

Επιμέλεια: Κλέα Μπινιάκου
Επιβλέπων: Κωνσταντίνος-Αλέκτας Ουγγρίνης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βιώσιμη Σχεδίαση για Απομονωμένα και Ακραία Περιβάλλοντα:

Μια πειραματική μελέτη EEG και ECG για τις επιδράσεις
των εικονικών «Μπλε Χώρων» σε συνθήκες στρες

Βιώσιμη Σχεδίαση για Απομονωμένα και Ακραία Περιβάλλοντα:

Μια πειραματική μελέτη EEG και ECG για τις
επιδράσεις των εικονικών «Μπλε Χώρων» σε
συνθήκες στρες

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2025

Επιμέλεια: Κλέα Μπινιάκου

Επιβλέπων: Κωνσταντίνος-Αλκέτας Ουγγρίνης

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία ερευνά την βιωσιμότητα και την ευεξία σε περιορισμένα και ακραία περιβάλλοντα, εστιάζοντας σε χωρικούς παράγοντες, όπως η προβολή οπτικών μοτίβων εμπνευσμένων από τους «μπλε χώρους» και τον ήχο. Αυτά τα περιβαλλοντικά στοιχεία θα διερευνηθούν ως προς τις δυνατότητές τους να δημιουργήσουν χαλαρωτικά, θεραπευτικά περιβάλλοντα που μπορούν να μετριάσουν το άγχος, ιδίως σε απομονωμένα και ακραία περιβάλλοντα στη Γη, και στο διάστημα. Με την ενσωμάτωση αυτών των αρχών βιωσιμότητας, η μελέτη στοχεύει στη μείωση του στρες, τη βελτίωση της αποκατάστασης και την υποστήριξη της ψυχικής υγείας.

Για να ελεγχθούν αυτές οι επιδράσεις, διεξήχθη μια πειραματική μελέτη με βίντεο ώστε να εξεταστούν οι ατομικές αντιδράσεις (N=33), τόσο σε συνθήκες που προκαλούν άγχος όσο και σε συνθήκες χαλάρωσης. Χρησιμοποιήθηκαν οπτικά ερεθίσματα από μπλε χώρους για να εκτιμηθούν οι επιδράσεις τους στη χαλάρωση και την ψυχική ανθεκτικότητα υπό συνθήκες στρες. Ταυτόχρονα, καταγράφηκαν οι νευροφυσιολογικές και φυσιολογικές αποκρίσεις των συμμετεχόντων, μέσω σημάτων EEG και ECG. Οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν ερωτηματολόγια αυτό-αξιολόγησης πριν, κατά τη διάρκεια και μετά το πείραμα για να μετρηθούν οι υποκειμενικές εμπειρίες άνεσης και ευεξίας.

Η επεξεργασία των σημάτων και η ανάλυση των δεδομένων, έδειξαν ότι οι συνθήκες άγχους αύξησαν σημαντικά τη νευροφυσιολογική διέγερση και τον καρδιακό ρυθμό σε σύγκριση με τις προσομοιώσεις των μπλε χώρων. Τα ευρήματα αυτά παρέχουν πληροφορίες για τον σχεδιασμό περιορισμένων χώρων που υποστηρίζουν την ψυχολογική ανθεκτικότητα και ευεξία, με πρακτικές εφαρμογές σε επίγειες εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης, απομακρυσμένα περιβάλλοντα εργασίας και διαστημικά ανάλογα.

Abstract

This thesis investigates habitability and well-being in confined and extreme environments, focusing on spatial factors such as the projection of visual patterns inspired by “blue spaces” and sound. These environmental elements will be explored for their potential to create calming, restorative environments that can mitigate stress, particularly in isolated and extreme on Earth, and in space. By integrating these habitability principles, the study aims to reduce stress, improve recovery, and support mental health.

To test these effects, a video-based experimental study was conducted to examine individual mental responses (N=33) to both stress-inducing and non-stress-inducing conditions. Participants’ neurophysiological and physiological responses, including ECG and EEG signals, were monitored. Visual cues inspired by blue spaces were used to assess their effects on relaxation and mental resilience under stress. Participants completed self-assessment questionnaires before, during, and after the experiment to measure their subjective experience of comfort and well-being.

Signal processing and data analysis, revealed that the stress conditions significantly increased neurophysiological arousal and heart rate compared to blue space simulations. These findings provide insights into designing confined spaces that support psychological resilience and well-being, with practical applications in terrestrial healthcare settings, remote working environments, and space analogue habitats.

Πρόλογος

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο της Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Πολυτεχνείου Κρήτης και είναι το αποτέλεσμα της ερευνητικής μου δραστηριότητας στον τομέα της νευροαρχιτεκτονικής στο εργαστήριο TIELab.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο-Αλκέτα Ουγγρίνη για την υποστήριξή του και την καθοδήγησή του, που με βοήθησε να εξερευνήσω νέα επιστημονικά μονοπάτια.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον κ. Μάριο Αντωνακάκη, την Αλεξάνδρα Τσιπουράκη και την Χριστίνα Χατζηαναγνώστου από το Display Lab της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πολυτεχνείου Κρήτης, για την πολύτιμη υποστήριξή τους. Ειδικότερα, τους ευχαριστώ θερμά για τον δανεισμό του εξοπλισμού, τη συνεργασία στην υλοποίηση του πειράματος και τη συμβολή τους στην ανάλυση των δεδομένων η οποία υπήρξε καθοριστική για την ολοκλήρωση της μελέτης.

Τέλος, ένα ευχαριστώ στην οικογένειά μου και τους δικούς μου ανθρώπους για την υπομονή, τη στήριξη και την αγάπη τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

11	Εισαγωγή	42-47	4. Δωμάτια Αποσυμπίεσης
12-23	1. Πειραματική Διαδικασία		4.1 Η έννοια των δωματίων αποσυμπίεσης
	1.1 Υπόθεση πειράματος		4.2 Εφαρμογές σε περιβάλλοντα υψηλού στρες
	1.2 Ο χώρος του πειράματος		4.3 Τεχνολογική ενσωμάτωση
	1.3 Επιλογή υλικού προβολών		4.4 Συμπεράσματα
	1.4 Συμμετέχοντες - Υποκείμενα	48-72	5. Εφαρμογές
	1.5 Εξοπλισμός		
	1.6 Πειραματική διαδικασία	73-74	6. Επίλογος
	1.7 Συμπεράσματα		
24-37	2. Ανάλυση Δεδομένων	75-79	7. Παράρτημα
	2.1 Δεδομένα ερωτηματολογίου		
	2.2 Ανάλυση σημάτων ECG	80-83	8. Βιβλιογραφία
	2.2.1 Επεξεργασία σημάτων		
	2.2.2 Στατιστική ανάλυση		
	2.3 Ανάλυση σημάτων EEG		
	2.2.1 Επεξεργασία σημάτων		
	2.2.2 Στατιστική ανάλυση		
	2.4 Συμπεράσματα		
38-41	3. Δυναμικές Προβολές		
	3.1 Σημασία βιοσημάτων στις δυναμικές προβολές		
	3.2 Μελλοντικές προοπτικές και καινοτομίες		
	3.3 Συμπεράσματα		

Εισαγωγή

Η σχέση μεταξύ φυσικών περιβαλλόντων και ψυχικής υγείας αποτελεί κεντρικό θέμα έρευνας στην περιβαλλοντική ψυχολογία, με ολοένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για τα οφέλη που προσφέρουν οι «μπλε χώροι»—περιοχές που κυριαρχούνται από νερό, όπως ποτάμια, λίμνες, καταρράκτες και παράκτιες περιοχές. Σε αντίθεση με τους πράσινους χώρους, που έχουν παραδοσιακά συγκεντρώσει περισσότερη προσοχή, οι μπλε χώροι διαθέτουν μοναδικές αποκαταστατικές και θεραπευτικές ιδιότητες. Οι εμπειρικές μελέτες έχουν επανειλημμένα δείξει ότι η έκθεση στους μπλε χώρους συνδέεται με μειωμένα επίπεδα στρες, βελτιωμένη γνωστική λειτουργία και ενισχυμένη συναισθηματική ευεξία (Wheeler et al., 2012; Luo et al., 2023).

Οι θεωρητικές βάσεις αυτών των οφελών εδράζονται στη Θεωρία Αποκατάστασης Προσοχής (ART) και στη Θεωρία Μείωσης Στρες (SRT). Η ART υποστηρίζει ότι τα φυσικά περιβάλλοντα βοηθούν στην αποκατάσταση των γνωστικών πόρων μέσω της ανεπαίσθητης προσήλωσης, αξιοποιώντας αποκαταστατικά χαρακτηριστικά όπως ο θαυμασμός και η συνοχή (Kaplan & Kaplan, 1989). Οι μπλε χώροι, με τις δυναμικές και οπτικά ελκυστικές τους ποιότητες, είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικοί στην

προσέγκυση προσοχής και την προαγωγή ψυχικής χαλάρωσης. Η SRT συμπληρώνει αυτή την κατανόηση υποστηρίζοντας ότι τα φυσικά περιβάλλοντα προκαλούν έμφυτες φυσιολογικές αντιδράσεις, όπως η μείωση του καρδιακού ρυθμού και των επιπέδων στρες, συμβάλλοντας στη συνολική ευεξία (Ulrich et al., 1991).

Εμπειρικά δεδομένα ενισχύουν αυτές τις θεωρητικές θέσεις. Η εγγύτητα στους μπλε χώρους έχει συσχετιστεί με βελτιωμένη αυτοαναφερόμενη ψυχική υγεία, χαμηλότερα επίπεδα στρες και μειωμένα συμπτώματα κατάθλιψης (Wheeler et al., 2012; Alcock et al., 2015). Επιπλέον, πειραματικές μελέτες έχουν καταδείξει τις φυσιολογικές επιδράσεις των μπλε χώρων. Για παράδειγμα, οι Luo et al. (2023) πραγματοποίησαν μελέτη με ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG) και διαπίστωσαν ότι η οπτική επαφή με μπλε χώρους αύξησε σημαντικά τη δραστηριότητα των κυμάτων α, που συνδέονται με τη χαλάρωση, και μείωσε τη δραστηριότητα των κυμάτων β, που σχετίζονται με το στρες. Η μελέτη αποκάλυψε επίσης ότι διαφορετικοί τύποι μπλε χώρων, όπως οι καταρράκτες, τα ποτάμια και οι λίμνες, έχουν διαφορετικές επιπτώσεις, με τους καταρράκτες να προσφέρουν τα μεγαλύτερα οφέλη στην ψυχική υγεία.

Η βραχυχρόνια έκθεση σε μπλε χώρους έχει επίσης αποδειχθεί ότι αποφέρει άμεσα θετικά αποτελέσματα. Για παράδειγμα, οι Luo et al. (2023) παρατήρησαν ότι μόλις τρία λεπτά οπτικής επαφής με μπλε χώρους ήταν αρκετά για να ενισχύσουν τη χαλάρωση και να μειώσουν δείκτες στρες, υπογραμμίζοντας την προσβασιμότητα και την αποτελεσματικότητα αυτών των περιβαλλόντων ως παρεμβάσεις για την ψυχική υγεία. Το εύρημα αυτό συμφωνεί με προηγούμενες έρευνες που καταδεικνύουν ότι ακόμη και σύντομες αλληλεπιδράσεις με φυσικά περιβάλλοντα μπορούν να έχουν σημαντικές αποκαταστατικές επιδράσεις (Ulrich et al., 1991).

Καθώς το σώμα των ερευνών για τους μπλε χώρους διευρύνεται, οι χώροι αυτοί αναγνωρίζονται όλο και περισσότερο ως ζωτικής σημασίας για την προαγωγή της ψυχικής υγείας. Τα εμπειρικά δεδομένα υπογραμμίζουν τη σημασία της ενσωμάτωσης των μπλε χώρων στις μελέτες φυσικών περιβαλλόντων και την περαιτέρω διερεύνηση της μοναδικής τους συμβολής στην ανθρώπινη ευεξία.

01

ΚΕΦΑΛΑΙΟ



Εικόνα 1: Πείραμα στην Πύλη της Άμμου (προσωπικό αρχείο Χ. Χατζιμανωλάτου).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1.1 Υπόθεση πειράματος

Η υπόθεση του πειράματος ήταν να διερευνηθεί εάν η προβολή οπτικοακουστικού υλικού από «μπλε» χώρους μπορεί να συμβάλει στην ανακούφιση του άγχους σε άτομα που βρίσκονται σε καταστάσεις στρες. Για τον σκοπό αυτό το πείραμα περιλάμβανε την προβολή βίντεο, προκειμένου να εξεταστούν οι ψυχολογικές και φυσιολογικές αντιδράσεις των συμμετεχόντων σε τέσσερις διαφορετικές συνθήκες χαλάρωσης, με κοινό στοιχείο την παρουσία νερού στην υγρή του μορφή.

Συγκεκριμένα, οι τέσσερις πειραματικές συνθήκες αφορούσαν: α) το νερό σε ροή (π.χ. ποτάμι), β) μια υποβρύχια λήψη, γ) το νερό σε στατική κατάσταση (π.χ. ήρεμη επιφάνεια θάλασσας) και δ) το νερό σε πτώση (π.χ. βροχή που πέφτει σε άλλη υδάτινη

επιφάνεια). Οι φυσιολογικές αντιδράσεις των συμμετεχόντων καταγράφηκαν μέσω ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (EEG) και ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ECG), ενώ παράλληλα αξιολογήθηκαν και οι συναισθηματικές τους μεταβολές μέσω ερωτηματολογίου αυτο-αξιολόγησης, το οποίο συμπλήρωσαν πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την ολοκλήρωση του πειράματος.

Το πείραμα περιλάμβανε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, οι συμμετέχοντες εκτέθηκαν σε στρεσογόνες συνθήκες μέσω προβολής συγκεκριμένων βίντεο, ακολουθούμενες από ένα σύντομο διάλειμμα. Στη συνέχεια, στο δεύτερο στάδιο, παρακολούθησαν το χαλαρωτικό οπτικοακουστικό περιεχόμενο, προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδρασή του στην ψυχολογική και φυσιολογική τους κατάσταση.



