο σε ένα πείραμα ακολουθείται η εξής διαδικασία: Αρχικά, θεωρούμε ένα σημείο στο κέντρο της οθόνης (έστω ένας κύκλος), όπου ο παρατηρητής επικεντρώνει το βλέμμα του. Στη συνέχεια μετράμε την απόσταση μεταξύ του παρατηρητή και της οθόνης και υπολογίζουμε πόσο μπορούμε να απομακρυνθούμε από τον κύκλο ώστε η γωνία που θα σχηματίζεται από αυτό το νέο σημείο και το μάτι του παρατηρητή να είναι μικρότερη από 6° (Σχήμα 2.1). Ο καθορισμός του κεντρικού οπτικού πεδίου είναι πολύ πιο εύκολος μαθηματικά, αφού το ερέθισμα θα προβάλλεται ακριβώς στο κέντρο της οθόνης (στον κύκλο).



Σχήμα 2.1: Σχηματική αναπαράσταση για τον καθορισμό του μη κεντρικού οπτικού πεδίου

Όπως είναι φανερό από το Σχήμα , αν ο παρατηρητής βρίσκεται σε απόσταση  $D$  από την οθόνη, το εξωτερικό όριο του μη κεντρικού οπτικού πεδίου είναι σε απόσταση  $d_{outer} = D \times \tan(6^\circ)$  από το κέντρο της οθόνης και το εσωτερικό όριο του μη κεντρικού οπτικού πεδίου, το οποίο συμπίπτει με το εξωτερικό όριο του κεντρικού οπτικού πεδίου, σε απόσταση  $d_{inner} = D \times \tan(1^\circ)$  από το κέντρο της οθόνης [5].

### 2.6.1 Διάρκεια προβολής υποσυνείδητων ερεθισμάτων

Η διάρκεια προβολής των υποσυνείδητων ερεθισμάτων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες και μπορεί να πάρει πολλές διαφορετικές τιμές. Κάποιοι από αυτούς τους παράγοντες είναι ο τρόπος μέτρησης της συνειδητοποίησης, υποκειμενικός ή αντικειμενικός, η χρήση ή μη χρήση μάσκας, η φωτεινότητα, το μέγεθος και η πολυπλοκότητα του ερεθίσματος, καθώς επίσης και παράγοντες της προσωπικότητας του ατόμου που εξετάζεται. Δοσμένης της μεταβλητότητας των παραγόντων η διάρκεια προβολής των ερεθισμάτων πρέπει να προσαρμόζεται στις ιδιαιτερότητες του κάθε πειράματος. Ο πίνακας 2.1 παρουσιάζει κάποια όρια βασισμένα στη σύγχρονη έρευνα, τα ερωτηματικά αντιπροσωπεύουν μη διαθέσιμα αποτελέσματα [5].

| Μάσκα / Συνειδητοποίηση                     | Χρόνος προβολής |                   |
|---|-----------------|-------------------|
|   | Κεντρικό πεδίο  | Μη κεντρικό πεδίο |
| Με μάσκα / Υποκειμενική συνειδητοποίηση     | 13 - 55 msec    | 50 - 100 msec     |
| Με μάσκα / Αντικειμενική συνειδητοποίηση    | 10 - 20 msec    | 50 - 70 msec      |
| Χωρίς μάσκα / Υποκειμενική συνειδητοποίηση  | 10 - 20 msec    | ?                 |
| Χωρίς μάσκα / Αντικειμενική συνειδητοποίηση | < 10 msec       | ?                 |

Πίνακας 2.1: Διάρκεια προβολής οπτικών υποσυνείδητων ερεθισμάτων υπό συγκεκριμένες συνθήκες.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στη μέθοδο προβολής ερεθίσματος σε μη κεντρικό πεδίο τα ερεθίσματα συνήθως είναι λέξεις, ενώ στην προβολή στο κεντρικό πεδίο συνήθως χρησιμοποιούνται εικόνες ως ερεθίσματα. Επίσης, αυτά τα όρια έχουν προκύψει από πειράματα στα οποία τα ερεθίσματα προβάλλονταν μεμονωμένα, χωρίς άλλα αντικείμενα ή λέξεις στο οπτικό πεδίο. Πειράματα στα οποία γίνεται προβολή υποσυνείδητων ερεθισμάτων στο μη κεντρικό πεδίο ταυτόχρονα με την προβολή άλλης λέξης ή αντικειμένου στο κεντρικό πεδίο απαιτούν μεγαλύτερη διάρκεια προβολής, μερικές φορές έως και 250msec [10].

## 2.7 Συνέπειες των Υποσυνείδητων Ερεθισμάτων

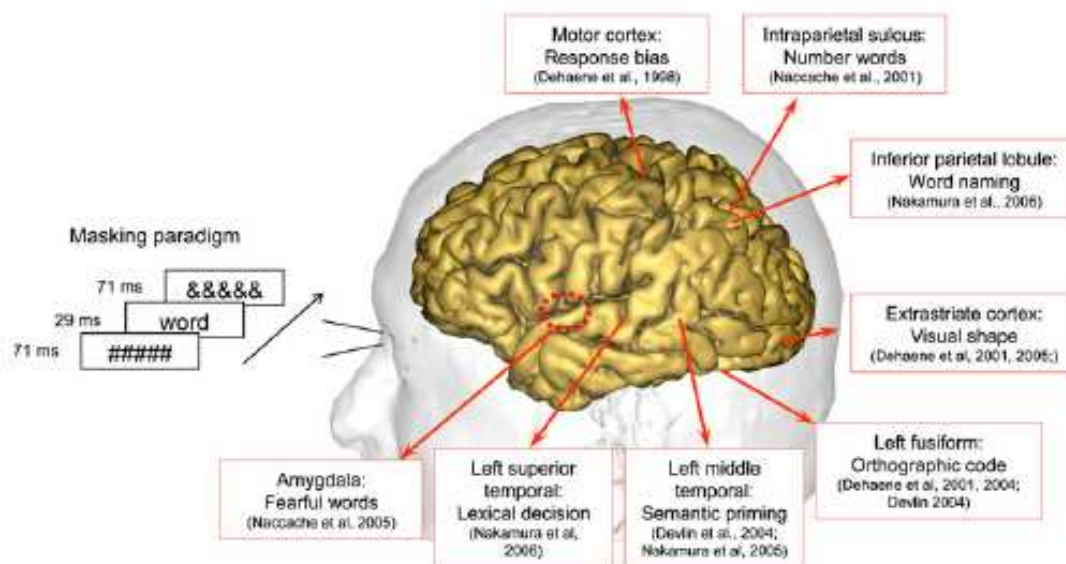
Μια από τις πιο σημαντικές επιδράσεις των υποσυνείδητων μηνυμάτων στον άνθρωπο σχετίζεται με το εννοιολογικό περιεχόμενο των λέξεων. Ο νοητικός μηχανισμός του ανθρώπου είναι οργανωμένος σε ένα πολύπλοκο δίκτυο όπου συναφείς έννοιες είναι ενωμένες μεταξύ τους. Όταν «ενεργοποιείται» μια έννοια αυτομάτως «ενεργοποιούνται» και άλλες έννοιες παρόμοιου περιεχομένου. Στις εργαστηριακές μελέτες αυτή η επέκταση της ενεργοποίησης μπορεί να παρατηρηθεί μέσω μιας σειράς πειραμάτων με στόχο τη λεξιλογική επιλογή (lexical decision task). Σε αυτού του είδους τα πειράματα ο παρατηρητής βλέπει μια γραμματοσειρά και καλείται να κρίνει, όσο πιο γρήγορα γίνεται, αν η γραμματοσειρά αυτή αποτελεί μια πραγματική λέξη ή όχι. Υπάρχουν αρκετές εμπειριστατωμένες μελέτες που υποδεικνύουν ότι η προβολή υποσυνείδητων ερεθισμάτων μπορεί να επηρεάσει την αναγνώριση σχετικών εννοιολογικά λέξεων [12], [13].

Μια άλλη επίδραση σχετίζεται με την άποψη ότι η επαναλαμβανόμενη έκθεση ενός ατόμου σε ένα ερέθισμα βελτιώνει την άποψη του γι αυτό [14]. Απλά και μόνο η έκθεση ενός ατόμου σε ένα ερέθισμα είναι επαρκής συνθήκη ώστε να αυξηθεί η αρέσκεια του σε αυτό, είτε αυτό το ερέθισμα είναι πρόσωπο, είτε είναι πράγμα. Αυτή η συσχέτιση έχει αποδειχθεί από εκατοντάδες μελέτες. Εν συντομία, η οικειότητα προκαλεί επιδοκμασία, όχι περιφρόνηση [15]. Αυτή η θεωρία είναι απολύτως λογική και αιτιολογημένη για ερεθίσματα που λαμβάνονται συνειδητά. Όμως φαίνεται παράδοξο το να ισχυριζόμαστε ότι συλλέγουμε πληροφορίες από ερεθίσματα τα οποία παρουσιάζονται κάτω από το επίπεδο συνειδητοποίησης. Πολλοί ερευνητές έχουν διερευνήσει εάν η έκθεση σε υποσυνείδητα ερεθίσματα μπορεί να βελτιώσει την προτίμηση κάποιου σε αυτά και έχουν αποδείξει ότι μπορεί [16].

Οι γνωσιακοί και κοινωνικοί ψυχολόγοι έχουν διαπιστώσει ότι η υποσυνείδητη αντίληψη μπορεί να επηρεάσει ακόμα πιο πολύπλοκες ψυχολογικές διαδικασίες. Για παράδειγμα, άνθρωποι στους οποίους προβλήθηκαν υποσυνείδητα λέξεις οι οποίες ήταν σχετικές με την εχθρικότητα, ήταν επιρρεπείς στο να θεωρούν μια αμφίσημη συμπεριφορά άλλων ανθρώπων ως εχθρική [8]. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί και σε έρευνες όπου τα υποσυνείδητα μηνύματα είχαν σχέση με ευγένεια ή ντροπαλότητα [17]. Η προβολή σε υποσυνείδητα ερεθίσματα φαίνεται επίσης να επηρεάζει την ανθρώπινη συμπεριφορά. Για παράδειγμα, άτομα με ανταγωνιστική προδιάθεση θα ήταν πιο πιθανό να συμμετέχουν σε ένα παιχνίδι μετά από έκθεσή τους σε υποσυνείδητα μηνύματα με λέξεις ανταγωνιστικού περιεχομένου [18]. Σε μια ακόμα πιο εντυπωσιακή έρευνα, οι συμμετέχοντες μαθητές συμπεριφέρονται πιο επιθετικά σε άλλο μαθητή μετά την προβολή τους σε υποσυνείδητα ερεθίσματα εχθρικού περιεχομένου [19], [20]. Αυτά τα ευρήματα δημιουργούν πολλά ερωτήματα όσον αφορά τα όρια της υποσυνείδητης επιρροής και πιο γενικά πόσο μπορεί η σκέψη, η κρίση και η συμπεριφορά του ανθρώπου να επηρεαστεί μη συνειδητά από το περιβάλλον του.

## 2.8 Περιοχές ενεργοποίησης

Σύμφωνα με σύγχρονες έρευνες έχει αποδειχθεί ότι η επεξεργασία των υποσυνείδητων ερεθισμάτων – λέξεων μπορεί να είναι ιδιαίτερος εκτενής, όσον αφορά τις περιοχές ενεργοποίησης του ανθρώπινου εγκεφάλου.



Σχήμα 2.2: Σχηματική αναπαράσταση των κύριων περιοχών όπου έχει βρεθεί ενεργοποίηση εξαιτίας υποσυνείδητων ερεθισμάτων με χρήση «μάσκας».

Εμπεριστατωμένες μελέτες έχουν δείξει ότι υποσυνείδητα ερεθίσματα με χρήση μάσκας μπορούν να προκαλέσουν οπτικά και ορθογραφικά εναύσματα (priming) στον εγκεφαλικό φλοιό καθώς και εννοιολογικό έναυσμα στη μέση αριστερή κροταφιαία περιοχή. Άλλες περιοχές ενεργοποιούνται ασυνείδητα όταν τα υποσυνείδητα ερεθίσματα ανήκουν σε συγκεκριμένη σημασιολογική κατηγορία, για παράδειγμα η περιοχή αμυγδαλή ενεργοποιείται για λέξεις σχετικές με το φόβο, ο εσωβρεγματικός φλοιός για λέξεις αριθμητικού περιεχομένου, η κυρίως αριστερή κροταφιαία περιοχή για λεξικολογική επιλογή και ο κατώτερος αριστερός βρεγματικός λοβός για καθορισμό λέξης.



## 2.9 Βιβλιογραφία

- [1] Merikle P.M., Subliminal Perception, Encyclopedia of Psychology (Vol. 7). New York. Oxford University Press. 2000.
- [2] Peirce, C.S., & Jastrow, J. (1884). On small differences in sensation. Memoirs of the National Academy of Sciences, 3, 73-83.
- [3] Vokey J.R., Subliminal Messages (pp.237 – 250). In John R. Vokey and Scott W. Allen (Eds.), Psychological Sketches (6<sup>th</sup> Edition), Lethbridge, Alberta:Psyence Ink., 2002.
- [4] Merikle P.M., Psychological investigations of unconscious perception, Journal of Consciousness Studies, 5, No 1, pp. 5 – 18, 1998.
- [5] Cognitive Studies/ Psychology/ Visual Studies 201: Cognitive Science in Context Laboratory, <http://www.csic.cornell.edu/201/suliminal/>
- [6] Moore T.E., Subliminal perception: Facts and fallacies, Skeptical Inquirer, 16, p. 237 – 281, 1992.
- [7] Psychology, <http://www.umich.edu/~onebook/pages/tablepages/psych.html>
- [8] Ainsworth L.L., Problems with subliminal perception, Jpurnal of Business and Psychology, Vol.3, No. 3, 1989.
- [9] Bouma, H., Visual search in reading: Eye movements and functional visual field: A tutorial review. In Reguin, J. (Ed.), Attention and performance (vol. 7), New York: Erlbaum. 1978.
- [10] Holender, D., Semantic activation without conscious identification in dichotic listening, parafoveal vision, and visual masking: A survey and appraisal. The Behavioral and Brain Sciences, 9, 1-23. 1986.
- [11] Rayner, K., Foveal and parafoveal cues in reading. In Reguin, J. (Ed.), Attention and performance (vol. 7), New York: Erlbaum. 1978.
- [12] Kemp-Wheeler, S.M., & Hill, A.B., Semantic priming without awareness: Some methodological considerations and replications. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 40A, 671-692. 1988.
- [13] Marcel, A.J., Conscious and unconscious perception: Experiments on visual masking and word recognition. Cognitive Psychology, 15, 197-237. 1983.
- [14] Zajonc, R.B., Attitudinal effects of mere exposure. Journal of Personality and Social Psychology Monograph, 9, 1-27. 1968.
- [15] Gilovich, T., The Effect of Repeated Exposure on Liking. Unpublished manuscript: Cornell University. 1998.

- [16] Bornstein, R.F., Subliminal mere exposure effects. In Bornstein, R.F., & Pittman, T.S. (Eds.), *Perception without awareness* (pp. 191-210), New York: The Guilford Press. 1992
- [17] Bargh, J.A., Bond, R.N., Lombardi, W.J., & Tota, M.E., The additive nature of chronic and temporary sources of construct accessibility. *Journal of Personality and Social Psychology*, 50, 869-878. 1986.
- [18] Neuberg, S.L., Behavioral implications of information presented outside of conscious awareness: The effect of subliminal presentation of trait information on behavior in the prisoner's dilemma game. *Social Cognition*, 6, 207-230. 1988.
- [19] Bargh, J.A., Chen, M., & Burrows, L., Automaticity and social behavior: Direct effects of trait construct and stereotype activation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 71, 230-244. 1996.
- [20] Chen, M., & Bargh, J.A., Nonconscious behavioral confirmation processes: The self-fulfilling consequences of automatic stereotype activation. *Journal of Experimental Social Psychology*, 33, 541-560. 1997.
- [21] Dehaene S., Naccache L., Can one suppress subliminal words?, *Neuron*, Vol. 52, Issue 3, p. 397 – 399, 2006.
- [22] Key W.B., *Subliminal Seduction*, Prentice Hall Inc., 1973.
- [23] Key W.B., *Media Sexploitation*, Prentice Hall Inc., 1976.
- [24] Marcel, A.J., Conscious and preconscious recognition of polysemous words: Locating the selective effects of prior verbal context, *Attention and Performance VIII*, ed. R. S. Nickerson, 1980.
- [25] Groeger, J.A., Evidence of unconscious semantic processing from a forced-error situation, *British Journal of Psychology*, 75, pp. 305 -14, 1984.
- [26] Groeger, J.A., Qualitatively different effects of undetected and unidentified auditory primes, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40A, pp. 323-39, 1988.
- [27] Murphy, S.T. and Zajonc, R.B., Affect, cognition, and awareness: Affective priming with optimal and suboptimal stimulus exposures, *Journal of Personality and Social Psychology*, 64, pp. 723-39, 1993.
- [28] Merikle, P.M., Joordens, S., Measuring unconscious influences, *Scientific approaches to consciousness*, ed. J.D. Cohen and J.W. Schooler, 1997.
- [29] Debner, J.A., Jacoby, L.L., Unconscious perception: Attention, awareness, and control, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, pp. 304-17, 1994.

[30] Poetzl, O., The relationships between experimentally induced dream images and indirect vision, *Psychological Issues*, 2, (3, Monograph 7), pp. 46-106, 1960 (originally published 1917).

[31] Merikle, P.M., Daneman, M., Memory for unconsciously perceived events: Evidence from anesthetized patients, *Consciousness and Cognition*, 5, pp. 525-41, 1996.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: Πειραματική διαδικασία και Επεξεργασία των μετρήσεων

### 3.1 Πειραματική Διαδικασία

#### 3.1.1 Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας

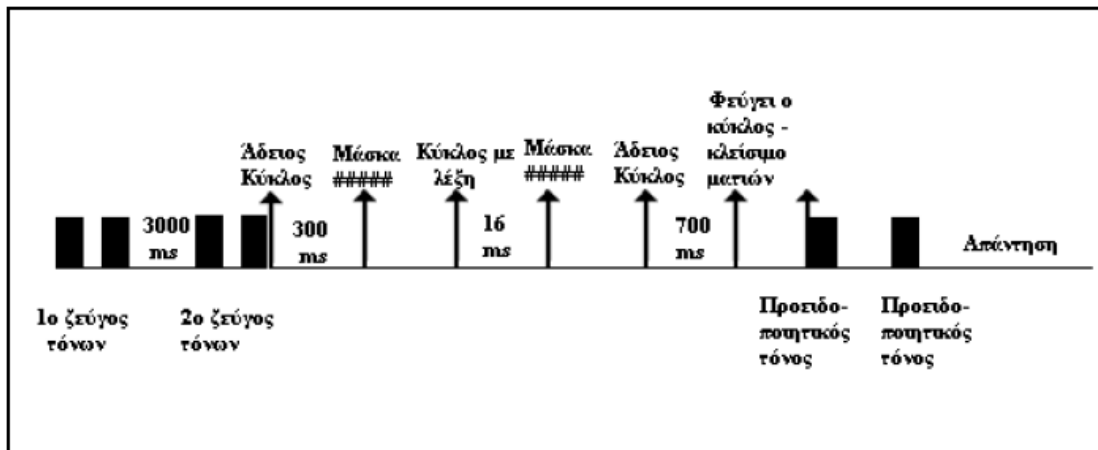
Στην παρούσα διπλωματική εργασία εφαρμόστηκε για πρώτη φορά μια νέα πειραματική συνθήκη. Έγινε χρήση ενός ψυχοφυσιολογικού πρωτοκόλλου το οποίο ελέγχει δύο σημαντικά ζητήματα. Το πρώτο αναφέρεται στο πώς αντιλαμβάνεται ο ανθρώπινος εγκέφαλος το χρόνο και το άλλο, το οποίο εξετάζεται σ' αυτή τη διπλωματική, στο πώς επιδρούν τα υποσυνείδητα μηνύματα στη λήψη αποφάσεων όταν υποβάλλεται κάποιο ερώτημα σε ένα άτομο.

Κατά την πειραματική διαδικασία το εξεταζόμενο άτομο φοράει ακουστικά και κάθεται μπροστά από μια οθόνη υπολογιστή. Στην αρχή ακούει δύο ζεύγη τόνων, ο καθένας εκ των οποίων έχει διάρκεια 50msec και συχνότητα 700Hz. Στο πρώτο ζεύγος το χρονικό διάστημα μεταξύ των δυο τόνων είναι σταθερό και ίσο με 1200msec. Αφού το εξεταζόμενο άτομο ακούσει το πρώτο ζεύγος τόνων ακολουθεί μια παύση 3sec και έπεται το δεύτερο ζεύγος τόνων. Το διάστημα μεταξύ των δυο τόνων, στο δεύτερο ζεύγος τόνων, μπορεί να είναι είτε ίσο με το πρώτο, 1200msec, είτε διαφορετικό, μικρότερο (1080msec) ή μεγαλύτερο (1320msec), αναλόγως ποια συνθήκη ελέγχεται σε κάθε επανάληψη. Το εξεταζόμενο άτομο καλείται να κρίνει αν το διάστημα μεταξύ των τόνων του δεύτερου ζεύγους είναι ίσο ή διάφορο από το διάστημα μεταξύ των τόνων του πρώτου ζεύγους.

Αφού ακουστεί και το δεύτερο ζεύγος τόνων ακολουθεί η εμφάνιση ενός κύκλου στην οθόνη, στον οποίο το άτομο πρέπει να εστιάσει την προσοχή του. Αρχικά ο κύκλος είναι κενός, μετά από 300msec εμφανίζεται στο κέντρο του μια σειρά από διέσεις (#####) για 50msec. Αυτές λειτουργούν ως μάσκα ώστε να μην αποτυπώνεται το υποσυνείδητο μήνυμα στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού [2], [3]. Στη συνέχεια εμφανίζεται στο κέντρο του κύκλου μια λέξη για πολύ μικρό χρονικό διάστημα (16msec), η οποία λειτουργεί ως υποσυνείδητο μήνυμα, και αμέσως μετά τα 16msec επανεμφανίζονται οι διέσεις για άλλα 50msec. Οι λέξεις που εμφανίζονται μέσα στον κύκλο ως υποσυνείδητα μηνύματα εξαρτώνται από τη συνθήκη που εξετάζεται κάθε φορά.

Μετά το διάστημα εμφάνισης των διέσεων, ο κύκλος εξαφανίζεται από την οθόνη και το εξεταζόμενο άτομο κλείνει τα μάτια. Ακολουθεί παύση 3sec και στη συνέχεια ακούγονται δύο υψίσυχοι τόνοι συχνότητας 3000Hz και διάρκειας 50msec ο καθένας, οι οποίοι απέχουν 1sec. Στο χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια της παύσης και ακριβώς πριν τους τελευταίους προειδοποιητικούς τόνους μετρώνται τα προκλητά δυναμικά, για να γίνει η σύγκριση μεταξύ των διαφόρων πειραματικών συνθηκών. Έτσι το εξεταζόμενο άτομο πρέπει να έχει τα μάτια κλειστά ώστε να μην υπάρχουν παρεμβολές από οποιαδήποτε οπτικά ερεθίσματα. Τέλος, αμέσως μετά από τους προειδοποιητικούς τόνους ο εξεταζόμενος δίνει την απάντησή του, στην ερώτηση αν τα διαστήματα μεταξύ των δυο ζευγών τόνων είναι ίσα ή άνισα χρησιμοποιώντας ένα χειριστήριο με δυο κουμπιά, στο οποίο το ένα κουμπί αντιπροσωπεύει το «ίσο» και το άλλο το «διάφορο».

Η πειραματική διαδικασία φαίνεται σχηματικά στο Σχήμα 3.1.



Σχήμα 3.1: Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας [1]

### 3.1.1.1 Πειραματικές συνθήκες

Στο πείραμα αυτό ουσιαστικά εξετάζονται δύο περιπτώσεις:

- Στην πρώτη περίπτωση το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι ίσο με το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων, δηλαδή 1200msec. Αυτή η συνθήκη επαναλαμβάνεται 120 φορές. Στις μισές επαναλήψεις (60) εμφανίζεται ως υποσυνείδητο μήνυμα η λέξη «ίσο», συνθήκη d1. Στις άλλες μισές επαναλήψεις (60) δεν εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα, συνθήκη d2.

- Στη δεύτερη περίπτωση το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι διαφορετικό από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων. Αυτή η περίπτωση, που επαναλαμβάνεται επίσης 120 φορές, χωρίζεται σε δυο υποπεριπτώσεις και συνολικά σε 4 συνθήκες, με 30 επαναλήψεις η καθεμία. Στις συνθήκες d3, όπου το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι μικρότερο (1080msec) από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων, και d4, όπου το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι μεγαλύτερο (1320msec) από με το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων, εμφανίζεται η λέξη «διάφορο» ως υποσυνείδητο μήνυμα. Στις συνθήκες d5, όπου το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι μικρότερο (1080msec) από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων, και d6, όπου το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι μεγαλύτερο (1320msec) από με το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων, δεν εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα.

Επίσης, στην επεξεργασία των μετρήσεων ελέγχθηκαν άλλες δυο συνθήκες, γενικότερες από τις d3, d4, d5 και d6. Στη συνθήκη s1, που αποτελεί συνένωση των d3 και d4, το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι διαφορετικό (είτε μικρότερο είτε μεγαλύτερο) από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και εμφανίζεται η λέξη «διάφορο» ως υποσυνείδητο μήνυμα. Αντίστοιχα, στη συνθήκη s2, συνένωση των d5 και d6, το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι επίσης διαφορετικό (είτε μικρότερο είτε μεγαλύτερο) από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και δεν εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα.

Στον πίνακα 3.1 φαίνονται αναλυτικά οι έξι διαφορετικές συνθήκες που χρησιμοποιήθηκαν και ο αριθμός των επαναλήψεων για κάθε συνθήκη καθώς και οι δυο γενικότερες ελέγχθηκαν στην επεξεργασία των μετρήσεων.

| <i>Συνθήκη</i> | <i>Διάστημα μεταξύ των δυο δευτέρων τόνων</i> | <i>Υποσυνείδητο μήνυμα</i> | <i>Αριθμός επαναλήψεων</i> |
|----------------|---|----------------------------|----------------------------|
| d1             | 1200msec                                      | ίσο                        | 60                         |
| d2             | 1200msec                                      |                            | 60                         |
| d3             | 1080msec                                      | διάφορο                    | 30                         |
| d4             | 1320msec                                      | διάφορο                    | 30                         |
| d5             | 1080msec                                      |                            | 30                         |
| d6             | 1320msec                                      |                            | 30                         |
| s1             | 1080msec ή 1320msec                           | διάφορο                    | 60                         |
| s2             | 1080msec ή 1320msec                           |                            | 60                         |

Πίνακας 3.1: Οι πειραματικές συνθήκες.

Η σειρά με την οποία εξετάστηκαν οι συνθήκες ορίστηκε με ψευδοτυχαίο τρόπο, είναι ίδια για όλους τους συμμετέχοντες και παρουσιάζεται στον πίνακα 1 του Παραρτήματος.

### 3.1.1.2 Υλοποίηση Πειραματικής διάταξης

Κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας χρησιμοποιήθηκαν δυο οθόνες συνδεδεμένες σε οριζόντια επέκταση στην ίδια κάρτα γραφικών ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η κύρια οθόνη ήταν αυτή του εξεταστή και η δευτερεύουσα οθόνη αυτή του εξεταζόμενου. Οι οθόνες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν όμοιες και είχαν ανάλυση 600 x 800 pixels η καθεμία και η συχνότητά τους ορίστηκε στα 75Hz. Έτσι μετά τη σύνδεσή τους δημιουργήθηκε μια ενιαία οθόνη 1600 x 600 pixels. Μέσω της κύριας οθόνης ο εξεταστής επιλέγει το αρχείο στο οποίο αποθηκεύονται τα αποτελέσματα του εξεταζόμενου ατόμου και κάνει την εκκίνηση του πειράματος. Μπροστά στη δευτερεύουσα οθόνη κάθεται ο εξεταζόμενος, ο οποίος έχει την προσοχή του εστιασμένη σε αυτή. Ο εξεταζόμενος φοράει ακουστικά συνδεδεμένα στην κάρτα ήχου του υπολογιστή, ώστε να ακούει τους τόνους του πειράματος, ενώ κρατάει το χειριστήριο που είναι συνδεδεμένο σε θύρα USB του υπολογιστή.

Στην παράλληλη θύρα του υπολογιστή συνδέεται ο εγκεφαλογράφος. Μέσω της παράλληλης θύρας στέλνονται σήματα (TTL παλμοί) από τον υπολογιστή στον εγκεφαλογράφο σε κάποια συγκεκριμένα στάδια του πειράματος έτσι ώστε μετά το τέλος του πειράματος να μπορεί να γίνει εξαγωγή των προκλητών δυναμικών από τη συνολική καταγραφή του εγκεφαλογραφήματος στα επιθυμητά σημεία του πειράματος. Οι παλμοί αυτοί καταγράφονται σε ένα ειδικό κανάλι του εγκεφαλογράφου.

### 3.1.1.3 Ανάλυση του προγράμματος

Ο προγραμματισμός έγινε σε γλώσσα Delphi σε προγραμματιστικό περιβάλλον CodeGear Delphi for Microsoft Windows Version 11.0.2627.5503i. Περισσότερες πληροφορίες και ανάλυση του προγράμματος υπάρχουν στη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία της Τσιανάκα Ε. [1].

### 3.1.2 Μετρητική διάταξη – Σύστημα καταγραφής ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος

Για την καταγραφή του σήματος του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος χρησιμοποιήθηκε το σύστημα ActiveTwo της εταιρίας BioSemi [4]. Το ActiveTwo είναι ένα σύστημα καταγραφής ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (EEG), το οποίο προσφέρει δυνατότητα πολυκάναλης, έως και 280 κανάλια, και υψηλής ανάλυσης (24-bit) καταγραφής βιοδυναμικών για ερευνητικές εφαρμογές. Το ActiveTwo είναι επίσης κατάλληλο για καταγραφή και άλλων βιολογικών σημάτων, ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ΗΚΓ - ECG) και ηλεκτρομυογραφήματος (ΗΜΓ - EMG). Στην πειραματική διαδικασία που εκτελέσαμε χρησιμοποιήθηκε το σύστημα ActiveTwo με 72 κανάλια εισόδου από τα οποία 64 είναι ηλεκτρόδια που τοποθετούνται στη δερματική επιφάνεια του κρανίου ενώ τα υπόλοιπα 8 είναι εξωτερικά ηλεκτρόδια και μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιοδήποτε σημείο του σώματος. Το σύστημα καταγραφής αποτελείται από τα τμήματα που φαίνονται στο Σχήμα 3.6 [4].



Σχήμα 3.2: Σύστημα καταγραφής ΗΕΓ.

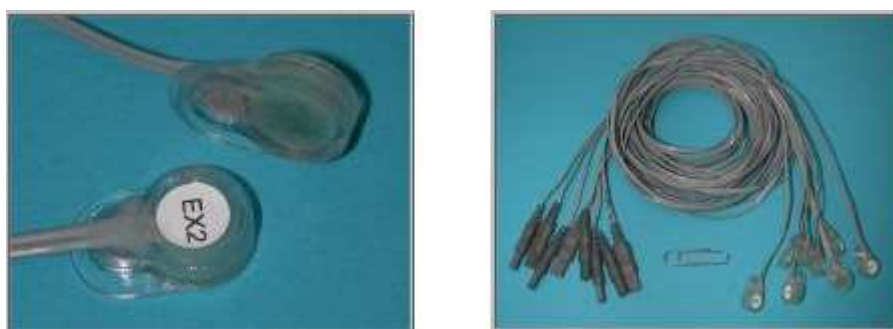
#### 3.1.2.1 Ηλεκτρόδια

Το σύστημα της εταιρίας Biosemi χρησιμοποιεί ενεργά ηλεκτρόδια (active electrodes), στα οποία μία πρώτη επεξεργασία του σήματος γίνεται στα ίδια τα ηλεκτρόδια.. Το ενεργό ηλεκτρόδιο είναι ένας αισθητήρας με πολύ χαμηλή αντίσταση εξόδου, η οποία επιτυγχάνεται με ενσωμάτωση ενός ενισχυτή πρώτης φάσης στο ηλεκτρόδιο. Έτσι γίνεται προενίσχυση του σήματος του εγκεφαλογραφήματος στο ηλεκτρόδιο και στη συνέχεια το σήμα περνάει στον ενισχυτή του οργάνου μέτρησης (Instrumentation Amplifier). Κατ' αυτόν τον τρόπο, εξαλείφονται τα προβλήματα που συνδέονται με την υψηλή αντίσταση ηλεκτροδίου, τη χωρητική σύζευξη ανάμεσα στο καλώδιο και τις πηγές παρεμβολής και τις ανεπιθύμητες συνέπειες από τις κινήσεις του καλωδίου. Τα επίπεδα θορύβου είναι τόσο χαμηλά όσο το επίπεδο θερμικού θορύβου του ηλεκτροδίου. Τέτοιου τύπου ηλεκτρόδια επιτρέπουν την επιτυχή καταγραφή πολύ ασθενών σημάτων [5]. Ιδιαίτερα τα ενεργά ηλεκτρόδια δεύτερης γενιάς είναι ακόμα μικρότερα σε μέγεθος, τα καλώδιά τους πιο ελαφριά και παρέχουν ακόμα χαμηλότερα επίπεδα θορύβου και αντίστασης εισόδου.

Υπάρχουν δυο τύποι ενεργών ηλεκτροδίων που χρησιμοποιούνται στην καταγραφή ΗΕΓ, τα επίπεδα και τα ακιδωτά ενεργά ηλεκτρόδια [4].

### 3.1.2.1.1 Επίπεδα ενεργά ηλεκτρόδια

Τα επίπεδα ενεργά ηλεκτρόδια (flat – type active electrode) της BioSemi έχουν πολύ μικρές διαστάσεις, 11mm πλάτος, 17mm μήκος και 4.5mm ύψος, καλώδιο μήκους 150cm και είναι σχεδιασμένα για εφαρμογή σε κάθε τύπου δερματική επιφάνεια. Το επίπεδο σχήμα τους τα κάνει ιδανικά για όλες τις ΗΚΓ και ΗΜΓ καταγραφές καθώς επίσης και για ΗΕΓ καταγραφές όπου η χρήση καλύμματος του κεφαλιού δεν είναι εύχρηστη, όπως σε μελέτες κατά τη διάρκεια του ύπνου. Το κοίλωμα για την τοποθέτηση της αγωγίμης κρέμας είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να μειώνονται τα artifacts λόγω κίνησης. Τα επίπεδα ηλεκτρόδια έχουν μια επιφάνεια Ag-AgCl με διάμετρο 4mm η οποία εξασφαλίζει πολύ χαμηλά επίπεδα θορύβου, χαμηλή αντιστάθμιση τάσης και πολύ σταθερή DC απόδοση. Τα ηλεκτρόδια είναι πλήρως αδιάβροχα και καθορίζονται εύκολα με χρήση οινόπνευματος.



Σχήμα 3.3: Επίπεδα ενεργά ηλεκτρόδια

### 3.1.2.1.2 Ακιδωτά ενεργά ηλεκτρόδια

Τα ακιδωτά (pin – type) ηλεκτρόδια της BioSemi έχουν σχεδιαστεί αποκλειστικά για τοποθέτηση στα σκουφάκια της BioSemi. Τα ηλεκτρόδια αυτά έχουν μια άκρη Ag-AgCl η οποία εξασφαλίζει πολύ χαμηλά επίπεδα θορύβου, χαμηλή αντιστάθμιση τάσης και πολύ σταθερή DC απόδοση. Η κάθε δεσμίδα ηλεκτροδίων περιέχει 32 ηλεκτρόδια σε κοινή σύνδεση με καλώδιο μήκους 140cm. Τα ηλεκτρόδια είναι πλήρως αδιάβροχα και καθορίζονται εύκολα με χρήση οινόπνευματος.



Σχήμα 3.4: Ακιδωτά ενεργά ηλεκτρόδια



### 3.1.2.1.3 Σκούφοι

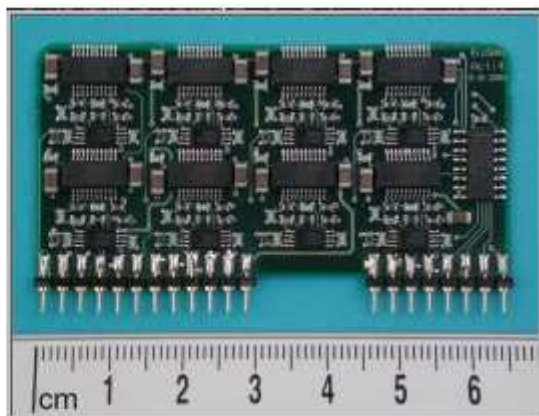
Ο σκούφος (headcap) είναι από ελαστικό υλικό με πλαστικές οπές για τοποθέτηση των ηλεκτροδίων. Ο σκούφος τοποθετείται στο κεφάλι του εξεταζόμενου και οι οπές των ηλεκτροδίων γεμίζονται με αγωγίμο τζελ για την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων. Αφού οι οπές γεμίσουν, τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται ένα προς ένα. Η διαδικασία τοποθέτησης είναι γρήγορη και αξιόπιστη, απαιτούνται περίπου 5 - 10 λεπτά για 32 κανάλια.



Σχήμα 3.5: Σκούφοι

### 3.1.2.2 Κουτί AD – A/Ψ (Αναλογικό / Ψηφιακό)

Από τα ηλεκτρόδια το προενισχυμένο σήμα του ΗΕΓ μεταφέρεται στο κουτί AD. Στο κουτί αυτό το οποίο είναι γαλβανικά απομονωμένο γίνεται μετατροπή του σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό. Στο εσωτερικό του βρίσκονται ένας ενισχυτής χαμηλού θορύβου με ένα πρώτης τάξεως φίλτρο εξομάλυνσης το οποίο ακολουθείται από έναν delta – sigma διαμορφωτή με 64 ρυθμό δειγματοληψίας και ένα φίλτρο αποδεκατισμού. Η ψηφιακή έξοδος των 72 μετατροπέων σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό καταλήγουν σε έναν ψηφιακό πολυπλέκτη και στέλνονται στο υπολογιστή όπου γίνεται η καταγραφή του σήματος μέσω μιας μονής οπτικής ίνας χωρίς περαιτέρω συμπίεση [4].



Σχήμα 3.6: αριστερά: κουτί AD 256 καναλιών με μπαταρία, δεξιά: κύκλωμα ενισχυτή / μετατροπέα 8 καναλιών

### 3.1.2.3 Δέκτης USB2

Ο δέκτης USB2 μετατρέπει τα οπτικά δεδομένα που έρχονται από το κουτί AD σε έξοδο USB2. Ακόμα ο USB2 δέκτης έχει μία θύρα με 16 ανεξάρτητες εισόδους και 16 ανεξάρτητες εξόδους με την οποία στέλνονται τετραγωνικοί παλμοί (triggers) από τον υπολογιστή στον οποίο εκτελείται το πείραμα για τον συντονισμό της πειραματικής διαδικασίας με την καταγραφή του ΗΕΓ. Αυτή η διάταξη εξασφαλίζει την πλήρη γαλβανική απομόνωση του ανθρώπου και του υπολογιστή που στέλνει τους παλμούς. Ο δέκτης USB έχει μεγάλο ρυθμό μετάδοσης. Για ένα

σύστημα με 256 κανάλια 24 bit και ρυθμό δειγματοληψίας 4096kHz έχει ρυθμό απόδοσης 3.54Mbyte/sec. Στη συνέχεια τα δεδομένα μεταφέρονται μέσα από τη USB2 θύρα του υπολογιστή στο σκληρό δίσκο του με το πρόγραμμα ActiView. Ο δέκτης USB2 καθιστά το σύστημα ActiveTwo συμβατό τόσο με σταθερούς υπολογιστές όσο και με φορητούς [4].



Σχήμα 3.7: Μπροστά και πίσω όψη ενός δέκτη USB2.

#### 3.1.2.4 Κουτί μπαταρίας

Το κουτί της μπαταρίας (battery box) τροφοδοτεί τόσο το κουτί AD όσο και τα ενεργά ηλεκτρόδια. Περιέχει μια μπαταρία κλειστού τύπου μολύβδου οξέος (sealed lead-acid) και ένα κύκλωμα διακοπής λειτουργίας για αποφυγή πλήρους εκφόρτισης της μπαταρίας. Σε ένα σύστημα 256 καναλιών η διάρκεια ζωής της μπαταρίας είναι τουλάχιστον 5 ώρες, ενώ όσο μειώνονται τα κανάλια η διάρκεια ζωής της μπαταρίας επιμηκύνεται με μέγιστη απόδοση έως 3 μέρες για σύστημα 16 καναλιών [4].



Σχήμα 3.8: Κουτί μπαταρίας και ενισχυτής συνδεδεμένος στο κουτί μπαταρίας.

#### 3.1.2.5 Φορτιστής

Οι μπαταρίες κλειστού τύπου μολύβδου – οξέος που χρησιμοποιούνται στο κουτί της μπαταρίας φορτίζονται πολύ εύκολα με αυτό το κύκλωμα φόρτισης: πλήρης φόρτιση μιας άδειας μπαταρίας χρειάζεται περίπου 3½ ώρες. Η κατάσταση του φορτιστή αλλάζει αυτόματα σε μη ενεργή όταν η μπαταρία είναι πλήρως φορτισμένη και η μπαταρία μπορεί να παραμείνει συνδεδεμένη με τον φορτιστή για απεριόριστο χρονικό διάστημα χωρίς μείωση του χρόνου λειτουργίας της [4].



Σχήμα 3.9: αριστερά: φορτιστής, δεξιά: αντάπτορας.

### 3.1.2.6 Κουτί αναλογικής εισόδου

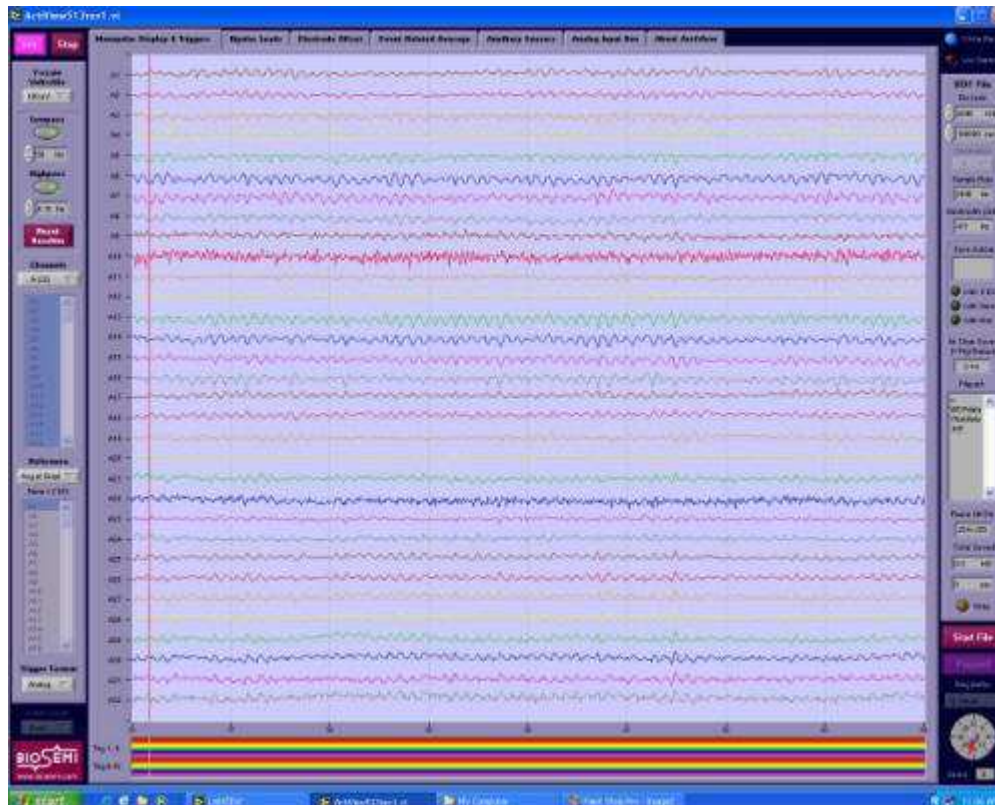
Το κουτί AD μετράει σήματα από τα ηλεκτρόδια ή άλλους αισθητήρες που είναι συνδεδεμένοι στον εξεταζόμενο. Σε κάποιες πειραματικές καταγραφές είναι απαραίτητη η μέτρηση επιπλέον αναλογικών σημάτων από πηγές οι οποίες πρέπει να παραμείνουν απομονωμένες από τον εξεταζόμενο. Σε τέτοιες εφαρμογές χρησιμοποιείται το κουτί αναλογικής εισόδου (analog input box – AIB). Το κουτί AD και το AIB συνδέονται μεταξύ τους με οπτικές ίνες. Μια οπτική ίνα συνδέει το κουτί AD με το AIB και μια δεύτερη οπτική ίνα συνδέει το AIB με τον υπολογιστή. Το AIB προσαρμόζει την τιμή δειγματοληψίας του αναλόγως το σήμα που λαμβάνει από το κουτί AD, ώστε να συγχρονιστούν τα σήματα και από τα δυο κουτιά. Το κουτί AD λαμβάνει μέχρι 256 κανάλια από τα ηλεκτρόδια και άλλους αισθητήρες ενώ το AIB προσθέτει έως και 32 κανάλια, έτσι συνολικά ο υπολογιστής επεξεργάζεται 288 κανάλια. Αυτά τα 288 κανάλια, από διαφορετικές πηγές, επεξεργάζονται από ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα λογισμικού και αποθηκεύονται στον υπολογιστή ως ένα αρχείο της μορφής BDF. Το AIB είναι εξοπλισμένο με 8 κανάλια (4 διαφορεικά) [4].