Εικόνα 2: Πύλη της Άμμου (<https://chania-culture.gr/venues/pyli-sabbionara/>).

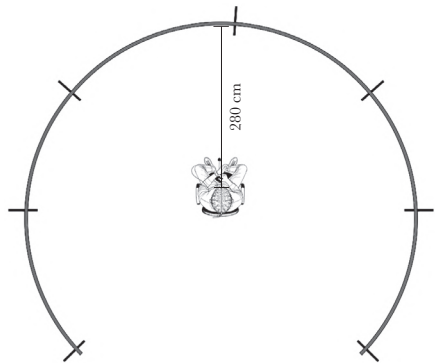


Εικόνα 3: Η εγκατάσταση της οθόνης από το TIELab (<https://chania-culture.gr/venues/pyli-sabbionara/>).

1.2 Ο χώρος του πειράματος

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στην Πύλη της Άμμου (Sabbionara), που βρίσκεται στην περιοχή Κουμ Καπί των Χανίων, στην Κρήτη. Το ιστορικό αυτό κτίριο αποτελεί τη βορειοανατολική και μοναδική σωζόμενη πύλη από τις τρεις του δεύτερου (εξωτερικού) βενετσιάνικου τείχους της πόλης, το οποίο κατασκευάστηκε στις αρχές του 16ου αιώνα και ολοκληρώθηκε το 1590. (Wikipedia contributors, n.d.)

Δεδομένου ότι πρόκειται για ένα πέτρινο μνημειακό κτίσμα και δεν διαθέτει εγκατάσταση κλιματισμού, οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας του χώρου ήταν μη ελεγχόμενες, γεγονός που θα μπορούσε να επηρεάσει τη συνολική εμπειρία των συμμετεχόντων.



Εικόνα 4: Κάτοψη οθόνης.

Στον χώρο του μνημείου εγκαταστάθηκε εξοπλισμός από το εργαστήριο TIELab του Πολυτεχνείου Κρήτης, ο οποίος περιλάμβανε μια μεγάλη οθόνη (16 x 1.8 m) και πέντε προβολείς. Η χρήση αυτής της οθόνης προσέφερε μια εμπειρία υψηλής εμβύθισης, σαφώς ανώτερη σε σύγκριση με τις μικρότερες οθόνες υπολογιστών ή τους προβολείς που είναι διαθέσιμοι στα εργαστήρια του Πολυτεχνείου Κρήτης. Έτσι, ο χώρος αξιοποιήθηκε αποτελεσματικά για τις ανάγκες του πειράματος, ενισχύοντας τη ρεαλιστικότητα της οπτικοακουστικής εμπειρίας των συμμετεχόντων.

1.3 Επιλογή του υλικού προβολών

Βάσει της μελέτης προηγούμενων αντίστοιχων πειραμάτων, αποφασίστηκε η χρήση βίντεο



Εικόνα 5: Τομή οθόνης.

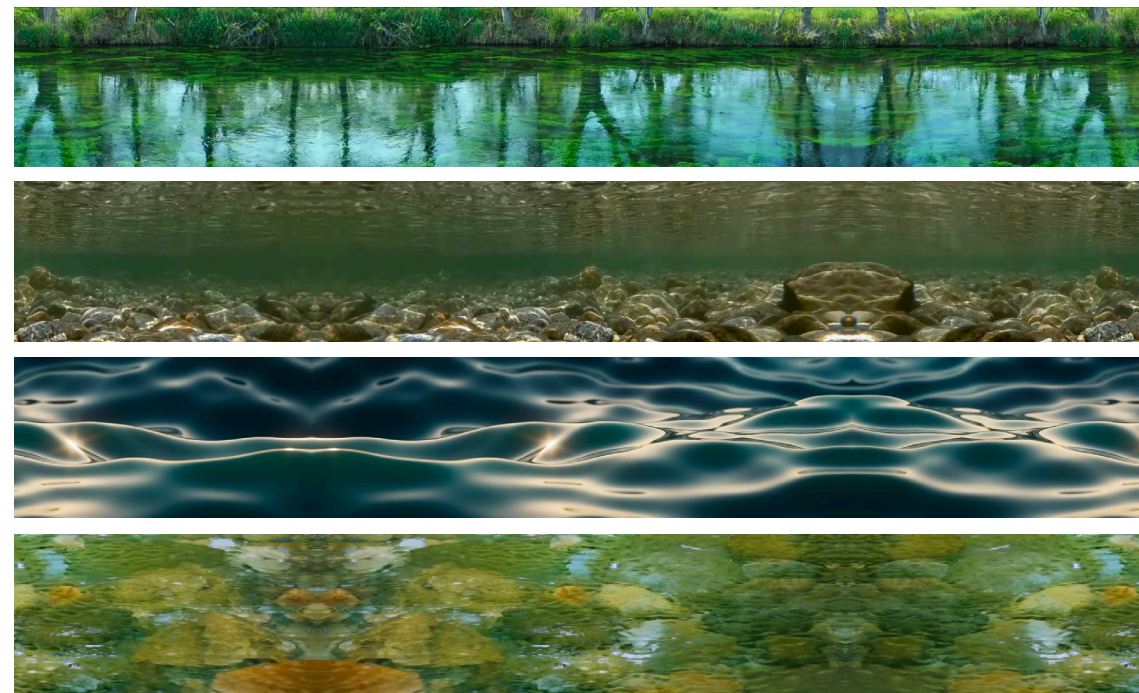
αντί για στατικές εικόνες, σε συνδυασμό με τον φυσικό ήχο του περιβάλλοντος. Ως πρώτη δοκιμή, επιλέχθηκαν ρεαλιστικά βίντεο που απεικονίζουν το νερό σε διάφορες μορφές, προκειμένου να διερευνηθεί η επίδρασή τους στην ψυχολογική και φυσιολογική χαλάρωση των συμμετεχόντων.

Σύμφωνα με τα δεδομένα που προέκυψαν από τη βιβλιογραφική έρευνα, οι τέσσερις πιο χαρακτηριστικές κατηγορίες οπτικοακουστικών

ερεθισμάτων που σχετίζονται με το νερό στην υγρή του μορφή είναι:

1. Στατικό νερό
2. Τρεχούμενο νερό
3. Νερό σε πτώση
4. Υποβρύχια λήψη

Για τη δημιουργία του πειραματικού υλικού, επιλέχθηκαν βίντεο υψηλής ανάλυσης από ελεύθερες πηγές στο διαδίκτυο. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε επεξεργασία και



Εικόνα 6: Τα ερεθίσμα 1-4 (από πάνω προς τα κάτω: Ερέθισμα 1, Ερέθισμα 2, Ερέθισμα 3, Ερέθισμα 4).

συρραφή των βίντεο σε κατάλληλο λογισμικό επεξεργασίας (Adobe Premiere Pro), ώστε να προσαρμοστούν στις διαστάσεις της οθόνης προβολής και να διατηρηθεί η υψηλή ποιότητα της οπτικοακουστικής εμπειρίας. Το πείραμα περιλάμβανε δύο βασικές φάσεις προβολής. Στο πρώτο βίντεο (control), χρησιμοποιήθηκαν τρεις συνθήκες που προκαλούν συναισθήματα αγωνίας και στρες, ώστε να δημιουργηθεί ένα σημείο αναφοράς για τη σύγκριση των αντιδράσεων. Στο δεύτερο βίντεο, το οποίο αποτελεί την κύρια πειραματική συνθήκη, παρουσιάστηκαν οι τέσσερις κατηγορίες χαλαρωτικών ερεθισμάτων που σχετίζονται με το νερό:

Ερέθισμα 1: Τρεχούμενο νερό (ποτάμι)

Ερέθισμα 2: Υποβρύχια λήψη

Ερέθισμα 3: Στατικό νερό (επιφάνεια ήρεμης θάλασσας)

Ερέθισμα 4: Νερό σε πτώση (βροχή που πέφτει σε υδάτινη επιφάνεια)

Με αυτόν τον σχεδιασμό, στόχος ήταν να εξεταστεί η επίδραση των διαφορετικών μορφών νερού στην ψυχολογική και φυσιολογική κατάσταση των συμμετεχόντων, προκειμένου να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα της προβολής «μπλε» χώρων στη μείωση του στρες.

1.4 Συμμετέχοντες - Υποκείμενα

Η διαδικασία επιλογής των συμμετεχόντων πραγματοποιήθηκε μέσω αφισών που αναρτήθηκαν στην πανεπιστημιούπολη του Πολυτεχνείου Κρήτης, καθώς και μέσω ανακοινώσεων σε ηλεκτρονικές πλατφόρμες κοινωνικής δικτύωσης. Συνολικά, το πείραμα ολοκλήρωσαν 33 άτομα, τα οποία επιλέχθηκαν βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων συμμετοχής.

Οι συμμετέχοντες έπρεπε να είναι ηλικίας 18 έως 35 ετών, να βρίσκονται σε καλή ψυχική και σωματική υγεία, να διαθέτουν κανονική ή διορθωμένη έως κανονική όραση, κανονική ακοή, καθώς και να μην παρουσιάζουν αχρωματοψία. Επιπλέον, για λόγους συνέπειας στις φυσιολογικές μετρήσεις, επιλέχθηκαν αποκλειστικά δεξιόχειρα άτομα.

Gender	N	%
Male	11	58
Female	8	42

Age	N	%
18-23	6	32
24-29	12	63
30-35	1	5

Πίνακας 1: Δημογραφικό υπόβαθρο τελικών συμμετεχόντων.

Αντίστοιχα, αποκλείστηκαν άτομα που είχαν διαγνωστεί με οποιαδήποτε ψυχική διαταραχή, διαταραχή μετατραυματικού στρες (PTSD) ή αγχώδη διαταραχή, καθώς οι καταστάσεις αυτές επηρεάζουν τη νευροφυσιολογική δραστηριότητα του εγκεφάλου, ειδικότερα τα καταγεγραμμένα εγκεφαλικά κύματα (Allen et al., 2004; Thibodeau et al., 2006; Luck, 2014).

Από τους αρχικά 33 συμμετέχοντες, 4 αποκλείστηκαν καθώς δεν πληρούσαν τα παραπάνω κριτήρια, ενώ 10 επιπλέον αποκλείστηκαν λόγω σφαλμάτων που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της καταγραφής των δεδομένων, όπως τεχνικά προβλήματα ή ατελή φυσιολογικά σήματα.

Τελικά, η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε 19 συμμετέχοντες, οι οποίοι πληρούσαν όλα τα κριτήρια και των οποίων τα καταγεγραμμένα δεδομένα



Εικόνα 7: EEG, g.tech (προσωπικό αρχείο X. Χατζηαναγνώστου).



Εικόνα 8: Ζώνη Movesense (<https://www.labfront.com/blog/labfront-movesense-partnership>).



Εικόνα 9: Ρολόι traqbeat (προσωπικό αρχείο X. Χατζηαναγνώστου).

κρίθηκαν αξιόπιστα και πλήρη για στατιστική επεξεργασία.

1.5 Εξοπλισμός

Έγιναν μετρήσεις των φυσιολογικών αποκρίσεων των συμμετεχόντων μέσω τριών συσκευών: δύο συσκευών ηλεκτροκαρδιογραφήματος, μίας στον καρπό και μίας στο στήθος, και μίας συσκευής ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος. Σε αυτή τη μελέτη για την καταγραφή την καρδιακής δραστηριότητας χρησιμοποιήθηκε ένα φοριτό ρολόι traqbeat, που τοποθετούνταν ακριβώς πάνω από τον καρπό και μίας ζώνη Movesense, η οποία τοποθετούνταν μεταξύ τρίτου και τέταρτου πλευρού. Για τα εγκεφαλικά κύματα χρησιμοποιήθηκε το Unicorn Hybrid Black, της g.tech, με 8 κανάλια καταγραφής, δειγματοληψία με ανάλυση 24-bit και συχνότητα 250 Hz ανά

κανάλι.

Οι συσκευές ηλεκτροκαρδιογραφήματος κατέγραφαν την ηλεκτρική δραστηριότητα της καρδιάς, καταγράφοντας τον χρόνο και την ένταση των ηλεκτρικών σημάτων κατά τη διάρκεια κάθε καρδιακού παλμού. Αυτές οι μετρήσεις παρείχαν κρίσιμες πληροφορίες για τη λειτουργία της καρδιάς, όπως ο καρδιακός ρυθμός, δηλαδή ο αριθμός παλμών ανά λεπτό (bpm), και ο ρυθμός της καρδιάς, δηλαδή η κανονικότητα ή μη των καρδιακών παλμών.

Η συσκευή ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος μέτρησε την εγκεφαλική δραστηριότητα μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων διαφόρων συχνοτήτων. Οι πέντε κύριες συχνότητες εγκεφαλικών κυμάτων είναι οι δ (Delta, <4 Hz), θ (Theta, 4-7.9 Hz), α (Alpha, 8-12.9 Hz), β (Beta, 13-29.9 Hz) και γ (Gamma, >30



Εικόνα 10: Καταγραφή σημάτων (προσωπικό αρχείο Κ.Μπινιάκου).

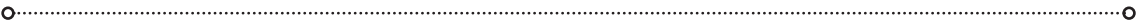
Hz). Στη συγκεκριμένη μελέτη, το ενδιαφέρον επικεντρώθηκε κυρίως στις συχνότητες α και β, οι οποίες σχετίζονται με τη χαλάρωση και το στρες, αντίστοιχα. Αυξημένες α συχνότητες θεωρούνται δείκτης αυξημένης χαλάρωσης, ενώ αυξημένες β συχνότητες υποδηλώνουν αυξημένη εγρήγορση, νοητική δραστηριότητα ή κατάσταση στρες (Luo et al., 2023).

Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο για την καταγραφή δημογραφικών και ιατρικών πληροφοριών των συμμετεχόντων, όπως επίσης και για την αποτύπωση των συνηθειών τους. Επιπλέον, αξιολογήθηκε η συναισθηματική τους κατάσταση πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την ολοκλήρωση του πειράματος μέσω μιας κλίμακας αυτο-αξιολόγησης με τη χρήση εικόνων (Manikin). Ο συνδυασμός των φυσιολογικών μετρήσεων και των ψυχολογικών δεδομένων προσέφερε μία ολοκληρωμένη προσέγγιση για την κατανόηση της επίδρασης των ερεθισμάτων στους συμμετέχοντες.

1.6 Πειραματική Διαδικασία

Κάθε συμμετέχων εκτελούσε το πείραμα ατομικά και προσέρχονταν στον χώρο μία μόνο φορά για να ολοκληρώσει τη διαδικασία. Κατά την άφιξή του, υπήρχε μια προκαταρκτική διαδικασία διάρκειας περίπου 10 λεπτών, κατά την οποία εξηγήσαμε αναλυτικά τη διαδικασία

10λ - προετοιμασία



7:30 λ
προβολή πρώτου βίντεο

~2 λ
διάλειμμα

8:45 λ
προβολή δεύτερου βίντεο

τέλος

ΣΥΝΟΛΟ: ~ 30 λ

Εικόνα 11: Πειραματική διαδικασία (εικόνες: προσωπικό αρχείο Χ. Χατζηαναγνώστου).

του πειράματος, ενώ ο συμμετέχων συμπλήρωνε το πρώτο μέρος του ερωτηματολογίου καθώς και το έντυπο συναίνεσης. Στη συνέχεια, γινόταν η τοποθέτηση του απαραίτητου εξοπλισμού.

Η συμμετοχή στο πείραμα ήταν εθελοντική,

και οι συμμετέχοντες είχαν το δικαίωμα να διακόψουν τη διαδικασία και να αποχωρήσουν οποιαδήποτε στιγμή το επιθυμούσαν, χωρίς καμία συνέπεια.

Η πειραματική διαδικασία ξεκινούσε με την προβολή του πρώτου βίντεο, το οποίο

περιείχε στρεσογόνες καταστάσεις και είχε διάρκεια 7 λεπτά και 30 δευτερόλεπτα. Μετά την ολοκλήρωση της προβολής, ο συμμετέχων συμπλήρωνε το δεύτερο μέρος του ερωτηματολογίου, το οποίο αποτύπωνε τη συναισθηματική του κατάσταση τη συγκεκριμένη στιγμή. Παράλληλα, πραγματοποιούνταν ένας σύντομος έλεγχος της λειτουργίας του εξοπλισμού.

Μετά από ένα διάλειμμα 2 λεπτών, ακολουθούσε η προβολή του δεύτερου βίντεο, το οποίο περιείχε τα χαλαρωτικά ερεθίσματα και είχε συνολική διάρκεια 8 λεπτών και 45 δευτερολέπτων. Το βίντεο ξεκινούσε με 30 δευτερόλεπτα κενής καταγραφής πριν την παρουσίαση των ερεθισμάτων. Στη συνέχεια, παρουσιάζονταν τα τέσσερα ερεθίσματα, καθένα με διάρκεια 2 λεπτών, ενώ μεσολαβούσαν 5 δευτερόλεπτα ανάπαυσης μεταξύ των ερεθισμάτων.

Μετά την ολοκλήρωση της προβολής του δεύτερου βίντεο, ο συμμετέχων συμπλήρωνε το τελευταίο μέρος του ερωτηματολογίου. Στη συνέχεια, αφαιρούνταν ο εξοπλισμός και ο συμμετέχων αποχωρούσε. Η συνολική διάρκεια της διαδικασίας ήταν περίπου 30 λεπτά ανά συμμετέχοντα, συμπεριλαμβανομένων όλων των πειραματικών βημάτων.

1.7 Συμπαράσματα

Κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας προέκυψαν ορισμένες αστοχίες που επηρέασαν τόσο την εμπυθιστική εμπειρία των συμμετεχόντων όσο και την ποιότητα των δεδομένων που συλλέχθηκαν.

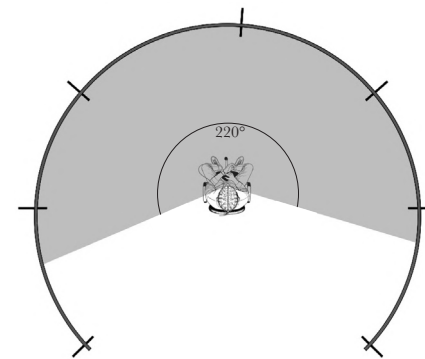
Αρχικά, στο κομμάτι της εμπύθισης, επιτεύχθηκε ικανοποιητική κάλυψη της περιφερειακής όρασης. Ωστόσο, όσον αφορά την κάθετη οπτική γωνία, απαιτούνταν μια μεγαλύτερη και πιο πλατιά οθόνη, ώστε να εξασφαλιστεί πλήρως η επιθυμητή εμπύθιση. Επιπλέον, ο ήχος προερχόταν από ένα μοναδικό ηχείο που είχε τοποθετηθεί πίσω από την οθόνη, με αποτέλεσμα να φτάνει στους συμμετέχοντες μόνο από το μπροστινό μέρος. Αυτό επηρέασε αρνητικά την εμπυθιστική εμπειρία, καθώς η χρήση περιμετρικού ήχου θα είχε προσφέρει μια πιο ρεαλιστική και ολοκληρωμένη ακουστική εμπειρία. Μάλιστα, αυτό το σημείο επισημάνθηκε και από τους ίδιους τους συμμετέχοντες.

Ένα ακόμη σημαντικό ζήτημα ήταν οι υψηλές θερμοκρασίες στον χώρο, οι οποίες δημιούργησαν προβλήματα τόσο στους συμμετέχοντες όσο και στον εξοπλισμό. Οι αυξημένες θερμοκρασίες ήταν υπεύθυνες για ορισμένες αστοχίες στις καταγραφές των δεδομένων, ενώ επηρέασαν και την άνεση των συμμετεχόντων. Το πρόβλημα μετριάστηκε εν

μέρει με τη χρήση δύο ανεμιστήρων, δεδομένου ότι δεν υπήρχε η δυνατότητα εγκατάστασης κλιματισμού στον χώρο. Παρ' όλα αυτά, οι μη ελεγχόμενες συνθήκες του χώρου επηρέασαν σε κάποιο βαθμό τόσο την εμπειρία των συμμετεχόντων όσο και την ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

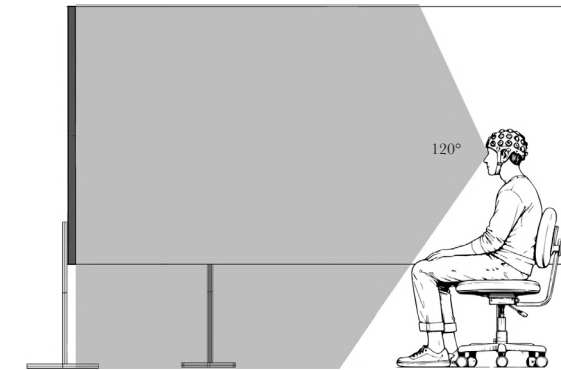
Όσον αφορά το περιεχόμενο των βίντεο, παρατηρήθηκε ότι μια μεγαλύτερη διάρκεια προβολής θα μπορούσε να οδηγήσει σε ακριβέστερα δεδομένα, ιδιαίτερα στις φυσιολογικές μετρήσεις. Επιπλέον, προτείνεται τα βίντεο να παρουσιάζονται σε τυχαία σειρά κάθε φορά, ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος μεροληπτικών αποτελεσμάτων λόγω προκαθορισμένης σειράς προβολής.

Συνολικά, τα παραπάνω ζητήματα



Εικόνα 12: Οπτικό πεδίο υποκειμένων.

υπογραμμίζουν την ανάγκη βελτίωσης της υποδομής, του εξοπλισμού και του πειραματικού σχεδιασμού, ώστε να ενισχυθεί η ποιότητα των δεδομένων και η εμπυθιστική εμπειρία των συμμετεχόντων σε μελλοντικές μελέτες.



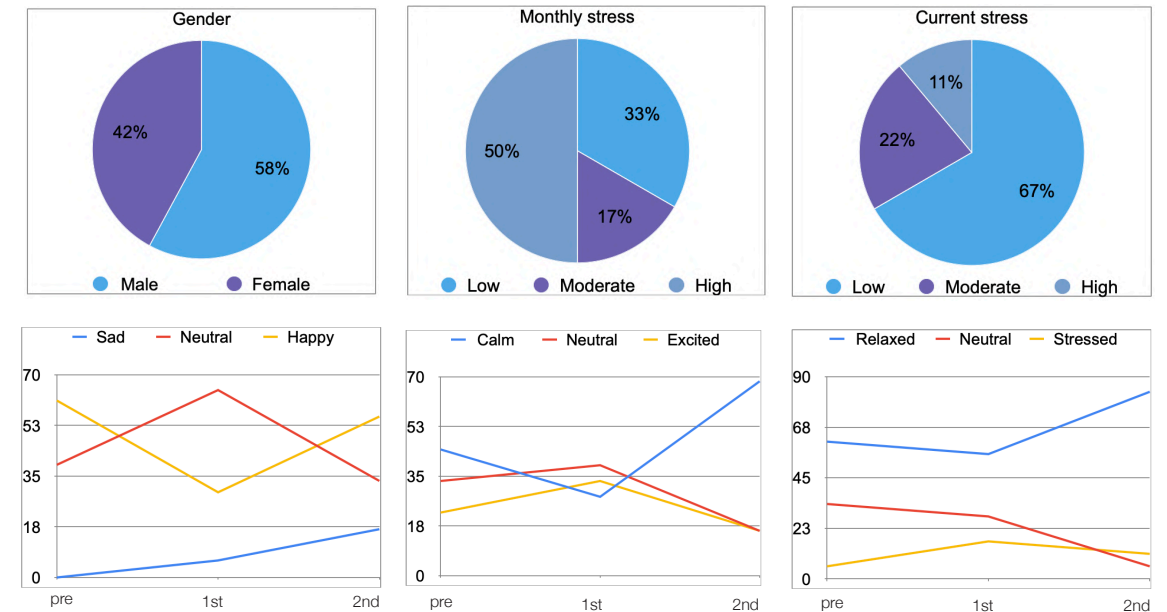


2.1 Δεδομένα ερωτηματολογίου

Η ανάλυση των δεδομένων από την έρευνα αποκαλύπτει σημαντικά στοιχεία σχετικά με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά, τις φοβίες και τις συναισθηματικές αντιδράσεις των συμμετεχόντων. Συγκεκριμένα, το δείγμα αποτελείται κατά 58% από γυναίκες και 42% από άνδρες, με μέσο όρο ηλικίας τα 25 έτη και τυπική απόκλιση 4 ετών. Αναφορικά με τα επίπεδα στρες, το 46% των συμμετεχόντων βιώνει χαμηλό μηνιαίο στρες, ενώ το 34%

αναφέρει μέτριο και το 20% υψηλό. Παράλληλα, το τρέχον στρες καταγράφεται χαμηλό για το 62% των συμμετεχόντων, μέτριο για το 21% και υψηλό για το 18%.

Η ποιότητα ύπνου των συμμετεχόντων το βράδυ πριν το πείραμα, αξιολογήθηκε από “μέτρια” έως “καλή” από την πλειονότητα των συμμετεχόντων. Επιπλέον, η επιφάνεια της θάλασσας θεωρείται το πιο χαλαρωτικό περιβάλλον από το 52% των συμμετεχόντων, ενώ το υποβρύχιο περιβάλλον ακολουθεί με 23%. Αυτή η κατανομή υποδηλώνει ότι τα



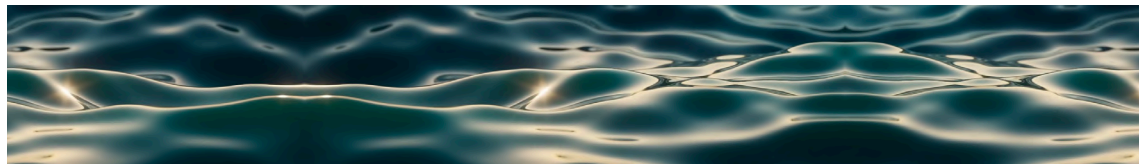
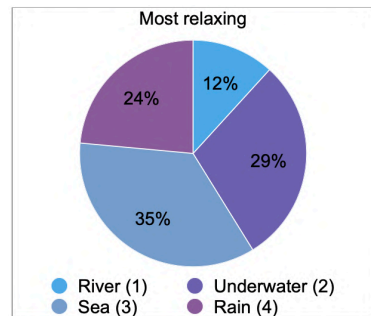
Εικόνα 13: Στατιστικά ερωτηματολογίου.

στατικά ερεθίσματα νερού γενικά θεωρούνται πιο χαλαρωτικά σε σύγκριση με τα ρέοντα νερά.

Οι αντιδράσεις στις προβολές ανέδειξαν διάφορες φοβίες, με τον φόβο για καρχαρίες να καταλαμβάνει την πρώτη θέση, ακολουθούμενος από τον φόβο για δημόσια ομιλία και την υφοφοβία. Σχετικά με τη συναισθηματική κατάσταση, παρατηρείται σημαντική βελτίωση κατά τη διάρκεια των προβολών. Η θλίψη μειώνεται, ενώ αυξάνονται τα ουδέτερα και θετικά συναισθήματα. Το στρες μειώνεται σταδιακά, ενώ η χαλάρωση αυξάνεται, ιδιαίτερα μετά τη δεύτερη προβολή. Παράλληλα, σημειώνεται άνοδος στη διέγερση

προς το τέλος των προβολών, υποδεικνύοντας έντονη συναισθηματική εμπλοκή.

Συνολικά, τα ευρήματα καταδεικνύουν ότι οι συμμετέχοντες επηρεάζονται έντονα από τα συναισθηματικά και περιβαλλοντικά ερεθίσματα, ενώ χαλαρωτικά στοιχεία, όπως η θάλασσα, μπορούν να συμβάλουν στη μείωση του στρες και στη βελτίωση της συναισθηματικής ευεξίας.



Εικόνα 14: Το Ερέθισμα 3 (επιφάνεια θάλασσας) σχετίστηκε με την περισσότερη χαλάρωση βάσει των ερωτηματολογίων.