Σχήμα 3.10: αριστερά: κουτί αναλογικής εισόδου, δεξιά: κουτί AD συνδεδεμένο μέσω οπτικής ίνας σε κουτί αναλογικής εισόδου.

### 3.1.2.7 Πρόγραμμα καταγραφής ActiView

Το πρόγραμμα καταγραφής ActiView είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να απεικονίζει όλα τα κανάλια στην οθόνη και να αποθηκεύει τα δεδομένα στο σκληρό δίσκο του υπολογιστή με επέκταση .bdf. Με το πρόγραμμα αυτό ο χρήστης μπορεί να έχει μια γρήγορη εικόνα των αποτελεσμάτων και των δεδομένων που καταγράφονται κατά τη διάρκεια της καταγραφής του ΗΕΓ. Το ActiView μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης για καταγραφή ΗΚΓ, ΗΜΓ καθώς και δεδομένων που προέρχονται από άλλους αισθητήρες όπως το κουτί αναλογικής εισόδου (ΑΙΒ), ή ψηφιακά σήματα από το δέκτη USB2 και αισθητήρες που είναι συνδεδεμένοι με το κουτί AD. Το πρόγραμμα αυτό εκτός από την απεικόνιση των σημάτων που καταγράφονται προσφέρει διάφορες επιλογές φιλτραρίσματος, εισαγωγή αναφοράς και αλλαγής του ρυθμού δειγματοληψίας. Το πρόγραμμα αυτό είναι ένα πρόγραμμα ανοιχτού κώδικα γραμμένο σε LabVIEW, γεγονός που το καθιστά ένα ιδιαίτερος εύχρηστο εργαλείο για τους ερευνητές που θέλουν να προσαρμόζουν και να επεκτείνουν το λογισμικό που χρησιμοποιούν σύμφωνα με τις δικές τους ιδέες [4], [6]. Ένα στιγμιότυπο του προγράμματος καταγραφής ActiView φαίνεται στο Σχήμα 3.11.



Σχήμα 3.11: Πρόγραμμα καταγραφής ActiView.

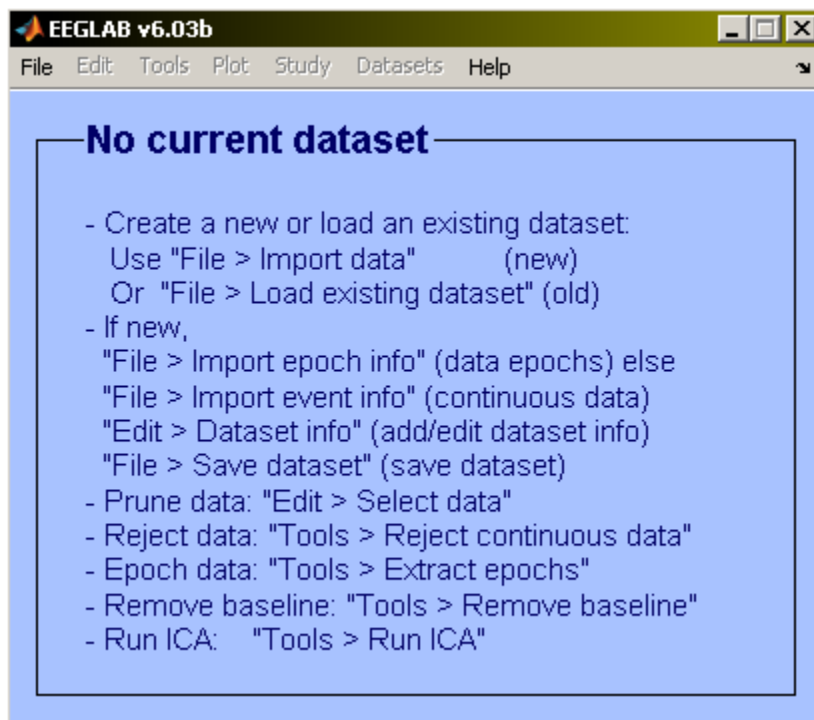
## 3.2 Επεξεργασία των μετρήσεων

### 3.2.1 EEGLAB

Η επεξεργασία των πειραματικών μετρήσεων και η εξαγωγή των αποτελεσμάτων έγιναν μέσω του προγράμματος eeglab. Το eeglab είναι μια εργαλειοθήκη του Matlab για επεξεργασία σημάτων ΗΕΓ, ΜΕΓ και άλλων ηλεκτροφυσιολογικών σημάτων. Το eeglab παρέχει μια διαδραστική γραφική διεπιφάνεια για τον χρήστη (GUI), μέσω της οποίας μπορεί εύκολα να επεξεργαστεί ΗΕΓ και άλλα δεδομένα εγκεφαλικής λειτουργίας χρησιμοποιώντας σύγχρονες μεθόδους, όπως ανάλυση ανεξαρτήτων συνιστωσών (independent component analysis – ICA) ή ανάλυση στο χρόνο / συχνότητα (time / frequency analysis – TFA), καθώς και πιο κλασσικές μεθόδους, όπως η εξαγωγή μέσου όρου.

Το eeglab περιλαμβάνει εκτεταμένο σύστημα εκμάθησης και παράθυρα βοήθειας καθώς επίσης και μια λειτουργία αποθήκευσης χρησιμοποιούμενων εντολών, η οποία διευκολύνει τη σταδιακή μετάβαση του χρήστη από τη χρήση της διεπαφής με το χρήστη (GUI) στο να μάθει να γράφει εντολές για ανάλυση δεδομένων απευθείας στο περιβάλλον του Matlab. Επίσης, προσφέρεται πληθώρα μεθόδων για απεικόνιση και μοντελοποίηση προκλητών δυναμικών του εγκεφάλου. Για πεπειραμένους χρήστες του Matlab, το eeglab παρέχει ένα δομημένο προγραμματιστικό περιβάλλον για αποθήκευση, προσπέλαση, εκτίμηση, διαχείριση και απεικόνιση σημάτων προκλητών δυναμικών από ΗΕΓ. Για ερευνητές νέων μεθόδων και προγραμματιστές, το eeglab προσφέρει μια εκτενή πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα στην οποία μπορούν να ανταλλάσσονται απόψεις για νέες συναρτήσεις του eeglab ή νέες μεθόδους επεξεργασίας.

Κάθε επιμέρους στοιχείο του eeglab καλεί μια συνάρτηση του Matlab η οποία μπορεί επίσης να κληθεί από τη γραμμή εντολών του Matlab. Αυτές οι συναρτήσεις, καλούνται συναρτήσεις “pop”, μπορούν να κληθούν είτε χωρίς (ή με λίγα σε μερικές περιπτώσεις) ορίσματα, οπότε ανοίγει ένα παράθυρο στο οποίο ζητείται να εισαχθούν οι παράμετροι εισόδου, είτε καλούνται πλήρως με τα ορίσματά τους, οπότε οι “pop” συναρτήσεις απλά καλούν απευθείας την αντίστοιχη συνάρτηση επεξεργασίας δεδομένων. Όταν μια συνάρτηση καλείται από το χρήστη απευθείας από το μενού του eeglab, τότε καλείται χωρίς ορίσματα. Όταν μια συνάρτηση επεξεργασίας καλείται μέσω του eeglab, η κλίση της συνάρτησης προστίθεται ως εντολή στον τομέα αποθήκευσης χρησιμοποιούμενων εντολών του eeglab. Αντιγράφοντας εντολές από τη μνήμη του eeglab στη γραμμή εντολών του Matlab ο χρήστης μπορεί εύκολα να εξοικειωθεί τόσο με το eeglab όσο και με το Matlab και να μπορεί όχι μόνο να χρησιμοποιεί τις εντολές αλλά και να τις τροποποιεί κατά τον τρόπο που αυτός επιθυμεί και τον βοηθάει στην επεξεργασία των δεδομένων του [7].



Σχήμα 3.12: Το GUI του EEGLAB.

### 3.2.2 Απόρριψη λαθών

Η απόρριψη λαθών (artifact rejection) έχει πολύ σημαντικό ρόλο σε πολλές διαδικασίες επεξεργασίας σήματος. Τα λάθη (artifacts) είναι αναταραχές που συμβαίνουν κατά την καταγραφή των σημάτων και μπορούν να επιφέρουν μεταβολές αυτών, ακόμα και επισκίαση των κυμάτων του ΗΕΓ. Όταν συμβαίνει μια αναταραχή κατά τη διάρκεια καταγραφής σημάτων, δημιουργούνται κάποια μη επιθυμητά σήματα τα οποία μπορεί να υπερτεθούν στα προς ανάλυση σήματα και να αλλοιωθούν τα αποτελέσματα της ανάλυσης.

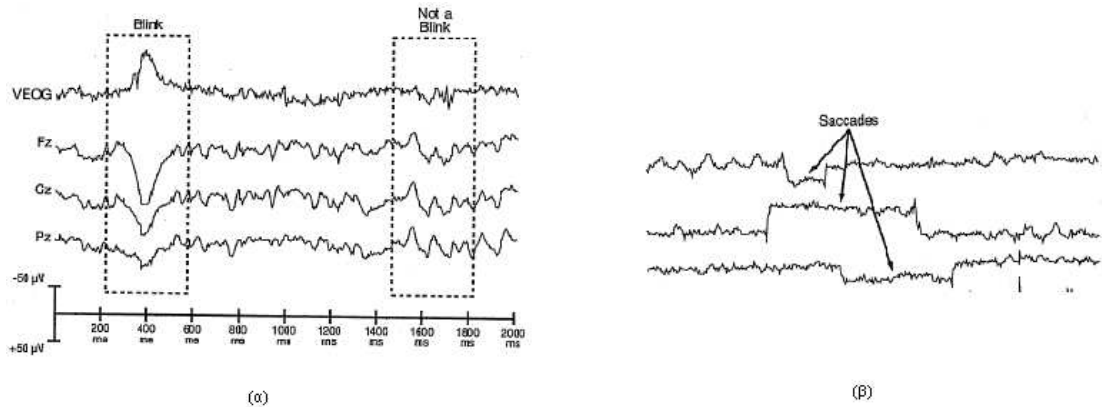
Οι αναταραχές αυτές προκαλούνται τόσο από εσωτερικούς - σωματικούς παράγοντες, όπως η κίνηση των ματιών, το άνοιγμα / κλείσιμο των ματιών, η κίνηση των ηλεκτροδίων, η μυϊκή δραστηριότητα, οι κινήσεις του κεφαλιού, η εφίδρωση, η αναπνοή, όσο και από εξωτερικούς παράγοντες, όπως ο θόρυβος από τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και άλλα εξωτερικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Συνήθως τα λάθη είναι σήματα μεγαλύτερα συγκριτικά με το επιθυμητό σήμα, έτσι ακόμα και ένας μικρός αριθμός λαθών μπορεί να μειώσει σημαντικά το σηματοθορυβικό λόγο (SNR), ιδιαίτερος αν δεν έχουν γίνει πολλές επαναλήψεις της πειραματικής διαδικασίας.

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι μια πηγή λάθους είναι ανεξάρτητη από το υπόλοιπο σήμα, είτε είναι εξωτερική, είτε είναι εσωτερική, γιατί παρ' όλο που το εκλυτικό γεγονός ξεκινάει από μια περιοχή του εγκεφάλου η ροή του λάθους δεν περιέχει πληροφορία όσον αφορά αυτό. Υπάρχει όμως περίπτωση να εμφανιστούν κάποια συστηματοποιημένα λάθη, τα οποία εμφανίζονται είτε σε κάποια συγκεκριμένη συνθήκη περισσότερο από τις υπόλοιπες, είτε σε κάποια δεδομένα, σε όλη τη χρονική τους διάρκεια. Οποιαδήποτε συστηματοποίηση των λαθών μπορεί να προκαλέσει πολλά προβλήματα και είναι πολύ δύσκολο να διορθωθεί με κάποια από τις υπάρχουσες τεχνικές επίλυσης των λαθών, γι' αυτό το λόγο πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα ώστε να αποφεύγεται η καταγραφή τους.

Έχουν γίνει πολλές μελέτες όσον αφορά την απομάκρυνση των λαθών και έχουν επικρατήσει δυο προσεγγίσεις μέχρι τώρα. Η πρώτη προσέγγιση, των επαναλήψεων (artifact – laden trials), προτείνει την απομάκρυνση ολόκληρου του τμήματος δεδομένων που περιέχει λάθη, γεγονός που συνεπάγεται απομάκρυνση και χρήσιμης πληροφορίας εκτός από την απομάκρυνση των λαθών. Η δεύτερη προσέγγιση χρησιμοποιείται στην περίπτωση που δεν υπάρχει το περιθώριο να χαθεί χρήσιμη πληροφορία και προτείνει την απομόνωση των λαθών και την απομάκρυνσή τους. Για την επίλυση προβλημάτων λόγω ύπαρξης λαθών, χρησιμοποιούνται τεχνικές όπως η ανάλυση ανεξαρτήτων συνιστωσών (ICA), ανάλυση πηγών με διπολική μοντελοποίηση για απομόνωση της οφθαλμικής δραστηριότητας, καταγραφή των αποκρίσεων λόγω λαθών και αφαίρεσή τους από τις κυματομορφές με χρήση κάποιου παράγοντα μεταφοράς (propagation factor).

Η απόρριψη των λαθών μπορεί να γίνει είτε χειροκίνητα, είτε αυτόματα. Η χειροκίνητη απόρριψη (by hand rejection) των λαθών περιλαμβάνει την εξέταση «με το μάτι» των πειραματικών μετρήσεων από τον ερευνητή, ο οποίος διαχωρίζει τα δεδομένα που υπερβαίνουν ένα σχετικό κατώφλι και απορρίπτονται ως λάθη. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι το οπτικό σύστημα του ανθρώπου μπορεί να εκπαιδευτεί ώστε να διαχωρίζει εύκολα και αξιόπιστα τα πραγματικά λάθη από οποιοδήποτε σήμα ΗΕΓ με θόρυβο. Στην αυτόματη απόρριψη (automatic rejection) για τον καθορισμό των λαθών χρησιμοποιείται ένας υπολογιστικός αλγόριθμος, ο οποίος κρίνει αν εμφανίζεται κάποιο λάθος στα δεδομένα. Ένας καλά σχεδιασμένος αλγόριθμος μπορεί να είναι όσο ευαίσθητο είναι το ανθρώπινο μάτι στη διάκριση των λαθών, ή ακόμα περισσότερο. Επίσης, εκτός από αποδοτικότερος μπορεί να είναι και πιο γρήγορος. Αυτά τα πλεονεκτήματα ισχύουν υπό την προϋπόθεση ότι θα είναι επιλεγμένος για τη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία που θα χρησιμοποιηθεί και θα έχει ελεγχθεί η σωστή λειτουργία και η αποδοτικότητα του.

Τα κυρίως εμφανιζόμενα λάθη προέρχονται από το άνοιγμα – κλείσιμο των ματιών, τις κινήσεις των ματιών και τη μυϊκή δραστηριότητα. Το άνοιγμα – κλείσιμο των ματιών (eye blink) προκαλεί κυρίως μονοφασικές αποκλίσεις της τάσης της τάξης των 50 – 100 mV με διάρκεια περίπου 200 – 400 msec, οι οποίες έχουν αντίθετη πολικότητα ανάλογα με τη θέση των ηλεκτροδίων καταγραφής, αν είναι τοποθετημένα πάνω ή κάτω από τα μάτια. Η κίνηση των ματιών (eye movement) προκαλεί αλλαγές στην τάση ανάλογες της απόστασης τοποθέτησης των ηλεκτροδίων από τα μάτια. Μια διπολική καταγραφή του δυναμικού ανάμεσα σε ηλεκτρόδια τοποθετημένα σε θέσεις παρακείμενες των ματιών επιφέρει απόκλιση περίπου 16 mV ανά μοίρα κίνησης του ματιού. Το φασματικό περιεχόμενο των σημάτων που σχετίζονται με τη μυϊκή δραστηριότητα περιέχει υψηλές συχνότητες (>50 Hz) και μπορεί να απλωθεί από χαμηλές συχνότητες σε υψηλές, γι' αυτό μπορεί να επικαλύψει το φασματικό περιεχόμενο των εγκεφαλικών κυμάτων, το οποίο έχει έκταση από 0.5 έως και 35 Hz, ενώ μπορεί να φτάσει και τα 50 Hz σε κάποιες περιπτώσεις [8], [9].



Σχήμα 3.13: Ενδεικτικές καταγραφές ΗΕΓ που συμπεριλαμβάνουν artifacts από: (α) άνοιγμα – κλείσιμο ματιών, (β) κίνηση ματιών [9].

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν στην επεξεργασία των δεδομένων μέσω eeglab. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην απόρριψη των λαθών από καταγραφές ΗΕΓ με τις διάφορες τεχνικές που παρέχει το eeglab [7].

### 3.2.3 Στάδια επεξεργασίας των μετρήσεων

*Βήμα 1<sup>ο</sup>: Εισαγωγή των δεδομένων στο eeglab*

Το πρόγραμμα καταγραφής ActiView αποθηκεύει τα δεδομένα στον υπολογιστή σε μορφή .bdf. Τα δεδομένα εισάγονται στο eeglab μέσω του GUI επιλέγοντας από το μενού: File > Import data > From Biosemi . BDF file, το οποίο καλεί τη συνάρτηση pop\_biosig() και αναδύεται ένα παράθυρο στο οποίο ζητείται να επιλεγεί ένα αρχείο .bdf (Choose bdf file). Αφού γίνει η επιλογή του αρχείου αναδύεται ένα άλλο παράθυρο, Dataset info – pop\_newset(), στο οποίο ζητείται το όνομα του καινούριου dataset που θα δημιουργηθεί.



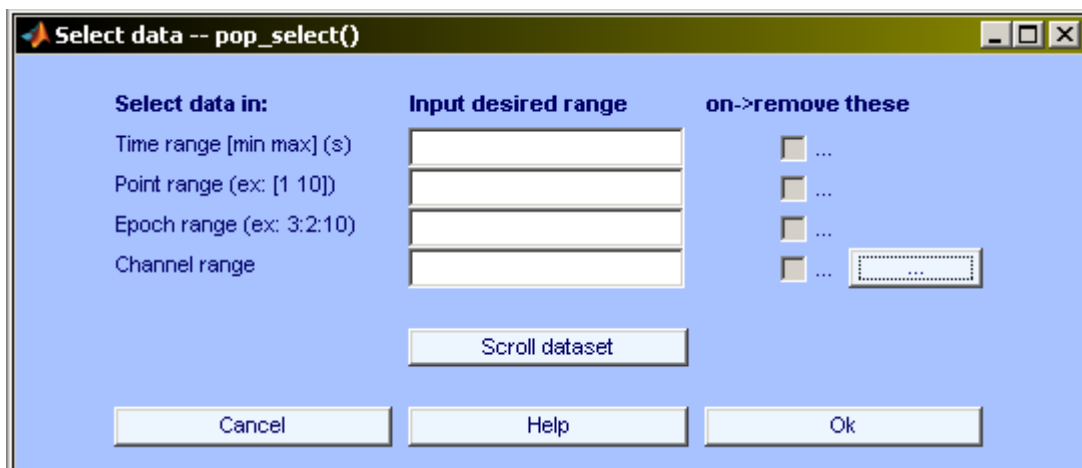
Σχήμα 3.14: Αναδυόμενο παράθυρο pop\_newset()

Αφού δημιουργηθεί το dataset, προχωράμε στην επεξεργασία του.

*Βήμα 2<sup>ο</sup>: Βασικές διαδικασίες*

- *Απόρριψη εξωτερικών καναλιών:* Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως στην καταγραφή χρησιμοποιήθηκαν 72 κανάλια εισόδου από τα οποία τα 64 είναι ηλεκτρόδια που τοποθετούνται στη δερματική επιφάνεια του κρανίου ενώ τα υπόλοιπα 8 είναι εξωτερικά ηλεκτρόδια. Για την περαιτέρω επεξεργασία των μετρήσεων είναι απαραίτητο να απορριφθούν αυτά τα 8 εξωτερικά κανάλια ώστε να μην εισάγουν artifacts στα δεδομένα του ΗΕΓ. Έτσι, επιλέγοντας: Edit > Select data αναδύεται το εξής παράθυρο:

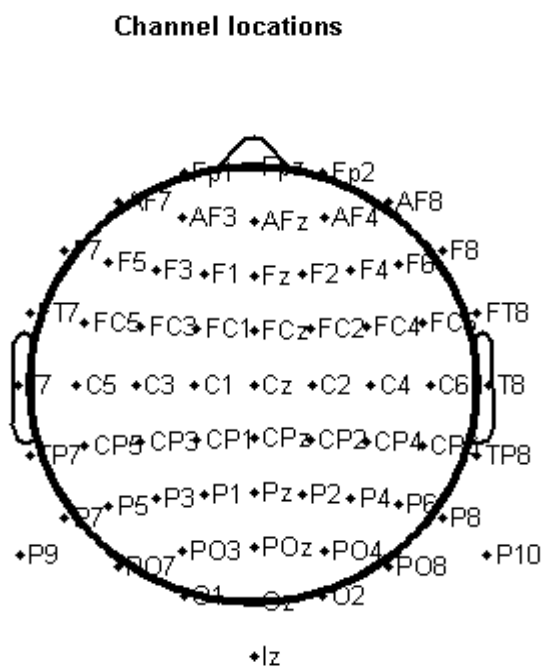




Σχήμα 3.15: Αναδυόμενο παράθυρο pop\_select()

όπου επιλέγοντας το Channel range μπορούμε να καθορίσουμε ποια κανάλια θέλουμε να κρατήσουμε επιλέγοντάς τα από μια λίστα.

- *Καθορισμός θέσεων ηλεκτροδίων:* Τα ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν σύμφωνα με το σύστημα 10 – 20. Ο καθορισμός των θέσεων των ηλεκτροδίων μέσω του eeglab γίνεται από την εξής επιλογή: Edit > Channel locations και οι θέσεις φαίνονται ακριβώς στο παρακάτω σχήμα.

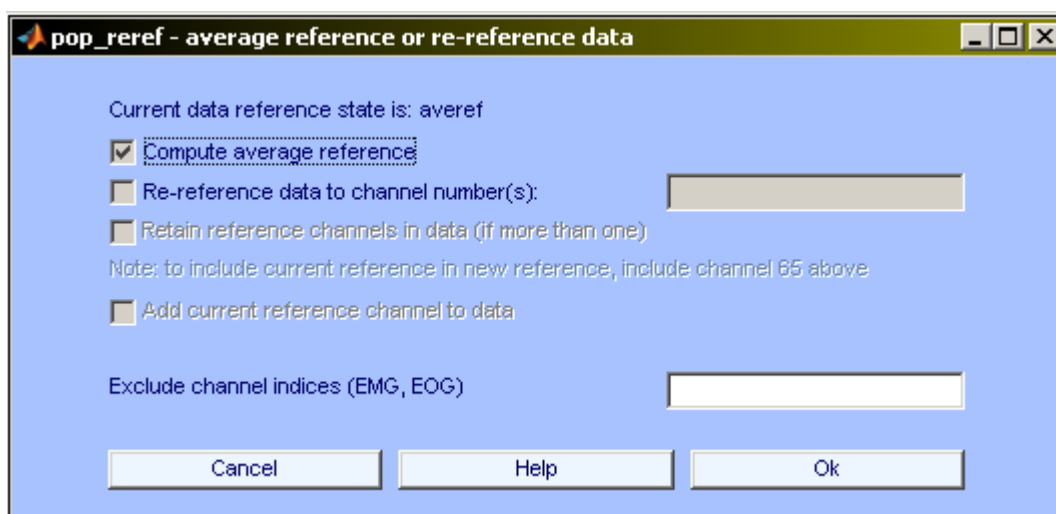


64 of 64 electrode locations shown

Click on electrodes to toggle name/number

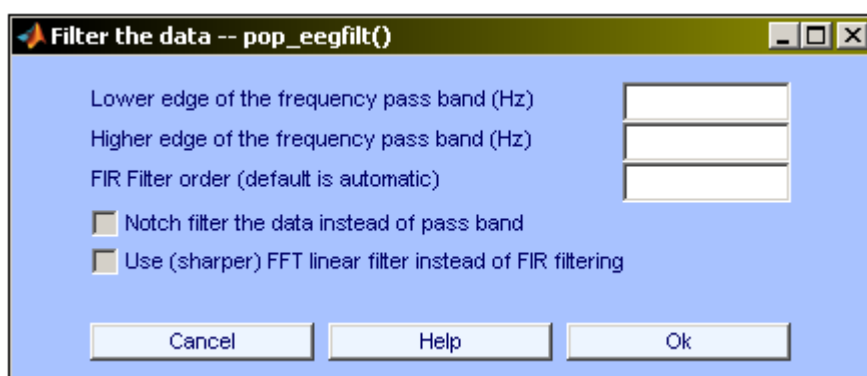
Σχήμα 3.16: Θέσεις ηλεκτροδίων

- *Αναφορά μέσης τιμής:* Στην επεξεργασία των δεδομένων έγινε υπολογισμός της τάσης των ηλεκτροδίων χρησιμοποιώντας σαν τάση αναφοράς τη μέση τιμή της τάσης των ηλεκτροδίων (average reference). Το πλεονέκτημα της αναφοράς μέσης τιμής είναι ότι, σύμφωνα με το νόμο του Ohm, τα θετικά και αρνητικά ρεύματα μιας εξωτερικής επιφάνειας κατά μήκος μιας ηλεκτρικά μονωμένης σφαίρας έχουν άθροισμα μηδέν. Έτσι μπορεί να θεωρηθεί ότι το άθροισμα των τιμών του ηλεκτρικού πεδίου που καταγράφεται σε όλα τα ηλεκτρόδια είναι πάντα 0 (θεώρηση αναφοράς μέσου όρου), υπό την προϋπόθεση ότι τα ηλεκτρόδια καλύπτουν πολύ μεγάλο ποσοστό της επιφάνειας του κεφαλιού. Επιλέγουμε λοιπόν στο μενού: Tools > Re-reference και στο αναδυόμενο παράθυρο, pop\_reref – average reference of re-reference data: Compute average reference, όπως φαίνεται στο σχήμα:



Σχήμα 3.17: Αναδυόμενο παράθυρο pop\_reref

- *Φιλτράρισμα δεδομένων:* Για την αποκοπή του θορύβου έγινε φιλτράρισμα στο δεδομένα με υπιπερατό φίλτρο με συχνότητα αποκοπής 1 Hz καθώς και με βαθυπερατό φίλτρο με συχνότητα αποκοπής 35 Hz. Η επιλογή φίλτρου γίνεται από το μενού: Tools > Filter the data.

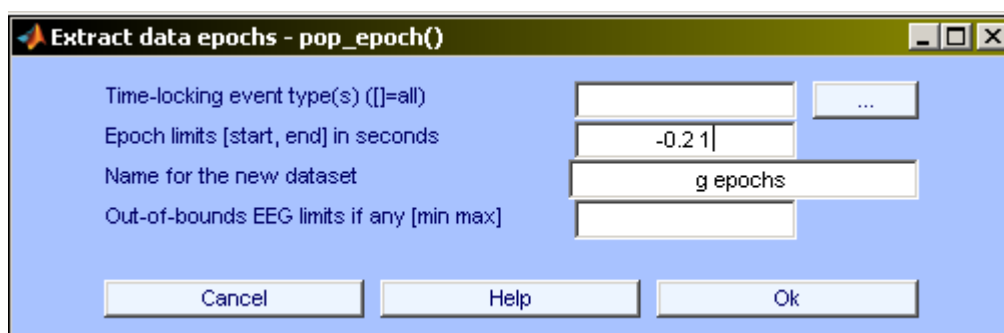


Σχήμα 3.18: Αναδυόμενο παράθυρο pop\_eegfilt()

Στο αναδυόμενο παράθυρο βάζουμε πρώτα για *lower edge* = 1 Hz και εφαρμόζουμε το υπιπερατό φίλτρο και στη συνέχεια ξανακαλώντας τη συνάρτηση eegfilt για *higher edge* = 35Hz εφαρμόζουμε και το βαθυπερατό. Η συνάρτηση eegfilt χρησιμοποιεί φίλτρο γραμμικής πεπερασμένης απόκρισης (FIR).

### Βήμα 3<sup>ο</sup>: Εξαγωγή των κυματομορφών προκλητών δυναμικών (epochs)

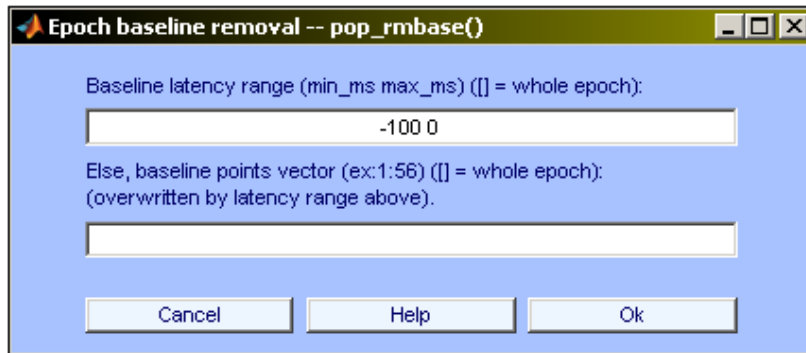
Για τη μελέτη των προκλητών δυναμικών από καταγραφές ΗΕΓ είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός των χρονικών διαστημάτων (epochs) που λαμβάνει χώρα το γεγονός που θέλουμε να μελετήσουμε. Για το διαχωρισμό των κυματομορφών των προκλητών δυναμικών χρησιμοποιούνται κάποιοι δείκτες (markers), οι οποίοι τοποθετούνται σε διακεκριμένες θέσεις κατά την υλοποίηση της πειραματικής διαδικασίας. Τα χρονικά διαστήματα των κυματομορφών των προκλητών δυναμικών δημιουργούνται γύρω από τον επιλεγμένο δείκτη για συγκεκριμένο διάστημα, το οποίο καθορίζεται κατά τη διαδικασία της δημιουργίας των κυματομορφών. Στο πείραμα που πραγματοποιήθηκε μας ενδιαφέρει να εξετάσουμε τα προκλητά δυναμικά στο διάστημα ακριβώς πριν δοθεί η απάντηση, όπου ο εξεταζόμενος έχει τα μάτια κλειστά, γι' αυτό ο δείκτης τοποθετήθηκε ακριβώς πριν τους δυο τελευταίους προειδοποιητικούς τόνους. Για την εξαγωγή των χρονικών διαστημάτων επιλέγουμε από το μενού: Tools > Extract epochs και εμφανίζεται το παράθυρο pop\_epoch() – extract data epochs:



Σχήμα 3.19: Αναδυόμενο παράθυρο pop\_epoch()

Σε αυτό καθορίζουμε τα χρονικά όρια των κυματομορφών των προκλητών δυναμικών από την επιλογή “epoch limits [start, end] in seconds”, το όνομα του νέου dataset που θα δημιουργηθεί από την επιλογή “name for the new dataset” και επιλέγουμε τον επιθυμητό δείκτη από το “time – locking event type”. Συνήθως η αρχή της κυματομορφής ορίζεται λίγο πριν την εμφάνιση του δείκτη. Εμείς ορίσαμε αρχή της κυματομορφής 200 msec πριν την εμφάνιση του δείκτη και λήξη 1 sec μετά. Η συνολική διάρκεια της κυματομορφής, όπου θα μελετηθούν τα προκλητά δυναμικά είναι 1200 msec.

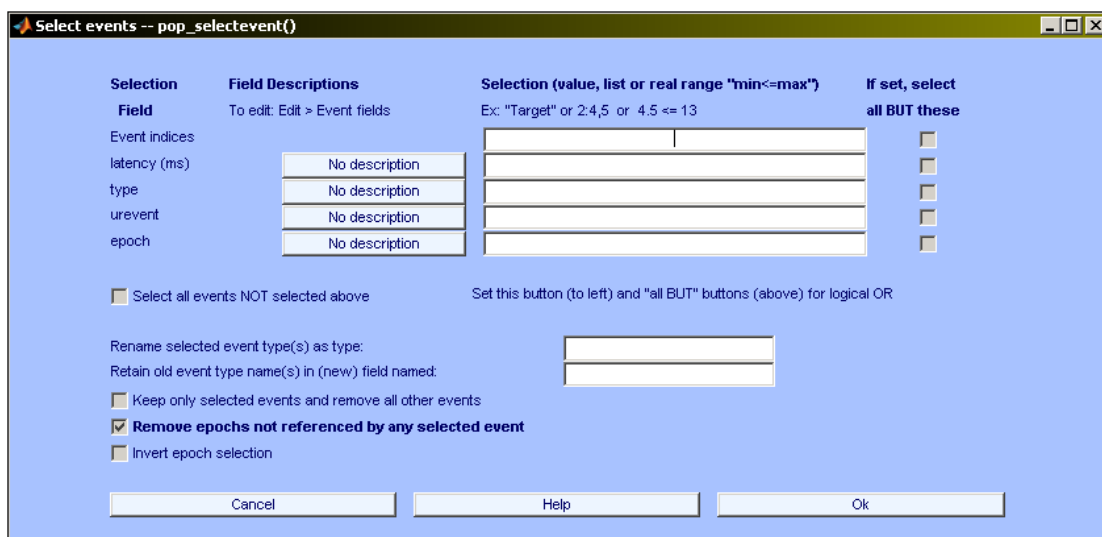
Αμέσως μετά την εξαγωγή των κυματομορφών προκλητών δυναμικών αναδύεται στην οθόνη το παράθυρο pop\_rmbase() – epoch baseline removal, στο οποίο ζητείται να οριστεί μια τιμή αναφοράς (baseline). Θέτοντας ως τιμή αναφοράς τα 100 msec πριν ξεκινήσει η κυματομορφή του προκλητού δυναμικού, το πρόγραμμα καθορίζει τις τιμές κάθε κορύφωσης του σήματος μέσα στην κυματομορφή χρησιμοποιώντας ως αναφορά το εγκεφαλικό σήμα που υπήρχε 100 msec πριν την έναρξή της.



Σχήμα 3.20: Αναδυόμενο παράθυρο pop\_rmbase()

#### Βήμα 4<sup>ο</sup>: Καθορισμός των datasets

Σε αυτό το σημείο της επεξεργασίας έχουμε ξεχωρίσει τις περιοχές που μας ενδιαφέρουν από όλη την καταγραφή και το επόμενο βήμα είναι να χωρίσουμε τα δεδομένα σε μικρότερα datasets ανάλογα με τη συνθήκη που αντιπροσωπεύουν. Η παρουσίαση των συνθηκών που θα εξετάσουμε έγινε στην παράγραφο. Μέσω του eeglab αυτό επιτυγχάνεται επιλέγοντας: Edit > Select epochs / events.



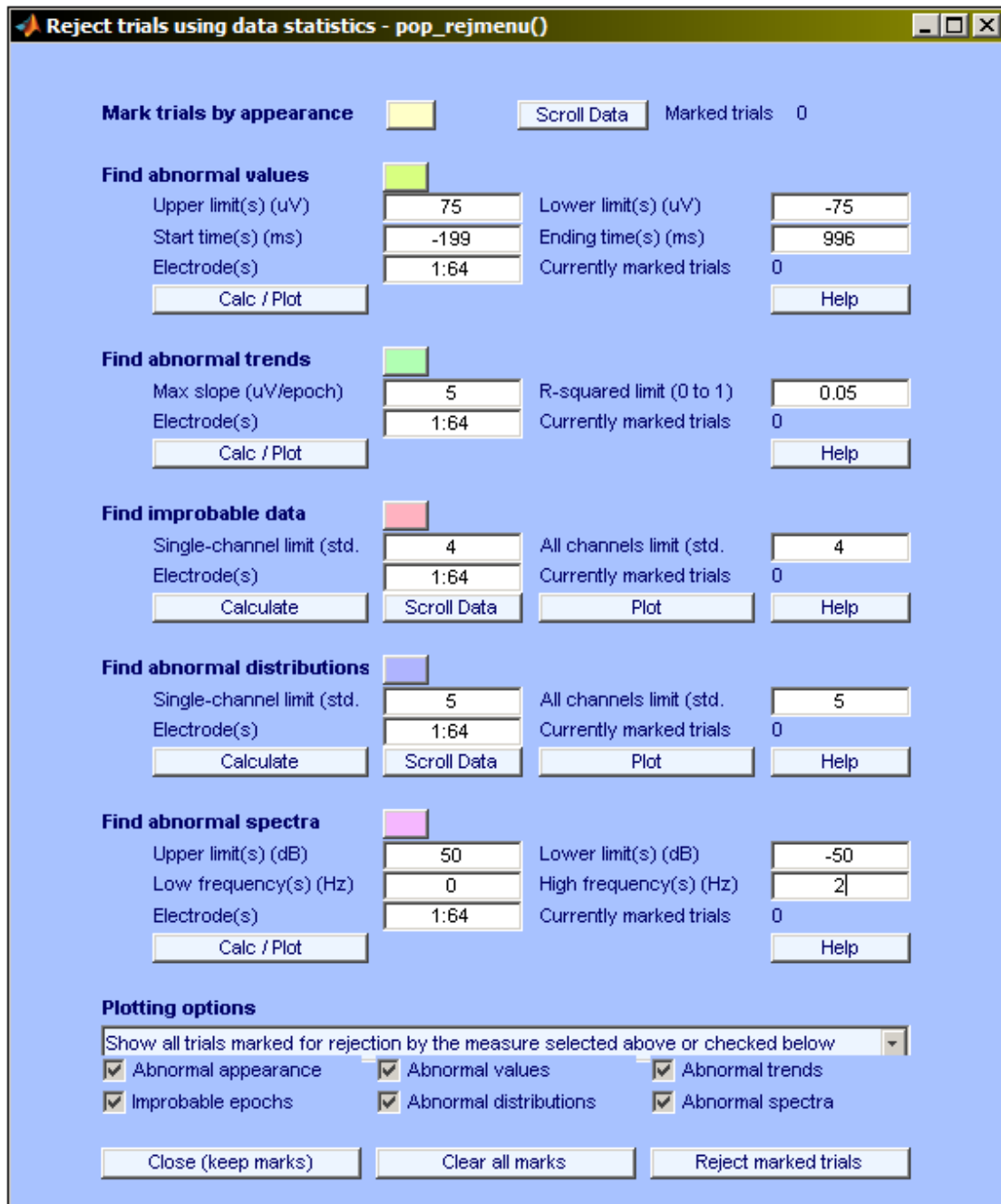
Σχήμα 3.21: Αναδυόμενο παράθυρο pop\_selectevent()

Στην επιλογή “Event indices” συμπληρώνουμε τον αριθμό των επαναλήψεων που αντιστοιχούν σε κάθε συνθήκη και δημιουργούμε το αντίστοιχο dataset. Συνολικά έχουμε 8 datasets.

#### Βήμα 5<sup>ο</sup>: Απόρριψη των λαθών (artifacts)

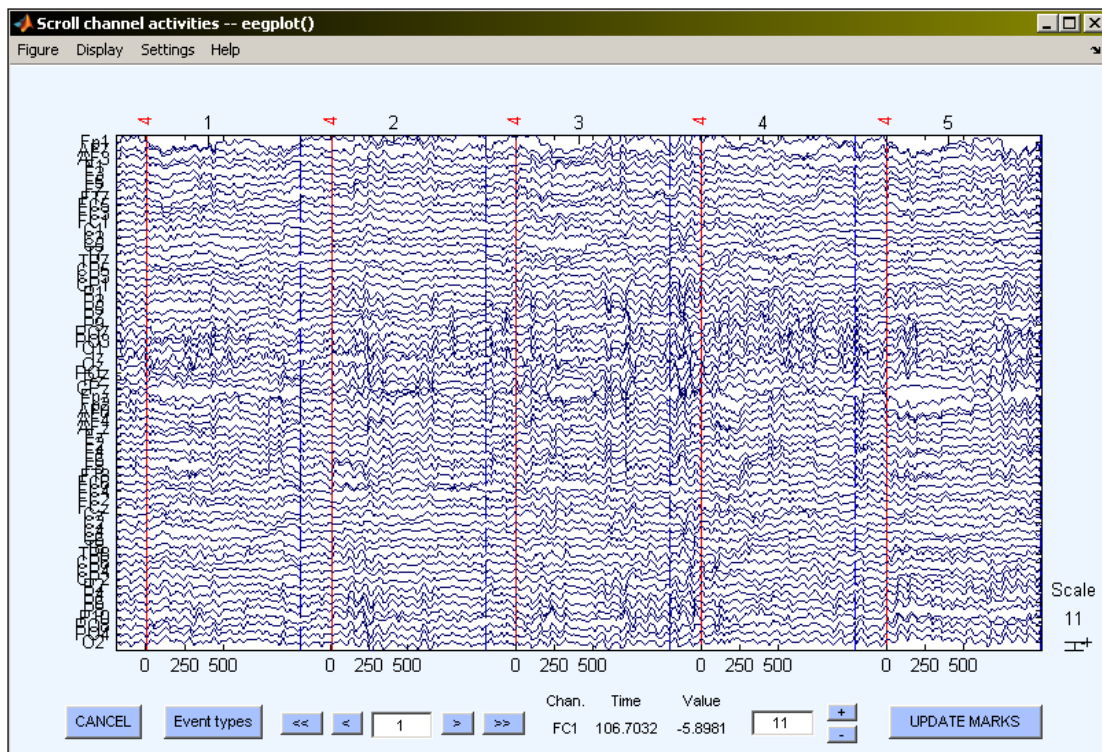
Η προσέγγιση που χρησιμοποιείται από το eeglab για την εύρεση και απόρριψη των δεδομένων που περιέχουν λάθη χρησιμοποιεί τον καθορισμό κατωφλίων με χρήση στατιστικών μεθόδων. Οι σύγχρονοι υπολογιστές είναι αρκετά γρήγοροι ώστε να επιτρέπουν στο χρήστη να επιβλέπει και να προσαρμόζει τα προτεινόμενα για απόρριψη από το πρόγραμμα δεδομένα με οπτική εξέταση (visual inspection). Το eeglab λοιπόν παρέχει την επιλογή ημιαυτόματης απόρριψης (semi – automated rejection) των λαθών συνδυάζοντας τη χρήση αυτόματων στατιστικών μεθόδων με τη χρήση της οπτικής εξέτασης από το χρήστη.