2.2 Ανάλυση σημάτων ECG

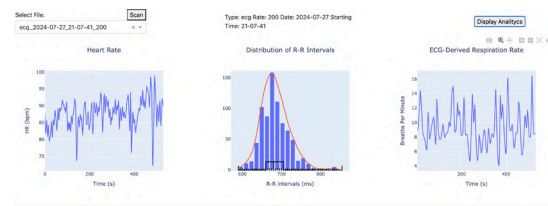
2.2.1 Επεξεργασία σημάτων

Η ανάλυση των σημάτων ECG πραγματοποιήθηκε μέσω ανίχνευσης κορυφών R και υπολογισμού διαστημάτων R-R και πλάτους κορυφών, με στόχο την εξαγωγή κρίσιμων χαρακτηριστικών του σήματος. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε η συνάρτηση `find_peaks` από τη βιβλιοθήκη `scipy.signal` για τον εντοπισμό κορυφών στο σήμα ECG. Οι κορυφές αυτές αντιστοιχούν σε σημεία όπου η τιμή του σήματος είναι υψηλότερη από τις γειτονικές τιμές, κάτι που μας επιτρέπει να εντοπίσουμε τις κορυφές R. Για να φιλτραριστούν μικρές διακυμάνσεις που δεν αντιστοιχούν σε πραγματικές κορυφές R, εφαρμόστηκε ένα ελάχιστο όριο ύψους (`height=0.0003`), ενώ η ελάχιστη απόσταση μεταξύ κορυφών ορίστηκε στα 0.5 δευτερόλεπτα (`sampling_rate * 0.5`), αντιπροσωπεύοντας τον ελάχιστο αναμενόμενο χρόνο μεταξύ παλμών για καρδιακό ρυθμό 120

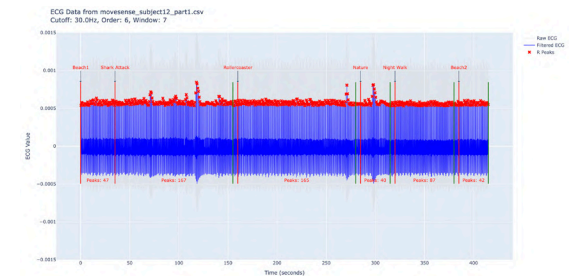
BPM.

Μετά την ανίχνευση των κορυφών R, υπολογίστηκαν τα διαστήματα R-R μέσω της διαφοράς μεταξύ διαδοχικών κορυφών (`np.diff(peaks)`), τα οποία στη συνέχεια μετατράπηκαν σε χρόνο διαιρώντας τα με τη συχνότητα δειγματοληψίας (`sampling_rate`). Αυτά τα διαστήματα αποτελούν έναν σημαντικό δείκτη της χρονικής απόστασης μεταξύ καρδιακών παλμών.

Για την εξαγωγή μέγιστων και ελάχιστων τιμών πλάτους κατά τη διάρκεια συγκεκριμένων περιόδων ερεθίσματος (`stimulus periods`), χρησιμοποιήθηκε η συνάρτηση `get_stimulus_metrics`. Καθορίστηκαν οι δείκτες αρχής και τέλους της περιόδου ερεθίσματος (`start_idx` και `end_idx`), και απομονώθηκε το τμήμα του σήματος που αντιστοιχούσε στην περίοδο αυτή. Στη συνέχεια, μέσω μάσκας, επιλέχθηκαν μόνο οι κορυφές R που ανήκαν στην περίοδο ερεθίσματος, και εξήχθησαν οι



Εικόνα 15: Plot από καρδιακά σήματα.



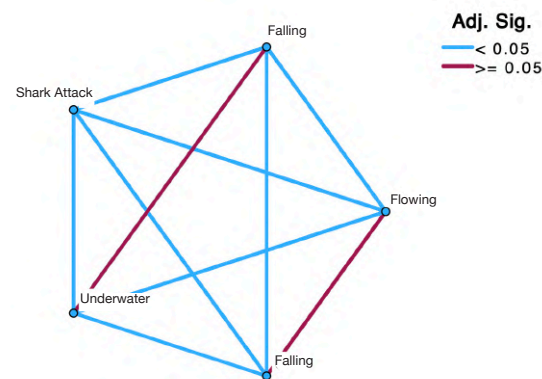
τιμές του σήματος στις αντίστοιχες θέσεις τους, οι οποίες αντιπροσώπευαν τα μέγιστα πλάτη κορυφών (peak amplitudes). Τέλος, για κάθε ζεύγος διαδοχικών κορυφών R, υπολογίστηκαν οι ελάχιστες τιμές του σήματος (trough amplitudes) μεταξύ αυτών.

Η συνδυασμένη αυτή ανάλυση επέτρεψε την εξαγωγή σημαντικών χαρακτηριστικών, όπως τα διαστήματα R-R και τα μέγιστα και ελάχιστα πλάτη, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη εικόνα της καρδιακής δραστηριότητας.

2.2.2 Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος αναλύθηκαν με τη χρήση του στατιστικού λογισμικού SPSS. Αφού καθαρίστηκαν τα σήματα για την αφαίρεση θορύβου και παρεμβολών, πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις για να διερευνηθεί η επίδραση των οπτικοακουστικών ερεθισμάτων (βίντεο) στη Μεταβλητότητα Καρδιακού Ρυθμού (HRV). Συγκεκριμένα, εξετάστηκαν τέσσερις μετρικές: ασυμμετρία (skewness), ισχύς (power), τυπική απόκλιση (STD) και εντροπία (entropy). Αυτές οι μετρικές παρείχαν πληροφορίες για τις φυσιολογικές αντιδράσεις των συμμετεχόντων και τη δραστηριότητα του αυτόνομου νευρικού συστήματος.

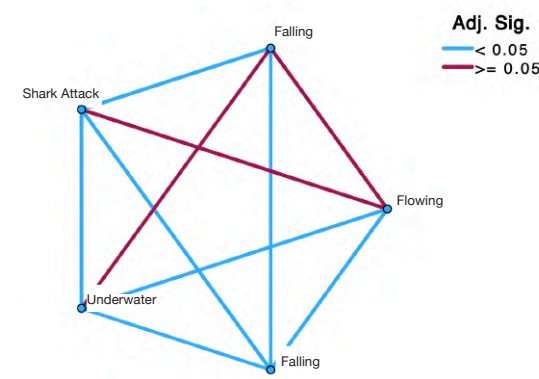
Βασικά Ευρήματα από Ζεύγη Συγκρίσεων των Ερεθισμάτων



Ασυμμετρία (Skewness):

Οι συγκρίσεις ανά ζεύγη αποκάλυψαν σημαντικές διαφορές στην ασυμμετρία μεταξύ όλων των ερεθισμάτων. Η ασυμμετρία μετρά την απόκλιση στη συμμετρία της κατανομής δεδομένων HRV. Οι σημαντικές διαφορές υποδεικνύουν ότι τα βίντεο προκάλεσαν διαφορετικά επίπεδα ασυμμετρίας, αντανakλώντας διακριτές συναισθηματικές ή φυσιολογικές επιδράσεις. Για παράδειγμα, ασυμμετρία κοντά στο μηδέν υποδεικνύει ισορροπημένες φυσιολογικές αντιδράσεις που συνδέονται με τη χαλάρωση, ενώ μεγαλύτερη ασυμμετρία μπορεί να υποδηλώνει στρες ή αυξημένη διέγερση. Σύμφωνα με το διάγραμμα της ασυμμετρίας, οι κόμβοι *Falling* και *Underwater*

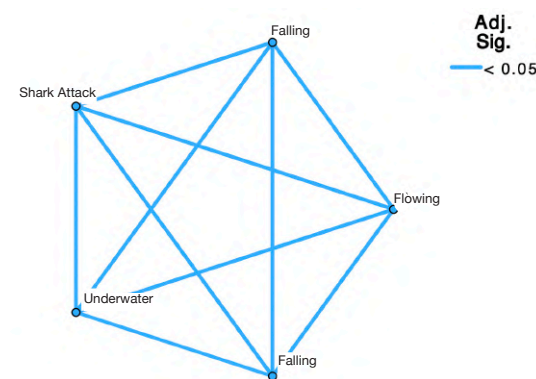
σχετίζονται περισσότερο με ισορροπημένες αντιδράσεις, υποδεικνύοντας πιθανώς πιο χαλαρές καταστάσεις.



Ισχύς (Power):

Παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην ισχύ των σημάτων HRV μεταξύ των ερεθισμάτων. Η ισχύς του HRV αντανakλά τη συνολική ενέργεια στο σήμα και συνδέεται συχνά με τη δραστηριότητα του αυτόνομου νευρικού συστήματος. Υψηλότερη ισχύς, συνδέεται με κυριαρχία του παρασυμπαθητικού συστήματος και χαλάρωση, ενώ χαμηλότερη ισχύς μπορεί να υποδηλώνει ενεργοποίηση του συμπαθητικού συστήματος και αυξημένη διέγερση. Στο διάγραμμα της ισχύος, ο κόμβος *Shark Attack* παρουσίασε λιγότερες σημαντικές

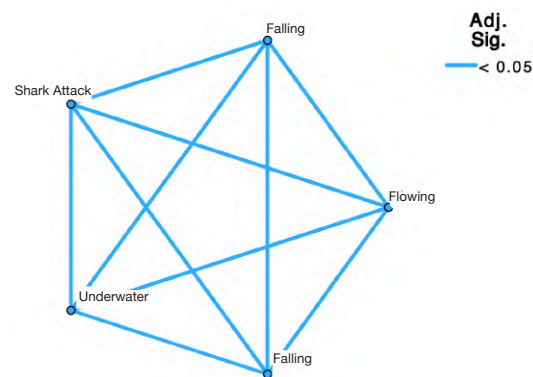
διαφορές, υποδεικνύοντας μεγαλύτερη σταθερότητα και χαλάρωση. Το αποτέλεσμα αυτό ενδέχεται να έχει επηρεαστεί από τα επίπεδα κούρασης των υποκειμένων τα οποία αυξάνονταν με την πάροδο του χρόνου.



Τυπική Απόκλιση (STD):

Η τυπική απόκλιση του HRV ήταν σημαντικά διαφορετική μεταξύ όλων των ερεθισμάτων. Η τυπική απόκλιση αντικατοπτρίζει τη μεταβλητότητα στο HRV. Υψηλότερη μεταβλητότητα υποδηλώνει πιο δυναμικές αντιδράσεις του αυτόνομου συστήματος, συνήθως συνδεδεμένες με χαλάρωση ή συναισθηματική εμπλοκή. Αντίθετα, χαμηλότερη μεταβλητότητα υποδεικνύει πιο σταθερή ή ελεγχόμενη κατάσταση, συχνά συνδεδεμένη με στρες ή συναισθηματική ουδετερότητα.

Οι κόμβοι *Falling* και *Underwater* στο διάγραμμα STD σχετίστηκαν με τις πιο χαλαρές καταστάσεις, καθώς εμφάνισαν τα χαμηλότερα επίπεδα στρες και μεγαλύτερη σταθερότητα.



Εντροπία (Entropy):

Σημαντικές διαφορές στην εντροπία παρατηρήθηκαν μεταξύ όλων των ερεθισμάτων. Η εντροπία μετρά την απροβλεψιμότητα ή την πολυπλοκότητα στη δυναμική του HRV. Υψηλότερη εντροπία υποδηλώνει πιο προσαρμοστικές και δυναμικές αντιδράσεις, συνήθως συνδεδεμένες με χαλάρωση και παρασυμπαθητική ενεργοποίηση. Χαμηλότερη εντροπία υποδηλώνει πιο προβλέψιμες, άκαμπτες αντιδράσεις, συχνά συνδεδεμένες με στρες ή αυξημένη διέγερση. Ο κόμβος *Static* εμφάνισε χαμηλότερες διαφορές εντροπίας, υποδεικνύοντας μια πιο ισορροπημένη και

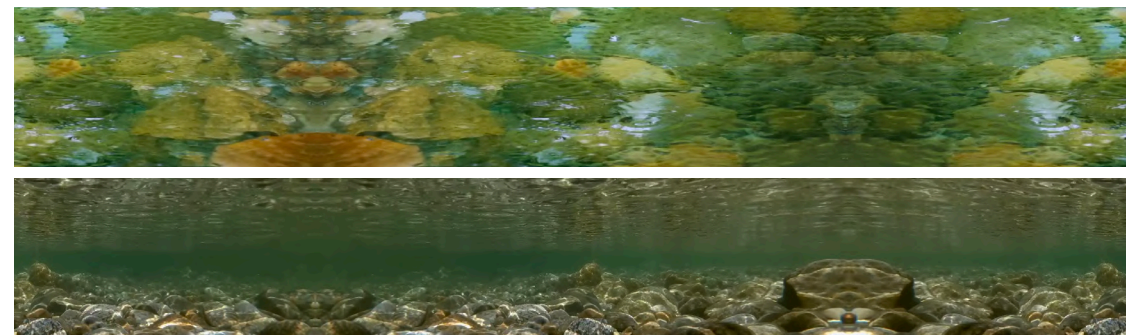
και χαλαρή φυσιολογική απόκριση.

Συνδυαστική Ερμηνεία των Ενημάτων

Τα συνολικά αποτελέσματα από τις τέσσερις μετρικές HRV—ασυμμετρία, ισχύς, τυπική απόκλιση και εντροπία—κατέδειξαν ότι τα βίντεο είχαν διακριτές και μετρήσιμες επιδράσεις στις φυσιολογικές καταστάσεις των συμμετεχόντων. Αυτές οι επιδράσεις αντικατοπτρίζουν διαφορετικά επίπεδα στρες, χαλάρωσης και διέγερσης, που ρυθμίζονται από το αυτόνομο νευρικό σύστημα. Βίντεο με υψηλότερη μεταβλητότητα HRV (υψηλότερο STD και εντροπία) προκάλεσαν χαλάρωση, ενώ εκείνα με χαμηλότερη μεταβλητότητα (χαμηλότερο STD και εντροπία) προκάλεσαν στρες ή αυξημένη διέγερση. Οι διαφορές στην ισχύ HRV υποδεικνύουν ότι ορισμένα βίντεο ενεργοποίησαν το παρασυμπαθητικό σύστημα (χαλάρωση), ενώ άλλα το συμπαθητικό σύστημα (διέγερση). Χαλαρωτικά βίντεο χαρακτηρίστηκαν από υψηλότερη μεταβλητότητα και εντροπία HRV, καθώς και πιο ισορροπημένη ασυμμετρία και μεγαλύτερη ισχύ στις παρασυμπαθητικές συχνότητες.

Συμπεράσματα

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων HRV έδειξε ότι τα βίντεο προκάλεσαν διακριτές και μετρήσιμες φυσιολογικές αντιδράσεις



Εικόνα : Τα Ερεθίσματα 4 (βροχή) και 2 (υποβρύχια εμπειρία) σχετίστηκαν με την περισσότερη χαλάρωση βάσει της ανάλυσης των σημάτων ECG.

στους συμμετέχοντες. Βίντεο που προκάλεσαν υψηλότερη μεταβλητότητα HRV και εντροπία συνδέθηκαν με χαλάρωση, ενώ βίντεο με χαμηλότερη μεταβλητότητα και εντροπία συνδέθηκαν με στρες ή αυξημένη διέγερση. Οι μετρικές ασυμμετρίας και ισχύος επιβεβαίωσαν την επίδραση των βίντεο στο αυτόνομο νευρικό σύστημα.

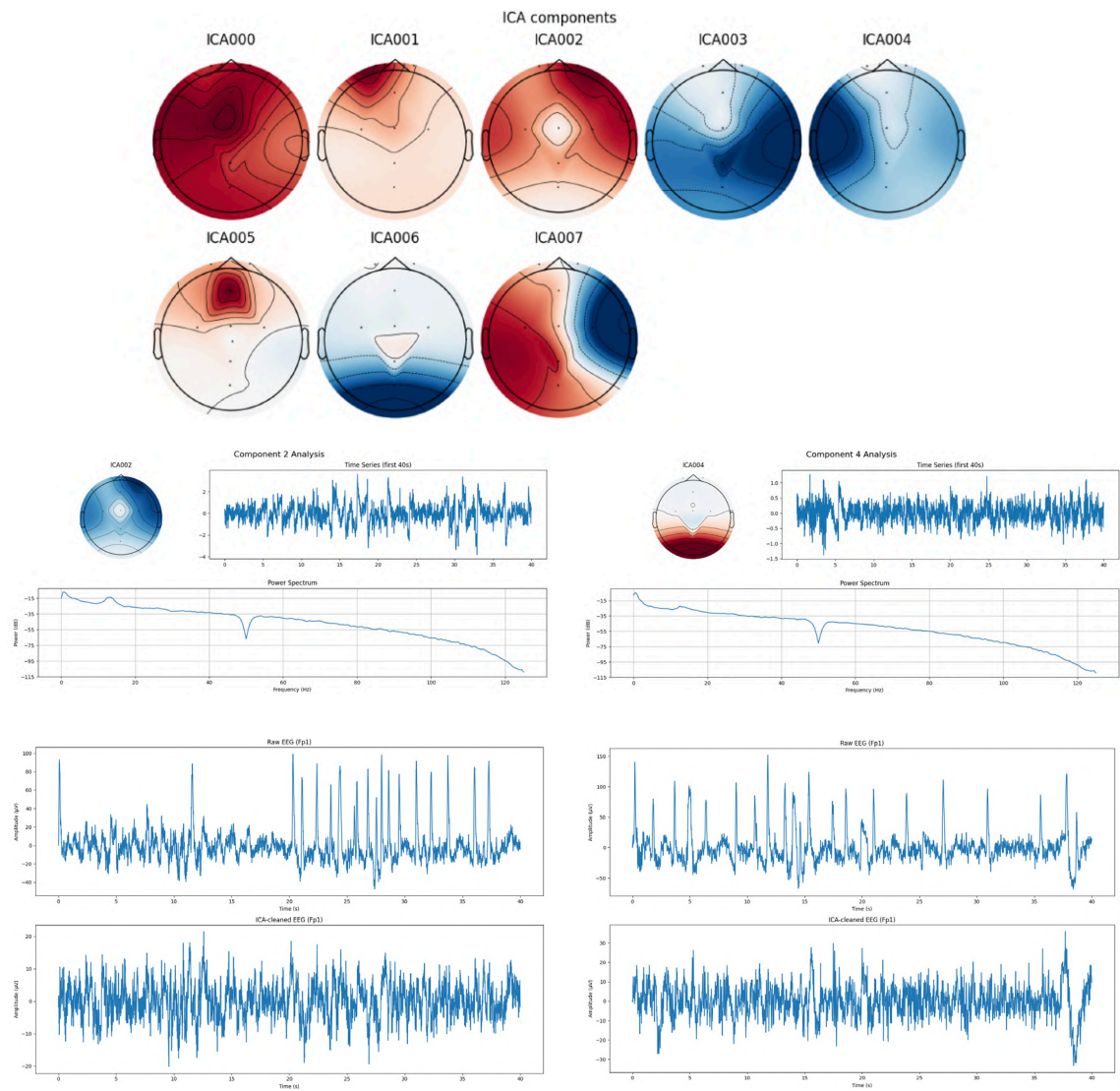
Αυτά τα αποτελέσματα υπογραμμίζουν τη δυνατότητα χρήσης του HRV ως εργαλείο για την αξιολόγηση συναισθηματικών και φυσιολογικών αποκρίσεων σε πολυμέσα. Παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για το πώς οι συναισθηματικοί, ψυχολογικοί και αισθητηριακοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν τη λειτουργία του αυτόνομου νευρικού συστήματος. Μελλοντικές μελέτες θα μπορούσαν να εξετάσουν επιπλέον μετρικές ή να διαφοροποιήσουν τις πειραματικές συνθήκες για τη βελτίωση της κατανόησης των

φυσιολογικών αποκρίσεων που προκαλούνται από τα πολυμέσα. Τα βίντεο *Falling* και *Underwater* προκάλεσαν τη μεγαλύτερη χαλάρωση, με ισορροπημένες φυσιολογικές αντιδράσεις, χαμηλά επίπεδα στρες και σταθερότητα.

2.3 Ανάλυση σημάτων EEG

2.3.1 Επεξεργασία σημάτων

Η ανάλυση των EEG σημάτων για την εξαγωγή συναισθηματικών αποκρίσεων πραγματοποιήθηκε μέσω μιας συστηματικής διαδικασίας που περιλάμβανε προεπεξεργασία, φιλτράρισμα, εξαγωγή φασματικών χαρακτηριστικών και στατιστική ανάλυση. Τα δεδομένα καταγράφηκαν με συχνότητα δειγματοληψίας 250 Hz και περιλάμβαναν εννέα διαφορετικά ερεθίσματα, χωρισμένα



Εικόνα 16: Φίλτρο ICA σε εγκεφαλικά σήματα

σε δύο βίντεο. Η διαδικασία ανάλυσης ξεκίνησε με την απομάκρυνση των πρώτων 30 δευτερολέπτων από κάθε καταγραφή, λόγω παρουσίας θορύβου που προερχόταν κυρίως από εξωτερικές παρεμβολές και μηχανικές κινήσεις.

Στη συνέχεια, το σήμα φιλτραρίστηκε στο εύρος συχνοτήτων 1-70 Hz, το οποίο είναι το βέλτιστο για την ανάλυση EEG, καθώς περιλαμβάνει τις κρίσιμες συχνότητες των εγκεφαλικών κυμάτων (δέλτα, θήτα, άλφα, βήτα, γάμμα) και απομακρύνει θορύβους και ανεπιθύμητα σήματα υψηλότερης ή χαμηλότερης συχνότητας (Poza et al., 2012). Εφαρμόστηκαν επίσης notch φίλτρα στα 50 Hz και 100 Hz για την εξάλειψη θορύβων που σχετίζονται με τις αρμονικές του ηλεκτρικού ρεύματος.

Για την εξαγωγή φασματικών χαρακτηριστικών, υπολογίστηκε η κανονικοποιημένη φασματική πυκνότητα ισχύος (Power Spectral Density, PSD) για κάθε φιλτραρισμένο σήμα, καθώς και η διάμεση συχνότητα (median frequency), η οποία παρέχει πληροφορίες για τη φασματική κατανομή της ενέργειας του εγκεφάλου. Το σήμα χωρίστηκε σε παράθυρα των 10 δευτερολέπτων, και για κάθε παράθυρο υπολογίστηκαν το PSD και η διάμεση συχνότητα, ώστε να επιτευχθεί λεπτομερής ανάλυση (Poza et al., 2014).

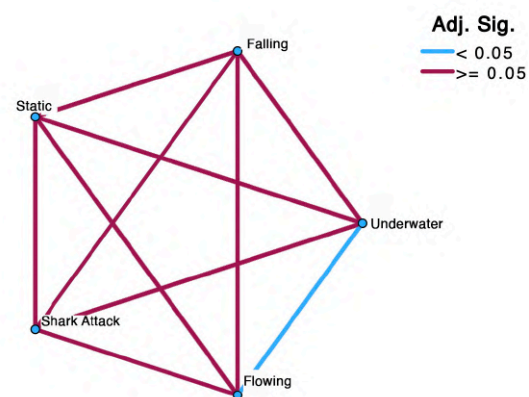
Για την απομάκρυνση των τεχνητών συστατικών, εφαρμόστηκε Ανεξάρτητη Ανάλυση Συστατικών (ICA), μια μέθοδος που διαχωρίζει το σήμα σε ανεξάρτητα συστατικά. Οι κινήσεις των ματιών και άλλοι θόρυβοι εντοπίστηκαν και αφαιρέθηκαν μέσω υπολογισμού της κυρτότητας των συστατικών. Συστατικά με κυρτότητα μεγαλύτερη από 10 θεωρήθηκαν ως θορυβώδη και απομακρύνθηκαν, ενώ το πρώτο συστατικό (σχετιζόμενο με κινήσεις ματιών) απομακρύνθηκε επίσης (Delorme & Makeig, 2004).

Η χρονική ανάλυση περιλάμβανε την εξαγωγή των 5 δευτερολέπτων πριν από κάθε ερέθισμα για τον υπολογισμό της γραμμής βάσης (baseline). Στη συνέχεια, ανιχνεύτηκαν οι μέγιστες κορυφές του σήματος, και υπολογίστηκαν στατιστικά χαρακτηριστικά όπως η μέση τιμή και το εύρος τους. Ο συνδυασμός φασματικής και χρονικής ανάλυσης παρείχε μια ολοκληρωμένη εικόνα της εγκεφαλικής δραστηριότητας και των συναισθηματικών αποκρίσεων.

2.3.2 Στατιστική Ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των ερεθισμάτων ανέδειξε σημαντικά μοτίβα στις βασικές μετρικές όπως η ασυμμετρία (skewness), η

ισχύς (power), η τυπική απόκλιση (STD) και η εντροπία (entropy). Αυτές οι μετρικές παρείχαν πληροφορίες για τις φυσιολογικές και γνωστικές αντιδράσεις που προκάλεσε κάθε ερέθισμα, βοηθώντας να προσδιοριστεί ποιο ερέθισμα είχε τη μεγαλύτερη χαλαρωτική επίδραση.

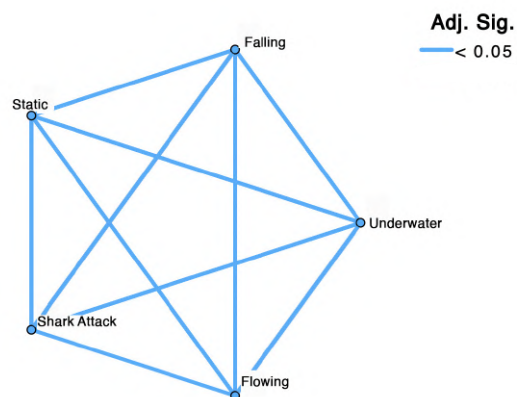


Ασυμμετρία (Skewness):

Οι συγκρίσεις ανά ζεύγη αποκάλυψαν σημαντική διαφορά στην ασυμμετρία μόνο μεταξύ των ερεθισμάτων *Flowing* και *Underwater*. Οι περισσότερες υπόλοιπες συγκρίσεις δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές, υποδεικνύοντας γενική ομοιότητα μεταξύ των ερεθισμάτων.

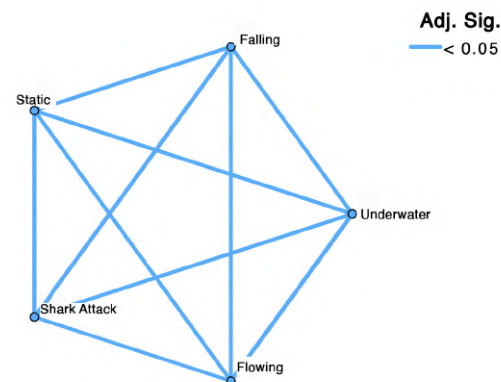
Το *Underwater* παρουσίασε τη μεγαλύτερη

αρνητική ασυμμετρία, υποδεικνύοντας μια πιο σταθερή και συνεπή φυσιολογική απόκριση, που συνήθως σχετίζεται με τη χαλάρωση. Το *Falling* είχε τη μεγαλύτερη θετική ασυμμετρία, αντανakλώντας αυξημένη μεταβλητότητα που μπορεί να υποδηλώνει διέγερση ή στρες.



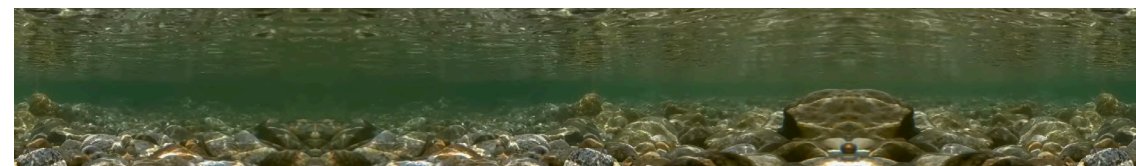
Ισχύς (Power):

Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην ισχύ μεταξύ των ερεθισμάτων, καθώς όλες οι συγκρίσεις ήταν μη σημαντικές. Η ισχύς κατανέμεται ομοιόμορφα μεταξύ των ερεθισμάτων, χωρίς ουσιαστικές διαφοροποιήσεις που να συνδέονται με τη χαλάρωση.