Για δεδομένα τα οποία έχουν χωριστεί ήδη σε κυματομορφές προκλητών δυναμικών (epochs) έχουν αναπτυχθεί διάφορες συναρτήσεις οι οποίες βρίσκουν και επιλέγουν για απόρριψη αυτές τις κυματομορφές οι οποίες φαίνεται να περιέχουν λάθη με βάση τις στατιστικές τους κατανομές. Μια συνοπτική παρουσίαση των τεχνικών που παρέχει το eeglab φαίνεται αν επιλέξουμε από το μενού: Tools > Reject data epochs > Reject data (all methods). Στο αναδυόμενο παράθυρο, pop\_rejmenu() – reject trials using data statistics, παρουσιάζονται όλες οι τεχνικές απόρριψης των λαθών που παρέχει το eeglab.



Σχήμα 3.22: Αναδυόμενο παράθυρο pop\_rejmenu()

- *Επιλογή των δεδομένων μέσω οπτικής εξέτασης (Mark trials by appearance):* Η επιλογή και απόρριψη των δεδομένων που περιέχουν λάθη μπορεί να γίνει οπτικά με εξέταση των κυματομορφών των δεδομένων. Επιλέγοντας το “scroll data” εμφανίζεται το παράθυρο eegplot() – scroll channel activities:



Σχήμα 3.23: Παράθυρο για εξέταση και επιλογή των epochs που περιέχουν artifacts.

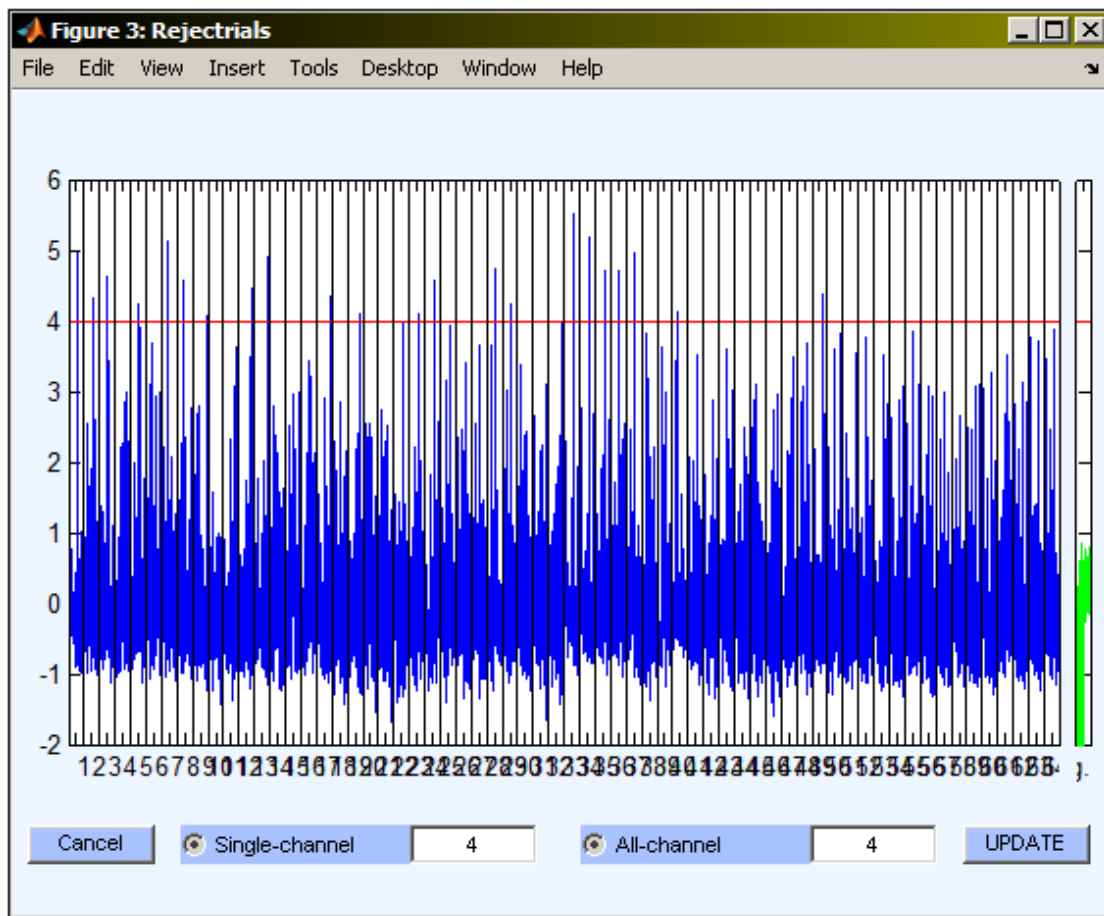
Τα όρια μεταξύ των κυματομορφών προκλητών δυναμικών διαχωρίζονται με τις μπλε διακεκομμένες γραμμές. Οι κυματομορφές που περιέχουν λάθη επιλέγονται απλά πατώντας πάνω τους με τον κέρσορα. Μπορούν να επιλεγούν μόνο ολόκληρες κυματομορφές και όχι τμήματα αυτών.

- *Εύρεση υπερβολικά υψηλών τιμών (Find abnormal values):* Για να προσδιοριστούν οι τιμές που είναι υπερβολικά υψηλές καθορίζονται κάποιες τιμές κατωφλίου τις οποίες τα δεδομένα δεν πρέπει να υπερβούν. Αντιπροσωπευτικές τιμές κατωφλίου είναι οι εξής: Upper limit ( $\mu\text{V}$ ) = 75, Lower limit ( $\mu\text{V}$ ) = -75. Οι παράμετροι που έχουν εισαχθεί παραπάνω υποδεικνύουν ότι οι τιμές του ΗΕΓ δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα  $\pm 75\mu\text{V}$  σε καθένα από τα 64 κανάλια καταγραφής οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια της κυματομορφής προκλητού δυναμικού (-200msec έως 1000msec). Πατώντας την επιλογή “Calc / Plot” εμφανίζεται το παράθυρο eegplot() όπου είναι επιλεγμένες οι κυματομορφές που οι τιμές τους δεν ικανοποιούν αυτό το κριτήριο.

- *Εύρεση μη συμβατών κυματομορφών (Find abnormal trends):* Τα ρεύματα που δημιουργούνται λόγω των λαθών μπορεί να προκαλέσουν γραμμική μετατόπιση κάποιων ηλεκτροδίων. Για τον εντοπισμό τέτοιων μετατοπίσεων σχεδιάστηκε μια συνάρτηση που προσιδιάζει τα δεδομένα με μια ευθεία γραμμή και επιλέγει για απόρριψη τα δεδομένα που η κλίση τους υπερβαίνει ένα ορισμένο κατώφλι. Η κλίση μετριέται σε  $\mu\text{V}/\text{epoch}$ , για παράδειγμα η τιμή 50 θα αντιστοιχούσε σε μια κυματομορφή στην οποία η ευθεία γραμμή θα ήταν  $0\mu\text{V}$  στην αρχή του και  $50\mu\text{V}$  στο

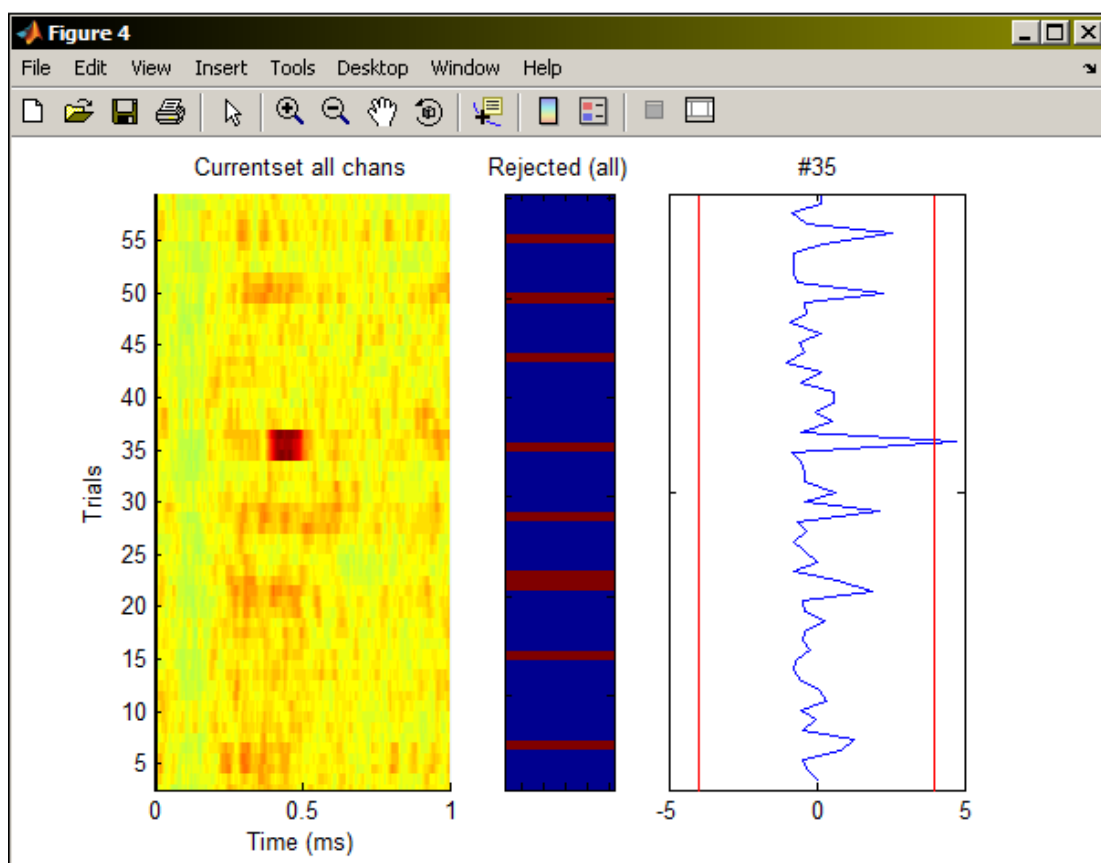
τέλος του. Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των δεδομένων του ΗΕΓ και μιας ευθείας με ελάχιστη κλίση καθορίζεται με το συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$ . Αντιπροσωπευτικές τιμές για τη μέθοδο αυτή είναι οι: Max slope ( $\mu\text{V}/\text{epoch}$ ) = 5,  $R^2$  - squared limit = 0.05. Πατώντας την επιλογή “Calc / Plot” εμφανίζεται το παράθυρο eegplot() όπου είναι επιλεγμένα τα epochs που οι τιμές τους δεν ικανοποιούν αυτό το κριτήριο.

- *Εύρεση απίθανων δεδομένων (Find improbable data)*: Καθορίζοντας την πιθανοτική κατανομή των τιμών των κυματομορφών προκλητών δυναμικών μπορούμε να υπολογίσουμε την πιθανότητα εμφάνισης κάθε περίπτωσης. Οι περιπτώσεις που περιέχουν λάθη είναι γεγονότα με πολύ μικρή πιθανότητα εμφάνισης, άρα μπορούν να προσδιοριστούν με χρήση μιας συνάρτησης που θα μετράει την πιθανότητα εμφάνισης της κάθε περίπτωσης. Οι τιμές κατωφλίου εκφράζονται σε όρους τυπικής απόκλισης από τη μέση πιθανοτική κατανομή. Αντιπροσωπευτικές τιμές για τη μέθοδο αυτή είναι οι: Single - channel limit (std. dev.) = 4, All channels limit (std. dev.) = 4. Πατώντας την επιλογή “Calculate” υπολογίζεται η συνάρτηση pop\_jointprob() και πατώντας “Plot” εμφανίζεται στην οθόνη ένα παράθυρο όπου φαίνεται η μετρούμενη πιθανότητα εμφάνισης της τιμής για κάθε περίπτωση και κάθε ηλεκτρόδιο. Κάθε αριθμός στην κάτω μεριά της γραφικής παράστασης αντιστοιχεί σε ένα ηλεκτρόδιο και οι μπλε γραμμές δείχνουν τις διάφορες τιμές. Η οριζόντια κόκκινη γραμμή δείχνει το κατώφλι. Στη δεξιά μεριά του παραθύρου φαίνεται με πράσινο η μετρούμενη πιθανότητα για όλα τα ηλεκτρόδια.



Σχήμα 3.24: Κατανομή της πιθανότητας εμφάνισης κάθε epoch

Η απόρριψη πραγματοποιείται συμπεριλαμβάνοντας και τα δυο κατώφλια, τόσο το single – channel, όσο και το all – channel. Για την απενεργοποίηση ενός από τα δυο απλά πρέπει να αυξηθεί η τιμή του πολύ, για παράδειγμα 15 std. Είναι επίσης πιθανό να δούμε λεπτομερώς την πιθανότητα για κάθε ηλεκτρόδιο απλά πατώντας πάνω στον αριθμό του στον οριζόντιο άξονα. Εμφανίζεται το παράθυρο που φαίνεται στο σχήμα 3.25, όπου απεικονίζονται, από αριστερά προς δεξιά, οι τετραγωνικές τιμές των δεδομένων του ΗΕΓ για κάθε περίπτωση, ποιες περιπτώσεις έχουν επιλεγθεί για απόρριψη (συμπεριλαμβανομένων όλων των ηλεκτροδίων) και η γραφική παράσταση της μετρούμενης πιθανότητας για το συγκεκριμένο ηλεκτρόδιο (με κόκκινο φαίνονται τα όρια).



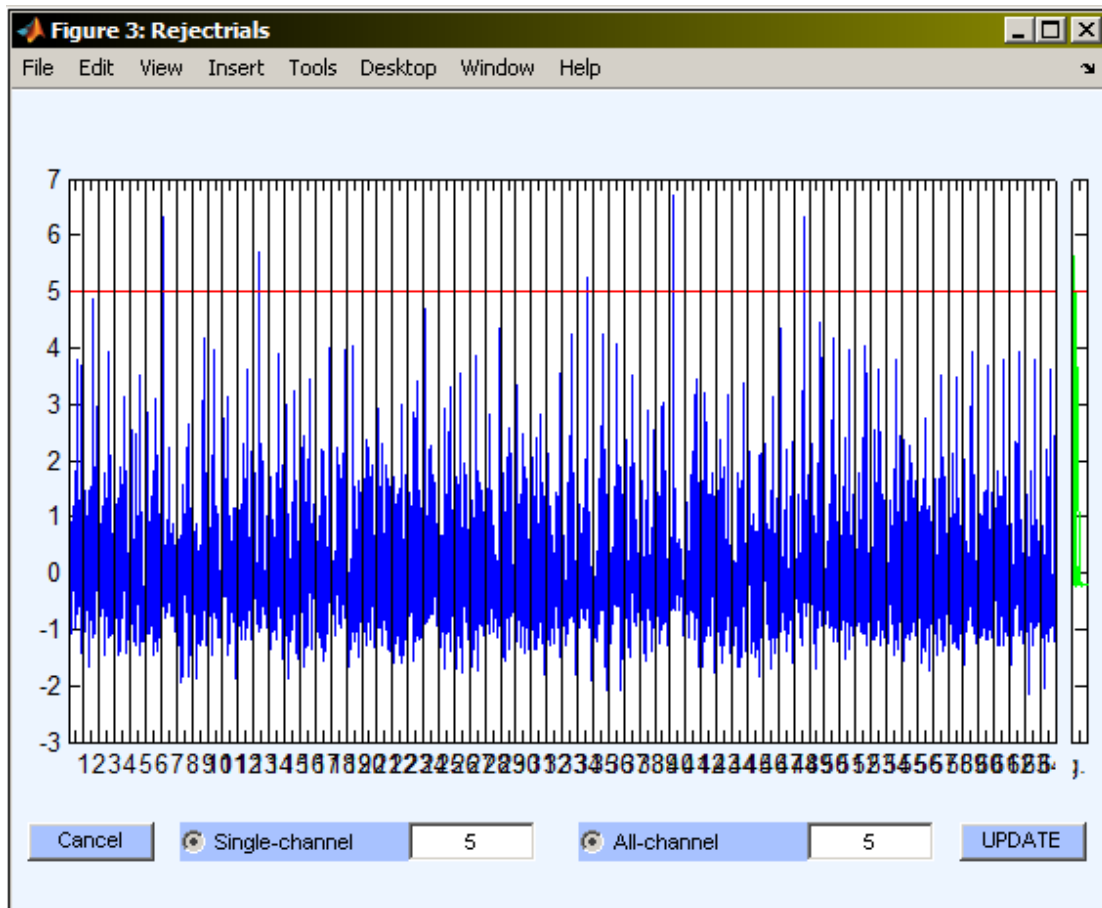
Σχήμα 3.25: Επιμέρους πληροφορίες για κάθε ηλεκτρόδιο

Πατώντας την επιλογή “Scroll data” εμφανίζεται το παράθυρο `eegplot()` όπου είναι επιλεγμένες οι κυματομορφές που οι τιμές τους δεν ικανοποιούν αυτό το κριτήριο.

- *Εύρεση μη συμβατών πιθανοτικών κατανομών (Find abnormal distributions):* Πολλές φορές οι κυματομορφές προκλητών δυναμικών που περιέχουν δεδομένα με λάθη έχουν πιθανοτικές κατανομές με πολύ υψηλές τιμές, συνήθως με τη μορφή κορυφώσεων. Για τον εντοπισμό τέτοιων κατανομών χρησιμοποιείται η κύρτωση. Μια θετική, υψηλή τιμή της κύρτωσης υποδεικνύει μια πολύ υψηλή πιθανοτική κατανομή των δεδομένων μιας κυματομορφής χωρίς φυσική σημασία, ενώ μια αρνητική, υψηλή τιμή της κύρτωσης υποδεικνύει μια επίπεδη πιθανοτική κατανομή των δεδομένων χωρίς φυσική σημασία. Αντιπροσωπευτικές τιμές για τη μέθοδο αυτή είναι οι: Single – channel limit (std. dev.) = 5, All channels limit (std. dev.) = 5. Σε αντιστοιχία με το προηγούμενο κριτήριο πατώντας την επιλογή “Calculate” υπολογίζεται η συνάρτηση `pop_rejkurt()` και πατώντας “Plot” εμφανίζεται στην

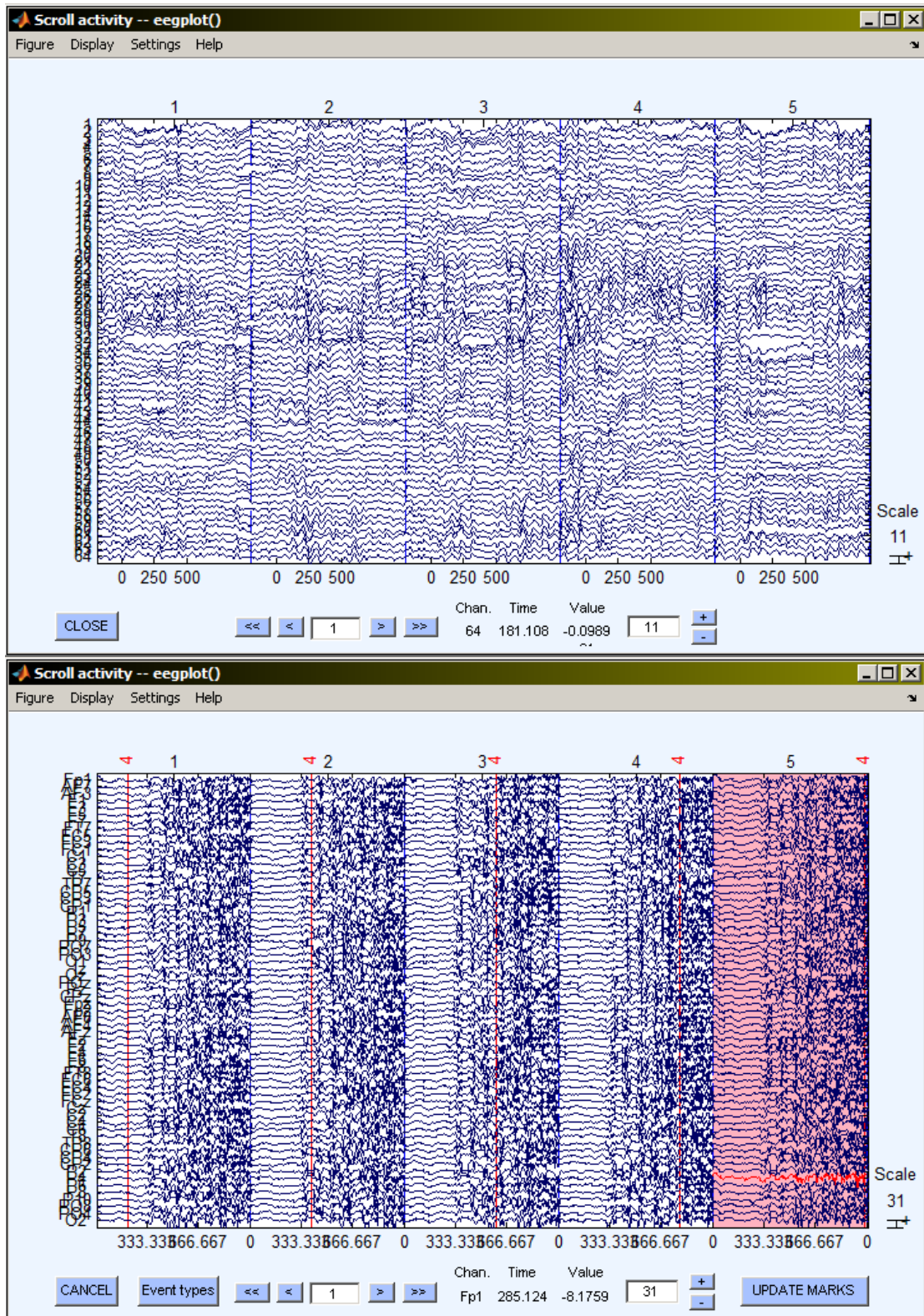


οθόνη ένα παράθυρο όπου φαίνεται η μετρούμενη πιθανότητα εμφάνισης της τιμής για κάθε περίπτωση και κάθε ηλεκτρόδιο. Κάθε αριθμός στην κάτω μεριά της γραφικής παράστασης αντιστοιχεί σε ένα ηλεκτρόδιο και οι μπλε γραμμές δείχνουν τις διάφορες τιμές. Η οριζόντια κόκκινη γραμμή δείχνει το κατώφλι. Στη δεξιά μεριά του παραθύρου φαίνεται με πράσινο η μετρούμενη πιθανότητα για όλα τα ηλεκτρόδια. Είναι επίσης πιθανό να δούμε λεπτομερώς την πιθανότητα για κάθε ηλεκτρόδιο απλά πατώντας πάνω στον αριθμό του στον οριζόντιο άξονα, όπως προηγουμένως.



Σχήμα 3.26: Πιθανοτική κατανομή των epochs με υπολογισμό της κύρτωσης

- *Εύρεση μη συμβατών τιμών φάσματος (Find abnormal spectra)*: Η απόρριψη των κυματομορφών προκλητών δυναμικών με χρήση φασματικής εκτίμησης μπορεί να είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος απόρριψης των κυματομορφών που περιέχουν λάθη. Οι τιμές κατωφλίου εκφράζονται όπως οι αλλαγές του πλάτους σε σχέση με την αναφορά (baseline) σε dB. Αν για παράδειγμα θέλουμε να διαπιστώσουμε ότι το φάσμα δε θα αποκλίνει από την τιμή αναφοράς περισσότερο από  $\pm 50$ dB στις συχνότητες 0 – 2 Hz, εισάγουμε αυτά τα νούμερα στο αντίστοιχα πεδία και πατώντας την επιλογή “Calc / Plot” καλείται η συνάρτηση `pop_rejspec()`, η οποία υπολογίζει το φάσμα για κάθε κυματομορφή και κάθε κανάλι. Αφού υπολογιστεί το φάσμα για κάθε περίπτωση η συνάρτηση αφαιρεί το μέσο όρο του φάσματος από το φάσμα κάθε περίπτωσης και ελέγχει αν η διαφορά που μένει υπερβαίνει τα επιλεγόμενα κατώφλια. Στη συνέχεια εμφανίζονται στην οθόνη τα παρακάτω παράθυρα.

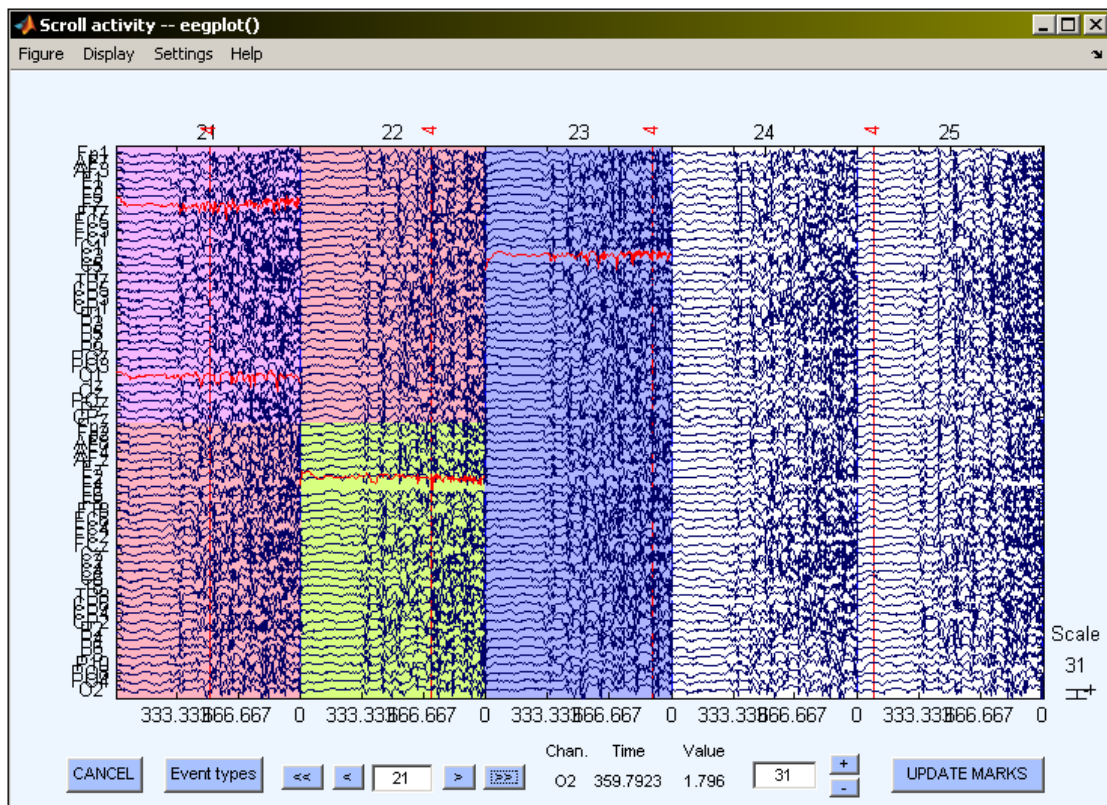


Σχήμα 3.27: Αναδυόμενα παράθυρα για απόρριψη artifacts με χρήση του φάσματος

Το επάνω παράθυρο δείχνει τα δεδομένα των κυματομορφών και το κάτω το φάσμα των ίδιων κυματομορφών. Όταν προχωράμε κατά μήκος των κυματομορφών του φάσματος (με τα βελάκια που βρίσκονται στο κάτω μέρος του παραθύρου), μπορούμε να ελέγξουμε στο επάνω παράθυρο, που προχωράει ταυτόχρονα, για ποιο λόγο έχει επιλεγεί για διαγραφή κάποια κυματομορφή.

Όπως και με την απόρριψη υπερβολικά υψηλών τιμών, έτσι κι εδώ μπορεί να υπάρχουν διάφορα κατώφλια συχνότητας, αναλόγως τι θέλουμε να εξετάσουμε. Τα όρια που αναφέρθηκαν προηγουμένως (+/-50dB και 0 – 2 Hz) είναι κατάλληλα για ανίχνευση των λαθών λόγω κίνησης των ματιών. Θα μπορούσαμε σε αυτά να προσθέσουμε και +25 ή -100 dB σε συχνότητες 20 – 40 Hz, τα οποία είναι κατάλληλα για εντοπισμό των λαθών λόγω μυϊκής δραστηριότητας.

Για να εξετάσουμε με το μάτι τις κυματομορφές που έχουν επιλεγεί για απόρριψη από διάφορες μεθόδους απόρριψης, επιλέγουμε “Show all trials marked for rejection measures by the measure selected above or checked below” στο κάτω μέρος του παραθύρου του Σχήματος 3.22. Μετά πατώντας την επιλογή “Calc / Plot” κάτω από το “Find abnormal spectra”. Τα επιλεγμένα για απόρριψη πεδία χωρίζονται με διαφορετικά χρώματα, όπου το κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο κριτήριο απόρριψης. Τα κανάλια που έχουν χρώμα κόκκινο αντιστοιχούν σε αυτά που έχουν επιλεγεί για διαγραφή από όλα τα κριτήρια.



Σχήμα 3.28: Αναδύομενο παράθυρο eeg\_plot() που περιλαμβάνει όλες τις μεθόδους απόρριψης των artifacts.

Μετά την εφαρμογή των όποιων κριτηρίων επιλεγούν για τον εντοπισμό των λαθών, για να ολοκληρωθεί η απόρριψη επιλέγεται από το μενού του eeglab: Tools > Reject data epochs > Reject marked epochs.

### 3.3 Βιβλιογραφία

- [1] Τσιανάκα Ε.Ι., Καταγραφή και επεξεργασία εγκεφαλικών προκλητών δυναμικών σε πειραματικές συνθήκες με υποσυνείδητα ερεθίσματα, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, 2009.
- [2] Finkbeiner M., Song J.H., Nakayama K. & Caramazza A., Engaging the motor system with masked orthographic primes: A kinematic analysis, *Visual Cognition*, 16:1, p. 11 – 22, 2007.
- [3] Kouider S. & Dehaene S., Levels of processing during non-conscious perception: A critical review of visual masking. *Philosophical Transaction of the Royal Society: B*, 362, p. 857 – 875, 2007.
- [4] Biosemi. <http://www.biosemi.com>
- [5] Μονάδα Ελέγχου και Δοκιμών ποιότητας και ασφάλειας Ιατροτεχνολογικών Προϊόντων <http://medip.upatras.gr>
- [6] Smith L., Active Two System: Operating Guidelines, Cortech Solutions, LLC, Rev. 6, 2007. <http://www.cortechsolutions.com>
- [7] SCCN, EEGLAB, <http://sccn.ucsd.edu/wiki/EEGLAB/>
- [8] Greco A., Mammone N., Morabito F.C., Versaci M., Semi – automated artifact rejection procedure based on kurtosis, Renyi's entropy and independent component scalp maps, *World Academy of Science, Engineering and Technology* 7, 2005.
- [9] Artifact rejection for electrophysiological data, University of Maryland, Department of Linguistics, <http://ling.umd.edu/>

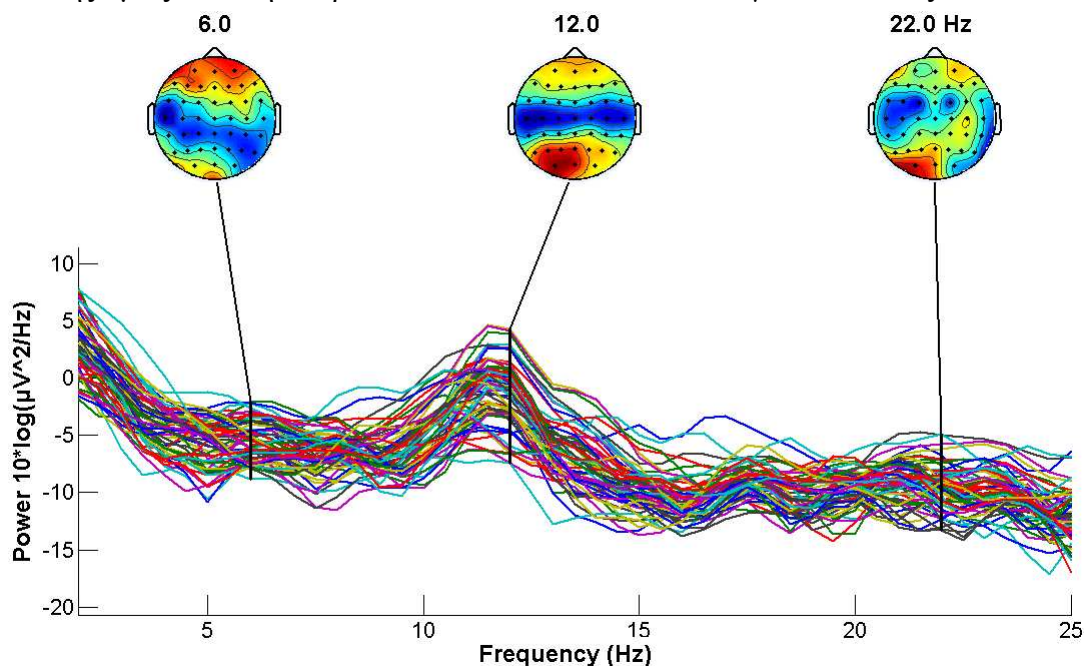
## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Αποτελέσματα – Συμπεράσματα

### 4.1 Αποτελέσματα

#### 4.1.1 Διαγράμματα φασματικής ισχύος

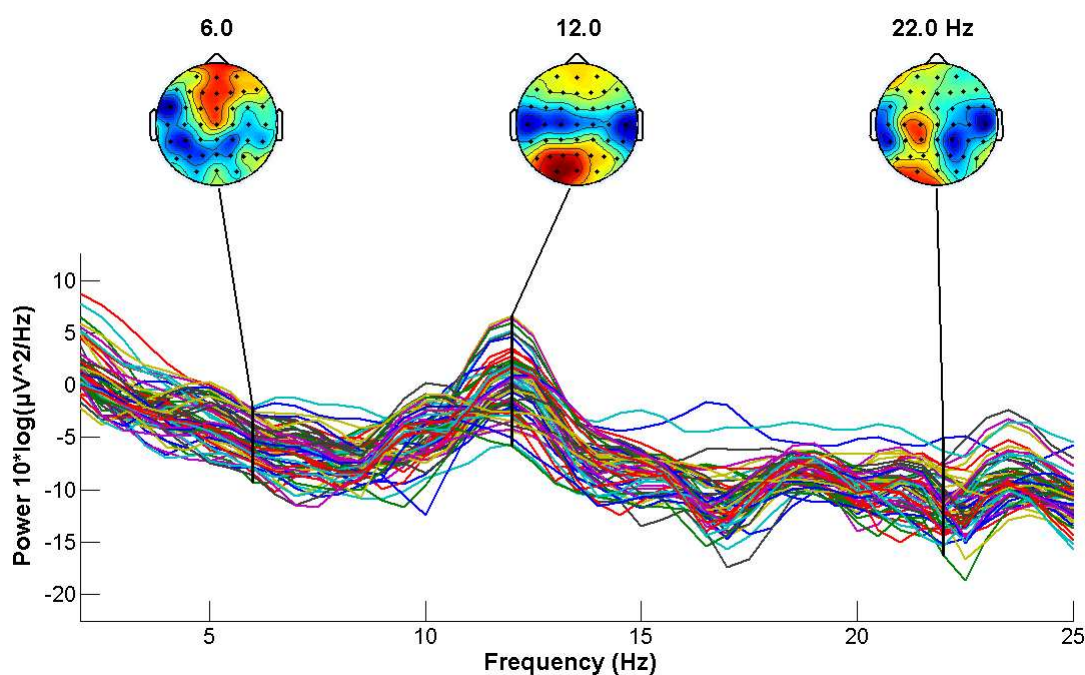
Τα διαγράμματα φασματικής ισχύος που παρουσιάζονται παρακάτω δημιουργήθηκαν με το eeglab για συχνότητες από 0 – 25 Hz, με ποσοστό 15% από τα συνολικά δεδομένα για κάθε μια από τις συνθήκες που εξετάζονται στην παρούσα διπλωματική. Στις συχνότητες που εμφανίζεται το μέγιστο και το ελάχιστο της φασματικής ισχύος έχουν σχεδιασθεί και τοπογραφικοί χάρτες, που δείχνουν ποιες περιοχές του εγκεφάλου έχουν ενεργοποιηθεί. Η μέγιστη θετική ενεργοποίηση απεικονίζεται με κόκκινο χρώμα, ενώ η μέγιστη αρνητική ενεργοποίηση με μπλε.

Στο Σχήμα 4.1 απεικονίζεται το διάγραμμα φασματικής ισχύος του ΗΕΓ για τη συνθήκη d1, στην οποία το διάστημα μεταξύ των δύο δεύτερων τόνων είναι ίσο με το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων τόνων και εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα στον εξεταζόμενο. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα υψηλότερες τιμές του φάσματος έχουμε στις συχνότητες γύρω στα 10 – 13 Hz, οι οποίες αντιπροσωπεύουν την ύπαρξη του άλφα ρυθμού, με μέγιστο περίπου στα 12 Hz, όπου (όπως είναι εμφανές από τον τοπογραφικό χάρτη) παρατηρείται μέγιστη θετική ενεργοποίηση στην πίσω, αριστερή και κεντρική, περιοχή του εγκεφάλου - στα ηλεκτρόδια P7, P5, P3, P1, PO7, PO3, POz, Oz, O1 και γειτονικά τους - ενώ μέγιστη αρνητική ενεργοποίηση παρατηρείται στην μέση, κεντρική, αριστερή και δεξιά περιοχή - στα ηλεκτρόδια FC5-6, C5-6, CP5-6 και γειτονικά τους. Αντίθετα, χαμηλότερες φασματικές τιμές κυριαρχούν στις συχνότητες 5 – 9 Hz και πάνω από 15 Hz, με μια από τις ελάχιστες τιμές φάσματος περίπου στα 6 Hz, όπου παρατηρείται μέγιστη θετική ενεργοποίηση στην πρόσθια περιοχή του εγκεφάλου - στα ηλεκτρόδια F7, AF7, F5, Fpz, Fp2, AFz, AF4 και γειτονικά τους, ενώ μέγιστη αρνητική ενεργοποίηση παρατηρείται στην μέση αριστερή περιοχή καθώς και στην κεντρική και δεξιά πίσω περιοχή, μικρότερης έντασης όμως - στα ηλεκτρόδια T7, TP7, CP5-6, P5-8 και γειτονικά τους.



Σχήμα 4.1: Διάγραμμα φασματικής ισχύος για τη συνθήκη d1

Στο Σχήμα 4.2 απεικονίζεται το διάγραμμα φασματικής ισχύος του ΗΕΓ για τη συνθήκη d2, στην οποία το διάστημα μεταξύ των δύο δεύτερων τόνων είναι ίσο με το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων τόνων και δεν εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα στον εξεταζόμενο. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα υψηλότερες τιμές του φάσματος έχουμε στις συχνότητες γύρω στα 10 – 13 Hz, οι οποίες αντιπροσωπεύουν την ύπαρξη του άλφα ρυθμού, με μέγιστο περίπου στα 12 Hz, όπου (όπως είναι εμφανές από τον τοπογραφικό χάρτη) παρατηρείται μέγιστη θετική ενεργοποίηση στην πίσω, αριστερή και κεντρική, περιοχή του εγκεφάλου - στα ηλεκτρόδια P7, P5, P3, P1, PO7, PO3, POz, Oz, O1 και γειτονικά τους, ενώ μέγιστη αρνητική ενεργοποίηση παρατηρείται στην μέση, αριστερή και δεξιά περιοχή, ενώ στην κεντρική η αρνητική ενεργοποίηση παρουσιάζει μικρότερη ένταση περιοχή – στα ηλεκτρόδια FC5-6, C5-6, CP5-6 και γειτονικά τους. Αντίθετα, χαμηλότερες φασματικές τιμές κυριαρχούν στις συχνότητες 5 – 9 Hz και πάνω από 15 Hz, με μια από τις ελάχιστες τιμές φάσματος περίπου στα 6 Hz, όπου παρατηρείται μέγιστη θετική ενεργοποίηση στην πρόσθια και μέση κεντρική περιοχή του εγκεφάλου περιοχή – στα ηλεκτρόδια Fpz, AF3, AFz, F1, Fz, FCz και γειτονικά τους, ενώ μέγιστη αρνητική ενεργοποίηση παρατηρείται στην αριστερή, μέση και πίσω, περιοχή καθώς και στην κεντρική και δεξιά πίσω περιοχή αλλά αρκετά μικρότερης έντασης περιοχή – στα ηλεκτρόδια FT7, T7, TP7, CP5-2, P5-2 και γειτονικά τους.

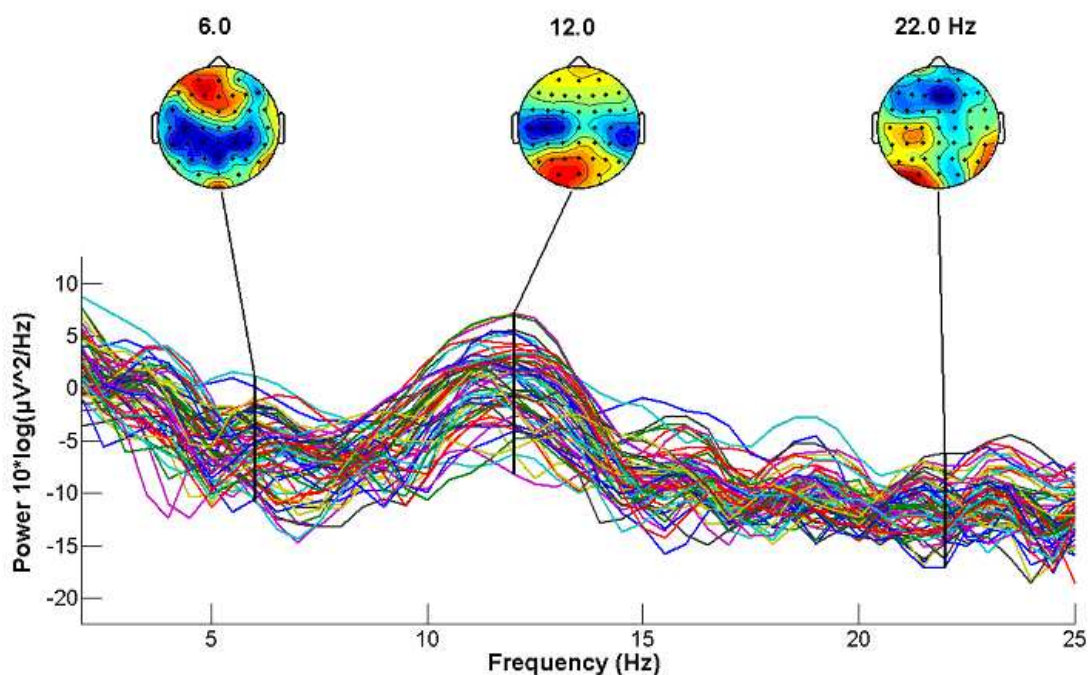


Σχήμα 4.2: Διάγραμμα φασματικής ισχύος για τη συνθήκη d2

Συγκρίνοντας τα Σχήματα 4.1 και 4.2 παρατηρούμε ότι σε γενικές γραμμές τα διαγράμματα φασματικής ισχύος για τις δυο συνθήκες είναι όμοια όσον αφορά τις κυματομορφές τους και τα πλάτη τους, με σημαντική διαφορά ότι στη συνθήκη d2, όπου δεν εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα, το πλάτος της φασματικής ισχύος έχει λίγο μεγαλύτερες τιμές. Επίσης, παρατηρώντας τους τοπογραφικούς χάρτες βλέπουμε ότι είναι όμοιοι στην τοπογραφία, δηλαδή ενεργοποιούνται οι ίδιες περίπου περιοχές αλλά με διαφορετική ένταση. Συγκεκριμένα, στα 12 Hz οι περιοχές ενεργοποίησης του εγκεφάλου είναι ίδιες και η ενεργοποίηση έχει την ίδια περίπου ένταση, τόσο η αρνητική όσο και η θετική. Αντιθέτως, στα 6Hz υπάρχει διαφορά στην περιοχή μέγιστης ενεργοποίησης, η οποία για τη συνθήκη d2, όπου δεν εμφανίζεται

υποσυνείδητο μήνυμα, εξαπλώνεται από την πρόσθια έως την κεντρική περιοχή του εγκεφάλου σε αντίθεση με τη συνθήκη d1, όπου εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα και η περιοχή μέγιστης ενεργοποίησης περιορίζεται στην πρόσθια περιοχή. Τέλος, η περιοχή τόσο μέγιστης όσο και ελάχιστης ενεργοποίησης έχουν μεγαλύτερη ένταση στη συνθήκη d1, όπου εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα.