Τυπική Απόκλιση (STD):

Πολλές συγκρίσεις που περιλάμβαναν το *Flowing* έδειξαν σημαντικές διαφορές στη μεταβλητότητα. Τα ερεθίσματα *Static*, *Shark Attack* και *Underwater* παρουσίασαν τη χαμηλότερη μεταβλητότητα, υποδεικνύοντας μια ηρεμιστική επίδραση με μειωμένες φυσιολογικές διακυμάνσεις. Το *Flowing* εμφάνισε τη μεγαλύτερη μεταβλητότητα, αντανakλώντας μια πιο δυναμική απόκριση που πιθανώς συνδέεται με διέγερση. Τα αποτελέσματα αυτά ενδέχεται να επηρεάζονται από την κούραση των υποκειμένων με την πάροδο του χρόνου.



Εικόνα : Το Ερέθισμα 2 (υποβρύχια εμπειρία) σχετίστηκε με την περισσότερη χαλάρωση βάσει της ανάλυσης των σημάτων EEG.

Εντροπία (Entropy):

Οι συγκρίσεις μεταξύ των ερεθισμάτων *Underwater*, *Static*, *Falling* και *Flowing* έδειξαν σημαντικές διαφορές στην εντροπία. Οι συγκρίσεις που περιλάμβαναν το *Shark Attack* έδειξαν μικρότερη διαφοροποίηση, καθώς το συγκεκριμένο ερέθισμα κυριαρχούσε στην εντροπία.

Το *Falling* παρουσίασε τη χαμηλότερη εντροπία, γεγονός που μπορεί να υποδεικνύει μειωμένη γνωστική εμπλοκή ή διέγερση, ευθυγραμμισμένο με τη χαλάρωση. Το *Shark*

Attack εμφάνισε την υψηλότερη εντροπία, γεγονός που υποδηλώνει αυξημένη πνευματική εμπλοκή ή στρες.

Συμπεράσματα

Shark Attack: Ξεχωρίζει με την υψηλότερη εντροπία και την πιο συμμετρική ασυμμετρία, υποδηλώνοντας αυξημένη πνευματική εμπλοκή και ισορροπημένη απόκριση.

Falling: Παρουσιάζει τη χαμηλότερη εντροπία και τη μεγαλύτερη θετική ασυμμετρία, γεγονός που υποδηλώνει μειωμένη γνωστική εμπλοκή αλλά αυξημένη φυσιολογική μεταβλητότητα.

Underwater: Δείχνει τη μεγαλύτερη αρνητική ασυμμετρία και μέτρια επίπεδα εντροπίας και μεταβλητότητας, υποδεικνύοντας σταθερές και χαλαρωτικές αντιδράσεις.

Flowing: Παρουσιάζει τη μεγαλύτερη μεταβλητότητα στην τυπική απόκλιση και έντονη αρνητική ασυμμετρία, αντανακλώντας δυναμικές αλλά όχι απαραίτητα χαλαρωτικές αντιδράσεις.

Static: Διατηρεί συνέπεια σε όλες τις μετρικές, με μέτρια εντροπία και ασυμμετρία, υποδεικνύοντας μια ηρεμιστική αλλά ουδέτερη επίδραση.

Λαμβάνοντας υπόψη όλες τις μετρικές, το

Underwater φαίνεται να έχει τη μεγαλύτερη χαλαρωτική επίδραση στους συμμετέχοντες. Αυτό αποδεικνύεται από τον συνδυασμό χαμηλής εντροπίας, της μεγαλύτερης αρνητικής ασυμμετρίας και της χαμηλής μεταβλητότητας στη φυσιολογική απόκριση. Το *Falling* επίσης παρουσιάζει χαρακτηριστικά χαλάρωσης λόγω της χαμηλής εντροπίας, αλλά η υψηλότερη ασυμμετρία και μεταβλητότητα το καθιστούν λιγότερο σταθερό σε σύγκριση με το *Underwater*.

2.4 Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των δεδομένων προκύπτει ότι το ερέθισμα “Underwater” είναι το πιο χαλαρωτικό μεταξύ των δοκιμασμένων ερεθισμάτων. Αυτό βασίζεται σε πολλαπλές μετρικές που συνδέονται με τη φυσιολογική και συναισθηματική απόκριση των συμμετεχόντων:

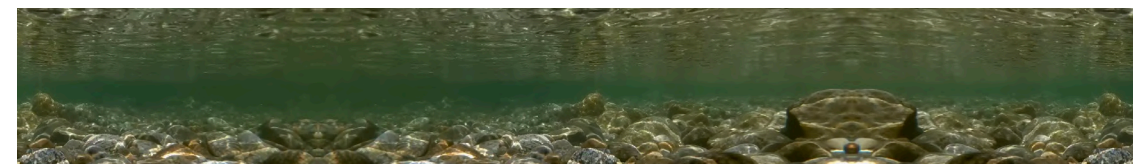
1. **Ασυμμετρία (Skewness):** Το *Underwater* παρουσίασε τη μεγαλύτερη αρνητική ασυμμετρία, υποδεικνύοντας μια σταθερή και συνεπή φυσιολογική απόκριση, που σχετίζεται με χαλάρωση.
2. **Τυπική Απόκλιση (STD):** Το *Underwater* παρουσίασε χαμηλή μεταβλητότητα, υποδεικνύοντας μειωμένες φυσιολογικές διακυμάνσεις και ηρεμία.
3. **Ισχύς (Power):** Αν και η ισχύς ήταν

ομοιόμορφη για όλα τα ερεθίσματα, οι υπόλοιπες μετρικές αναδεικνύουν το *Underwater* ως το πιο σταθερό και χαλαρωτικό ερέθισμα.

4. **Εντροπία (Entropy):** Το *Underwater* είχε μέτρια επίπεδα εντροπίας, κάτι που δείχνει ισορροπημένη γνωστική εμπλοκή, ενώ ερέθισμα όπως το *Falling* με χαμηλότερη εντροπία υποδηλώνει πιθανή χαλάρωση αλλά με λιγότερη σταθερότητα.

Τελικό Συμπέρασμα

Το ερέθισμα *Underwater* αναδεικνύεται ως το πιο χαλαρωτικό, καθώς συνδυάζει τη σταθερότητα, την ισορροπημένη φυσιολογική απόκριση, και τη χαμηλή μεταβλητότητα. Αυτό υπογραμμίζει την αποτελεσματικότητα των υποβρύχιων σκηνών στη μείωση του στρες και την προώθηση της χαλάρωσης, όπως προκύπτει από τις μετρήσεις HRV και EEG.

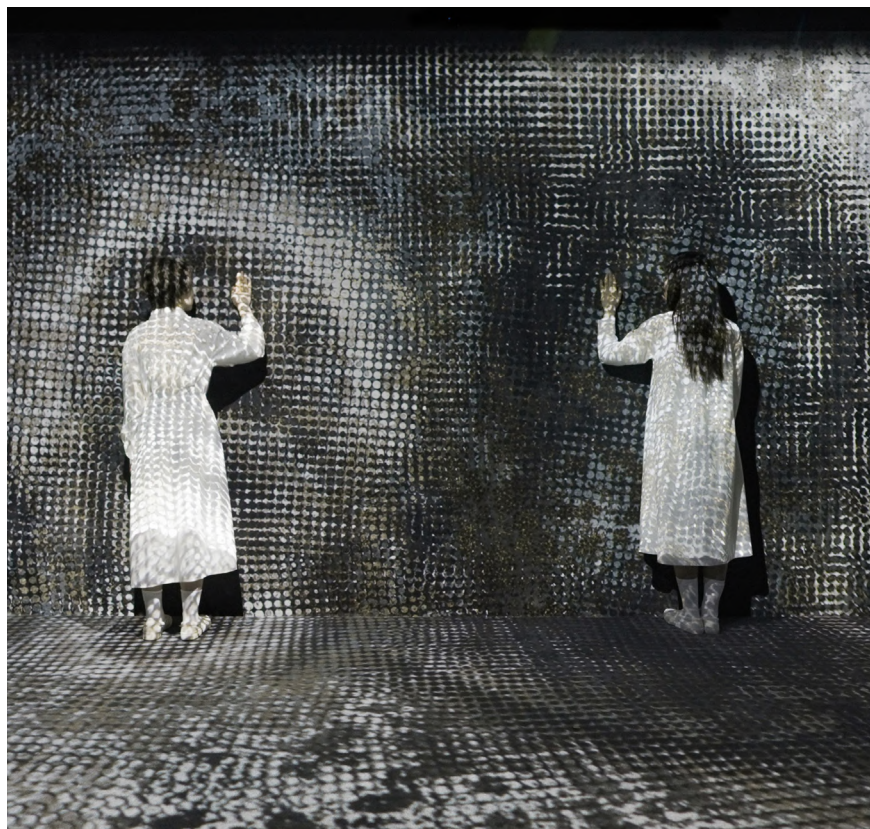


Εικόνα 17: Το Ερέθισμα 2 (υποβρύχια εμπειρία) σχετίστηκε με την περισσότερη χαλάρωση βάσει των συνολικών αναλύσεων.

03

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΠΡΟΒΟΛΕΣ



Εικόνα 18: Borderless, teamLab, 2024 (<https://www.teamlab.art/e/tokyo/>).

3.1 Σημασία βιοσημάτων στις δυναμικές προβολές

Τα βιοσήματα αποτελούν ένα καινοτόμο εργαλείο στις δυναμικές προβολές, επιτρέποντας τη δημιουργία προσαρμοστικών και δυναμικών οπτικών περιβαλλόντων βασισμένων σε πραγματικά φυσιολογικά δεδομένα. Μέσω της παρακολούθησης βιομετρικών δεικτών, όπως ο καρδιακός ρυθμός, η εγκεφαλική δραστηριότητα, η αγωγιμότητα του δέρματος και τα πρότυπα αναπνοής, οι δυναμικές προβολές μπορούν να προσαρμόζονται σε πραγματικό χρόνο ώστε να βελτιστοποιούν τις συναισθηματικές, γνωστικές και φυσιολογικές αποκρίσεις των χρηστών. Αυτή η ενσωμάτωση προσφέρει σημαντικές δυνατότητες σε τομείς όπως η θεραπεία ψυχικής υγείας, οι χώροι χαλάρωσης, οι εκπαιδευτικές προσομοιώσεις και οι διαδραστικές καλλιτεχνικές εγκαταστάσεις (Bouchard et al., 2012). Η σύγκλιση της βιοανατροφοδότησης και των δυναμικών προβολών υπογραμμίζει τον αυξανόμενο ρόλο της τεχνολογίας στην ενίσχυση της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή και στη δημιουργία εξατομικευμένων εμπειριών.

Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση επιπέδων στρες, καταστάσεων χαλάρωσης, συγκέντρωσης και άλλων συναισθηματικών ή γνωστικών διεργασιών.

Οι βασικές τεχνολογίες βιοανατροφοδότησης περιλαμβάνουν:

Ηλεκτροεγκεφαλογραφία (EEG): Καταγράφει την εγκεφαλική δραστηριότητα και ανιχνεύει γνωστικές καταστάσεις, όπως χαλάρωση, συγκέντρωση και στρες (Thompson & Thompson, 2015).

Μεταβλητότητα Καρδιακού Ρυθμού (HRV): Μετρά τις διακυμάνσεις του καρδιακού ρυθμού, παρέχοντας πληροφορίες για τη ρύθμιση του αυτόνομου νευρικού συστήματος (Shaffer & Ginsberg, 2017).

Ηλεκτρομυογραφία (EMG): Καταγράφει την ένταση των μυών, η οποία σχετίζεται με το σωματικό και συναισθηματικό στρες (Cacioppo et al., 2007).

Γαλβανική Αντίδραση του Δέρματος (GSR): Μετρά τις αλλαγές στην αγωγιμότητα του δέρματος ως ένδειξη συναισθηματικής διέγερσης (Critchley, 2002).

Αισθητήρες Αναπνοής: Παρακολουθούν τα μοτίβα αναπνοής για τη διαφοροποίηση μεταξύ χαλάρωσης και στρες (Van Diest et al., 2006).

Η προβολική χαρτογράφηση έχει εξελιχθεί πέρα από τις στατικές οπτικές απεικονίσεις, ενσωματώνοντας πλέον διαδραστικά στοιχεία που ανταποκρίνονται στην κατάσταση του χρήστη. Η ενσωμάτωση

της βιοανατροφοδότησης ενισχύει αυτή την προσαρμοστικότητα, επιτρέποντας την τροποποίηση των οπτικών ερεθισμάτων σε πραγματικό χρόνο σύμφωνα με τη φυσιολογική κατάσταση του χρήστη.

Προσαρμοζόμενα Περιβάλλοντα για Μείωση του Στρες

Οι τεχνολογίες προβολικής χαρτογράφησης που αξιοποιούν τη βιοανατροφοδότηση μπορούν να ανιχνεύουν επίπεδα στρες και να τροποποιούν το οπτικό περιεχόμενο για την προώθηση της χαλάρωσης. Για παράδειγμα, αν ανιχνευθεί αυξημένος καρδιακός ρυθμός, το σύστημα μπορεί να προσαρμόσει τις προβολές σε πιο ήπιες και ομαλές εικόνες, όπως κυματισμούς νερού, για να μειώσει το άγχος (Yu et al., 2018).

Βελτίωση της Διαλογιστικής Εμπειρίας

Οι χώροι διαλογισμού μπορούν να ενσωματώνουν βιοανατροφοδότηση για τη δημιουργία οπτικών απεικονίσεων που ανταποκρίνονται στη νοητική κατάσταση των χρηστών. Δεδομένα EEG μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δυναμική μεταβολή των χρωμάτων, της φωτεινότητας και της κίνησης των προβολών, επιτρέποντας στους χρήστες να επιτύχουν βαθύτερες καταστάσεις χαλάρωσης (Repetto et al., 2020).