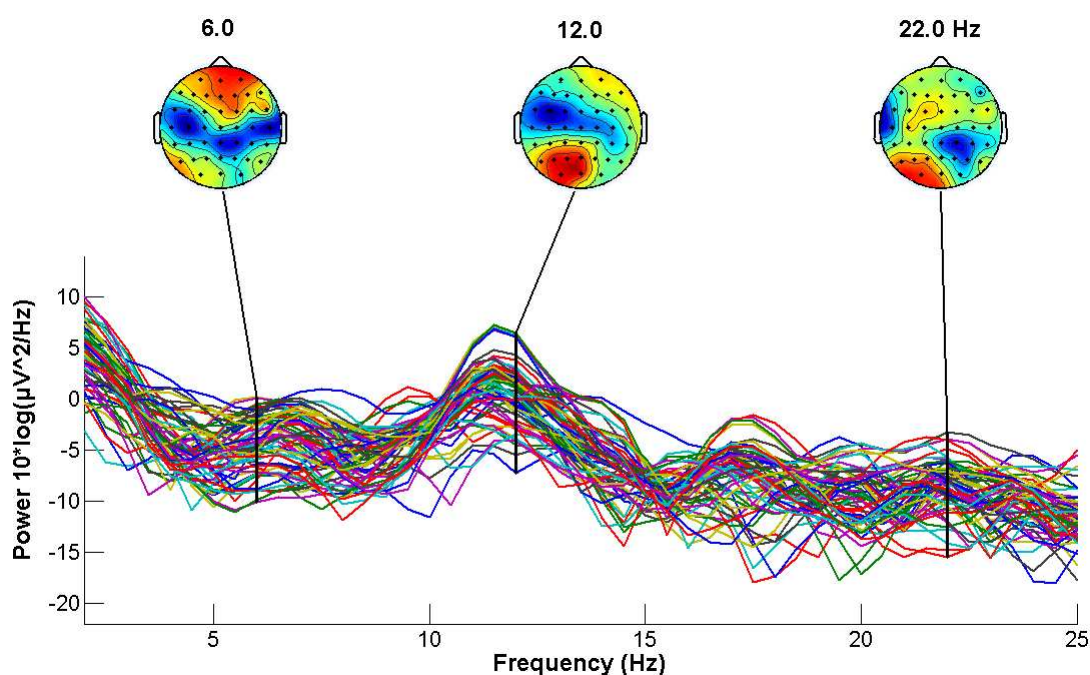
Στο Σχήμα 4.3 απεικονίζεται το διάγραμμα φασματικής ισχύος του ΗΕΓ για τη συνθήκη d3, στην οποία το διάστημα μεταξύ των δύο δεύτερων τόνων είναι μικρότερο από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων τόνων και εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα στον εξεταζόμενο. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα υψηλότερες τιμές του φάσματος έχουμε στις συχνότητες γύρω στα 10 – 13 Hz, οι οποίες αντιπροσωπεύουν την ύπαρξη του άλφα ρυθμού, με μέγιστο περίπου στα 12 Hz, όπου (όπως είναι εμφανές από τον τοπογραφικό χάρτη) παρατηρείται μέγιστη θετική ενεργοποίηση στην πίσω, αριστερή και κεντρική, περιοχή του εγκεφάλου - στα ηλεκτρόδια P7, P5, P3, P1, PO7, PO3, POz, Oz, O1 και γειτονικά τους - ενώ μέγιστη αρνητική ενεργοποίηση παρατηρείται στην μέση, αριστερή και δεξιά περιοχή. Αντίθετα, χαμηλότερες φασματικές τιμές κυριαρχούν στις συχνότητες 5 – 9 Hz και πάνω από 15 Hz, με μια από τις ελάχιστες τιμές φάσματος περίπου στα 6 Hz, όπου παρατηρείται μέγιστη θετική ενεργοποίηση στην πρόσθια αριστερή και κεντρική περιοχή του εγκεφάλου – στα ηλεκτρόδια AF7, AF3, AFz, F5, F3, F1, Fz, FC1, FCz και γειτονικά τους, ενώ μέγιστη αρνητική ενεργοποίηση παρατηρείται στην πίσω δεξιά και κεντρική περιοχή – στα ηλεκτρόδια FC5, C5, C3, C1, Cz, CP5-2, P5-2 και γειτονικά τους.



Σχήμα 4.3: Διάγραμμα φασματικής ισχύος για τη συνθήκη d3

Στο Σχήμα 4.4 απεικονίζεται το διάγραμμα φασματικής ισχύος του ΗΕΓ για τη συνθήκη d5, στην οποία το διάστημα μεταξύ των δύο δεύτερων τόνων είναι μικρότερο από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων τόνων και δεν εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα στον εξεταζόμενο. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα υψηλότερες τιμές του φάσματος έχουμε στις συχνότητες γύρω στα 10 – 13 Hz, οι

οποίες αντιπροσωπεύουν την ύπαρξη του άλφα ρυθμού, με μέγιστο περίπου στα 12 Hz, όπου (όπως είναι εμφανές από τον τοπογραφικό χάρτη) παρατηρείται μέγιστη θετική ενεργοποίηση στην πίσω, αριστερή και κεντρική, περιοχή του εγκεφάλου - στα ηλεκτρόδια P7, P5, P3, P1, PO7, PO3, POz, Oz, O1 και γειτονικά τους - ενώ μέγιστη αρνητική ενεργοποίηση παρατηρείται στην μέση, αριστερή περιοχή - στα ηλεκτρόδια FC5-6, C5-2, CP5-2 και γειτονικά τους. Αντίθετα, χαμηλότερες φασματικές τιμές κυριαρχούν στις συχνότητες 5 – 9 Hz και πάνω από 15 Hz, με μια από τις ελάχιστες τιμές φάσματος περίπου στα 6 Hz, όπου παρατηρείται μέγιστη θετική ενεργοποίηση στην πρόσθια κεντρική περιοχή του εγκεφάλου - στα ηλεκτρόδια Frz, Fr2, AFz, AF4, AF8, F2 και γειτονικά τους, ενώ μέγιστη αρνητική ενεργοποίηση παρατηρείται στην κεντρική, αριστερή και δεξιά περιοχή - στα ηλεκτρόδια FC5, FC3, C5, C3, Cz, C2, CPz, C4, C6, T8 και γειτονικά τους.

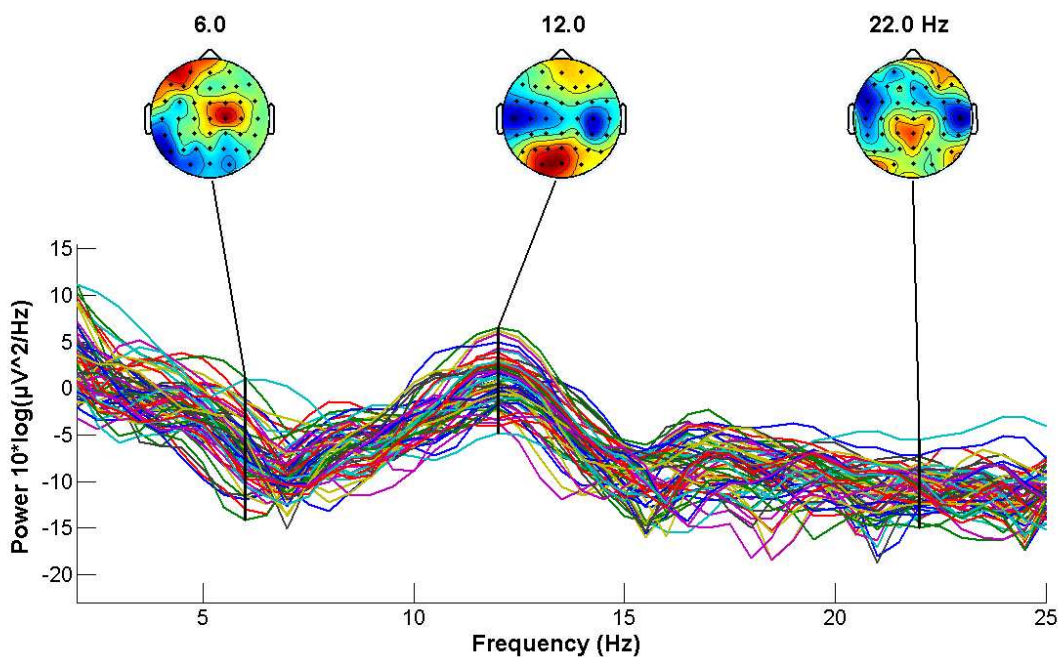


Σχήμα 4.4: Διάγραμμα φασματικής ισχύος για τη συνθήκη d5

Συγκρίνοντας τα Σχήματα 4.3 και 4.4 παρατηρούμε ότι σε γενικές γραμμές τα διαγράμματα φασματικής ισχύος για τις δυο συνθήκες είναι όμοια όσον αφορά τις κυματομορφές τους και τα πλάτη τους, με σημαντική διαφορά ότι στη συνθήκη d5, όπου δεν εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα, το πλάτος της φασματικής ισχύος παίρνει λίγο μεγαλύτερες τιμές. Επίσης, παρατηρώντας τους τοπογραφικούς χάρτες βλέπουμε ότι είναι όμοιοι στην τοπογραφία, δηλαδή ενεργοποιούνται οι ίδιες περίπου περιοχές αλλά με διαφορετική ένταση. Συγκεκριμένα, στα 12 Hz οι περιοχές ενεργοποίησης του εγκεφάλου είναι ίδιες και η ενεργοποίηση έχει την ίδια περίπου ένταση, τόσο η αρνητική όσο και η θετική. Αντιθέτως, στα 6Hz υπάρχει διαφορά στην περιοχή μέγιστης ενεργοποίησης, η οποία για τη συνθήκη d5, όπου δεν εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα, εξαπλώνεται από την πρόσθια δεξιά έως την κεντρική περιοχή του εγκεφάλου σε αντίθεση με τη συνθήκη d3, όπου εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα και η περιοχή μέγιστης ενεργοποίησης εξαπλώνεται από την πρόσθια αριστερή περιοχή προς την κεντρική. Τέλος, η περιοχή τόσο μέγιστης όσο και ελάχιστης ενεργοποίησης έχουν λίγο μεγαλύτερη ένταση στη συνθήκη d3, όπου εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα.



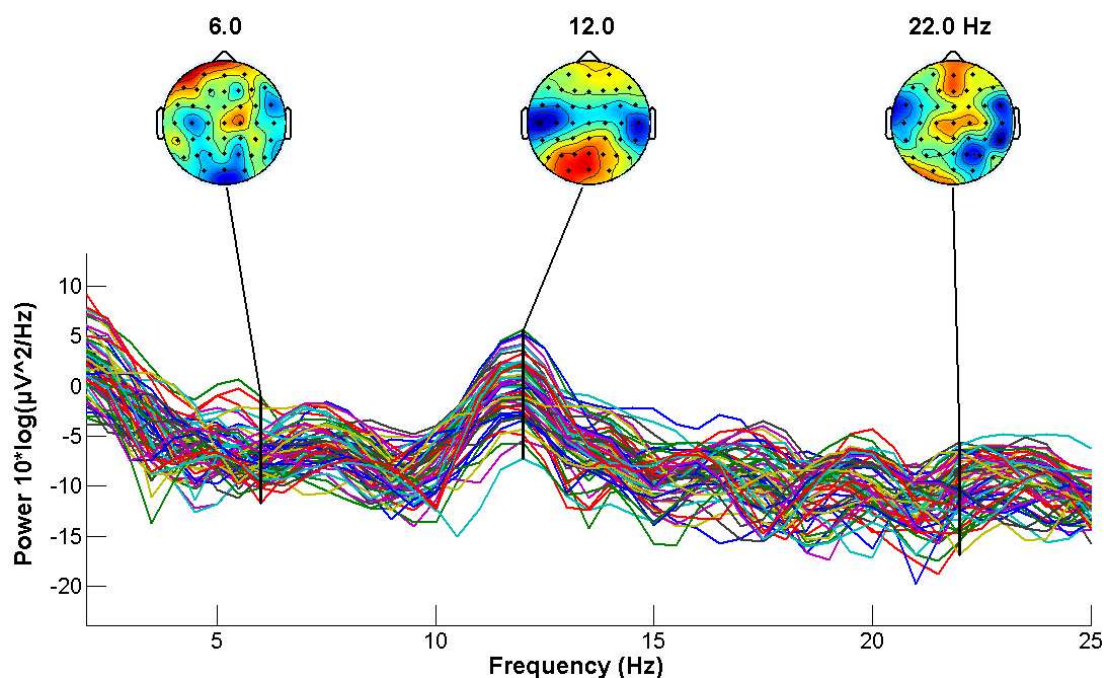
Στο Σχήμα 4.5 απεικονίζεται το διάγραμμα φασματικής ισχύος του ΗΕΓ για τη συνθήκη d4, στην οποία το διάστημα μεταξύ των δύο δεύτερων τόνων είναι μεγαλύτερο από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων τόνων και εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα στον εξεταζόμενο. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα υψηλότερες τιμές του φάσματος έχουμε στις συχνότητες γύρω στα 10 – 13 Hz, οι οποίες αντιπροσωπεύουν την ύπαρξη του άλφα ρυθμού, με μέγιστο περίπου στα 12 Hz, όπου (όπως είναι εμφανές από τον τοπογραφικό χάρτη) παρατηρείται μέγιστη θετική ενεργοποίηση στην πίσω, αριστερή και κεντρική, περιοχή του εγκεφάλου - στα ηλεκτρόδια P7, P5, P3, P1, PO7, PO3, POz, Oz, O1 και γειτονικά τους - ενώ μέγιστη αρνητική ενεργοποίηση παρατηρείται στην μέση, αριστερή και δεξιά περιοχή - στα ηλεκτρόδια FC5-6, C5-6, CP5-6 και γειτονικά τους. Αντίθετα, χαμηλότερες φασματικές τιμές κυριαρχούν στις συχνότητες 5 – 9 Hz και πάνω από 15 Hz, με μια από τις ελάχιστες τιμές φάσματος περίπου στα 6 Hz, όπου παρατηρείται μέγιστη θετική ενεργοποίηση στην κεντρική περιοχή του εγκεφάλου και στην πρόσθια αριστερή - στα ηλεκτρόδια F7, AF7, Fp1, F5, AF3, F3, FCz, FC2, Cz, C2, C4 και γειτονικά τους, ενώ μέγιστη αρνητική ενεργοποίηση παρατηρείται στην πίσω κεντρική και αριστερή περιοχή - στα ηλεκτρόδια TP7, P7, PO7, CP5, P5 και γειτονικά τους.



Σχήμα 4.5: Διάγραμμα φασματικής ισχύος για τη συνθήκη d4

Στο Σχήμα 4.6 απεικονίζεται το διάγραμμα φασματικής ισχύος του ΗΕΓ για τη συνθήκη d6, στην οποία το διάστημα μεταξύ των δύο δεύτερων τόνων είναι μεγαλύτερο από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων τόνων και δεν εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα στον εξεταζόμενο. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα υψηλότερες τιμές του φάσματος έχουμε στις συχνότητες γύρω στα 10 – 13 Hz, οι οποίες αντιπροσωπεύουν την ύπαρξη του άλφα ρυθμού, με μέγιστο περίπου στα 12 Hz, όπου (όπως είναι εμφανές από τον τοπογραφικό χάρτη) παρατηρείται μέγιστη θετική ενεργοποίηση στην πίσω, αριστερή και κεντρική, περιοχή του εγκεφάλου - στα ηλεκτρόδια P7, P5, P3, P1, PO7, PO3, POz, Oz, O1 και γειτονικά τους - ενώ μέγιστη αρνητική ενεργοποίηση παρατηρείται στην μέση, αριστερή και δεξιά περιοχή - στα

ηλεκτρόδια FC5-6, C5-6, CP5-6 και γειτονικά τους. Αντίθετα, χαμηλότερες φασματικές τιμές κυριαρχούν στις συχνότητες 5 – 9 Hz και πάνω από 15 Hz, με μια από τις ελάχιστες τιμές φάσματος περίπου στα 6 Hz, όπου παρατηρείται μέγιστη θετική ενεργοποίηση στην πρόσθια αριστερή περιοχή του εγκεφάλου – στα ηλεκτρόδια F7, AF7, Fp1, Fpz και γειτονικά τους, ενώ μέγιστη αρνητική ενεργοποίηση παρατηρείται στην πίσω κεντρική περιοχή – στα ηλεκτρόδια POz, O1, Oz, O2 και γειτονικά τους.



Σχήμα 4.6: Διάγραμμα φασματικής ισχύος για τη συνθήκη d6

Συγκρίνοντας τα Σχήματα 4.5 και 4.6 παρατηρούμε ότι σε γενικές γραμμές τα διαγράμματα φασματικής ισχύος για τις δυο συνθήκες είναι όμοια όσον αφορά τις κυματομορφές τους και τα πλάτη τους, με σημαντική διαφορά ότι στη συνθήκη d4, όπου εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα, το πλάτος της φασματικής ισχύος παίρνει λίγο μεγαλύτερες τιμές. Επίσης, παρατηρώντας τους τοπογραφικούς χάρτες βλέπουμε ότι είναι όμοιοι στην τοπογραφία, δηλαδή ενεργοποιούνται οι ίδιες περίπου περιοχές αλλά με διαφορετική ένταση. Συγκεκριμένα, στα 12 Hz οι περιοχές ενεργοποίησης του εγκεφάλου είναι ίδιες και η ενεργοποίηση έχει την ίδια περίπου ένταση, τόσο η αρνητική όσο και η θετική. Αντιθέτως, στα 6Hz υπάρχει διαφορά στην περιοχή μέγιστης ενεργοποίησης, η οποία για τη συνθήκη d4, όπου εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα, εξαπλώνεται από την πρόσθια αριστερή περιοχή και στην κεντρική περιοχή του εγκεφάλου σε αντίθεση με τη συνθήκη d6, όπου δεν εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα και η περιοχή μέγιστης ενεργοποίησης περιορίζεται στην πρόσθια αριστερή περιοχή. Επίσης, η περιοχή αρνητικής ενεργοποίησης για τη συνθήκη d4 είναι η πίσω αριστερή περιοχή του εγκεφάλου, ενώ για τη συνθήκη d6 η πίσω κεντρική περιοχή. Τέλος, η περιοχή τόσο μέγιστης όσο και ελάχιστης ενεργοποίησης έχουν λίγο μεγαλύτερη ένταση στη συνθήκη d4, όπου εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα.

#### 4.1.2 Διαγράμματα προκλητών δυναμικών

Οι κυματομορφές των προκλητών δυναμικών που παρουσιάζονται παρακάτω δημιουργήθηκαν με το eeglab, αφού προηγήθηκε η επεξεργασία των μετρήσεων όπως περιγράφηκε προηγουμένως. Όλες οι κυματομορφές έχουν σχεδιαστεί σε κοινή κλίμακα με μέγιστα πλάτη (+4μV, -4μV) και χρονική διάρκεια (-200msec, 1000msec). Για τη σχεδίαση των προκλητών δυναμικών χρησιμοποιήθηκε μια συνάρτηση που παρέχει το eeglab για σύγκριση των προκλητών δυναμικών ενός δείγματος για δύο ή περισσότερες διαφορετικές συνθήκες. Όπως αναφέρθηκε στην περιγραφή της επεξεργασίας των μετρήσεων εμείς για κάθε συνθήκη που θέλουμε να εξετάσουμε δημιουργήσαμε ένα dataset στο eeglab. Έτσι με χρήση αυτής της συνάρτησης σχεδιάστηκαν τα προκλητά δυναμικά για όλα τα ηλεκτρόδια καταγραφής και για όλα τα datasets, με συνδυασμούς ανά δυο κάθε φορά για τα datasets που είχε νόημα η σύγκρισή τους. Συνολικά έγιναν 8 συγκρίσεις.

Η 1<sup>η</sup> σύγκριση έγινε μεταξύ των συνθηκών d1, όπου το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι ίσο με το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα, και d2, όπου το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι ίσο με το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και δεν εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα.

Η 2<sup>η</sup> σύγκριση μεταξύ των συνθηκών d3, όπου το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι μικρότερο από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα, και d5, όπου το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι μικρότερο από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και δεν εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα.

Η 3<sup>η</sup> σύγκριση μεταξύ των συνθηκών d4, όπου το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι μεγαλύτερο από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα, και d6, όπου το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι μεγαλύτερο από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και δεν εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα.

Η 4<sup>η</sup> σύγκριση μεταξύ των συνθηκών s1, όπου το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι διαφορετικό, είτε μεγαλύτερο είτε μικρότερο, από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα, και s2, όπου το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι διαφορετικό, είτε μεγαλύτερο είτε μικρότερο, από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και δεν εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα.

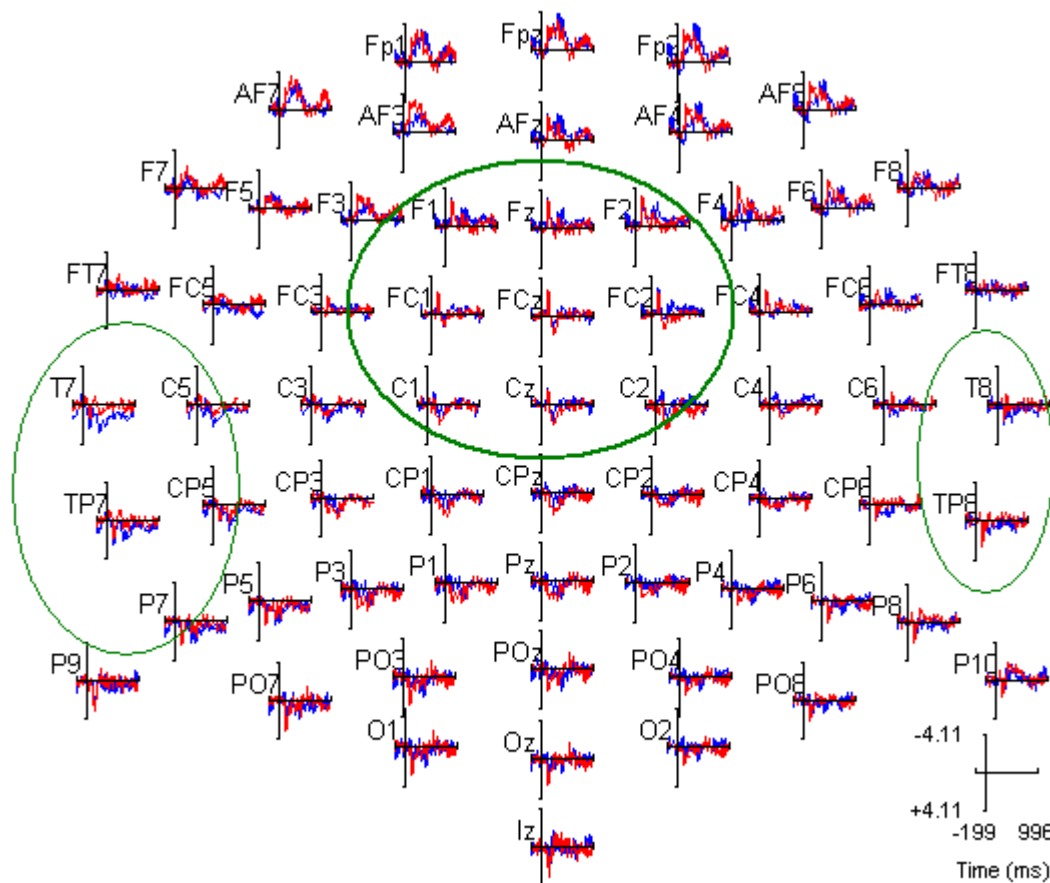
Η 5<sup>η</sup> σύγκριση μεταξύ των συνθηκών d1, όπου το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι ίσο με το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα, και s1, όπου το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι διαφορετικό, είτε μεγαλύτερο είτε μικρότερο, από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα.

Η 6<sup>η</sup> σύγκριση μεταξύ των συνθηκών d2, όπου το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι ίσο με το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και δεν εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα, και d5, όπου το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι μικρότερο από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και δεν εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα.

Η 7<sup>η</sup> σύγκριση μεταξύ των συνθηκών d2, όπου το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι ίσο με το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και δεν εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα, και d6, όπου το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι μεγαλύτερο από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και δεν εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα.

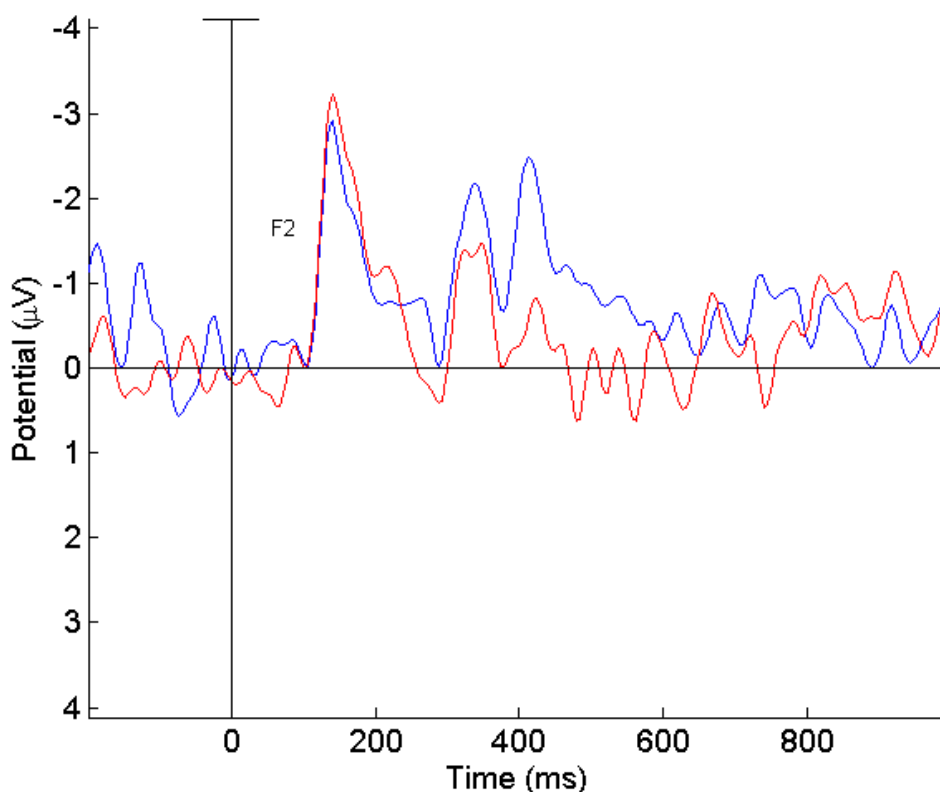
Η  $\delta'$  σύγκριση μεταξύ των συνθηκών d2, όπου το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι ίσο με το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και δεν εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα, και s2, όπου το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι διαφορετικό, είτε μεγαλύτερο είτε μικρότερο, από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και δεν εμφανίζεται υποσυνείδητο μήνυμα.

Από όλες αυτές τις συγκρίσεις προέκυψε ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές στα προκλητά δυναμικά των κεντρικών ηλεκτροδίων κυρίως, καθώς επίσης εντοπίζονται και κάποιες μικρότερες διαφορές σε κάποια πλευρικά ηλεκτρόδια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.7.

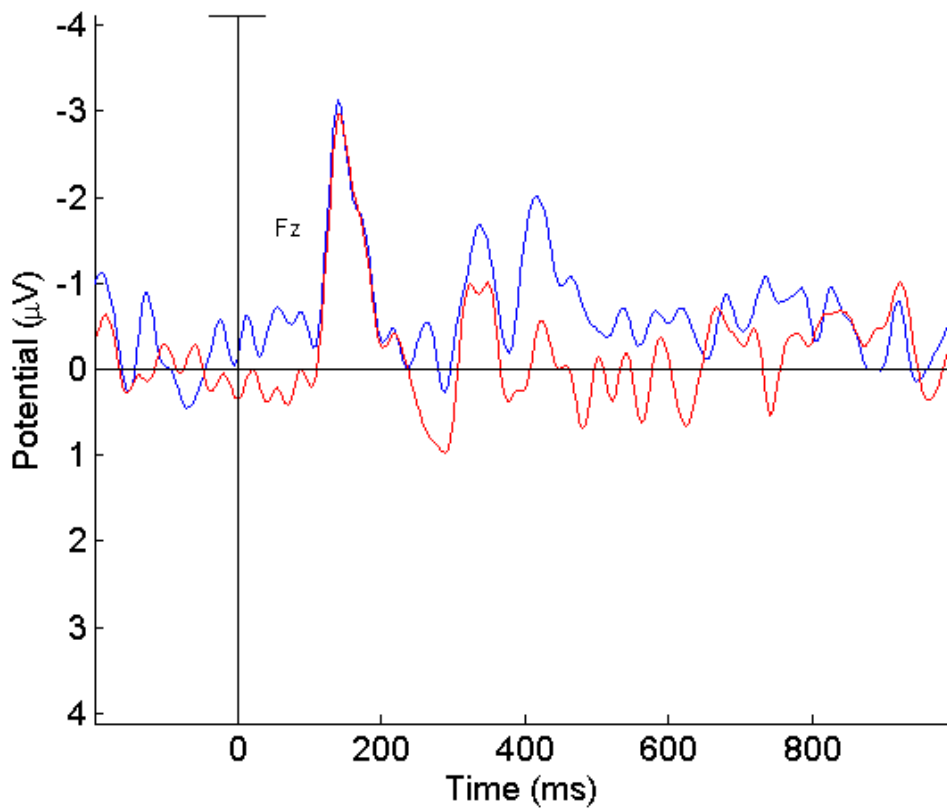


Σχήμα 4.7: Σημειώνονται τα ηλεκτρόδια στα οποία τα προκλητά δυναμικά εμφανίζουν σημαντικές διαφορές.

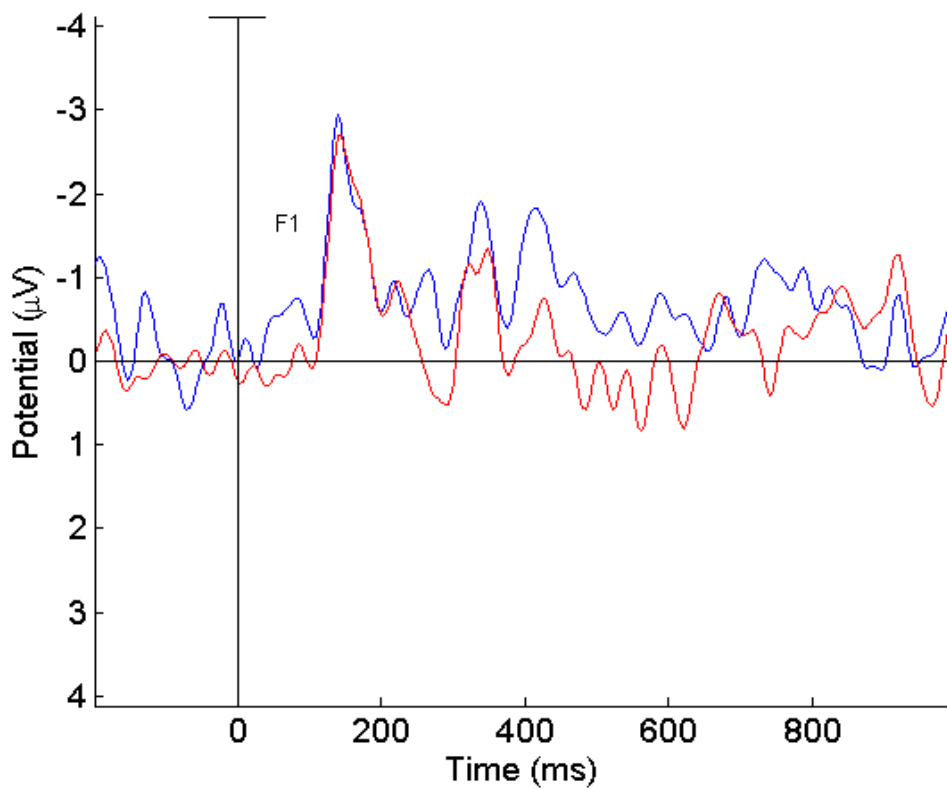
*1<sup>η</sup> Σύγκριση:* Σημαντικές διαφορές εντοπίζονται κυρίως στα ηλεκτρόδια F2, Fz, F1, FC2, FCz, FC1 και Cz. Παρακάτω απεικονίζονται τα προκλητά δυναμικά για τις δυο διαφορετικές συνθήκες (Σχήμα 4.8 – 4.14). Η συνθήκη d1, στην οποία τα χρονικά διαστήματα είναι ίσα και υπάρχει υποσυνείδητο ερέθισμα, απεικονίζεται με μπλε χρώμα, ενώ η d2, στην οποία τα χρονικά διαστήματα είναι ίσα και δεν υπάρχει υποσυνείδητο ερέθισμα, απεικονίζεται με κόκκινο χρώμα. Επίσης, εντοπίζονται και μικρότερες διαφορές στα πλευρικά ηλεκτρόδια CP5, T8, TP8, οι οποίες φαίνονται στο παράρτημα (Σχήμα 1 – 3).



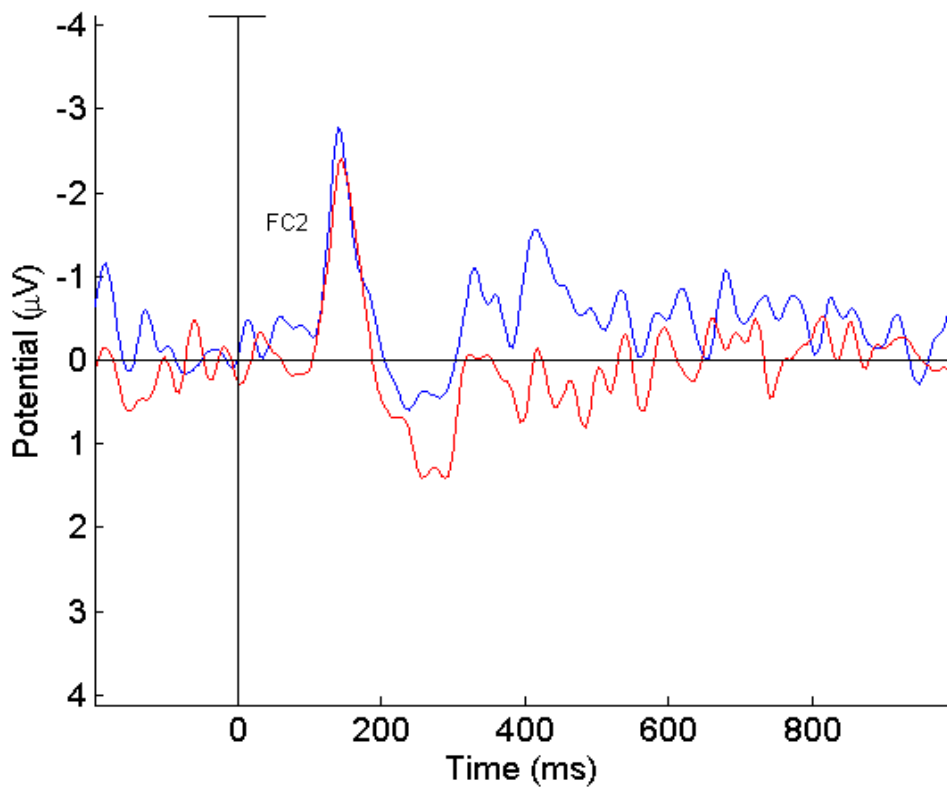
Σχήμα 4.8: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1,d2 για το ηλεκτρόδιο F2.



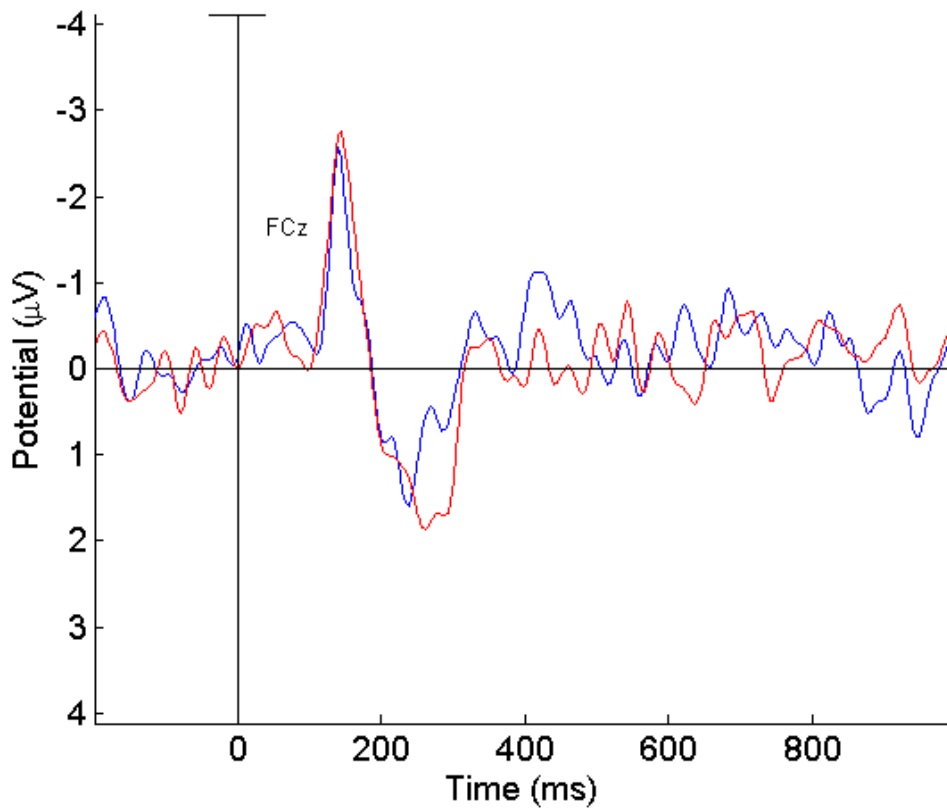
Σχήμα 4.9: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1,d2 για το ηλεκτρόδιο Fz.



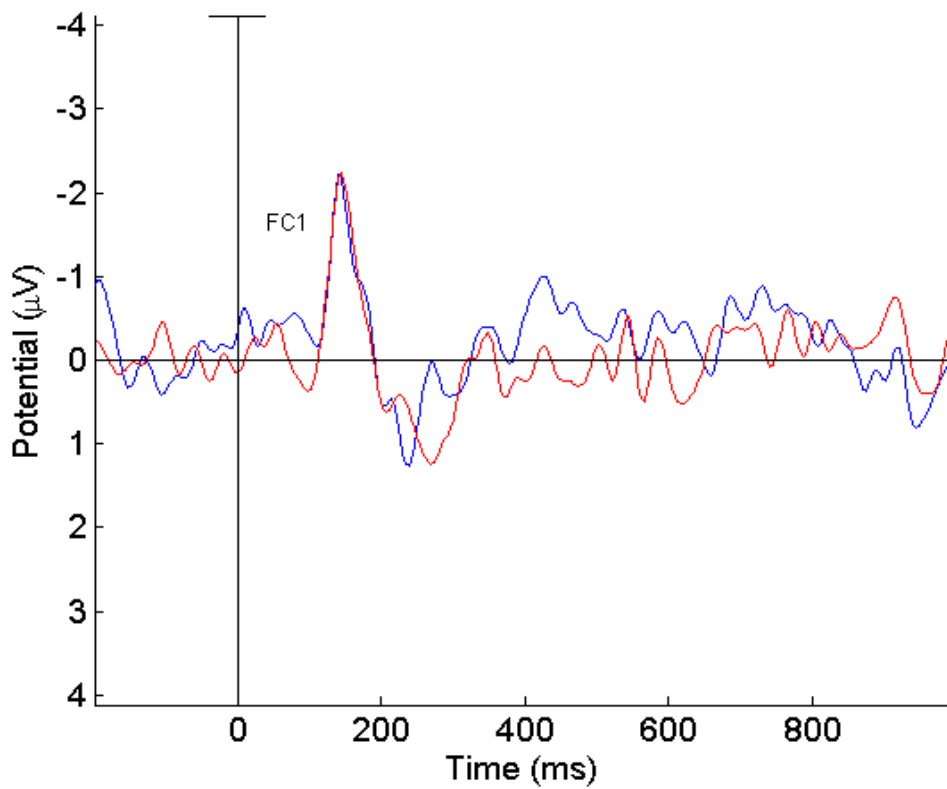
Σχήμα 4.10: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1,d2 για το ηλεκτρόδιο F1.



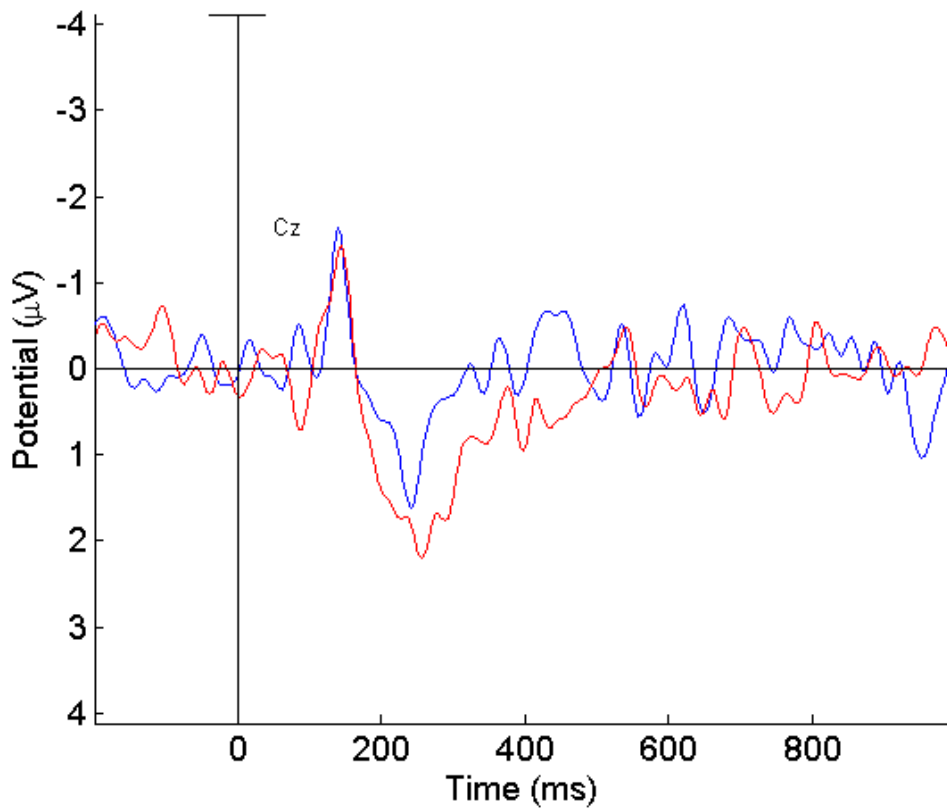
Σχήμα 4.11: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1,d2 για το ηλεκτρόδιο FC2.



Σχήμα 4.12: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1,d2 για το ηλεκτρόδιο FCz.



Σχήμα 4.13: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1,d2 για το ηλεκτρόδιο FC1.

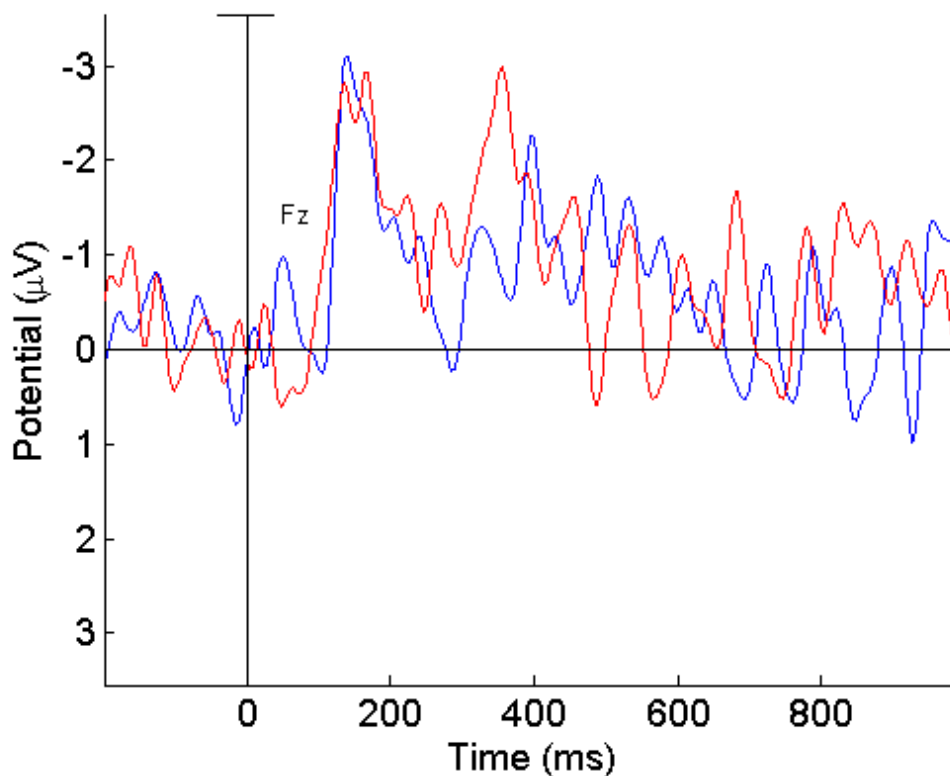


Σχήμα 4.14: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1,d2 για το ηλεκτρόδιο Cz.

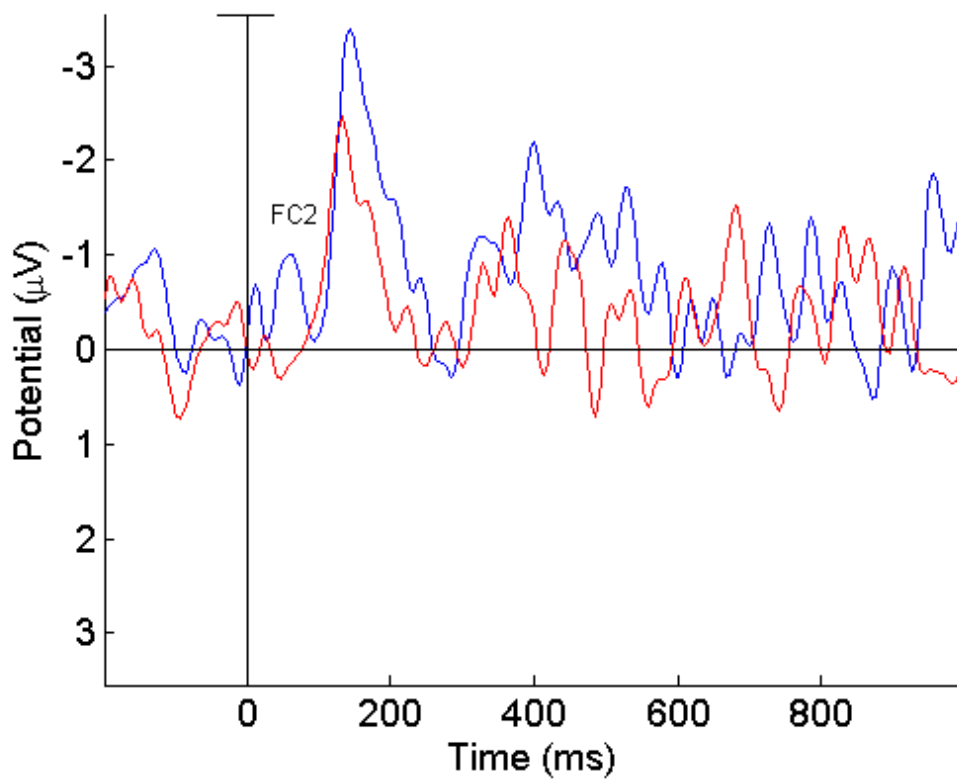


Από τα Σχήματα (4.8 – 4.14) παρατηρείται η ύπαρξη της κορύφωσης N100 σε όλα τα ηλεκτρόδια, η οποία είναι ίδια σε πλάτος και αρκετά έντονη και για τις δυο συνθήκες. Επίσης, στα ηλεκτρόδια F2, Fz, F1 εντοπίζεται η κορύφωση N400 γιατί η συνθήκη d1. Τέλος, στα ηλεκτρόδια FC2, FCz, Cz, FC1 εντοπίζεται η κορύφωση P300 για τη συνθήκη d2, η οποία είναι ιδιαίτερος έντονη στα ηλεκτρόδια FC2, FCz όπου εμφανίζεται διπλή κορυφή. Στο ηλεκτρόδιο Cz εντοπίζεται η κορύφωση P300, μικρότερου πλάτους όμως, και για τη συνθήκη d1.

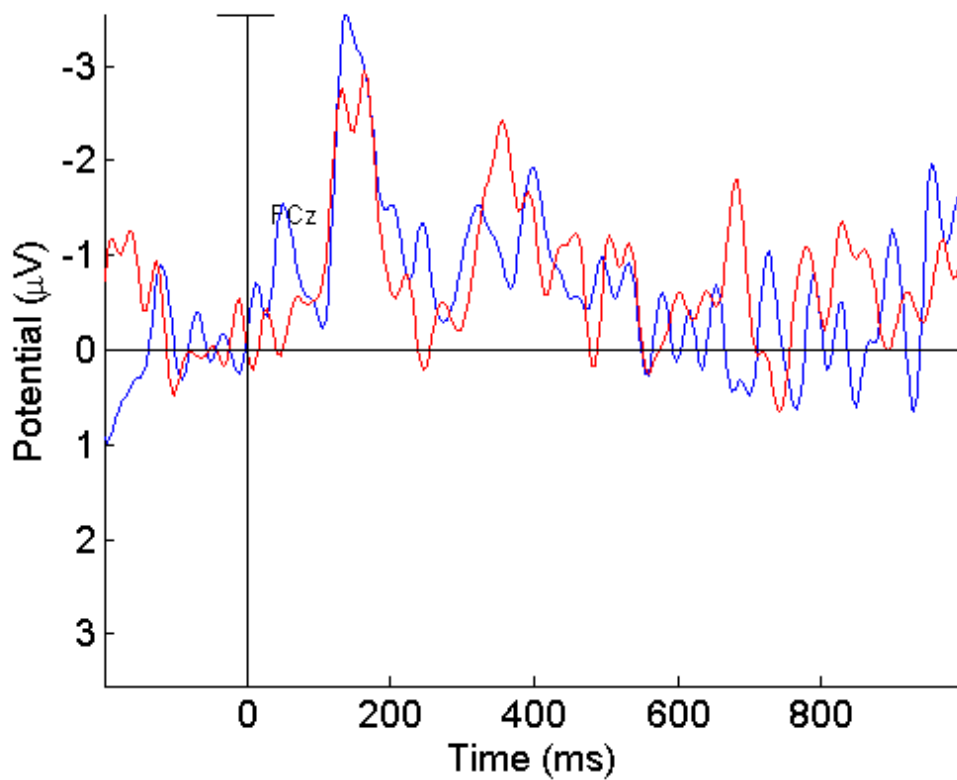
*2<sup>η</sup> Σύγκριση:* Σημαντικές διαφορές εντοπίζονται κυρίως στα ηλεκτρόδια Fz, FC2, FCz, C1 και Cz. Παρακάτω απεικονίζονται τα προκλητά δυναμικά για τις δυο διαφορετικές συνθήκες (Σχήμα 4.15 – 4.19). Η συνθήκη d3, στην οποία το διάστημα μεταξύ των δυο δευτέρων τόνων είναι μικρότερο από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και υπάρχει υποσυνείδητο ερέθισμα, απεικονίζεται με μπλε χρώμα, ενώ η d5, στην οποία το διάστημα μεταξύ των δυο δευτέρων τόνων είναι μικρότερο από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και δεν υπάρχει υποσυνείδητο ερέθισμα, απεικονίζεται με κόκκινο χρώμα. Επίσης, εντοπίζονται και μικρότερες διαφορές στα πλευρικά ηλεκτρόδια T8, TP8, οι οποίες φαίνονται στο παράρτημα (Σχήμα 4 – 5).



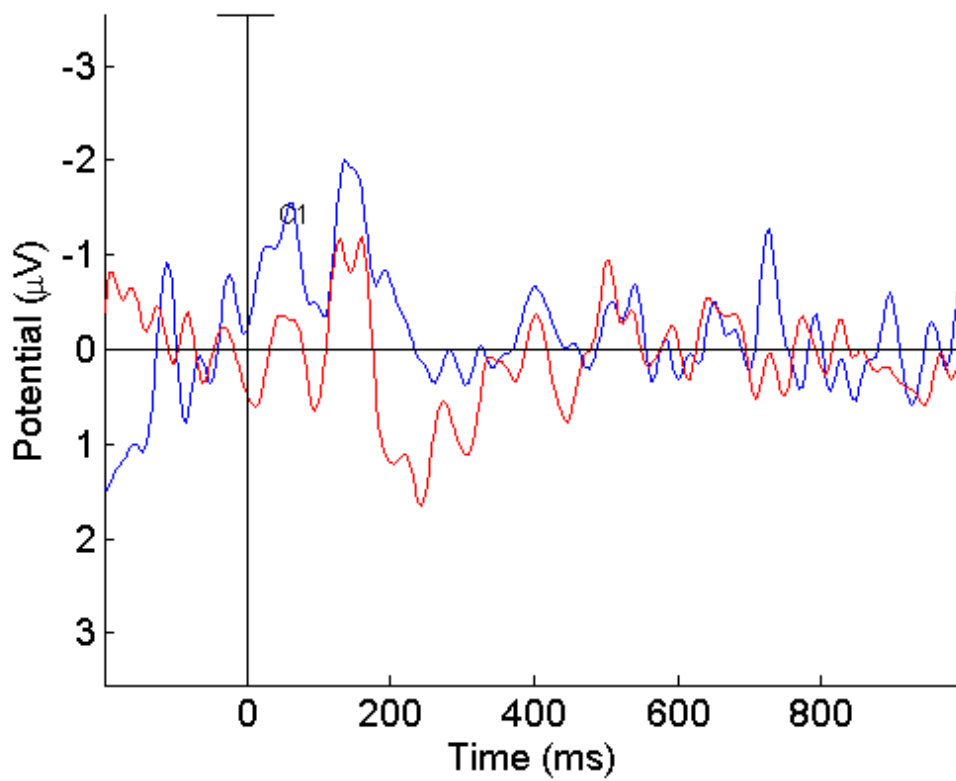
Σχήμα 4.15: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d3,d5 για το ηλεκτρόδιο Fz.



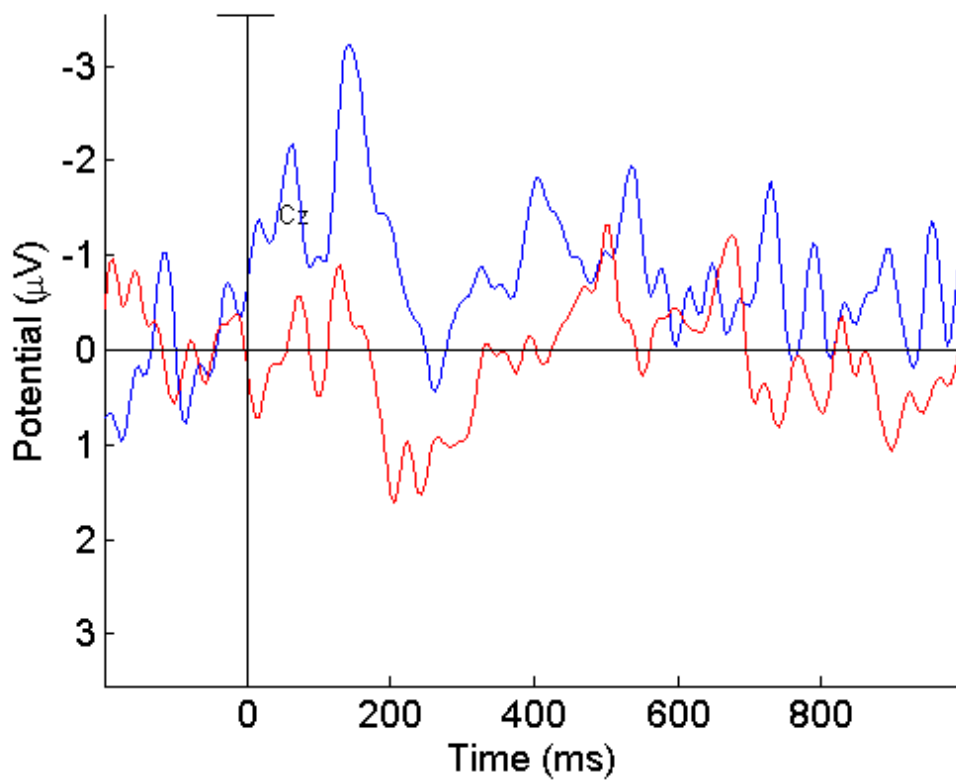
Σχήμα 4.16: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d3,d5 για το ηλεκτρόδιο FC2.



Σχήμα 4.17: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d3,d5 για το ηλεκτρόδιο FCz.



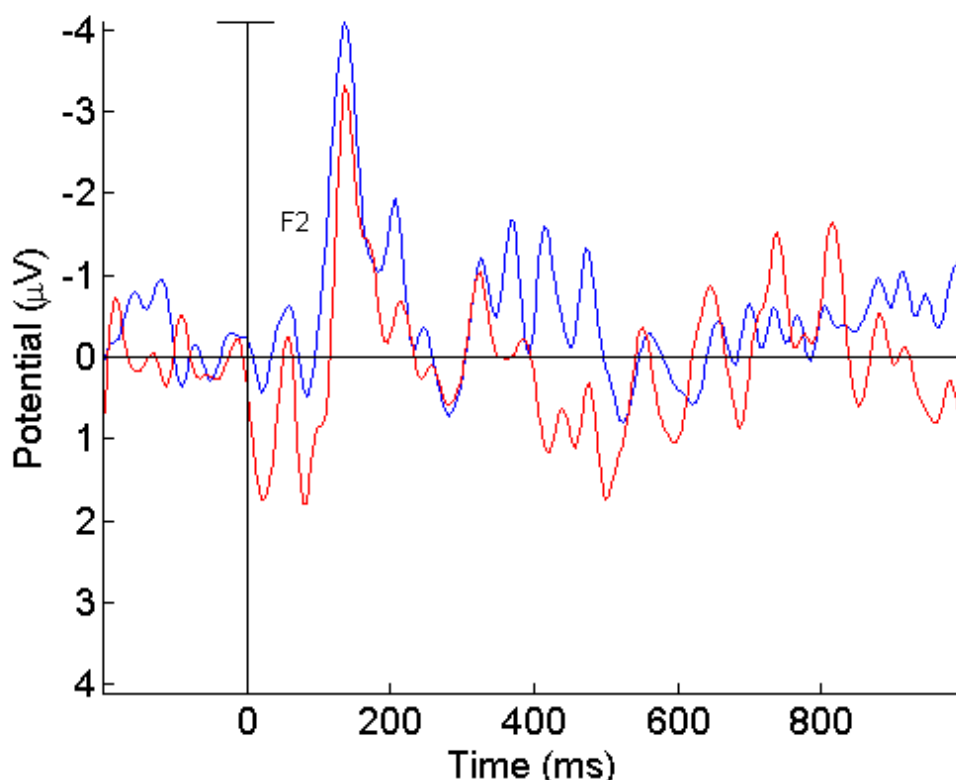
Σχήμα 4.18: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d3,d5 για το ηλεκτρόδιο C1.



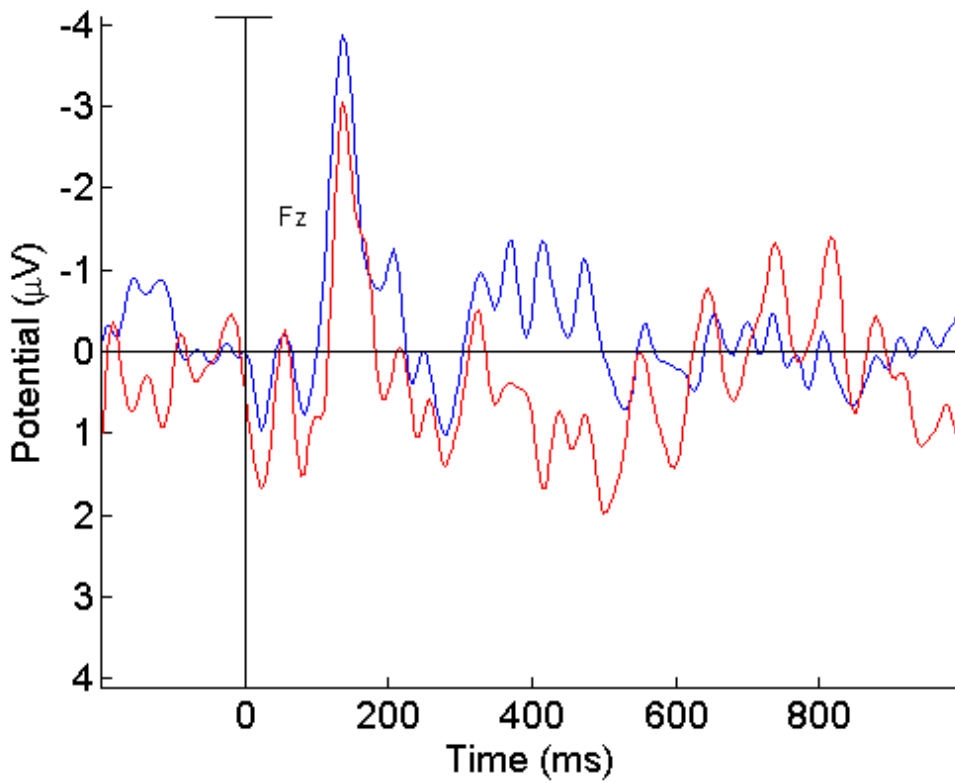
Σχήμα 4.19: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d3,d5 για το ηλεκτρόδιο Cz.

Από τα Σχήματα (4.15 – 4.19) παρατηρείται η ύπαρξη της κορύφωσης N100 και για τις δύο συνθήκες, με αρκετές διαφοροποιήσεις αναλόγως τη θέση των ηλεκτροδίων. Στα ηλεκτρόδια Fz, FCz η N100 έχει περίπου το ίδιο πλάτος για τις δυο συνθήκες, ενώ για τη συνθήκη d3 παρουσιάζει διπλή κορυφή, αντιθέτως στο ηλεκτρόδιο FC2 η N100 έχει μεγαλύτερο πλάτος για τη συνθήκη d3. Στα ηλεκτρόδια C1, Cz η N100 μειώνεται αρκετά για τη συνθήκη d1, σχεδόν εξαφανίζεται. Επίσης, εντοπίζεται η κορύφωση N400, η οποία στα ηλεκτρόδια Fz, FCz εμφανίζεται για τη συνθήκη d5, ενώ στα ηλεκτρόδια FC2, Cz εμφανίζεται για τη συνθήκη d3. Τέλος, η κορύφωση P300 εντοπίζεται ιδιαίτερα έντονη στα ηλεκτρόδια C1, Cz (διπλή κορυφή) για τη συνθήκη d3.

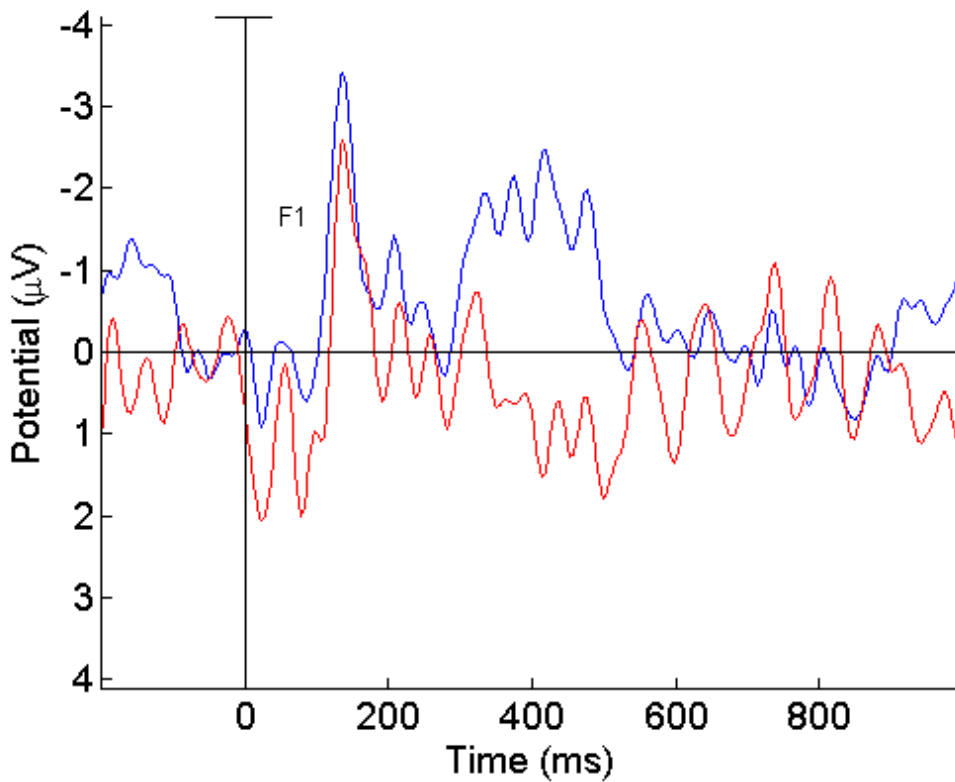
*3<sup>η</sup> Σύγκριση:* Σημαντικές διαφορές εντοπίζονται κυρίως στα ηλεκτρόδια F2, Fz, F1, FC2, FCz, FC1. Παρακάτω απεικονίζονται τα προκλητά δυναμικά για τις δυο διαφορετικές συνθήκες (Σχήμα 4.20 – 4.25). Η συνθήκη d4, στην οποία το διάστημα μεταξύ των δυο δευτέρων τόνων είναι μεγαλύτερο από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και υπάρχει υποσυνείδητο ερέθισμα, απεικονίζεται με μπλε χρώμα, ενώ η d6, στην οποία το διάστημα μεταξύ των δυο δευτέρων τόνων είναι μεγαλύτερο από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και δεν υπάρχει υποσυνείδητο ερέθισμα, απεικονίζεται με κόκκινο χρώμα. Επίσης, εντοπίζονται και μικρότερες διαφορές στα πλευρικά ηλεκτρόδια F5, TP8, TP7, P7 οι οποίες φαίνονται στο παράρτημα (Σχήμα 6 – 9).



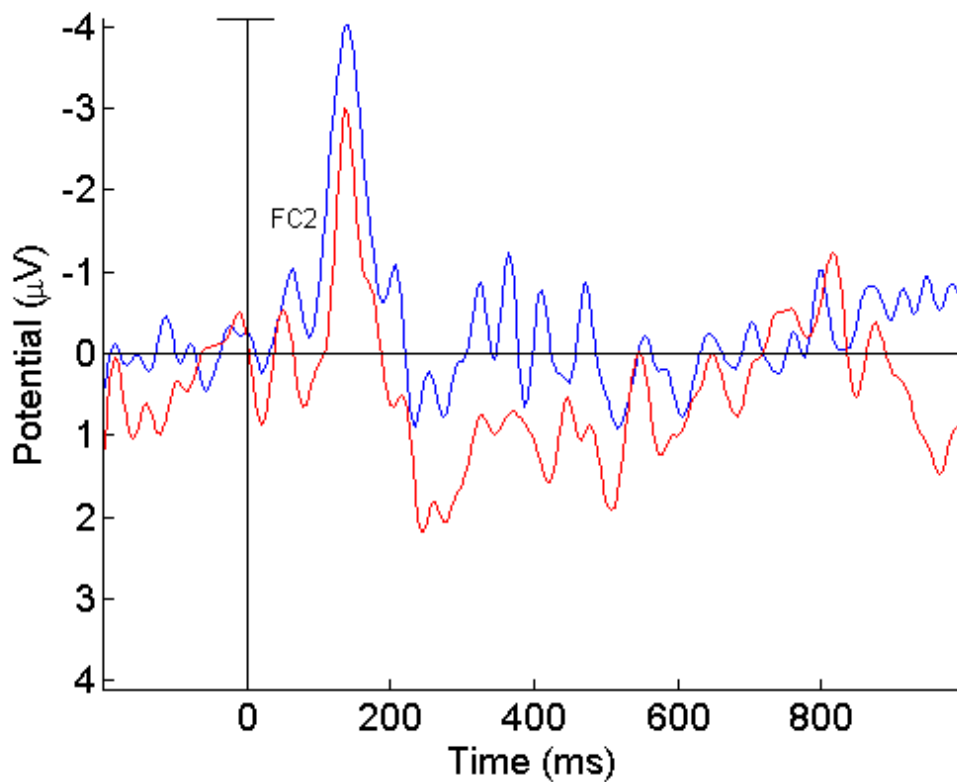
Σχήμα 4.20: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d4,d6 για το ηλεκτρόδιο F2.



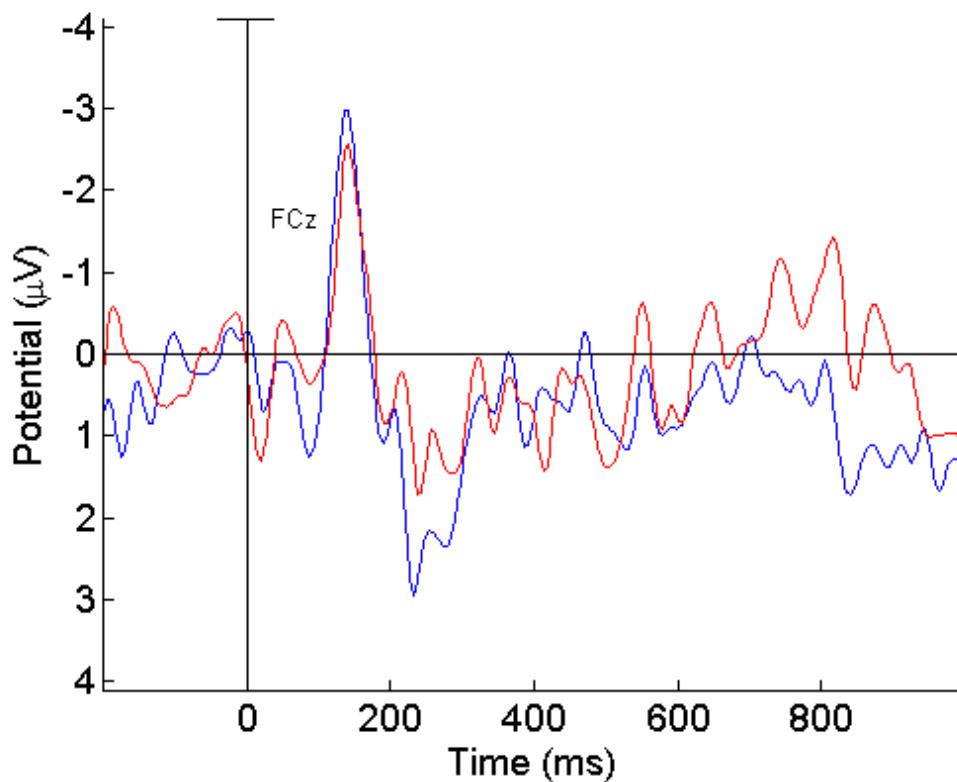
Σχήμα 4.21: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d4,d6 για το ηλεκτρόδιο Fz.



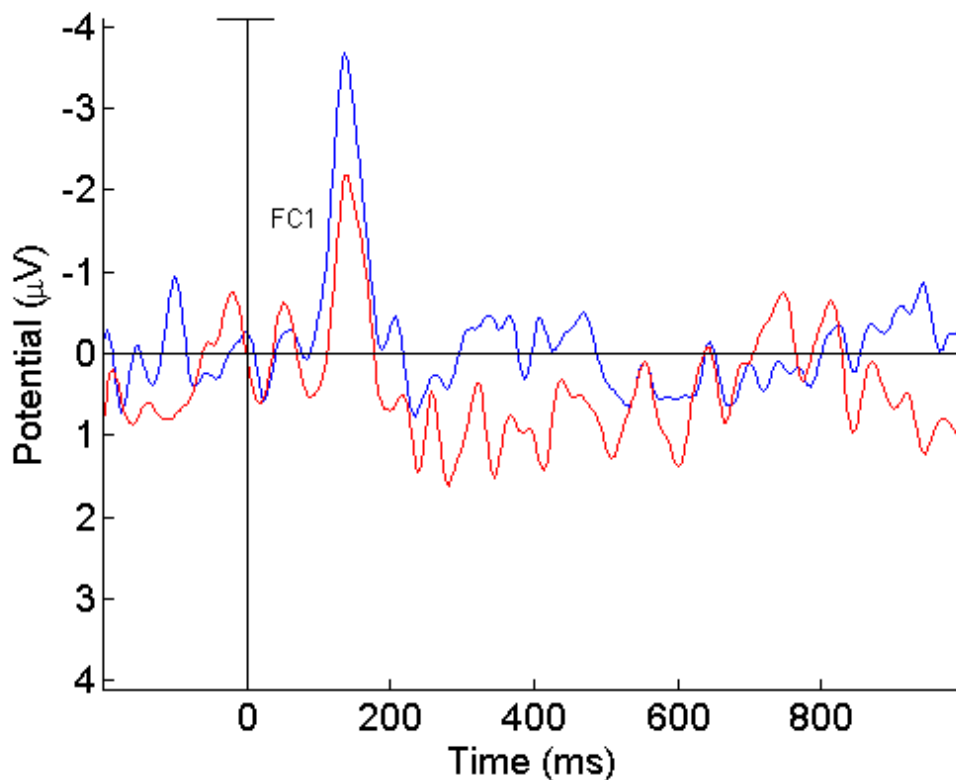
Σχήμα 4.22: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d4,d6 για το ηλεκτρόδιο F1.



Σχήμα 4.23: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d4,d6 για το ηλεκτρόδιο FC2.



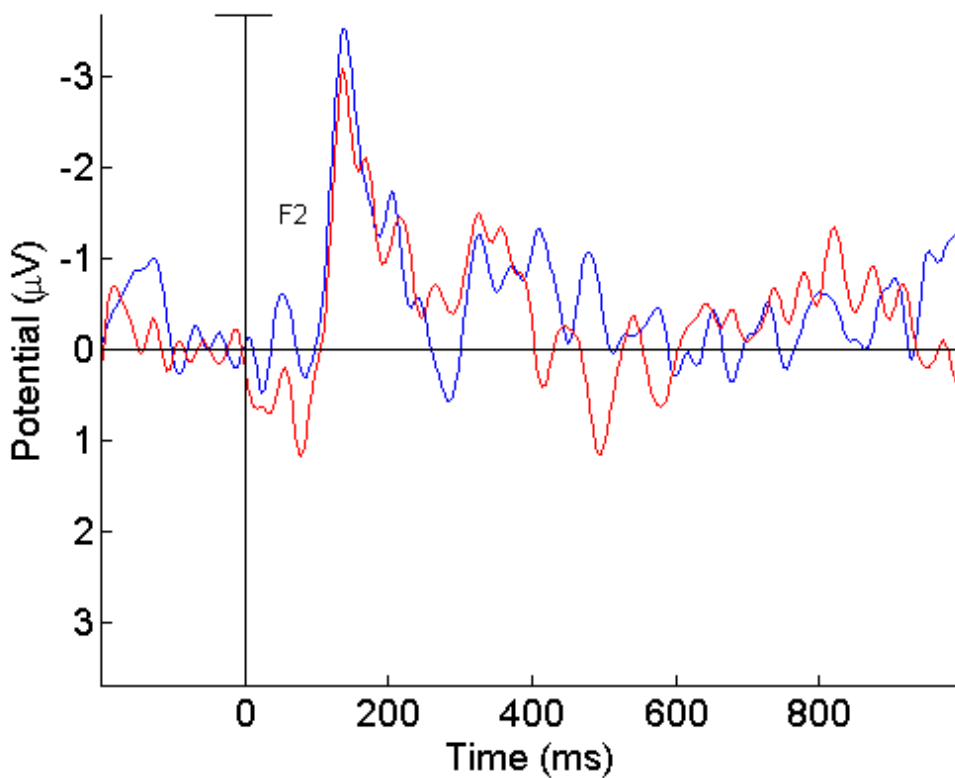
Σχήμα 4.24: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d4,d6 για το ηλεκτρόδιο FCz.



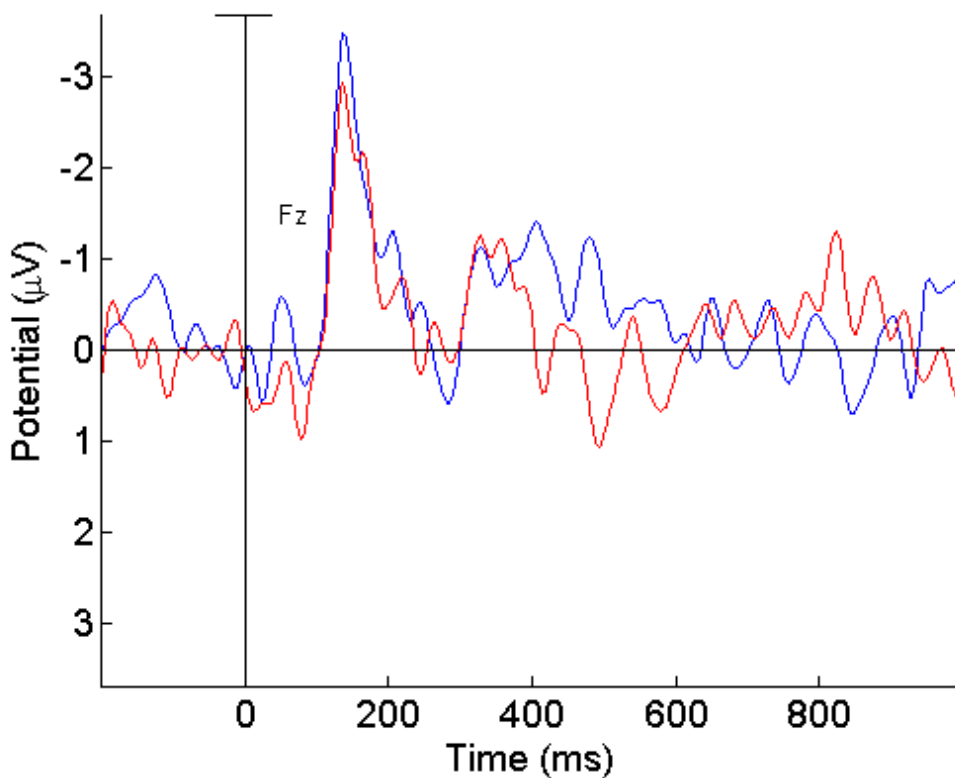
Σχήμα 4.25: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d4,d6 για το ηλεκτρόδιο FC1.

Από τα Σχήματα (4.20 – 4.25) παρατηρείται η ύπαρξη της κορύφωσης N100 σε όλα τα ηλεκτρόδια, η οποία είναι ίδια σε πλάτος και αρκετά έντονη και για τις δυο συνθήκες. Επίσης, εντοπίζεται η κορύφωση N400 για τη συνθήκη d4, η οποία αυξάνεται βαθμιαία και περιέχει πολλαπλές κορυφώσεις στα ηλεκτρόδια F2, Fz, F1. Τέλος, εντοπίζεται η κορύφωση P300 στο ηλεκτρόδιο FC2 για τη συνθήκη d6 και στο ηλεκτρόδιο FCz για τη συνθήκη d4.

*4<sup>η</sup> Σύγκριση:* Σημαντικές διαφορές εντοπίζονται κυρίως στα ηλεκτρόδια F2, Fz, F1, FC2, FCz, FC1, FC3, C2, Cz και C1. Παρακάτω απεικονίζονται τα προκλητά δυναμικά για τις δυο διαφορετικές συνθήκες (Σχήμα 4.26 – 4.35). Η συνθήκη s1, στην οποία τα χρονικά διαστήματα δεν είναι ίσα και υπάρχει υποσυνείδητο ερέθισμα, απεικονίζεται με μπλε χρώμα, ενώ η s2, στην οποία τα χρονικά διαστήματα δεν είναι ίσα και δεν υπάρχει υποσυνείδητο ερέθισμα, απεικονίζεται με κόκκινο χρώμα. Επίσης, εντοπίζονται και μικρότερες διαφορές στα πλευρικά ηλεκτρόδια TP7, TP8, οι οποίες φαίνονται στο παράρτημα (Σχήμα 10 – 11).

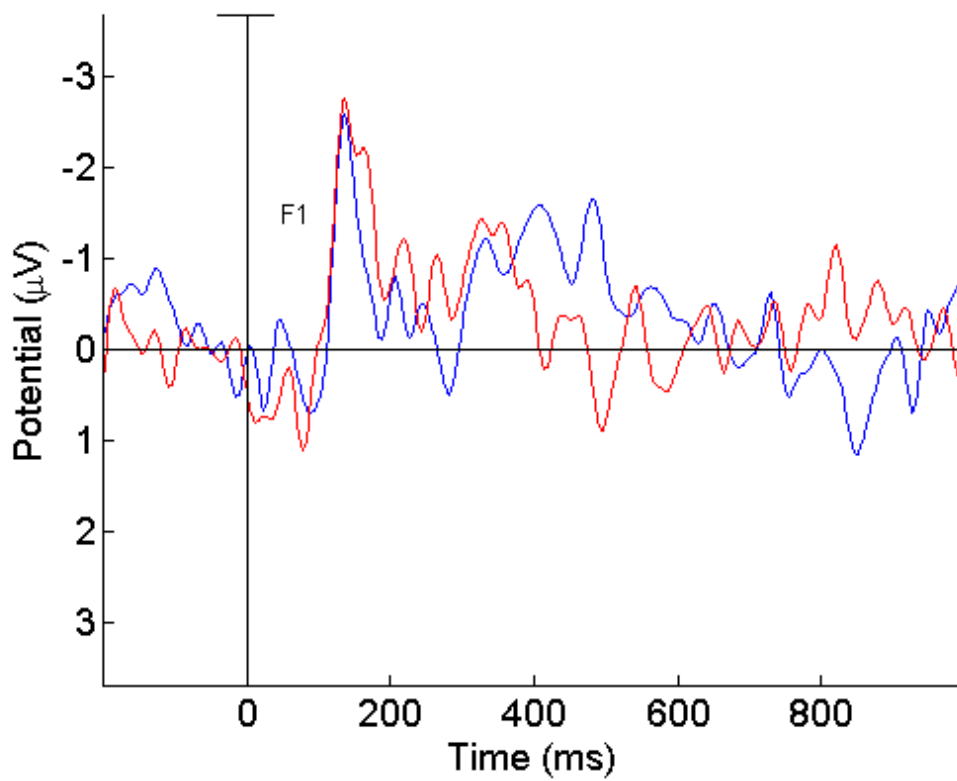


Σχήμα 4.26: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες s1, s2 για το ηλεκτρόδιο F2.

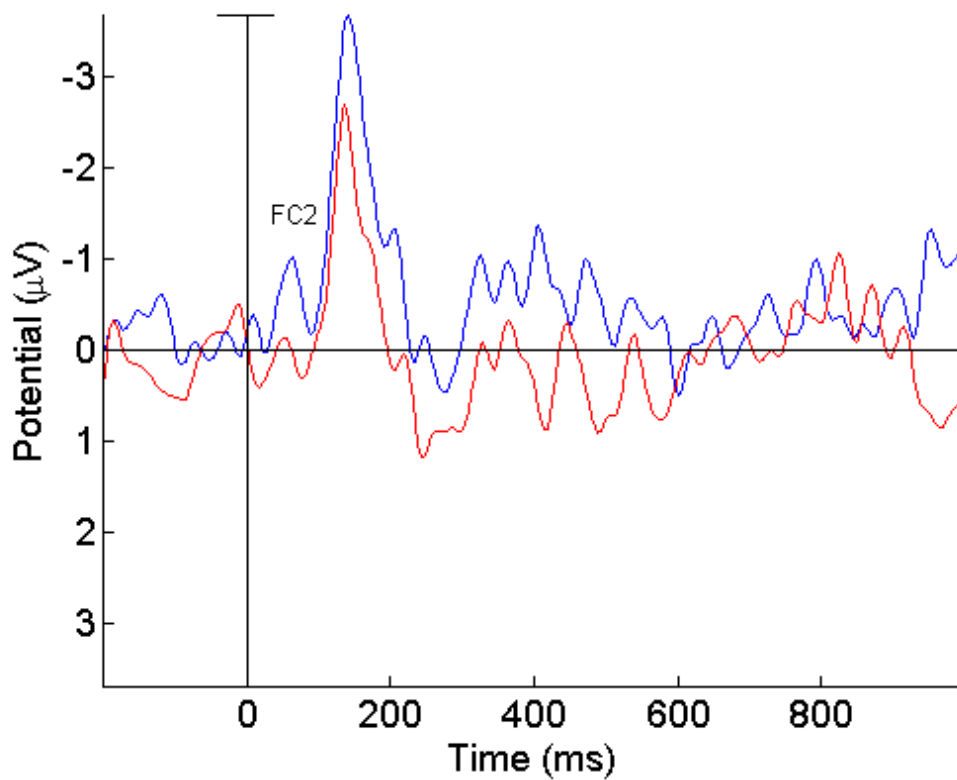


Σχήμα 4.27: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες s1, s2 για το ηλεκτρόδιο Fz.

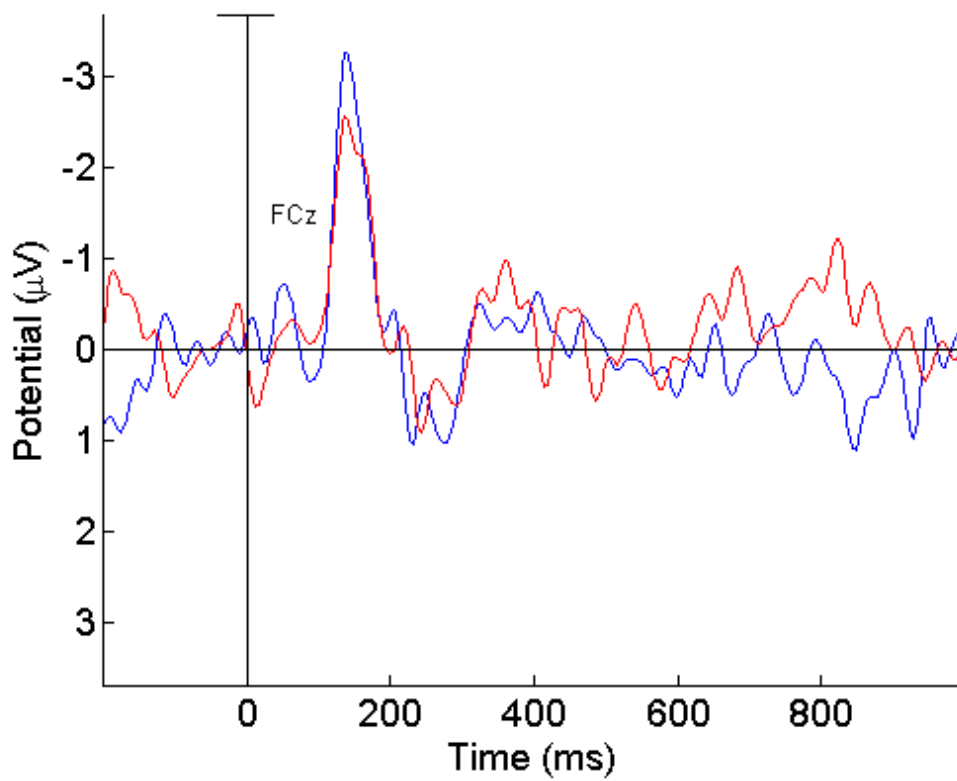




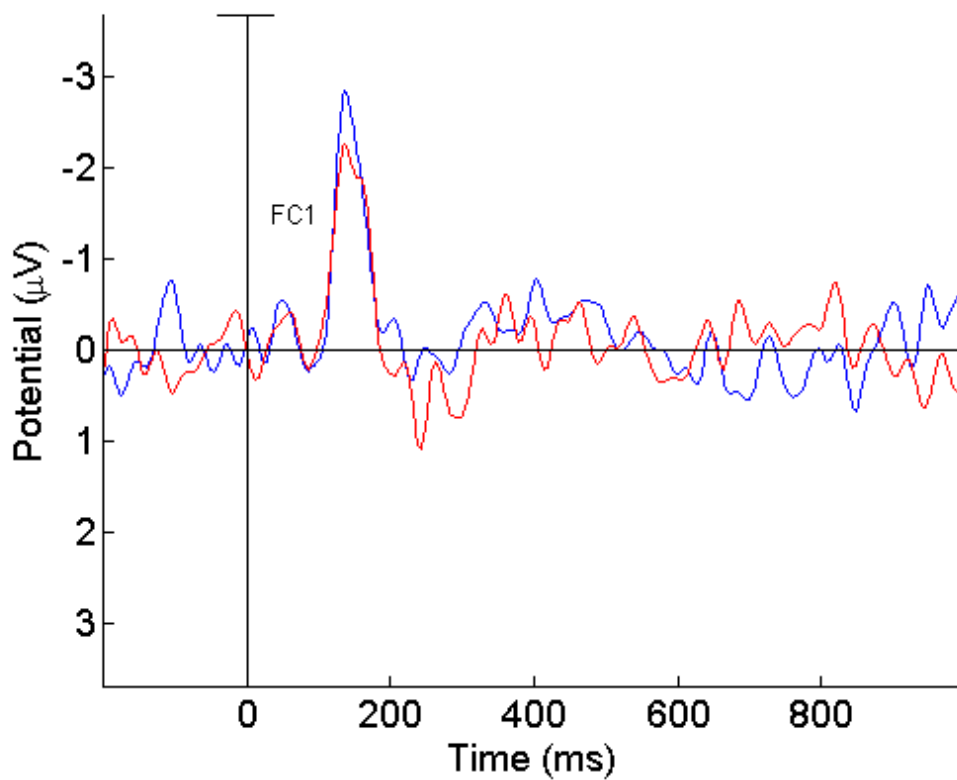
Σχήμα 4.28: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες s1, s2 για το ηλεκτρόδιο F1.