Προσωποποιημένες Θεραπευτικές Εμπειρίες

Στις θεραπευτικές εφαρμογές, η προβολική χαρτογράφηση μπορεί να προσαρμόζεται στις

συναισθηματικές αντιδράσεις των ασθενών. Αυτή η τεχνική είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για άτομα που πάσχουν από PTSD, άγχος ή κατάθλιψη, καθώς οι προβολές μπορούν να δημιουργούν καταπραϊντικά οπτικά ερεθίσματα που συμβάλλουν στη συναισθηματική ρύθμιση (Cipresso et al., 2018).

Διαδραστικές Προβολές και Καλλιτεχνικές Εγκαταστάσεις

Οι καλλιτέχνες μπορούν να αξιοποιήσουν τη βιοανατροφοδότηση για τη δημιουργία διαδραστικών προβολικών έργων που ανταποκρίνονται στα συναισθήματα και τις φυσιολογικές αντιδράσεις των θεατών. Η εμπειρία του θεατή γίνεται εξατομικευμένη, καθώς η φυσιολογία του επηρεάζει την καλλιτεχνική απεικόνιση (Lécuyer et al., 2008).

3.2 Μελλοντικές Προοπτικές και Καινοτομίες

Οι μελλοντικές εξελίξεις στην τεχνολογία προβολικής χαρτογράφησης και βιοανατροφοδότησης περιλαμβάνουν:

Τεχνητή Νοημοσύνη: Η βελτιστοποίηση των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης για την ακριβέστερη ανάλυση των φυσιολογικών δεδομένων και τη δημιουργία εξατομικευμένων εμπειριών (Sarkar et al., 2021).

Φορητοί και Μη Επεμβατικοί Αισθητήρες: Ανάπτυξη ελαφρών και μη επεμβατικών συσκευών βιοανατροφοδότησης για ευκολότερη ενσωμάτωση σε συστήματα προβολής (Sharma et al., 2019).

Πολυαισθητηριακή Ενσωμάτωση: Συνδυασμός βιοανατροφοδότησης με απτικά ερεθίσματα, χωρικό ήχο και διάχυση αρωμάτων για τη δημιουργία πλήρως καθηλωτικών εμπειριών (Slater et al., 2016).

3.3 Συμπεράσματα

Η ενσωμάτωση της βιοανατροφοδότησης στην προβολική χαρτογράφηση αντιπροσωπεύει μια σημαντική εξέλιξη στη δημιουργία διαδραστικών και εξατομικευμένων εμπειριών. Αυτή η τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει τη θεραπευτική αγωγή, να μειώσει το στρες, να βελτιστοποιήσει τις επιδόσεις και να προωθήσει την καλλιτεχνική έκφραση. Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται, η σύνθεση της τεχνητής νοημοσύνης, των βιοαισθητήρων και της πολυαισθητηριακής εμπειρίας αναμένεται να ανοίξει νέους δρόμους για την εφαρμογή της βιοανατροφοδότησης στην ψηφιακή αλληλεπίδραση.



Εικόνα 19: Flowers and Fish - Enoshima Aquarium Big Sagami Bay Tank, teamLab, 2015 (<https://www.teamlab.art/w/flowersand-fish/>)

04

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΔΩΜΑΤΙΑ ΑΠΟΣΥΜΠΙΕΣΗΣ



Εικόνα 20: Εικονικό δωμάτιο αποσυμπίεσης (εικόνα δημιουργημένη από επιμελήτρια μέσω DALL-E).

Σε επαγγέλματα υψηλού στρες, τα άτομα εκτίθενται συχνά σε έντονες ψυχολογικές και φυσιολογικές προκλήσεις που μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την ευημερία τους. Από τους αστροναύτες που βιώνουν αισθητηριακή απομόνωση στο διάστημα έως τους εργαζόμενους έκτακτης ανάγκης που διαχειρίζονται τραυματικά περιστατικά, και από τους μεταλλωρύχους που εργάζονται σε περιορισμένα υπόγεια περιβάλλοντα έως τους εκπαιδευτικούς που αντιμετωπίζουν υψηλές συναισθηματικές και γνωστικές απαιτήσεις, η ανάγκη για καινοτόμες λύσεις ανακούφισης από το στρες είναι ζωτικής σημασίας.

Τα δωμάτια αποσυμπίεσης που είναι εξοπλισμένες με τεχνολογία προβολών προσφέρουν μια αποτελεσματική προσέγγιση για τη διαχείριση του στρες, τη γνωστική αποκατάσταση και τη βελτίωση της ψυχικής υγείας. Αυτοί οι χώροι αξιοποιούν πολυαισθητηριακά περιβάλλοντα εμβύθισης για να διευκολύνουν τη νοητική αποσυμπίεση, τη συναισθηματική εξισορρόπηση και τη φυσιολογική ανάκαμψη.

4.1 Η Έννοια των Δωματίων Αποσυμπίεσης

Τα δωμάτια αποσυμπίεσης είναι ειδικά διαμορφωμένοι χώροι που έχουν σχεδιαστεί για να ανακουφίζουν το άγχος, την ψυχική κόπωση και το στρες, παρέχοντας ένα

ελεγχόμενο και χαλαρωτικό περιβάλλον. Χρησιμοποιούν προηγμένη τεχνολογία προβολικής χαρτογράφησης (projection mapping) για να δημιουργήσουν δυναμικά οπτικά τοπία, τα οποία προσαρμόζονται στις ανάγκες των χρηστών, διευκολύνοντας τη νοητική χαλάρωση και ψυχολογική ανάκαμψη.

Συνδυάζοντας οπτικές προβολές, ηχητικά τοπία και μηχανισμούς βιοανάδρασης, αυτές οι αίθουσες προσφέρουν μια ολοκληρωμένη και εξατομικευμένη εμπειρία ανακούφισης από το στρες. Λειτουργούν ως ζώνες γνωστικής ανασυγκρότησης, επιτρέποντας στα άτομα να αποστασιοποιηθούν προσωρινά από το απαιτητικό εργασιακό τους περιβάλλον και να ανακτήσουν τη νοητική και συναισθηματική τους ανθεκτικότητα.

4.2 Εφαρμογές σε Περιβάλλοντα Υψηλού Στρες

Διαστημικές Αποστολές και Ακραία Περιβάλλοντα

Οι αστροναύτες σε μακροχρόνιες διαστημικές αποστολές αντιμετωπίζουν αισθητηριακή απομόνωση, κοινωνική αποξένωση και υψηλό γνωστικό φόρτο. Η έλλειψη φυσικών ερεθισμάτων μπορεί να οδηγήσει σε άγχος και ψυχική εξάντληση. Οι αίθουσες αποσυμπίεσης σε διαστημικούς σταθμούς μπορούν να χρησιμοποιούν προβολική τεχνολογία για

να αναπαράγουν γήινα τοπία, όπως δάση, ωκεανούς ή έναστρο ουρανό, βοηθώντας τους αστροναύτες να διατηρούν τη συναισθηματική τους σταθερότητα και να αντιμετωπίζουν την απομόνωση. Αντίστοιχες εφαρμογές μπορούν να υιοθετηθούν και από επιστημονικούς ερευνητές σε Ανταρκτικές βάσεις ή απομακρυσμένα εργαστήρια, επιτρέποντάς τους να συνδεθούν ξανά με καταπραϋντικά τοπία.

Εργαζόμενοι Έκτακτης Ανάγκης και Επαγγελματίες Υγείας

Οι πυροσβέστες, οι νοσηλευτές, οι γιατροί και οι αστυνομικοί έρχονται συχνά αντιμέτωποι με υψηλό στρες και τραυματικές εμπειρίες. Η σωρευτική ψυχολογική επιβάρυνση μπορεί να οδηγήσει σε επαγγελματική εξουθένωση και διαταραχή μετατραυματικού στρες (PTSD). Οι αίθουσες αποσυμπίεσης σε νοσοκομεία, αστυνομικά τμήματα και πυροσβεστικούς σταθμούς προσφέρουν ένα καταφύγιο όπου οι επαγγελματίες μπορούν να ανακάμψουν από δύσκολες καταστάσεις. Βυθιζόμενοι σε γαλήνιες φυσικές σκηνές ή διαλογιστικά οπτικοακουστικά περιβάλλοντα, οι εργαζόμενοι μπορούν να ρυθμίσουν τη φυσιολογική τους απόκριση στο στρες.

Βιομηχανικοί και Υπόγειοι Εργαζόμενοι

Οι μεταλλωρύχοι, οι εργαζόμενοι σε εξέδρες άντλησης πετρελαίου και άλλοι επαγγελματίες

σε ακραίες συνθήκες βιώνουν περιορισμένη πρόσβαση στο φυσικό φως, στον καθαρό αέρα και στους ανοιχτούς χώρους. Οι αίθουσες αποσυμπίεσης μπορούν να λειτουργούν ως νοητικά καταφύγια, προσομοιώνοντας ανοιχτά τοπία, ηλιοφάνεια και φυσικά περιβάλλοντα, ώστε να αντισταθμίζουν τις σκληρές εργασιακές συνθήκες.

Εκπαιδευτικοί και Δημόσιοι Υπάλληλοι Υψηλού Στρες

Οι εκπαιδευτικοί και οι δημόσιοι υπάλληλοι συχνά βιώνουν συναισθηματική φόρτιση, έντονες απαιτήσεις και γνωστική κόπωση. Τα σχολεία και τα κυβερνητικά κτίρια μπορούν να ενσωματώσουν αίθουσες αποσυμπίεσης, επιτρέποντας στους εργαζόμενους να αποστασιοποιηθούν προσωρινά από το στρες και να αναζωογονηθούν μέσω διαλογιστικών προβολών, φυσικών τοπίων και διαδραστικών χαλαρωτικών ασκήσεων.

4.3 Τεχνολογική Ενσωμάτωση

Εξατομικευμένες Προβολές

Οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν από μια ποικιλία οπτικών θεμάτων, όπως δάση, ωκεανούς, αστρικές διαδρομές ή αφηρημένα χαλαρωτικά μοτίβα.

Προσαρμογή μέσω Βιοανάδρασης

Οι αισθητήρες φυσιολογικής δραστηριότητας

μπορούν να ανιχνεύουν στρες και ένταση και να προσαρμόζουν δυναμικά τις προβολές, μεταβάλλοντας χρώματα, μοτίβα και κίνηση.

Τεχνητή Νοημοσύνη για Αναγνώριση Συναισθημάτων

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) μπορεί να αναλύει εκφράσεις προσώπου, βιομετρικά δεδομένα και φωνητικό τόνο, προσαρμόζοντας τις προβολές ώστε να βελτιστοποιήσει τη χαλάρωση.

Επαυξημένη & Εικονική Πραγματικότητα (AR/VR)

Η ενσωμάτωση VR και AR μπορεί να βελτιώσει την αίσθηση απόδρασης, καθιστώντας την εμπειρία ακόμα πιο εμβυθιστική.

Τα δωμάτια αποσυμπίεσης με προβολική τεχνολογία αποτελούν καινοτόμο λύση για τη διαχείριση του στρες, βελτιώνοντας την ψυχική υγεία και την απόδοση των επαγγελματιών σε απαιτητικά περιβάλλοντα.

Καθώς οι τεχνολογίες εξελίσσονται, αυτές οι αίθουσες αναμένεται να καθιερωθούν σε χώρους εργασίας, ερευνητικούς σταθμούς και ακόμα και σε μελλοντικά διαστημικά περιβάλλοντα, παρέχοντας ένα απαραίτητο καταφύγιο αποκατάστασης και χαλάρωσης.

4.4 Συμπεράσματα

Η ενσωμάτωση της βιοανατροφοδότησης στην προβολική χαρτογράφηση προσφέρει

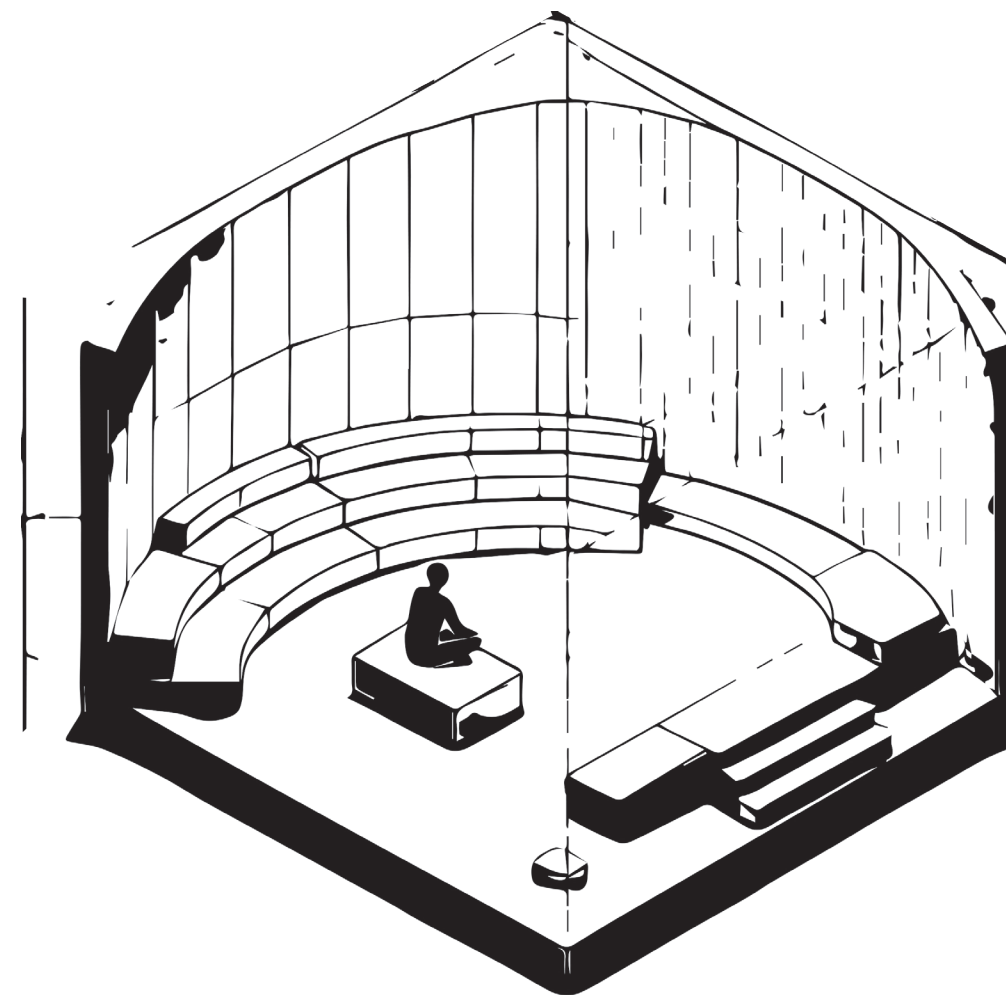
νέες δυνατότητες στη δημιουργία δυναμικών και εξατομικευμένων οπτικών περιβαλλόντων, τα οποία προσαρμόζονται σε πραγματικό χρόνο βάσει φυσιολογικών αποκρίσεων των χρηστών. Χρησιμοποιώντας αισθητήρες EEG, HRV και GSR, τα οπτικά ερεθίσματα μπορούν να μεταβάλλονται δυναμικά, προάγοντας τη χαλάρωση, τη γνωστική ανάκαμψη και τη συναισθηματική ρύθμιση. Αυτή η τεχνολογία βρίσκει εφαρμογή σε θεραπευτικά περιβάλλοντα, διαλογιστικές πρακτικές και εκπαιδευτικές εμπειρίες, ενισχύοντας τη νευροψυχολογική αλληλεπίδραση.