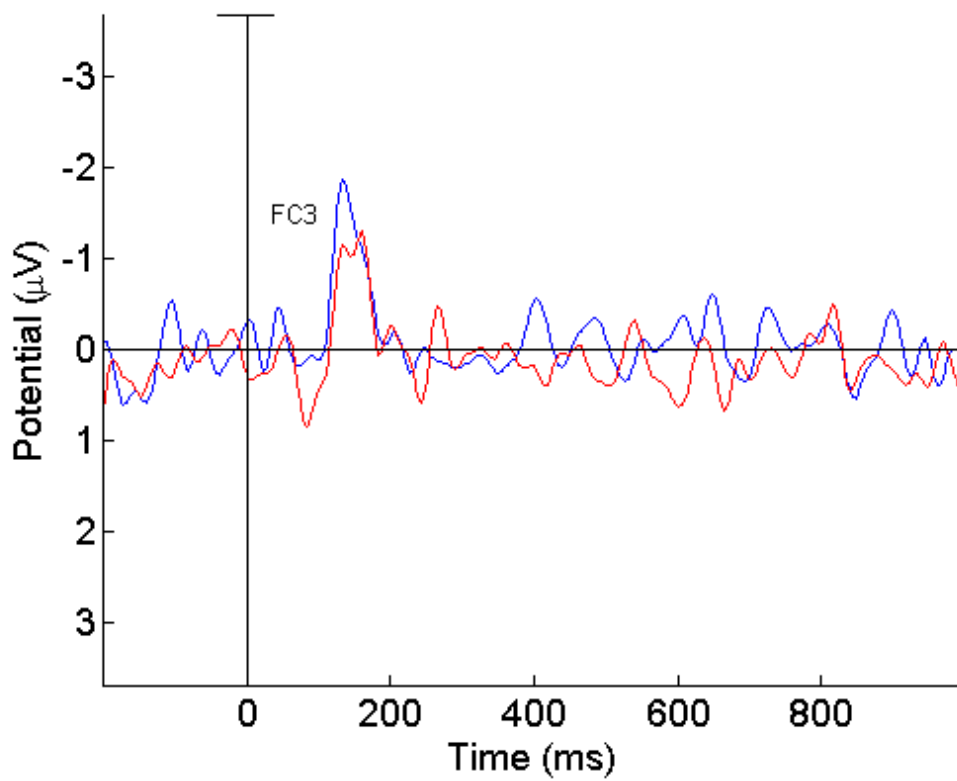
Σχήμα 4.29: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες s1, s2 για το ηλεκτρόδιο FC2.



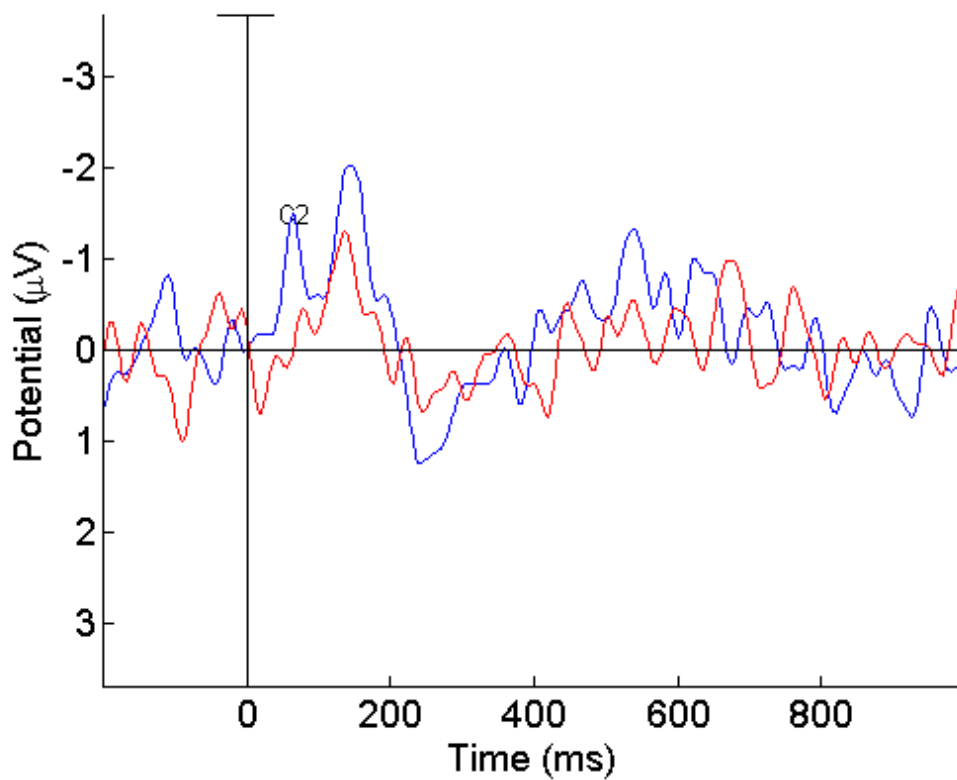
Σχήμα 4.30: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες s1, s2 για το ηλεκτρόδιο FCz.



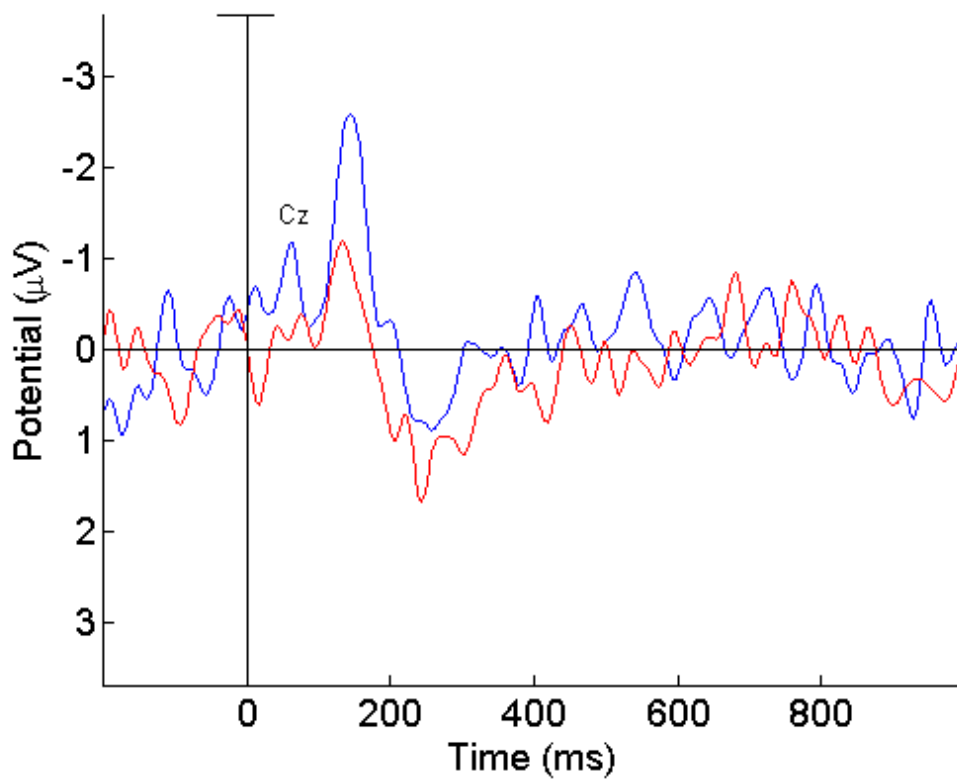
Σχήμα 4.31: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες s1, s2 για το ηλεκτρόδιο FC1.



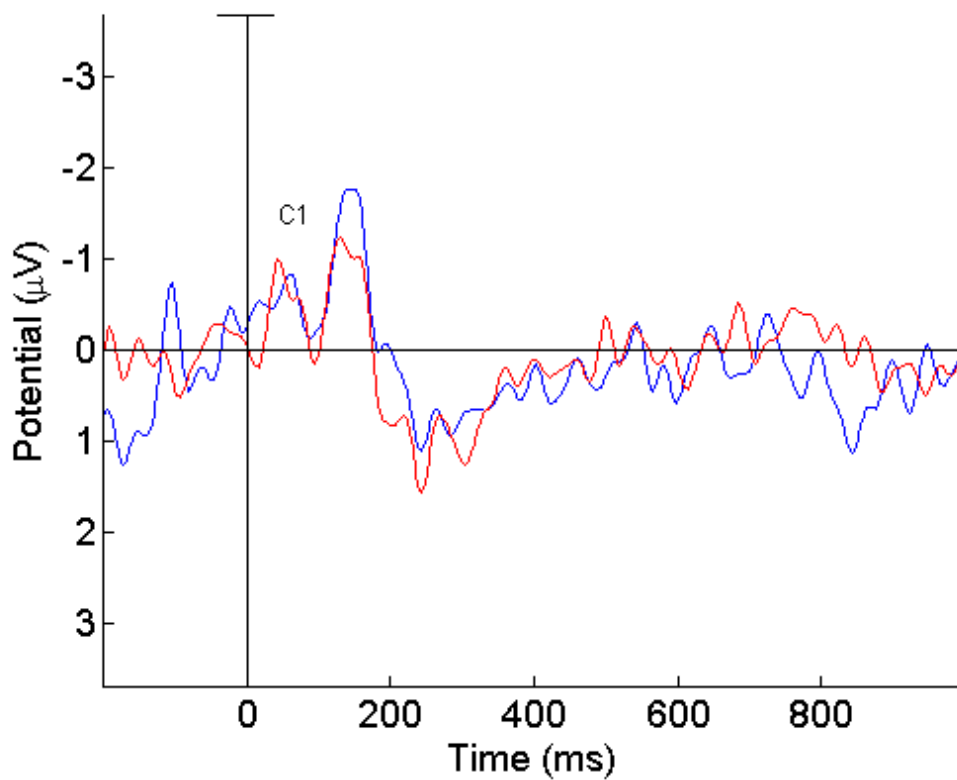
Σχήμα 4.32: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες s1, s2 για το ηλεκτρόδιο FC3.



Σχήμα 4.33: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες s1, s2 για το ηλεκτρόδιο C2.



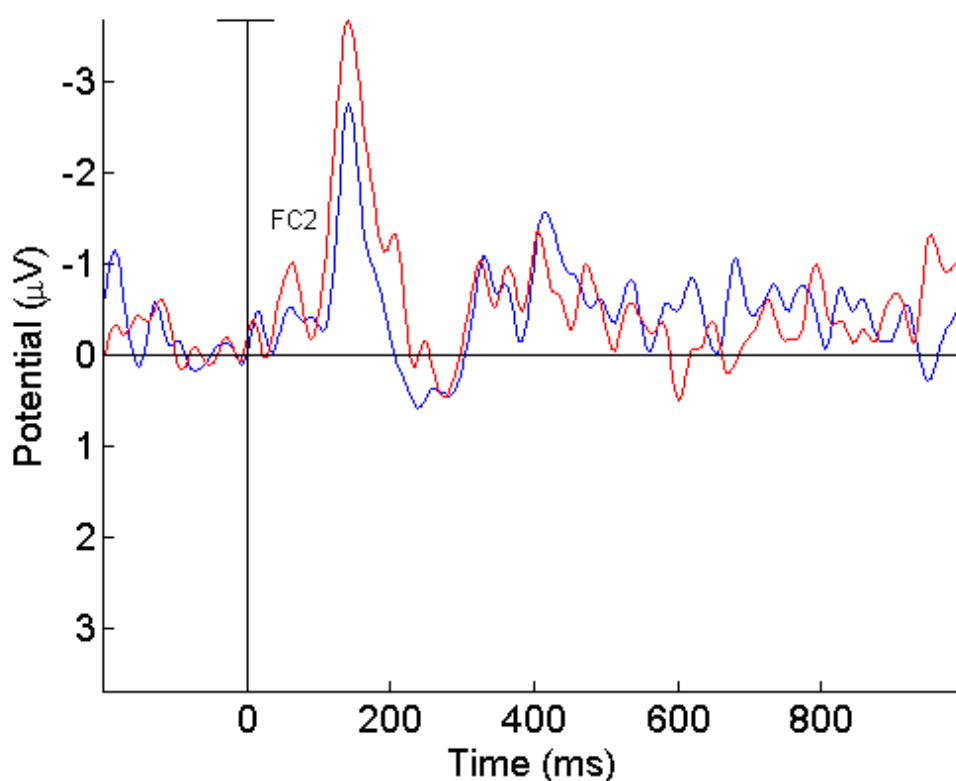
Σχήμα 4.34: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες s1, s2 για το ηλεκτρόδιο Cz.



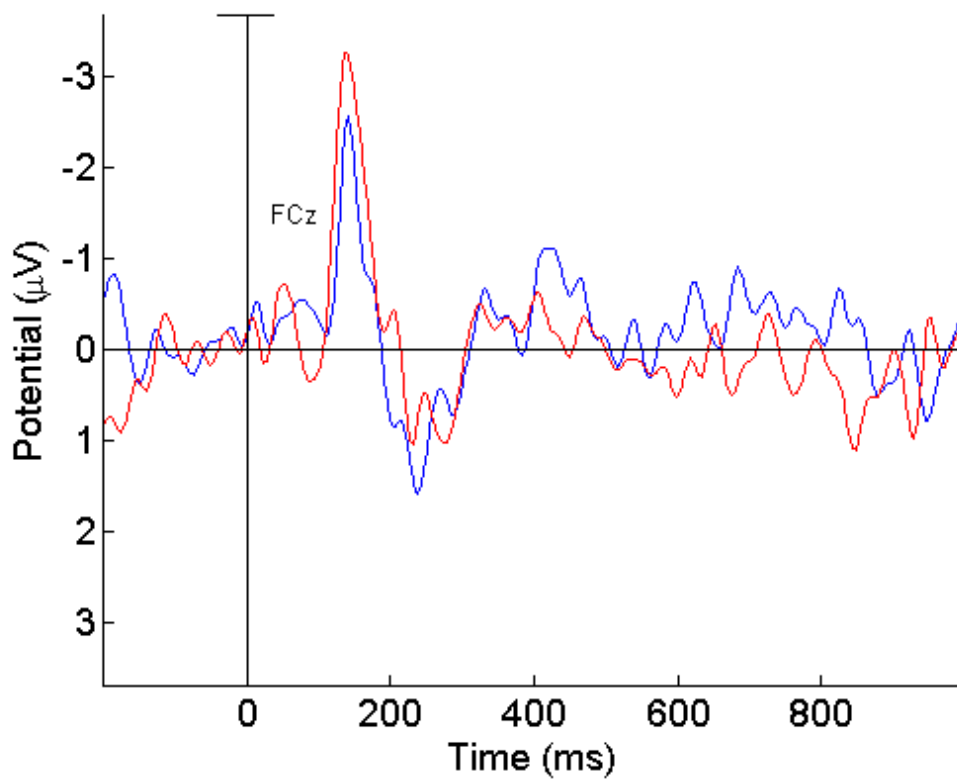
Σχήμα 4.35: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες s1, s2 για το ηλεκτρόδιο C1.

Από τα Σχήματα (4.26 – 4.35) παρατηρείται η ύπαρξη της κορύφωσης N100 σε όλα τα ηλεκτρόδια, η οποία είναι ίδια σε πλάτος και αρκετά έντονη και για τις δυο συνθήκες, με εξαίρεση στο ηλεκτρόδιο Cz, όπου είναι πιο έντονη για τη συνθήκη s1. Επίσης, εντοπίζεται η κορύφωση N400 στα ηλεκτρόδια Fz, F1 για τη συνθήκη s1. Τέλος, εντοπίζεται η κορύφωση P300 στο ηλεκτρόδιο C2 για τη συνθήκη s1 και στα ηλεκτρόδια Cz, C1 για τη συνθήκη s2.

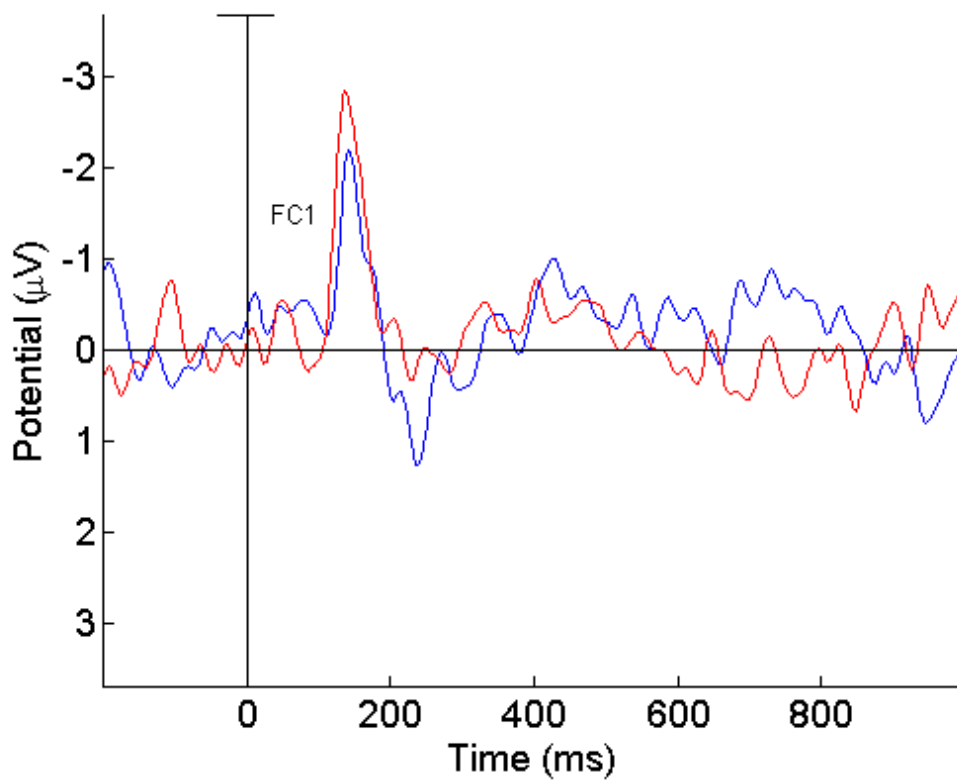
*5<sup>η</sup> Σύγκριση:* Σημαντικές διαφορές εντοπίζονται κυρίως στα ηλεκτρόδια FC2, FCz, FC1, Cz και C1. Παρακάτω απεικονίζονται τα προκλητά δυναμικά για τις δυο διαφορετικές συνθήκες (Σχήμα 4.36 – 4.40). Η συνθήκη d1, στην οποία τα χρονικά διαστήματα είναι ίσα και υπάρχει υποσυνείδητο ερέθισμα, απεικονίζεται με μπλε χρώμα, ενώ η s1, στην οποία τα χρονικά διαστήματα δεν είναι ίσα και υπάρχει υποσυνείδητο ερέθισμα, απεικονίζεται με κόκκινο χρώμα. Επίσης, εντοπίζονται και μικρότερες διαφορές στα πλευρικά ηλεκτρόδια TP7, TP8, οι οποίες φαίνονται στο παράρτημα (Σχήμα 12 – 13).



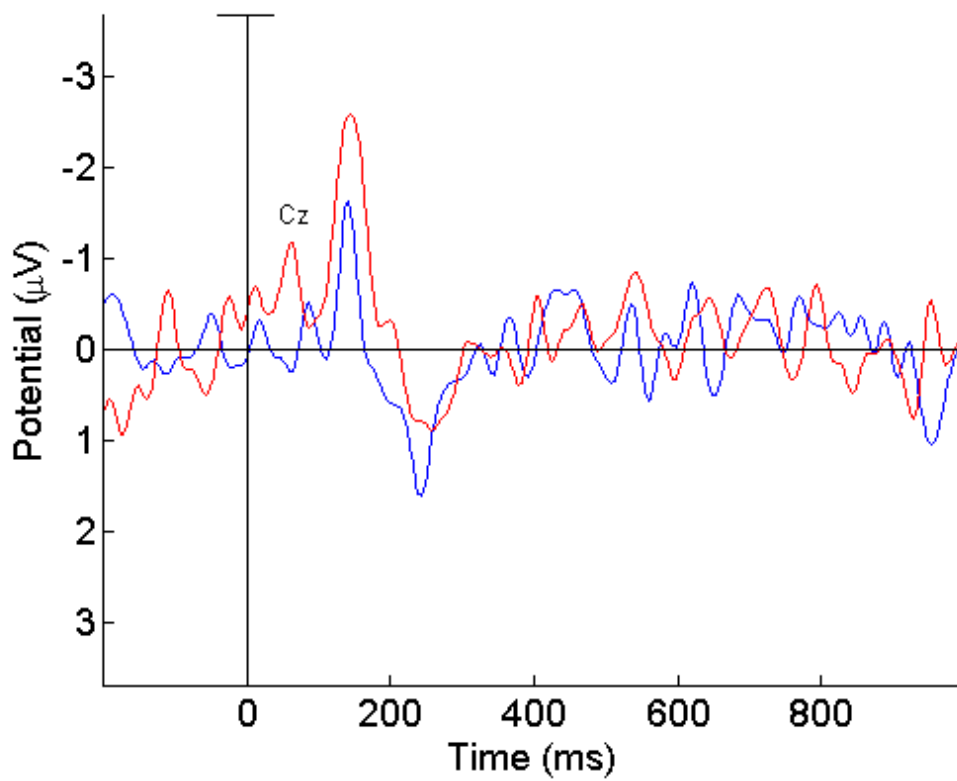
Σχήμα 4.36: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1, s1 για το ηλεκτρόδιο FC2.



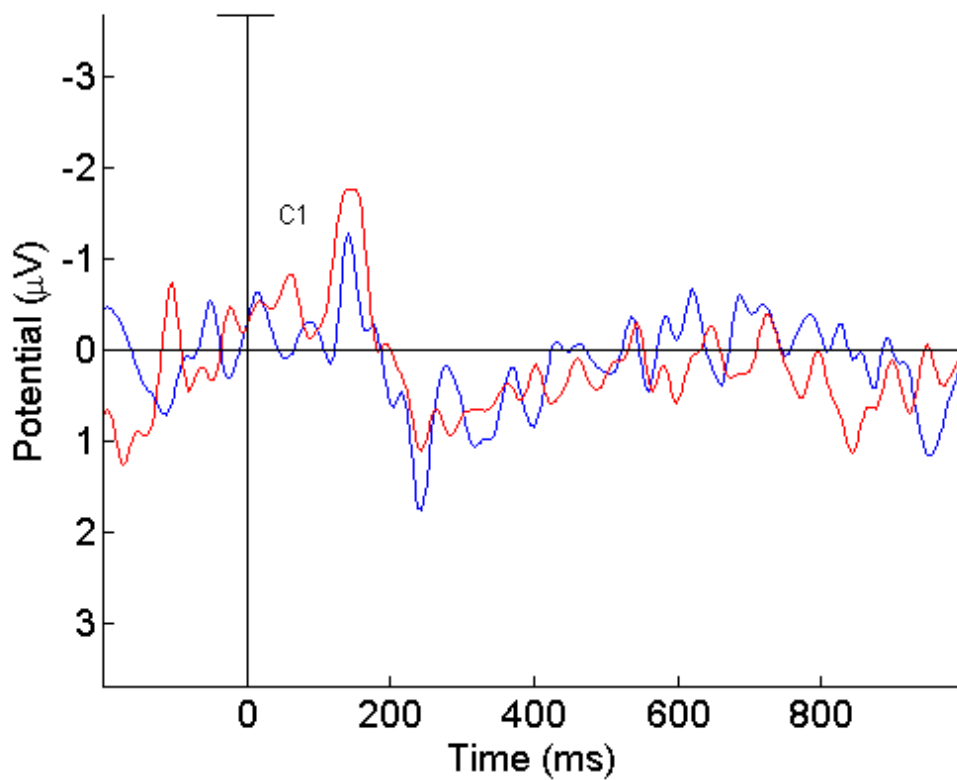
Σχήμα 4.37: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1, s1 για το ηλεκτρόδιο FCz.



Σχήμα 4.38: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1, s1 για το ηλεκτρόδιο FC1.



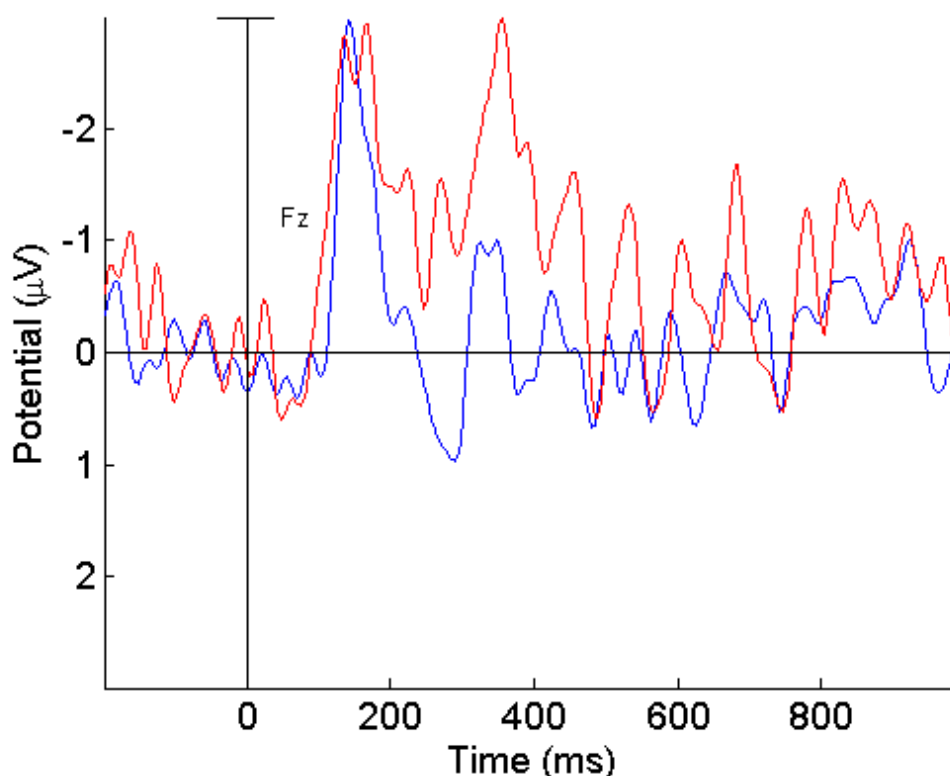
Σχήμα 4.39: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1, s1 για το ηλεκτρόδιο Cz.



Σχήμα 4.40: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1, s1 για το ηλεκτρόδιο C1.

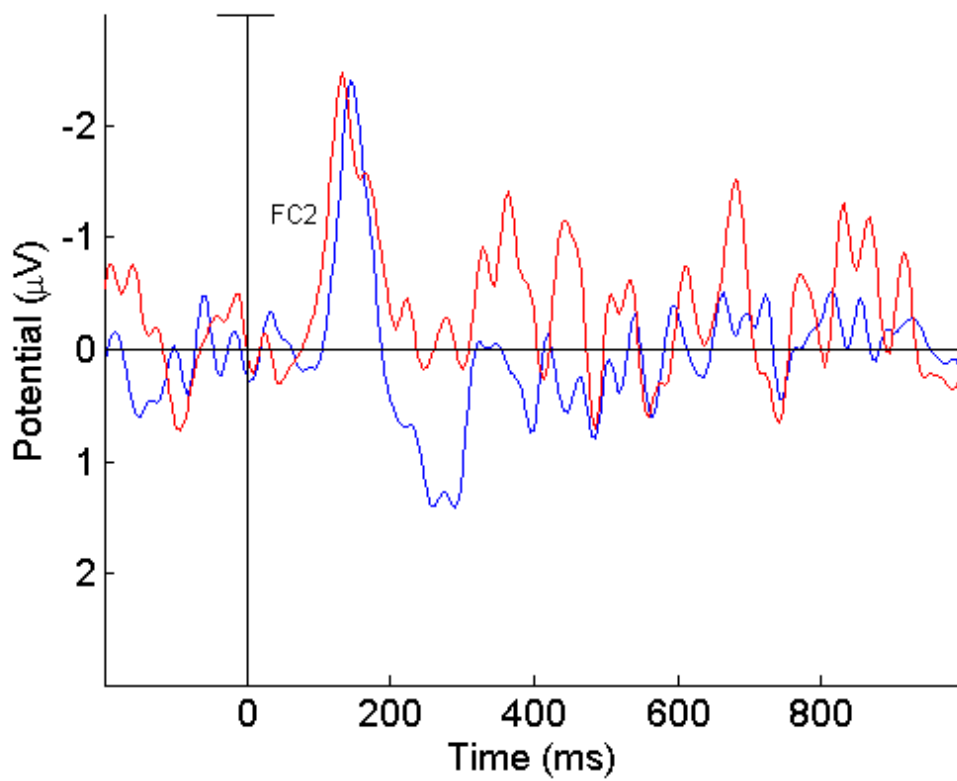
Από τα Σχήματα (4.36 – 4.40) παρατηρείται η ύπαρξη της κορύφωσης N100 σε όλα τα ηλεκτρόδια, η οποία είναι περίπου ίδια σε πλάτος (λίγο μεγαλύτερο για τη συνθήκη s1) και αρκετά έντονη και για τις δυο συνθήκες. Επίσης, εντοπίζεται η κορύφωση N400 στο ηλεκτρόδιο FC2 για τη συνθήκη d1. Τέλος, εντοπίζεται η κορύφωση P300 στα ηλεκτρόδια Cz, C1, FCz, FC1 για τη συνθήκη d1 και στα ηλεκτρόδια Cz, FCz για τη συνθήκη s1.

*6<sup>η</sup> Σύγκριση:* Σημαντικές διαφορές εντοπίζονται κυρίως στα ηλεκτρόδια Fz, FC2, FCz, FC1, C2, Cz και C1. Παρακάτω απεικονίζονται τα προκλητά δυναμικά για τις δυο διαφορετικές συνθήκες (Σχήμα 4.41 – 4.47). Η συνθήκη d2, στην οποία τα χρονικά διαστήματα είναι ίσα και δεν υπάρχει υποσυνείδητο ερέθισμα, απεικονίζεται με μπλε χρώμα, ενώ η d5, στην οποία το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι μικρότερο από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και δεν υπάρχει υποσυνείδητο ερέθισμα, απεικονίζεται με κόκκινο χρώμα.

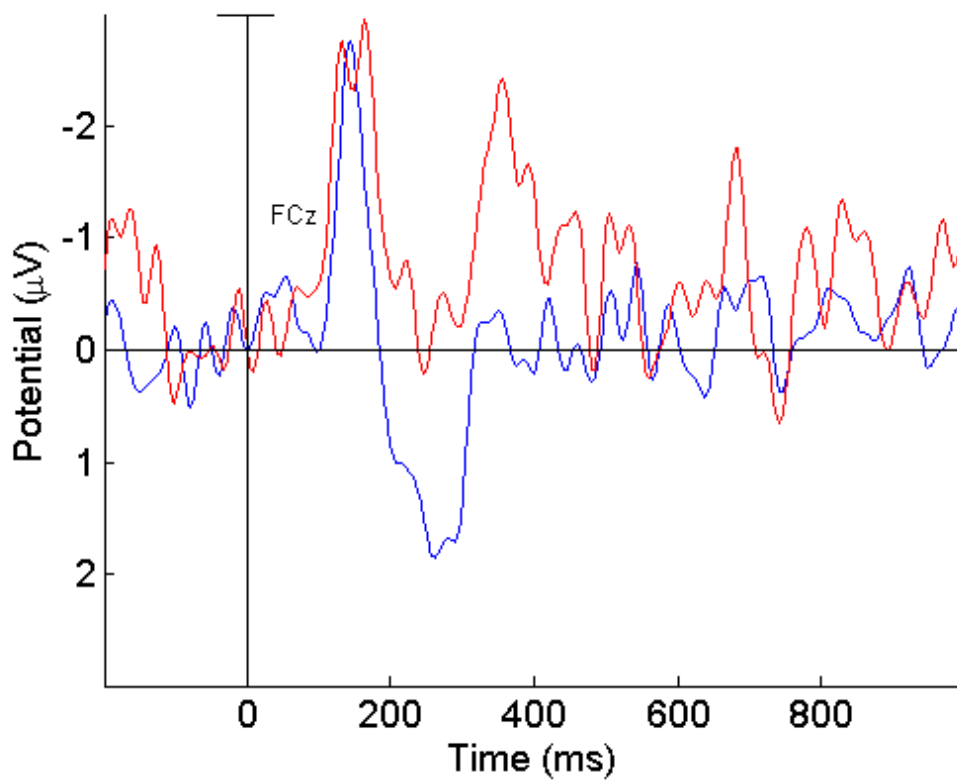


Σχήμα 4.41: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, d5 για το ηλεκτρόδιο Fz.

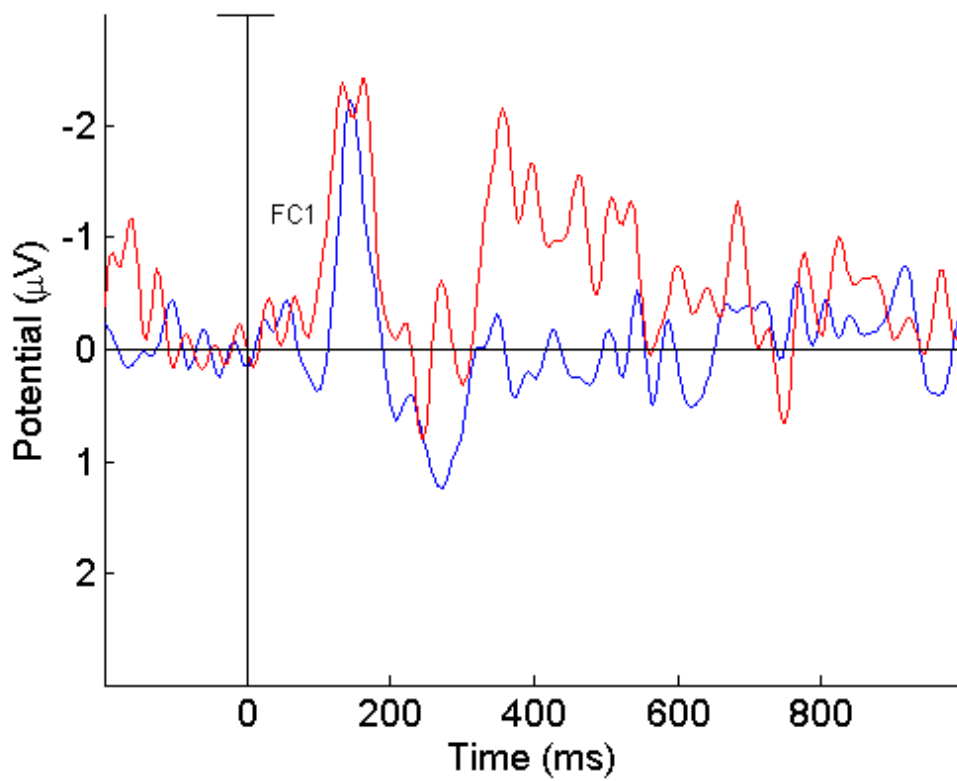




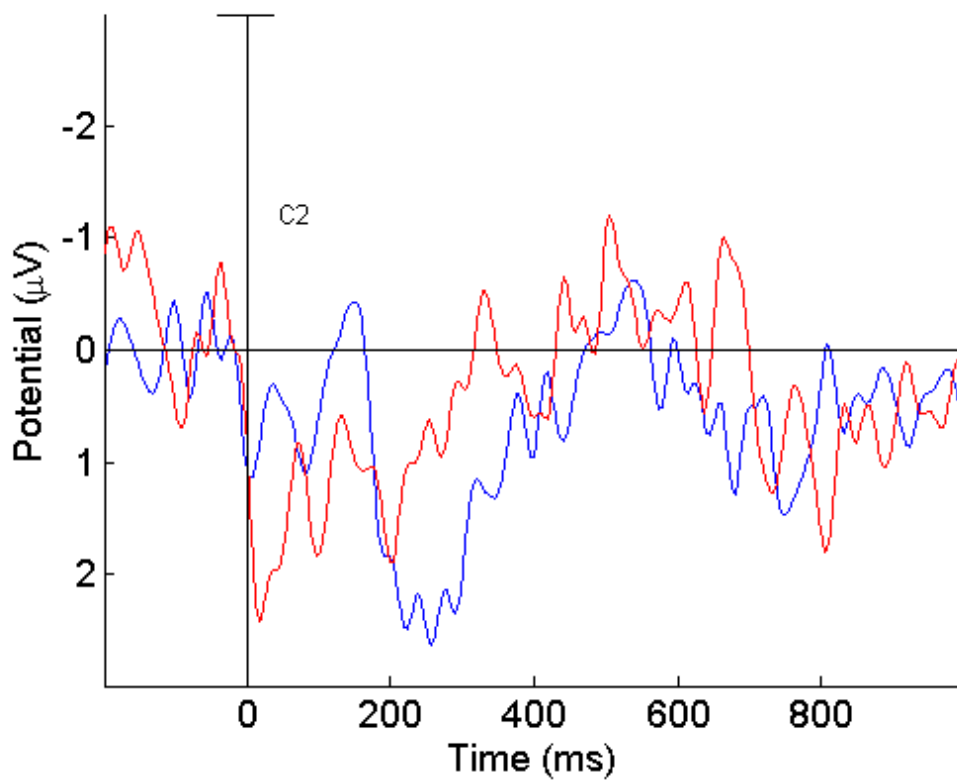
Σχήμα 4.42: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, d5 για το ηλεκτρόδιο FC2.



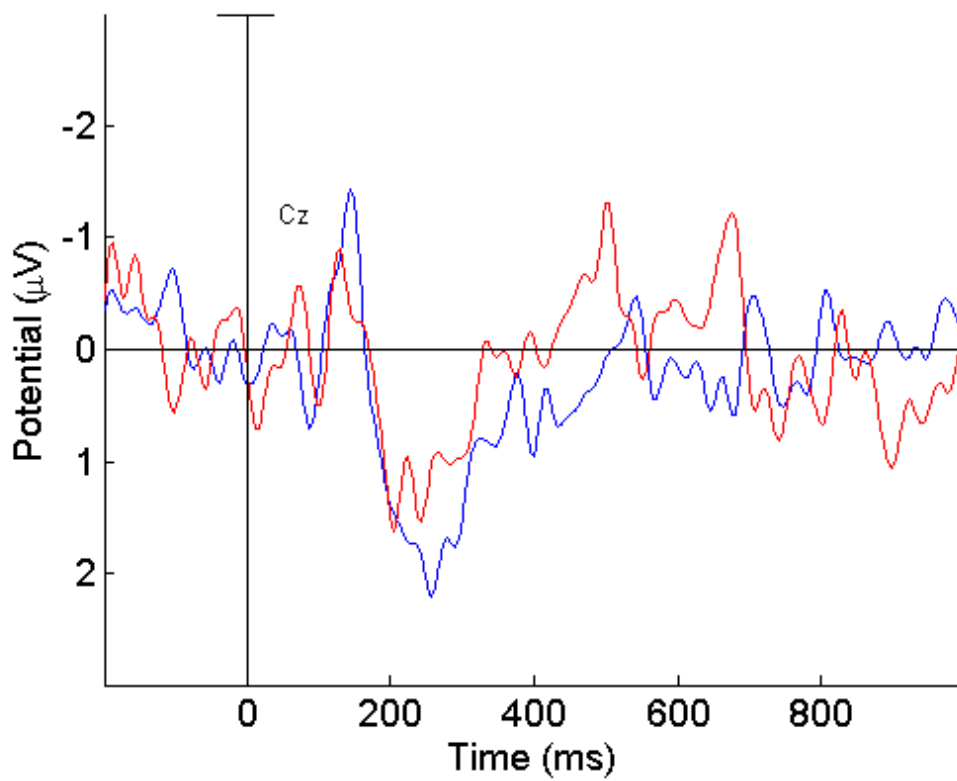
Σχήμα 4.43: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, d5 για το ηλεκτρόδιο FCz.



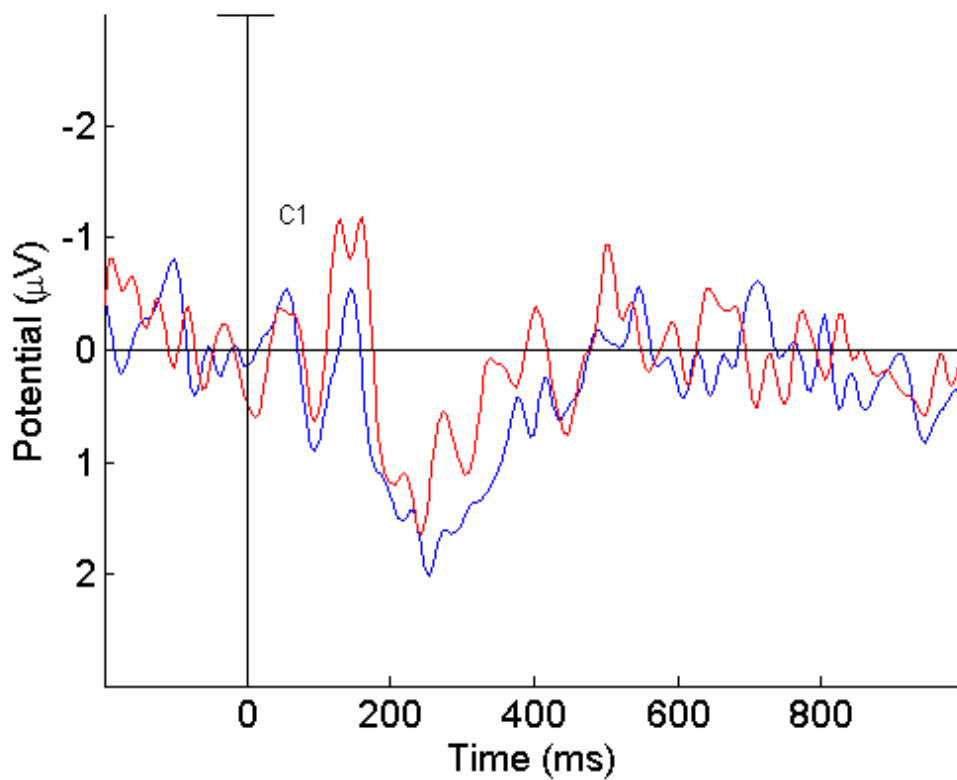
Σχήμα 4.44: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, d5 για το ηλεκτρόδιο FC1.



Σχήμα 4.45: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, d5 για το ηλεκτρόδιο C2.



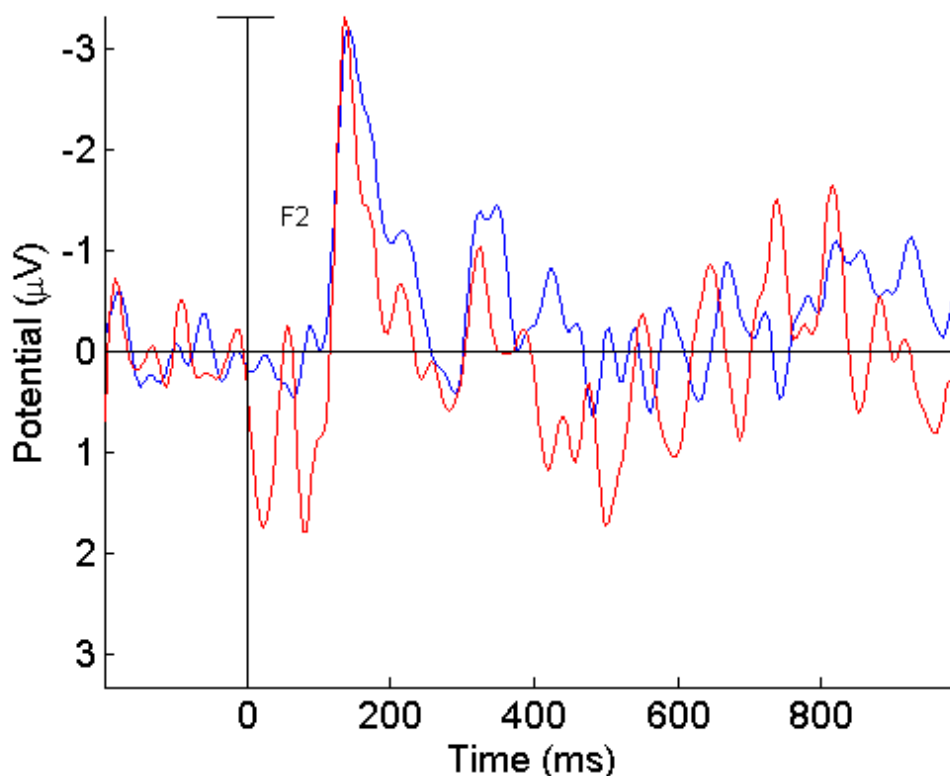
Σχήμα 4.46: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, d5 για το ηλεκτρόδιο Cz.



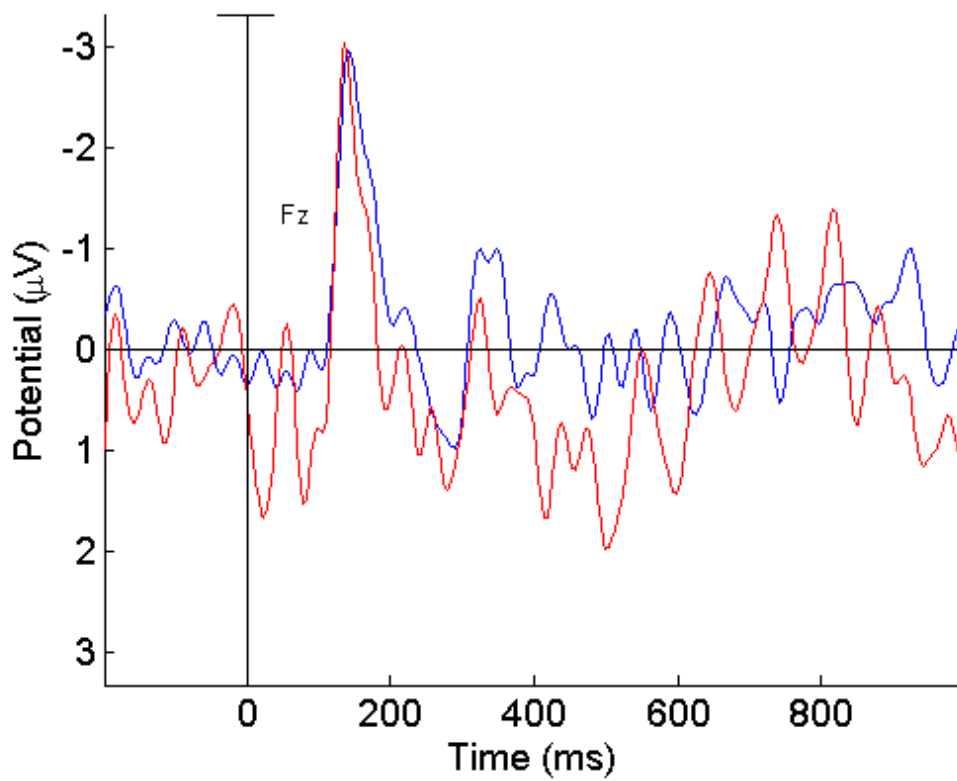
Σχήμα 4.47: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, d5 για το ηλεκτρόδιο C1.

Από τα Σχήματα (4.41 – 4.47) παρατηρείται η ύπαρξη της κορύφωσης N100, η οποία είναι περίπου ίδια σε πλάτος και αρκετά έντονη και για τις δυο συνθήκες στα ηλεκτρόδια Fz, FC2, FCz, FC1, ενώ στα ηλεκτρόδια C2, Cz, C1 μικραίνει πολύ σε πλάτος. Επίσης, εντοπίζεται η κορύφωση N400 για τη συνθήκη d5 στα ηλεκτρόδια Fz, FC2, FCz, FC1. Τέλος εντοπίζεται η κορύφωση P300 για τη συνθήκη d2 σε όλα τα ηλεκτρόδια, ενώ για τη συνθήκη d5 η P300 εντοπίζεται στα ηλεκτρόδια Cz, C1.

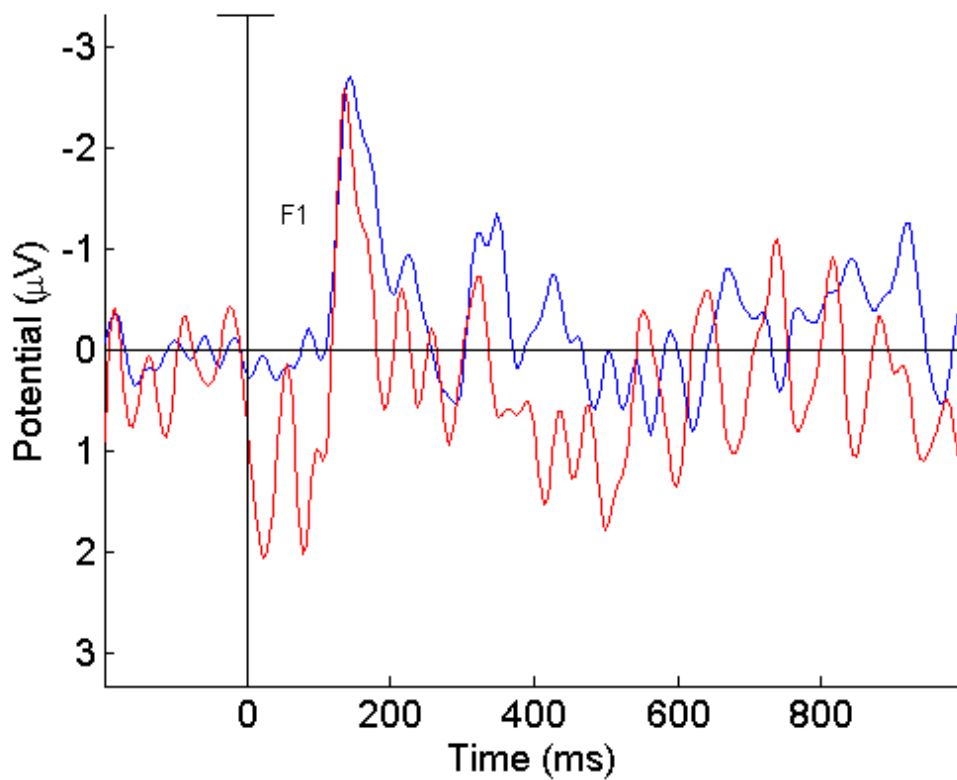
*7<sup>η</sup> Σύγκριση:* Σημαντικές διαφορές εντοπίζονται κυρίως στα ηλεκτρόδια F2, Fz, F1, FC2, FCz, FC1, C2, Cz και C1. Παρακάτω απεικονίζονται τα προκλητά δυναμικά για τις δυο διαφορετικές συνθήκες (Σχήμα 4.48 – 4.56). Η συνθήκη d2, στην οποία τα χρονικά διαστήματα είναι ίσα και δεν υπάρχει υποσυνείδητο ερέθισμα, απεικονίζεται με μπλε χρώμα, ενώ η d6, στην οποία το διάστημα μεταξύ των δυο δεύτερων τόνων είναι μεγαλύτερο από το διάστημα μεταξύ των δύο πρώτων και δεν υπάρχει υποσυνείδητο ερέθισμα, απεικονίζεται με κόκκινο χρώμα.



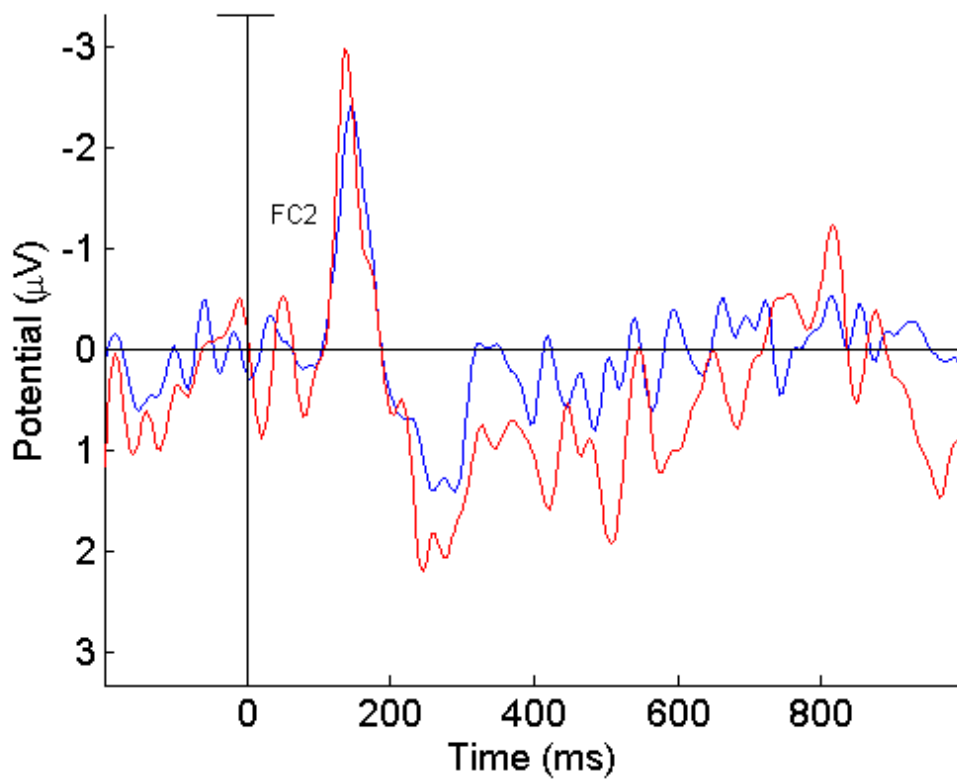
Σχήμα 4.48: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, d6 για το ηλεκτρόδιο F2.



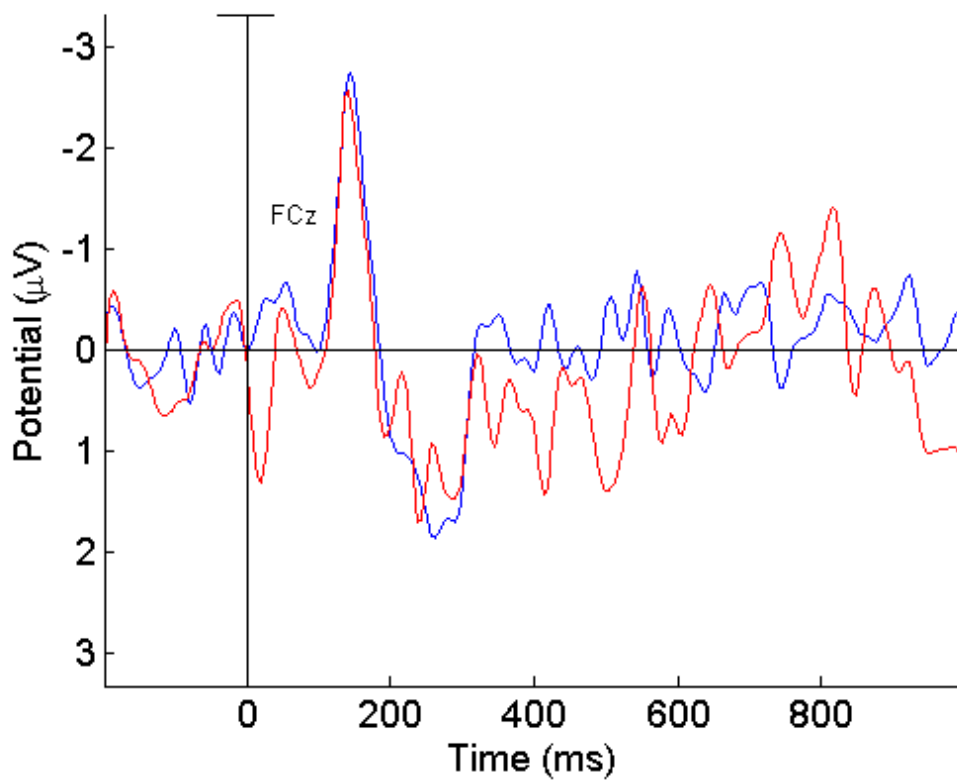
Σχήμα 4.49: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, d6 για το ηλεκτρόδιο Fz.



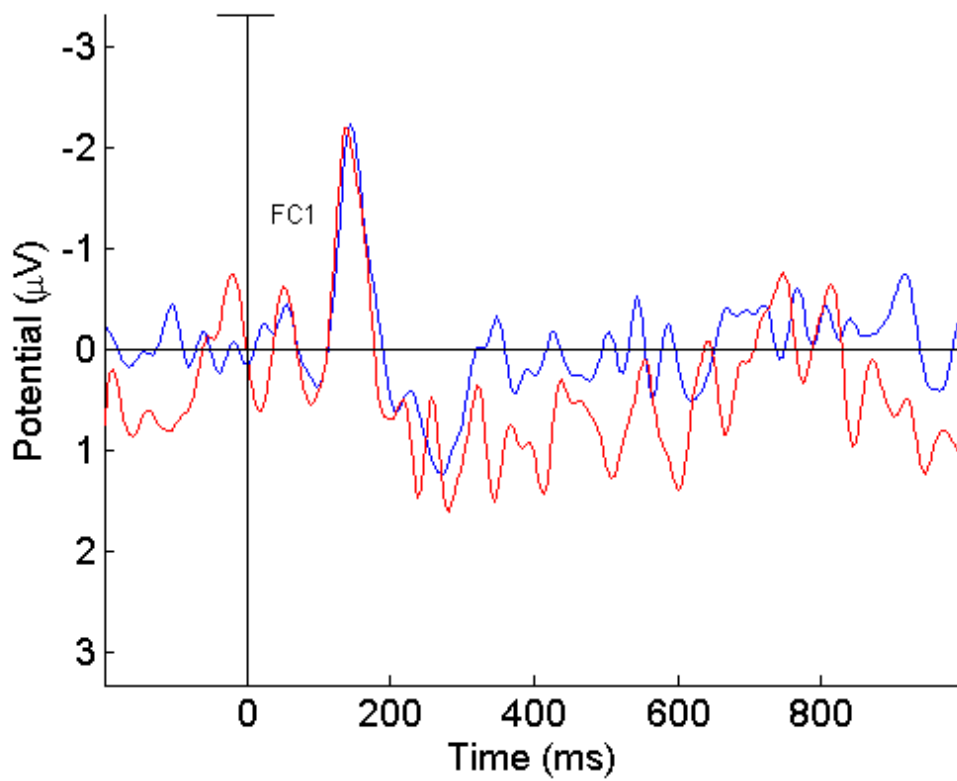
Σχήμα 4.50: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, d6 για το ηλεκτρόδιο F1.



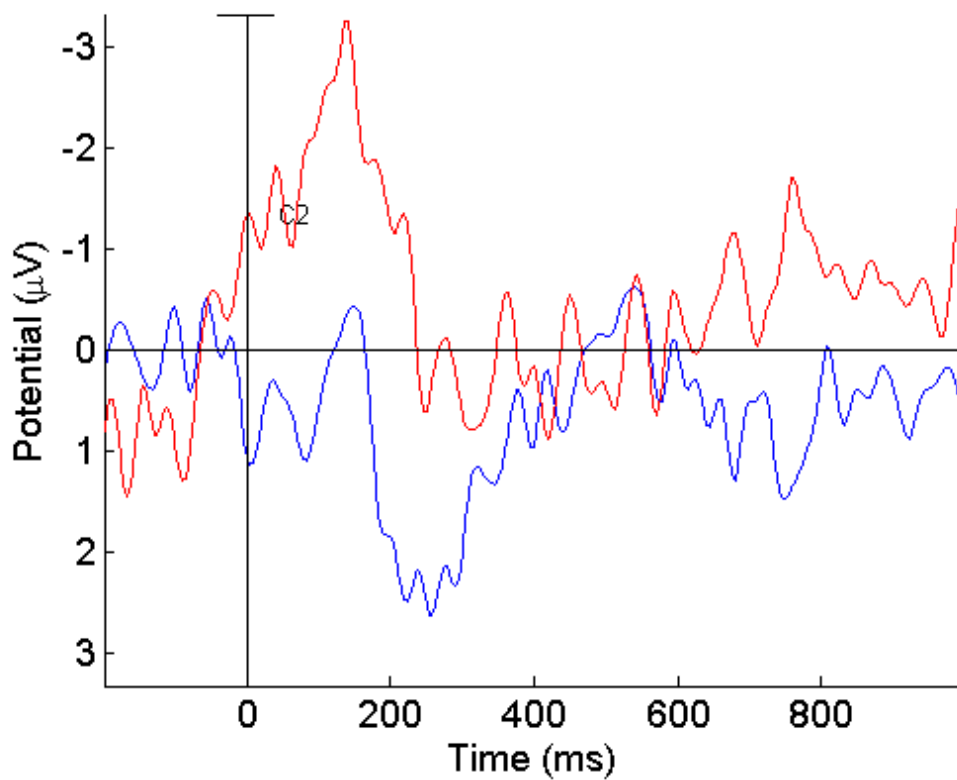
Σχήμα 4.51: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, d6 για το ηλεκτρόδιο FC2.



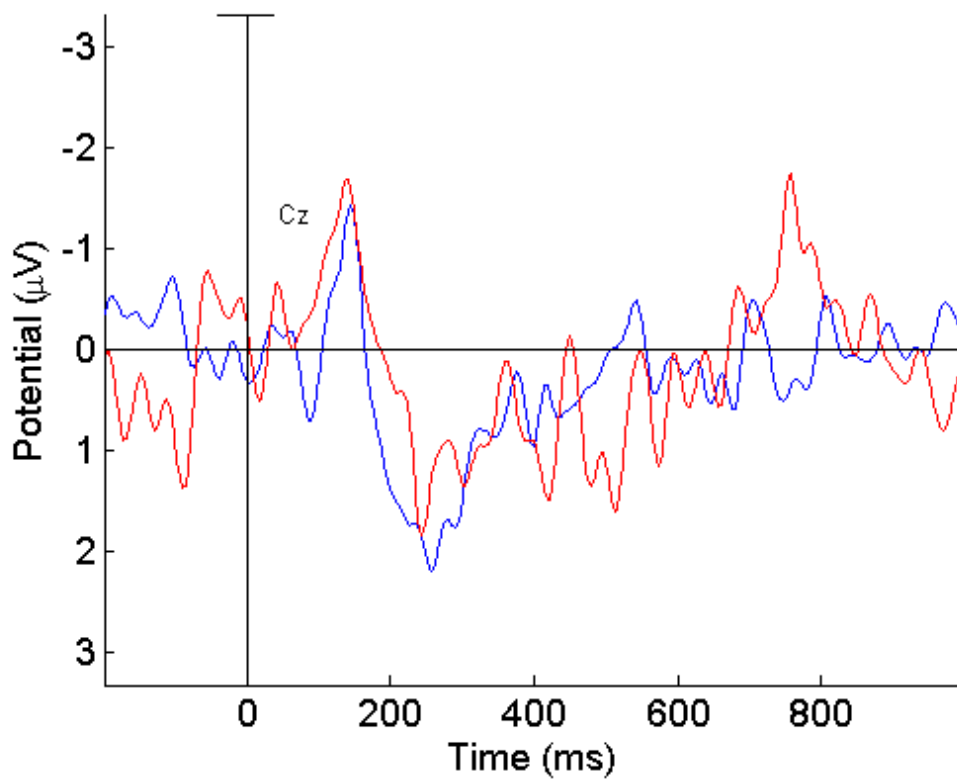
Σχήμα 4.52: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, d6 για το ηλεκτρόδιο FCz.



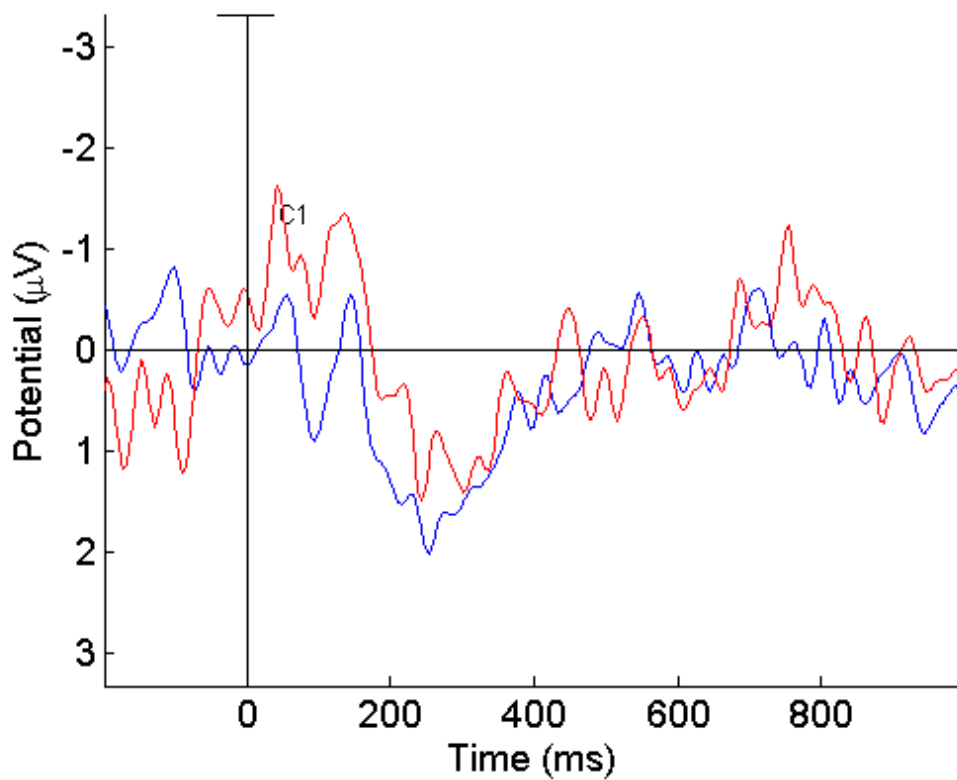
Σχήμα 4.53: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, d6 για το ηλεκτρόδιο FC1.



Σχήμα 4.54: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, d6 για το ηλεκτρόδιο C2.



Σχήμα 4.55: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, d6 για το ηλεκτρόδιο Cz.

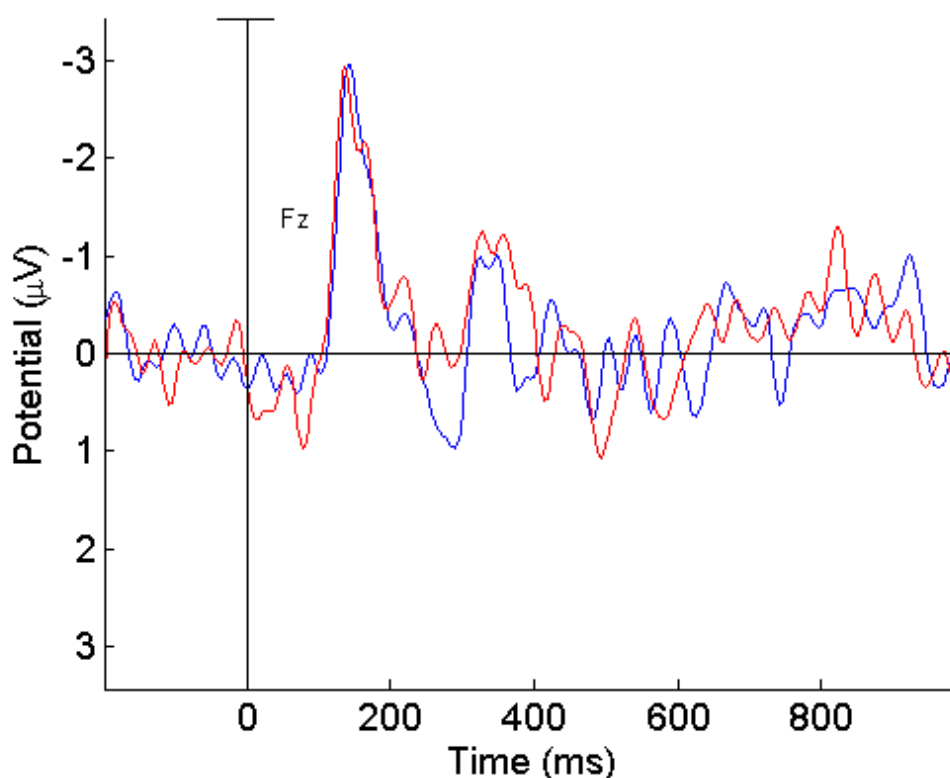


Σχήμα 4.56: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, d6 για το ηλεκτρόδιο C1.

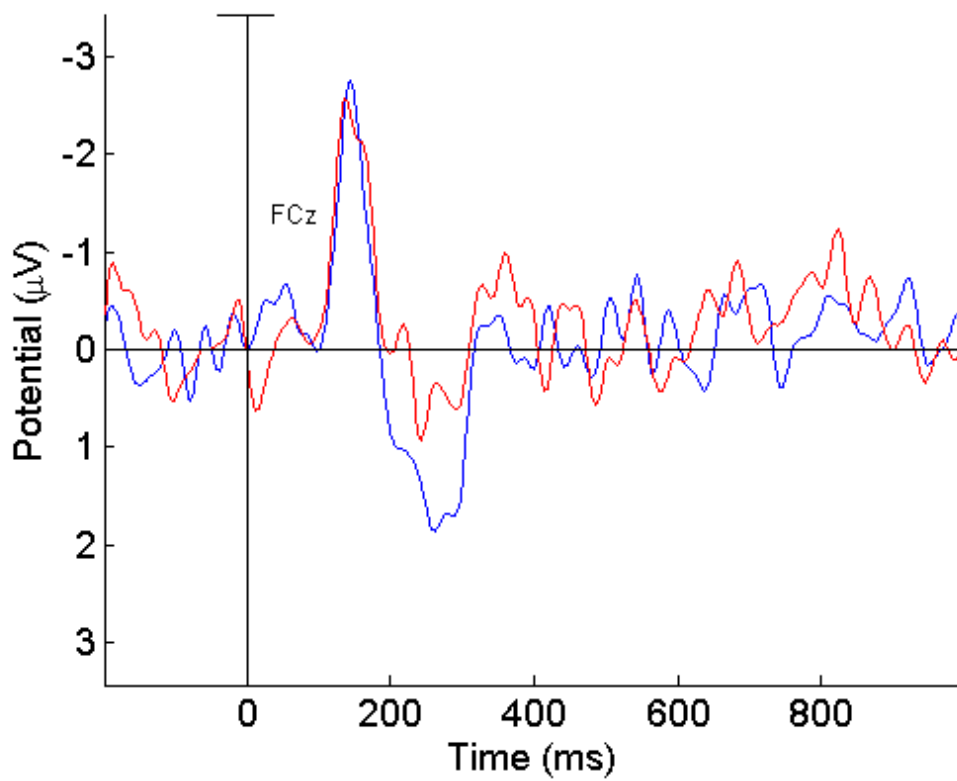


Από τα Σχήματα (4.48 – 4.56) παρατηρείται η ύπαρξη της κορύφωσης N100, η οποία είναι περίπου ίδια σε πλάτος και αρκετά έντονη και για τις δυο συνθήκες στα ηλεκτρόδια F2, Fz, F1, FC2, FCz, FC1, ενώ στα ηλεκτρόδια Cz, C1 μικραίνει πολύ σε πλάτος. Εντοπίζεται επίσης και η κορύφωση P50 στα ηλεκτρόδια F2, Fz, F1 για τη συνθήκη d6. Στα ίδια ηλεκτρόδια εντοπίζεται και η κορύφωση N400 για τη συνθήκη d2. Η κορύφωση P300 εντοπίζεται στα ηλεκτρόδια Fz, FC2, FCz, C1, Cz και για τις δύο συνθήκες με πολύ μικρές διαφορές στα πλάτη. Τέλος, ιδιαίτερη περίπτωση αποτελεί το ηλεκτρόδιο C2, στο οποίο εντοπίζεται πολύ έντονη κορύφωση N100 για τη συνθήκη d6 και P300 με πολλαπλές κορυφές για τη συνθήκη d2.

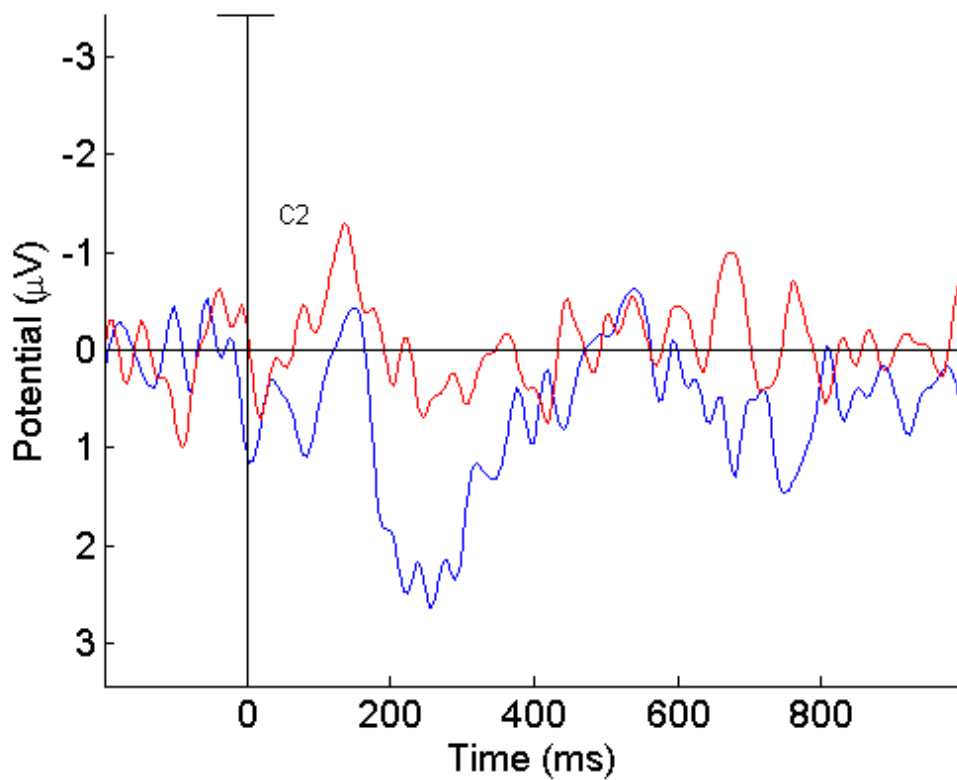
8<sup>η</sup> Σύγκριση: Σημαντικές διαφορές εντοπίζονται κυρίως στα ηλεκτρόδια Fz, FCz, C2, και Cz. Παρακάτω απεικονίζονται τα προκλητά δυναμικά για τις δυο διαφορετικές συνθήκες (Σχήμα 4.57 – 4.60). Η συνθήκη d2, στην οποία τα χρονικά διαστήματα είναι ίσα και δεν υπάρχει υποσυνείδητο ερέθισμα, απεικονίζεται με μπλε χρώμα, ενώ η s2, στην οποία τα χρονικά διαστήματα δεν είναι ίσα και δεν υπάρχει υποσυνείδητο ερέθισμα, απεικονίζεται με κόκκινο χρώμα. Επίσης, εντοπίζονται και μικρότερες διαφορές στα πλευρικά ηλεκτρόδια TP7, TP8, οι οποίες φαίνονται στο παράρτημα (Σχήμα 14 – 15).



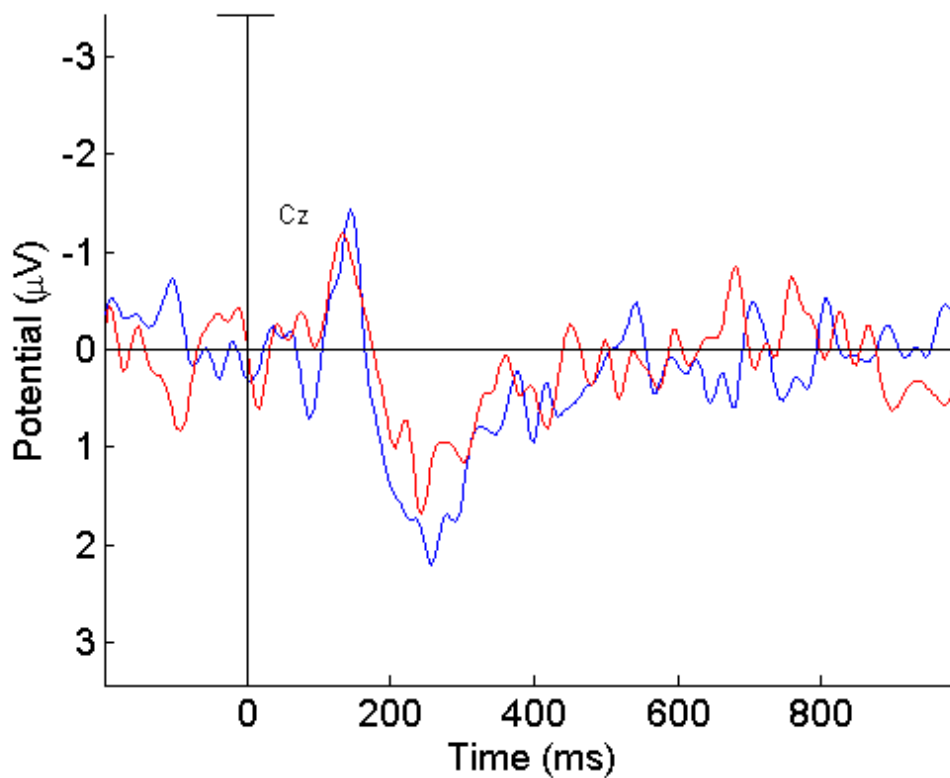
Σχήμα 4.57: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, s2 για το ηλεκτρόδιο Fz.



Σχήμα 4.58: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, s2 για το ηλεκτρόδιο FCz.



Σχήμα 4.59: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, s2 για το ηλεκτρόδιο C2.



Σχήμα 4.60: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d2, s2 για το ηλεκτρόδιο Cz.

Από τα Σχήματα (4.57 – 4.60) παρατηρείται η ύπαρξη της κορύφωσης N100, η οποία είναι περίπου ίδια σε πλάτος και αρκετά έντονη και για τις δυο συνθήκες στα ηλεκτρόδια Fz, FCz, ενώ στα ηλεκτρόδια Cz, C2 μικραίνει σε πλάτος. Επίσης, εντοπίζεται η κορύφωση P300 για τη συνθήκη d2 στα ηλεκτρόδια Fz, FCz, C2 (ιδιαίτερος έντονη με πολλαπλές κορυφές), Cz. Στο Cz εντοπίζεται επίσης η P300 και για τη συνθήκη s2.

## 4.2 Συμπεράσματα – Σχολιασμός Αποτελεσμάτων

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι να μελετηθούν τα εγκεφαλικά προκλητά δυναμικά για τις διάφορες συνθήκες του πειράματος και να εντοπιστούν οι πιθανές διαφορές στο πλάτος ή/και στην καθυστέρηση. Στα προκλητά δυναμικά που μετρήθηκαν κυριαρχούν 3 κορυφώσεις, η N100, η N400 και η P300.

Η κορύφωση N100 θεωρείται ο δείκτης επιλεκτικής προσοχής. Αναφέρεται στην αρνητική κορύφωση του μετρούμενου δυναμικού 90 ως 150msec μετά την παροχή του εκλυτικού ερεθίσματος και συνδέεται με τη λειτουργία της προσοχής και της επιλογής πληροφοριών. Επηρεάζεται και από εξωγενείς παράγοντες του ερεθισμού όπως ένταση, διάρκεια, συχνότητα και πιθανώς εκφράζει μια πολλαπλότητα συναφών μηχανισμών, αφού στη χρονική περιοχή του φαίνεται να συνυπάρχουν από 3 ως 6 ταυτοχρόνως ενεργά συστατικά. Με βάση τα παραπάνω ήταν αναμενόμενη η εμφάνιση της N100 σε όλες τις συνθήκες, η οποία και επιβεβαιώθηκε. Η κορύφωση N100 εντοπίζεται σε όλα τα κεντρικά ηλεκτρόδια, τόσο για τις συνθήκες που εμφανίζεται στον εξεταζόμενο υποσυνείδητο ερέθισμα, όσο και για αυτές που δεν εμφανίζεται. Ιδιαίτερα στα ηλεκτρόδια FC2 και Cz η N100 φαίνεται να είναι πιο έντονη στα προκλητά δυναμικά που προέρχονται από καταγραφές ΗΕΓ υπό συνθήκες που υπάρχει υποσυνείδητο ερέθισμα. Σύμφωνα με σύγχρονες ερευνητικές μελέτες στην υποσυνείδητη αντίληψη και τις επιδράσεις τις στον άνθρωπο τα υποσυνείδητα ερεθίσματα δε φαίνεται να έχουν ιδιαίτερη επίδραση στην κορύφωση N100 [1]. Γενικότερα τα εξωγενή συστατικά, όπως η κορύφωση N100 συνήθως παραμένουν σταθερά τόσο υπό συνθήκες συνειδητής αντίληψης, όσο και υπό συνθήκες απουσίας συνειδητής αντίληψης [6]. Ο εντοπισμός της N100 έχει αναφερθεί σε πολλές προγενέστερες μελέτες σχετικά με την υποσυνείδητη αντίληψη, όπου τα υποσυνείδητα ερεθίσματα ήταν λέξεις ή ζευγάρια λέξεων [7]. Τέλος σε πειράματα με υποσυνείδητα ερεθίσματα, όπου χρησιμοποιείται η τεχνική της «μάσκας», έχουν βρεθεί αντί για την κορύφωση N100, οι κορυφώσεις N170, N200, οι οποίες όμως έχουν την ίδια συμπεριφορά με τη N100 [8].

Η κορύφωση N400 αναγνωρίζεται ως ο δείκτης σημαντικότητας των πληροφοριών. Αναφέρεται στην αρνητική κορύφωση του μετρούμενου δυναμικού που παρατηρείται γύρω στα 400msec μετά το ερέθισμα και προσφέρεται στην εξέταση μηχανισμών που σχετίζονται με τη γλώσσα και το εννοιολογικό - συντακτικό της περιεχόμενο. Απεικονίζει την κινητοποίηση προγραμμάτων σχετιζόμενων με την σημαντικότητα επεξεργαζόμενων πληροφοριών. Η κορύφωση N400 μπορεί να δημιουργηθεί από οποιαδήποτε λέξη, σωστή εννοιολογικά και συντακτικά, ακούσει ή διαβάσει ο άνθρωπος. Με βάση τα παραπάνω ο εντοπισμός της N400 ήταν αναμενόμενος στα προκλητά δυναμικά που μετρήθηκαν για τις συνθήκες που υπήρχαν υποσυνείδητα ερεθίσματα. Η N400 εντοπίστηκε ιδιαίτερος έντονη κυρίως στα ηλεκτρόδια F2, Fz, F1 και FC2 στα προκλητά δυναμικά που προέρχονται από καταγραφές ΗΕΓ υπό συνθήκες που υπάρχει υποσυνείδητο ερέθισμα. Σύμφωνα με πρόσφατες πειραματικές έρευνες, όταν χρησιμοποιούνται λέξεις ως υποσυνείδητα ερεθίσματα με χρήση μάσκας είναι δυνατόν να προκαλέσουν τη διέγερση N400 κορύφωσης [2], [3], [8] και έχουν αναφερθεί ιδιαίτερα έντονες κορυφώσεις N400 στα ηλεκτρόδια Cz, FCz, FC2 και γειτονικά τους [9]. Στα ίδια περίπου ηλεκτρόδια (Cz, FC1, FC2) έχει εντοπιστεί η N400 σε πειράματα όπου υπάρχει επανάληψη του υποσυνείδητου ερεθίσματος και χρησιμοποιείται η τεχνική της μάσκας [10]. Σε πειράματα όπου τα ερεθίσματα υποκειμενικά δεν είχαν ληφθεί υπήρχαν επιδράσεις στη N400, σε αντίθεση με την P300 [6]. Τέλος, λέξεις οι οποίες δε σχετίζονται με τις υπόλοιπες λέξεις που τις περιβάλλουν διεγείρουν έντονες κορυφώσεις N400 [7].

Η κορύφωση P300 θεωρείται ο δείκτης κινητοποίησης προγραμμάτων δράσης σε επίπεδο κεντρικού νευρικού συστήματος. Αναφέρεται στη θετική κορύφωση του μετρούμενου δυναμικού από 220 ως 500msec μετά το ερέθισμα και αποτελείται από δύο υποσυστατικά: το P300α (P3α), που εκφράζει την εκούσια αντίδραση προσανατολισμού, και το P300β (P3β), το οποίο εμφανίζεται στο χρονικό διάστημα 300 ως 500msec και θεωρείται μέτρο των ελεγχόμενων, σκόπιμων διαδικασιών επεξεργασίας ερεθισμάτων. Έχει παρατηρηθεί ότι συνδέεται και με τη μνήμη. Σύμφωνα με τα παραπάνω ήταν αναμενόμενη η ύπαρξη της κορύφωσης P300 στα προκλητά δυναμικά όλων των συνθηκών, αφού υπήρχαν ακουστικά ερεθίσματα τα οποία έπρεπε να επεξεργαστεί ο εξεταζόμενος. Η P300 εντοπίζεται έντονη κυρίως στα ηλεκτρόδια FC2, FCz, FC1, C2, Cz, και C1 τόσο στα προκλητά δυναμικά των συνθηκών που εμφανίζεται στον εξεταζόμενο υποσυνείδητο ερέθισμα, όσο και σε αυτές που δεν εμφανίζεται. Παρ' όλο που τις περισσότερες φορές η P300 είναι πιο έντονη στα προκλητά δυναμικά των συνθηκών που δεν υπάρχει υποσυνείδητο ερέθισμα, η ύπαρξη της στα προκλητά δυναμικά των συνθηκών που υπάρχει υποσυνείδητο ερέθισμα είναι σημαντικά αισθητή. Γενικότερα έχει προκύψει από σύγχρονες ερευνητικές μελέτες στο πεδίο της υποσυνείδητης αντίληψης ότι η P300 μπορεί να διεγερθεί από την ύπαρξη υποσυνείδητου ερεθίσματος [6]. Συγκεκριμένα, έχει εντοπιστεί έντονη κορύφωση P300 στα ηλεκτρόδια Fz, Cz και Pz [4]. Επίσης, έχει προκύψει ότι το πλάτος των προκλητών δυναμικών περίπου στα 300 – 400 msec σε κεντρικά ηλεκτρόδια μπορεί να επηρεαστεί από υποσυνείδητα ερεθίσματα, καθώς επίσης μπορεί να αυξηθεί και στα δυο ημισφαίρια του εγκεφάλου [5]. Τέλος, έχει προκύψει ότι η κορύφωση P300 είναι σημαντικά εντονότερη για υποσυνείδητα ερεθίσματα, τα οποία παρουσιάζονται σπανιότερα, απ' ό τι για τα ερεθίσματα με μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης, στα ηλεκτρόδια Fz, Cz και Pz [11].

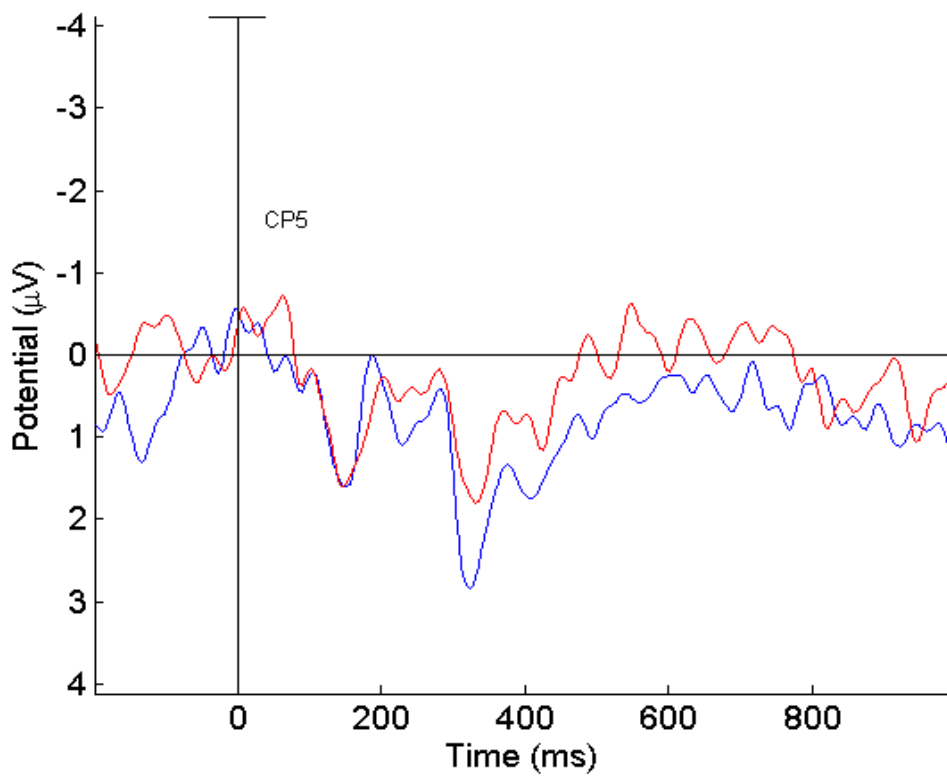
### 4.3 Βιβλιογραφία

- [1] Marzouki Y., Midgley K.J., Holcomb P.J., Grainger J., An ERP investigation of the modulation of subliminal priming by exogenous cues, *Brain Res.*, 1231: 86 – 92, 2008.
- [2] Kiefer M., The N400 is modulated by unconsciously perceived masked words: further evidence for an automatic spreading activation account of N400 priming effects, *Brain Res.*, 13(1): 27 – 39. 2002.
- [3] Kiefer M., Brendel D., Attentional modulation of unconscious „automatic“ processes: evidence from event – related potential in a masked priming paradigm, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(2): 184 – 198, 2006.
- [4] Bernat E., Shevrin H., Snodgrass M., Subliminal visual oddball stimuli evoke a P300 component, *Clinical Neurophysiology*, 112, 159 – 171, 2001.
- [5] Kostandov E.A., Arzumanov Yu.L., The influence of subliminal emotional words on functional hemispheric asymmetry, *International Journal of Psychophysiology*, Vol. 4(2): 143 – 147, 1986.
- [6] Kotchoubey B., Event – related potential measures of consciousness: two equations with three unknowns, *Progress in Brain Research*, Vol. 150, 427–444, 2005.
- [7] Holcomb P.J., Semantic priming and stimulus degradation: implications for the role of the N400 in language processing, *Psychophysiology* 30(1), 47-61, 1993.
- [8] Pegna A.J., Landis T., Khateb A., Electrophysiological evidence for early non – conscious processing of fearful facial expressions, *International Journal of Psychophysiology*, 70, 127 – 136, 2008.
- [9] Hill H., Ott F. Weisbrod M., SOA-dependent N400 and P300 semantic priming effects using pseudowords primes and delayed lexical decision, *International Journal of Psychophysiology*, 56, 209 – 221, 2005.
- [10] Holcomb P.J., Reder L., Misra M., Grainger J., The effects of prime visibility on ERP measures of masked priming, *Cognitive Brain Research*, 24, 155 – 172, 2005.
- [11] Shevrin H., Event – related markers of unconscious processes, *International Journal of Psychophysiology*, 42, 209 – 218, 2001.

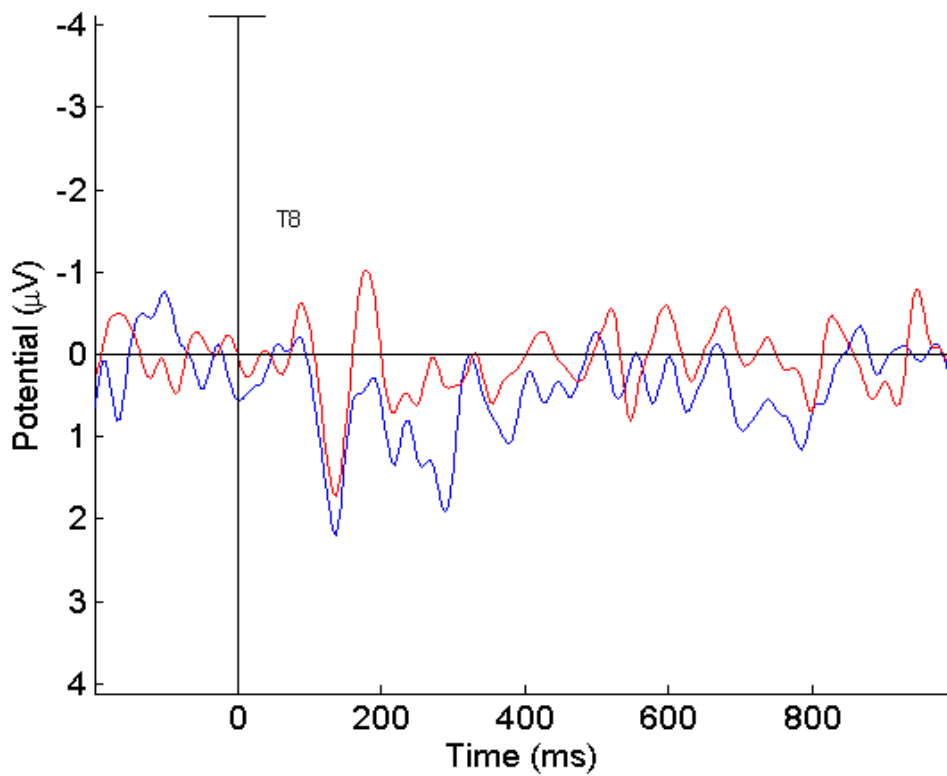
## Παράρτημα

|        |        |        |         |         |         |         |         |
|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. d1  | 31. d4 | 61. d6 | 91. d1  | 121. d1 | 151. d5 | 181. d5 | 211. d2 |
| 2. d3  | 32. d3 | 62. d5 | 92. d3  | 122. d4 | 152. d2 | 182. d1 | 212. d5 |
| 3. d2  | 33. d2 | 63. d1 | 93. d2  | 123. d2 | 153. d1 | 183. d2 | 213. d1 |
| 4. d5  | 34. d1 | 64. d4 | 94. d1  | 124. d1 | 154. d6 | 184. d4 | 214. d2 |
| 5. d1  | 35. d5 | 65. d2 | 95. d2  | 125. d6 | 155. d2 | 185. d2 | 215. d6 |
| 6. d3  | 36. d4 | 66. d3 | 96. d6  | 126. d4 | 156. d1 | 186. d1 | 216. d3 |
| 7. d2  | 37. d6 | 67. d1 | 97. d2  | 127. d1 | 157. d5 | 187. d3 | 217. d3 |
| 8. d5  | 38. d1 | 68. d2 | 98. d1  | 128. d2 | 158. d1 | 188. d2 | 218. d1 |
| 9. d4  | 39. d3 | 69. d3 | 99. d4  | 129. d4 | 159. d2 | 189. d4 | 219. d2 |
| 10. d2 | 40. d5 | 70. d4 | 100. d5 | 130. d1 | 160. d3 | 190. d3 | 220. d6 |
| 11. d3 | 41. d4 | 71. d1 | 101. d2 | 131. d2 | 161. d1 | 191. d1 | 221. d5 |
| 12. d6 | 42. d6 | 72. d2 | 102. d1 | 132. d5 | 162. d5 | 192. d2 | 222. d1 |
| 13. d2 | 43. d1 | 73. d1 | 103. d4 | 133. d6 | 163. d4 | 193. d6 | 223. d2 |
| 14. d5 | 44. d5 | 74. d2 | 104. d2 | 134. d1 | 164. d1 | 194. d2 | 224. d3 |
| 15. d1 | 45. d3 | 75. d4 | 105. d1 | 135. d5 | 165. d4 | 195. d1 | 225. d5 |
| 16. d2 | 46. d5 | 76. d2 | 106. d3 | 136. d2 | 166. d2 | 196. d4 | 226. d2 |
| 17. d3 | 47. d1 | 77. d1 | 107. d4 | 137. d1 | 167. d3 | 197. d3 | 227. d1 |
| 18. d4 | 48. d2 | 78. d2 | 108. d2 | 138. d3 | 168. d5 | 198. d2 | 228. d5 |
| 19. d2 | 49. d1 | 79. d5 | 109. d6 | 139. d6 | 169. d2 | 199. d5 | 229. d6 |
| 20. d5 | 50. d6 | 80. d1 | 110. d4 | 140. d1 | 170. d4 | 200. d1 | 230. d2 |
| 21. d1 | 51. d2 | 81. d6 | 111. d1 | 141. d2 | 171. d3 | 201. d3 | 231. d3 |
| 22. d3 | 52. d6 | 82. d2 | 112. d3 | 142. d4 | 172. d1 | 202. d6 | 232. d1 |
| 23. d2 | 53. d1 | 83. d5 | 113. d2 | 143. d1 | 173. d6 | 203. d2 | 233. d2 |
| 24. d4 | 54. d2 | 84. d1 | 114. d5 | 144. d2 | 174. d2 | 204. d6 | 234. d5 |
| 25. d3 | 55. d6 | 85. d4 | 115. d1 | 145. d1 | 175. d6 | 205. d1 | 235. d6 |
| 26. d2 | 56. d4 | 86. d1 | 116. d2 | 146. d6 | 176. d4 | 206. d6 | 236. d2 |
| 27. d5 | 57. d2 | 87. d3 | 117. d6 | 147. d2 | 177. d5 | 207. d3 | 237. d1 |
| 28. d3 | 58. d3 | 88. d6 | 118. d5 | 148. d1 | 178. d1 | 208. d2 | 238. d3 |
| 29. d2 | 59. d7 | 89. d2 | 119. d1 | 149. d4 | 179. d6 | 209. d1 | 239. d5 |
| 30. d1 | 60. d1 | 90. d6 | 120. d4 | 150. d1 | 180. d4 | 210. d4 | 240. d2 |

Πίνακας Π1: Η σειρά με την οποία εξετάστηκαν οι συνθήκες.

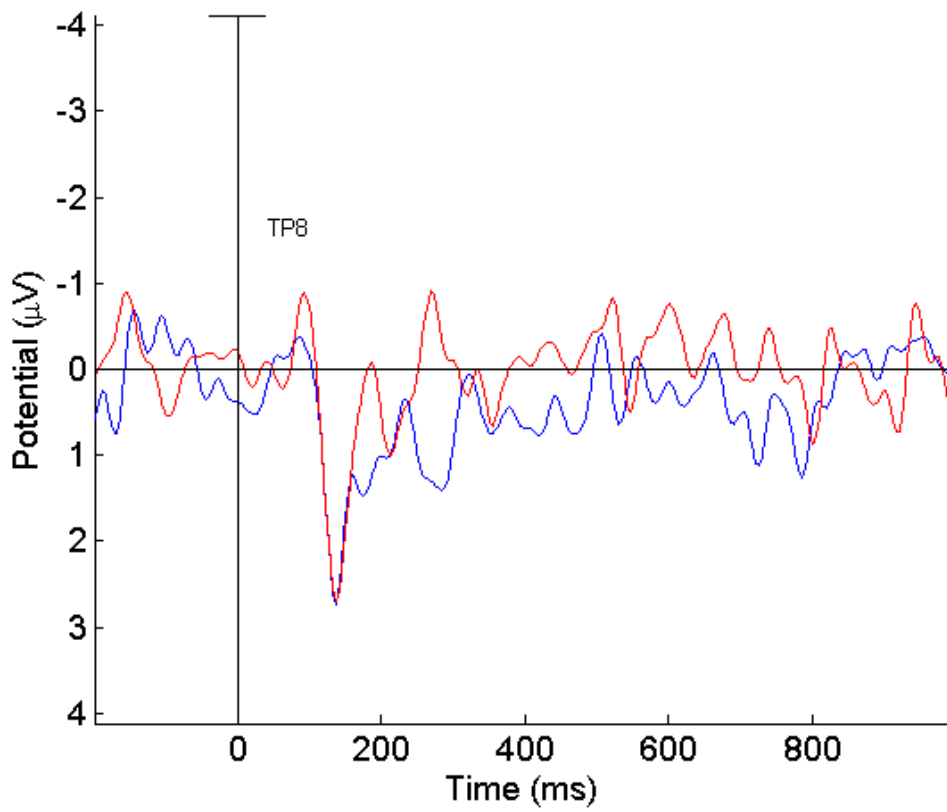


Σχήμα Π1: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1,d2 για το ηλεκτρόδιο CP5.

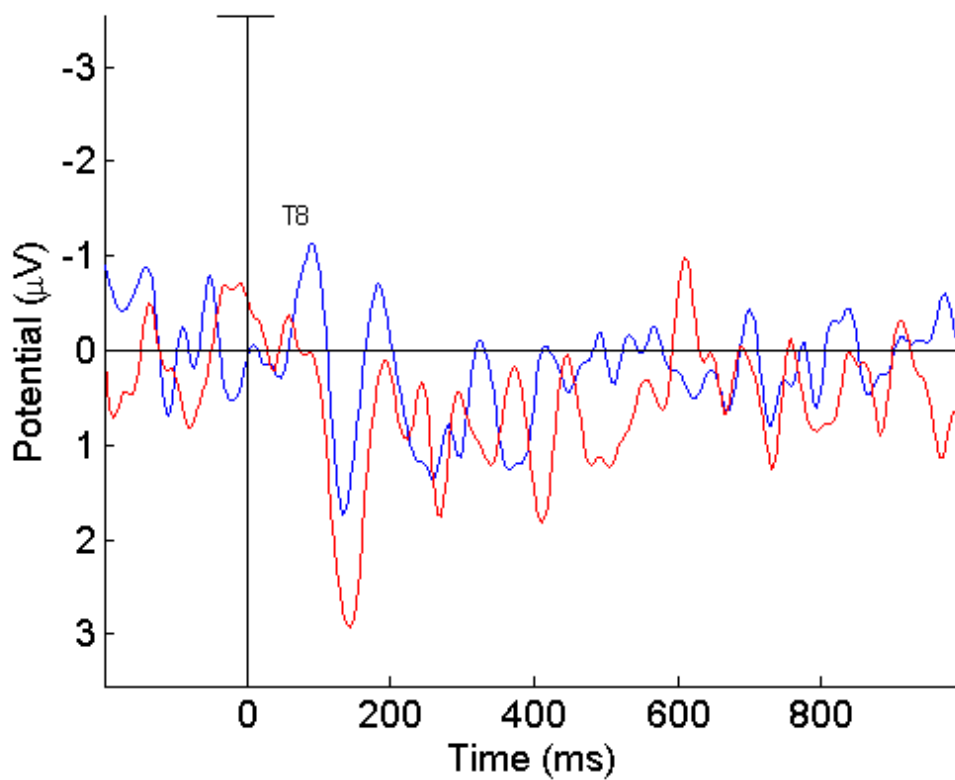


Σχήμα Π2: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1,d2 για το ηλεκτρόδιο T8.

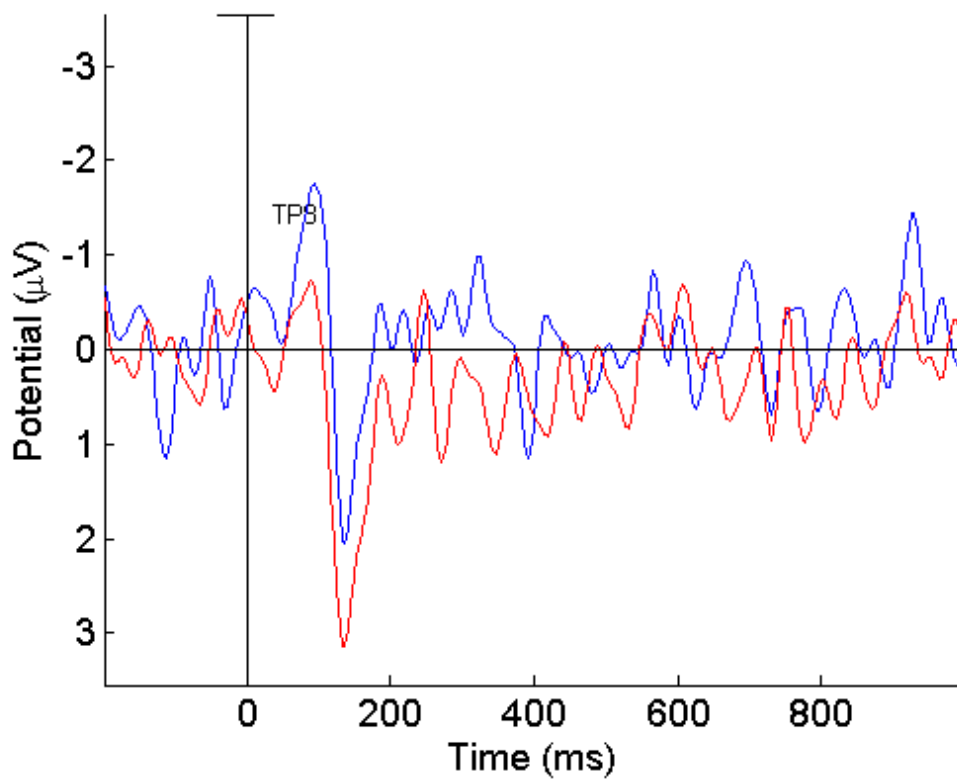




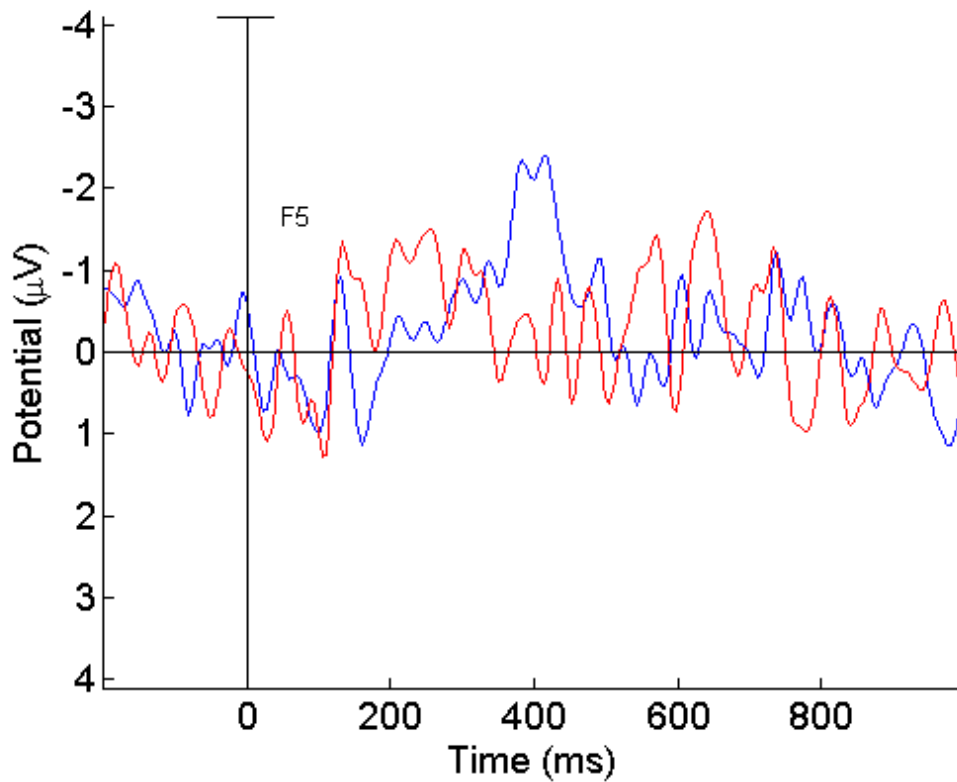
Σχήμα Π3: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1,d2 για το ηλεκτρόδιο TP8.



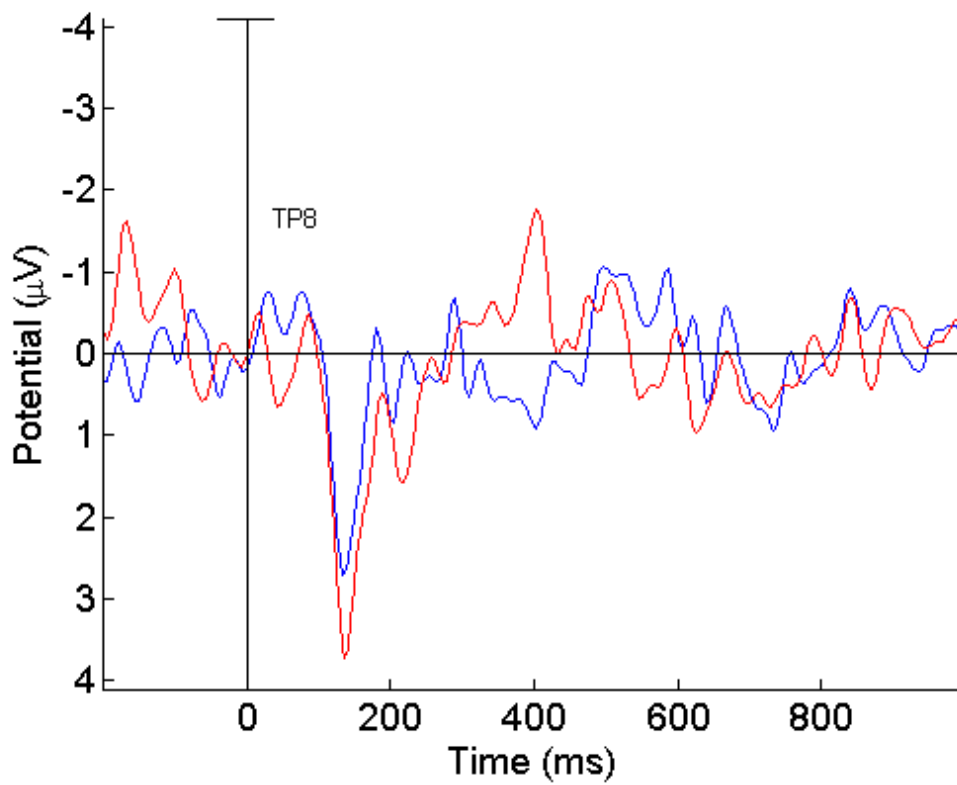
Σχήμα Π4: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d3,d5 για το ηλεκτρόδιο T8.



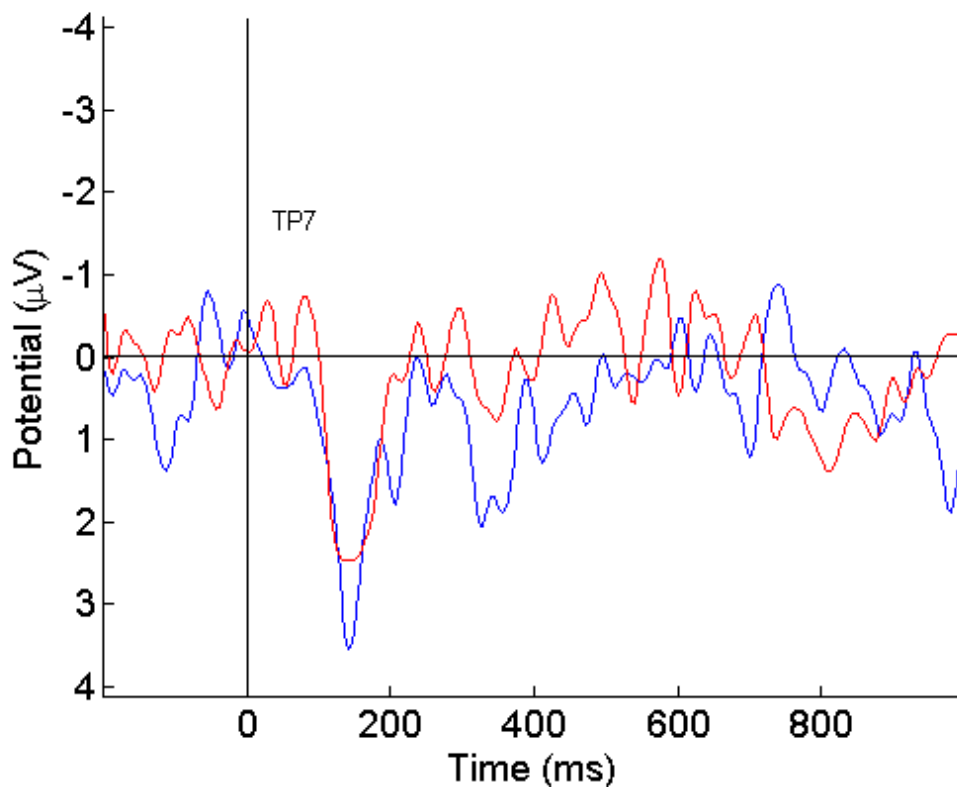
Σχήμα Π5: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d3,d5 για το ηλεκτρόδιο TP8.



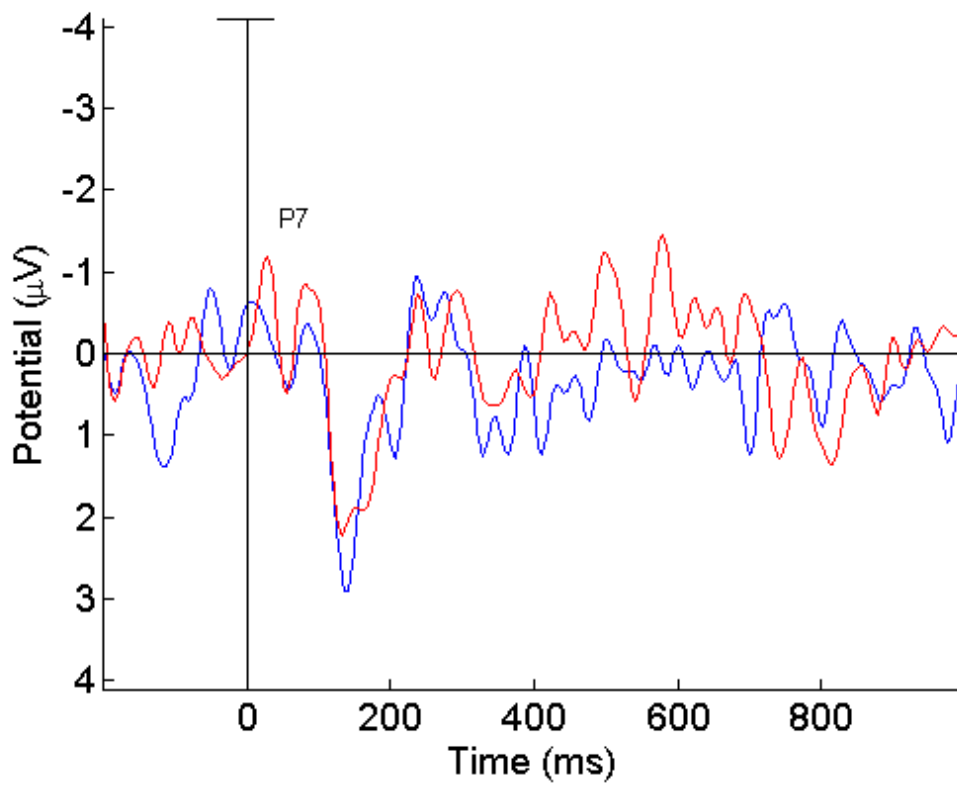
Σχήμα Π6: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d4,d6 για το ηλεκτρόδιο F5.



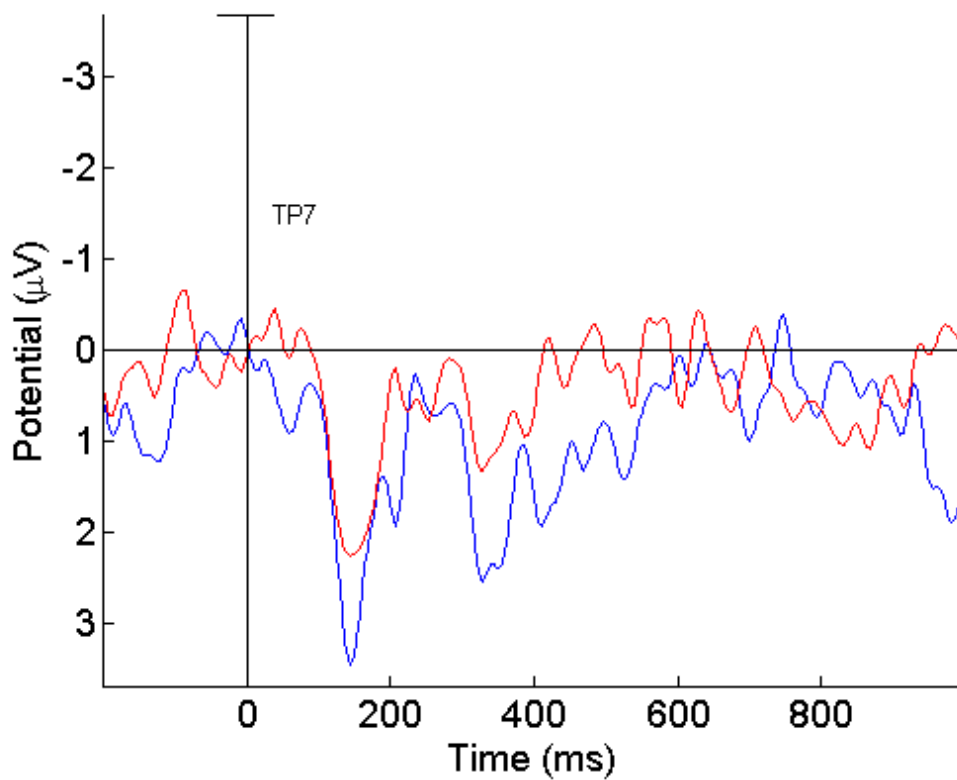
Σχήμα Π7: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d4,d6 για το ηλεκτρόδιο TP8.



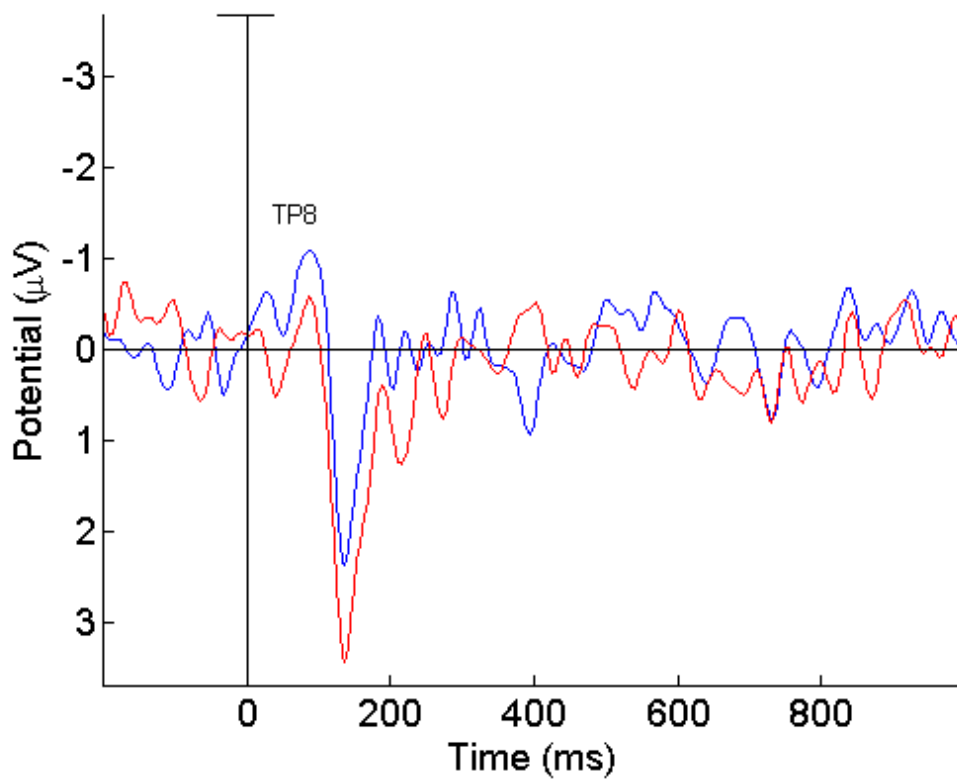
Σχήμα Π8: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d4,d6 για το ηλεκτρόδιο TP7.



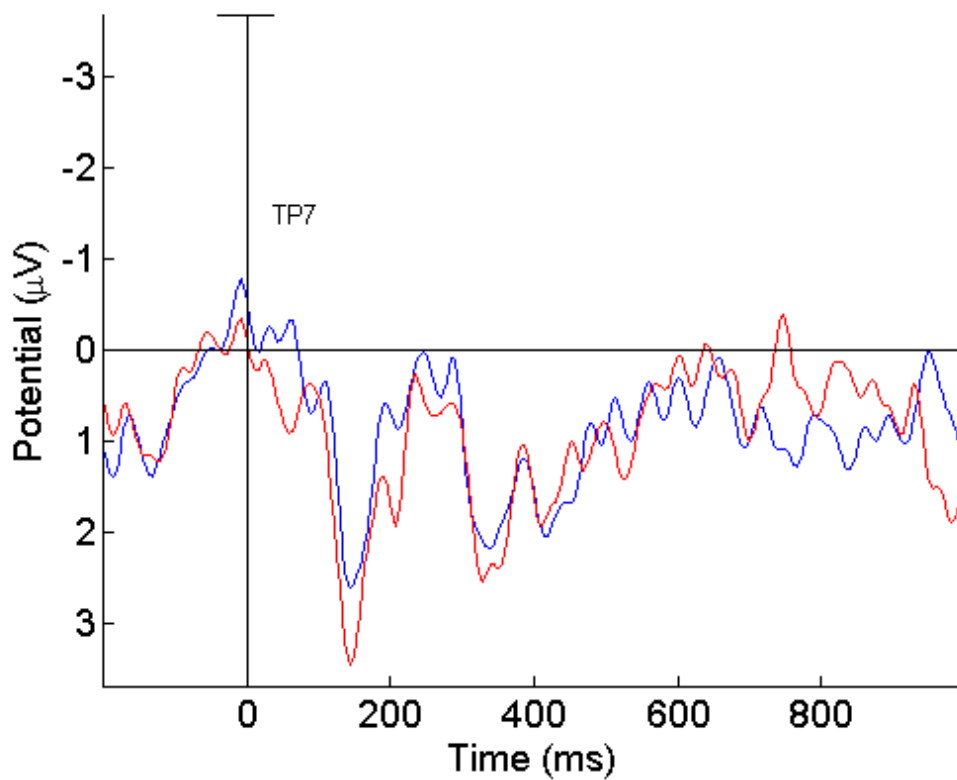
Σχήμα Π9: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d4,d6 για το ηλεκτρόδιο P7.



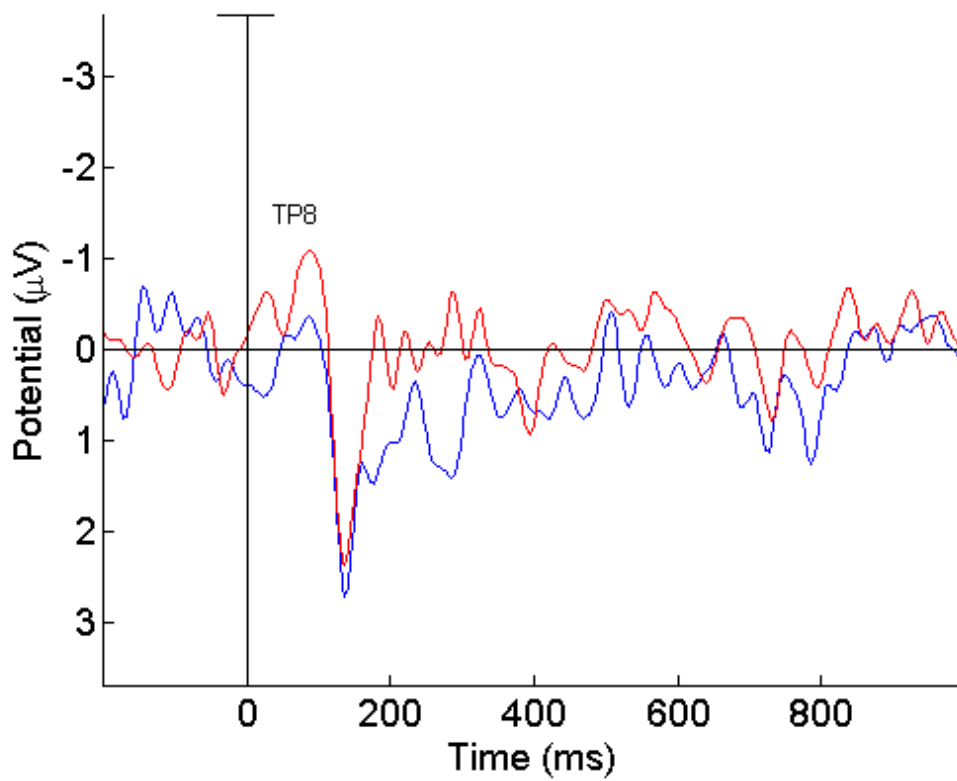
Σχήμα Π10: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες s1, s2 για το ηλεκτρόδιο TP7.



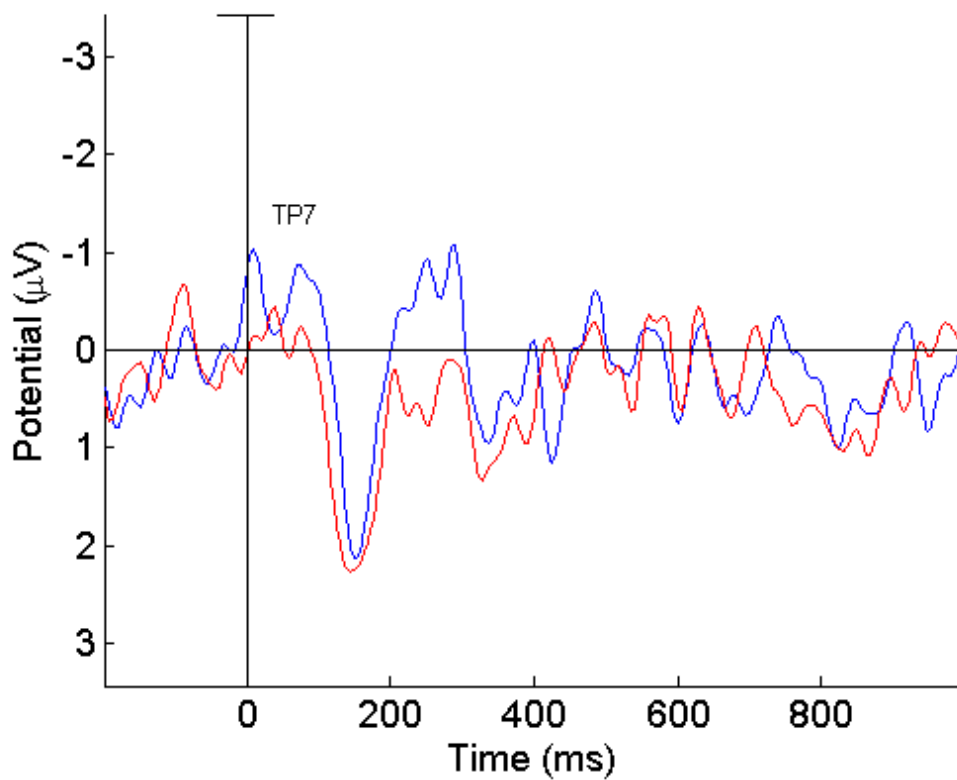
Σχήμα Π11: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες s1, s2 για το ηλεκτρόδιο TP8.



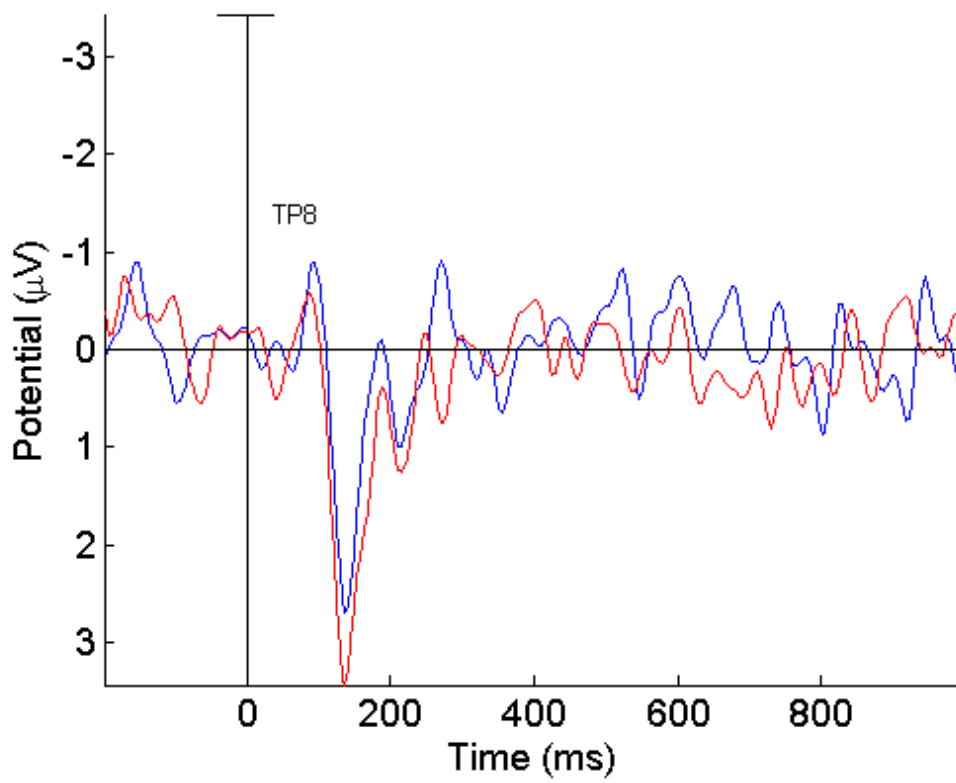
Σχήμα Π12: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1, s1 για το ηλεκτρόδιο TP7.



Σχήμα Π13: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1, s1 για το ηλεκτρόδιο TP8.



Σχήμα Π14: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1, s1 για το ηλεκτρόδιο TP7.



Σχήμα Π15: Απεικόνιση των προκλητών δυναμικών για τις συνθήκες d1, s1 για το ηλεκτρόδιο TP8.