Τα δωμάτια αποσυμπίεσης με προβολική τεχνολογία αποτελούν μια σημαντική εφαρμογή αυτών των καινοτομιών, παρέχοντας ελεγχόμενα περιβάλλοντα χαλάρωσης σε επαγγελματίες που εργάζονται σε συνθήκες υψηλού στρες. Σε τομείς όπως η διαστημική έρευνα, η ιατρική, η βιομηχανία και η εκπαίδευση, η δημιουργία προσαρμοστικών χώρων χαλάρωσης συμβάλλει στη μείωση της επαγγελματικής εξουθένωσης και στην ενίσχυση της ψυχολογικής ανθεκτικότητας. Οι βιοαισθητήρες ανιχνεύουν επίπεδα στρες, ενώ η τεχνητή νοημοσύνη αναλύει τις συναισθηματικές αντιδράσεις, προσαρμόζοντας δυναμικά τις προβολές σε χαλαρωτικά τοπία, διαλογιστικά μοτίβα ή φυσικά περιβάλλοντα.

Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας τεχνητής νοημοσύνης και φορητών αισθητήρων θα

επιτρέπει την περαιτέρω βελτίωση της ακρίβειας και της προσαρμοστικότητας αυτών των συστημάτων, καθιστώντας τα πιο προσιτά και αποτελεσματικά. Η σύνδεση προβολικής χαρτογράφησης, βιοανάδρασης και πολυαισθητηριακής αλληλεπίδρασης αναμένεται να δημιουργήσει πλήρως εμπυθιστικές εμπειρίες, προσφέροντας καινοτόμες λύσεις στη διαχείριση του στρες και στη βελτίωση της ψυχικής υγείας.

Συνολικά, η βιοανατροφοδότηση σε δυναμικές προβολές και οι αίθουσες αποσυμπίεσης αναδεικνύονται ως πρωτοποριακές λύσεις για τη βελτίωση της συναισθηματικής ισορροπίας και της απόδοσης σε απαιτητικά περιβάλλοντα. Η εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών αναμένεται να επεκταθεί, προσφέροντας εξατομικευμένες, βιωματικές εμπειρίες που ενισχύουν την ανθρώπινη ευεξία και την προσαρμοστικότητα σε δύσκολες συνθήκες.

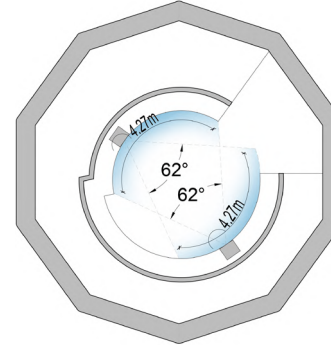
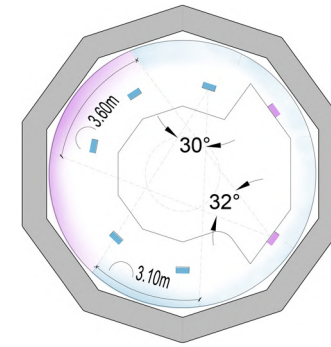


Εικόνα 21: Εικονικό δωμάτιο αποσυμπίεσης.

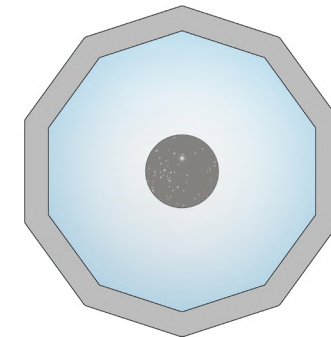
05

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ



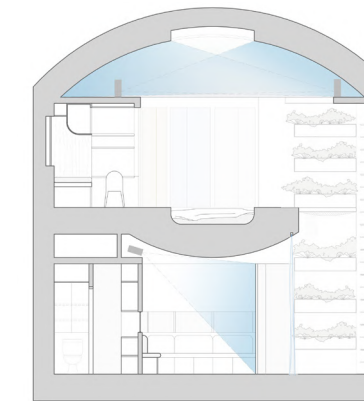
Κάτοψη προβολών στους ορόφους.



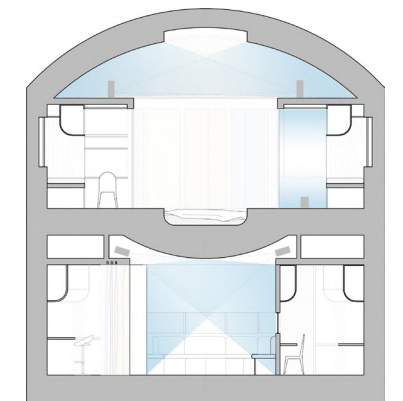
Άνοψη προβολών στον θόλο.



Αποψη προβολών ορόφου.



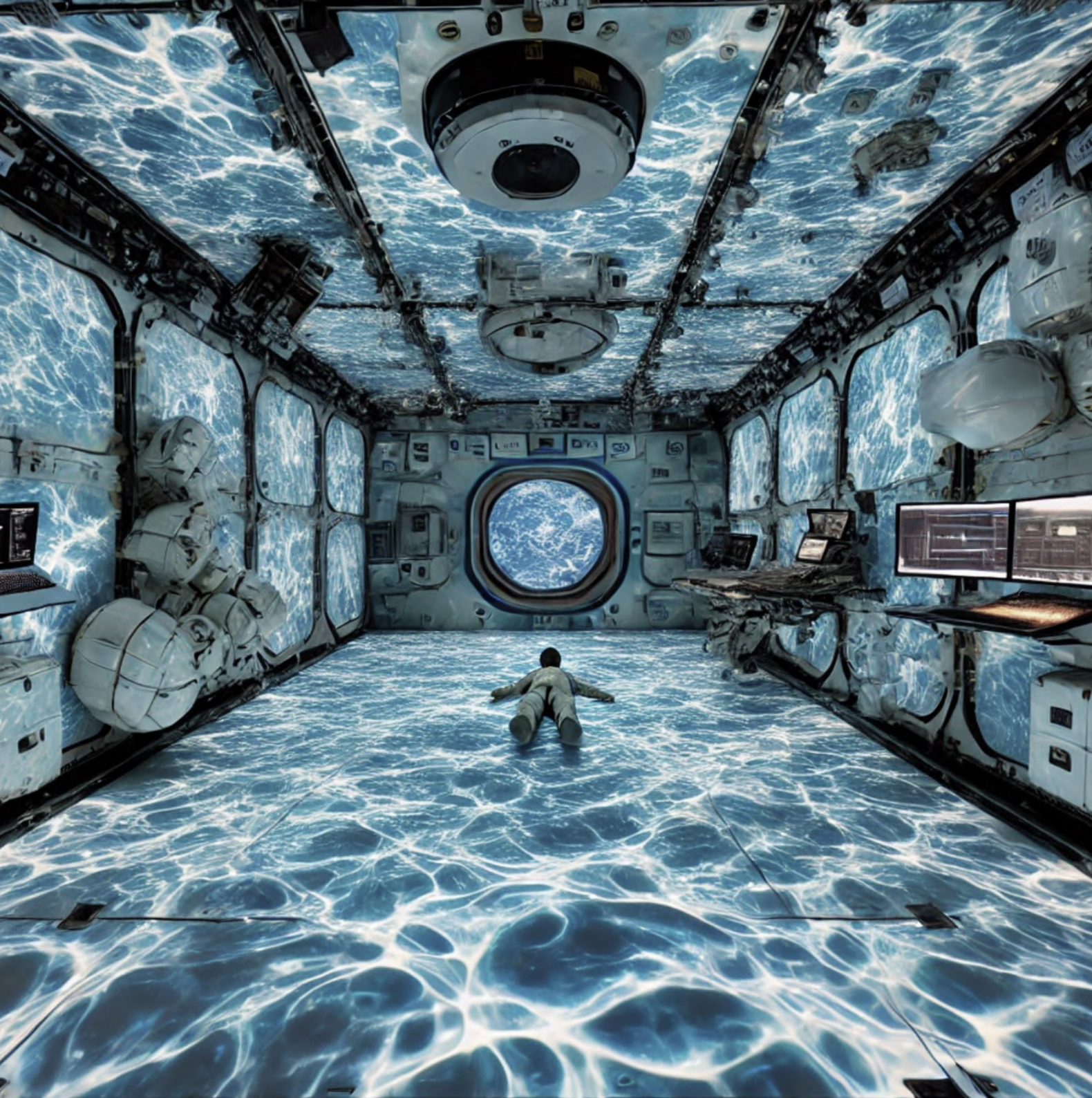
Τομές προβολών.



Proposition for modular space habitat

Christina Balomenaki, Ismene Chrysochoou, Argyro Tsilia, Klea Biniakou,
Prof. Konstantinos-Alketas Oungrinis
presented at the 75th International Astronautical Congress (IAC), Milan, Italy, 14-18 October 2024.





Διαστημικός Σταθμός

Χαλάρωση & εμβύθιση | Καταπολέμιση έλλειψης
αισθητηριακών ερεθισμάτων

Διαστημικό Ανάλογο
Χαλάρωση & εμβύθιση | Αποσυμπίεση





Ερευνητική Βάση

Χαλάρωση & εμβύθιση | Καταπολέμιση έλλειψης
αισθητηριακών ερεθισμάτων

Πυροσβεστικός Σταθμός

Χαλάρωση & εμβύθιση | Αποσυμπίεση





Θάλαμος Ιατρών

Χαλάρωση & εμβύθιση | Καταπολέμιση στρες

Νοσοκομειακός Θάλαμος

Καταπολέμιση στρες | Επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον





Ορυχείο

Καταπολέμιση αίσθησης εγκλεισμού

Ορυχείο

Καταπολέμιση αίσθησης εγκλεισμού





Μαροκινή Σπηλιά

Χρώματα | Καταπολέμιση έλλειψης
αισθητηριακών ερεθισμάτων

Μαροκινή Σπηλιά
Χαλάρωση & εμβύθιση | Διαλογισμός





Εικόνα 23: (προσωπικό αρχείο X.Xατζηαναγνώστου).

Η παρούσα μελέτη διερεύνησε τη σχέση μεταξύ των μπλε χώρων και της ψυχικής ευεξίας μέσω της χρήσης οπτικοακουστικών ερεθισμάτων και βιομετρικών μετρήσεων. Η ανάλυση των δεδομένων EEG και HRV επιβεβαίωσε ότι η οπτική έκθεση σε νερό συμβάλλει στη μείωση του στρες και στην προαγωγή της χαλάρωσης, ευθυγραμμίζοντας τα ευρήματα της παρούσας έρευνας με προηγούμενες μελέτες που αναδεικνύουν τη θετική επίδραση των φυσικών τοπίων στη νευροφυσιολογία του ανθρώπου. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν ότι η προβολή δυναμικών βίντεο με περιβάλλοντα νερού είχε σημαντική επίδραση στη φυσιολογική και συναισθηματική κατάσταση των συμμετεχόντων, με το υποβρύχιο ερέθισμα (Underwater) να ξεχωρίζει ως το πιο χαλαρωτικό. Ωστόσο, η παρούσα μελέτη αντιμετώπισε περιορισμούς που σχετίζονται με τις συνθήκες του πειραματικού περιβάλλοντος, όπως η έλλειψη κλιματισμού και η ακουστική του χώρου, τα οποία ενδέχεται να επηρέασαν την εμπειρία των συμμετεχόντων. Επιπλέον, η διάρκεια της προβολής των ερεθισμάτων και η σταθερή τους σειρά αποτελούν παράγοντες που θα μπορούσαν να διερευνηθούν περαιτέρω σε μελλοντικές έρευνες. Η επέκταση της μελέτης με μεγαλύτερο δείγμα συμμετεχόντων, ποικιλία αισθητηριακών ερεθισμάτων και ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης για την προσαρμογή των προβολών, θα μπορούσε να ενισχύσει την κατανόηση της σχέσης μεταξύ προβολικών

περιβαλλόντων και φυσιολογικής ανάκαμψης από το στρες. Παράλληλα, η ενσωμάτωση της βιοανατροφοδότησης στην προβολική χαρτογράφηση προτείνεται ως μια καινοτόμος προσέγγιση για τη δημιουργία εξατομικευμένων, δυναμικών περιβαλλόντων αποσυμπίεσης. Τα δωμάτια αποσυμπίεσης που βασίζονται στην προσαρμογή των προβολών βάσει φυσιολογικών αποκρίσεων παρουσιάζουν σημαντικές προοπτικές σε τομείς όπως η θεραπεία του στρες, η διαχείριση γνωστικής κόπωσης και η ενίσχυση της ψυχικής ανθεκτικότητας σε ακραία ή απαιτητικά περιβάλλοντα. Η εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας σε διαστημικές αποστολές, χώρους εργασίας υψηλού στρες, αλλά και σε καθημερινά περιβάλλοντα, αναδεικνύει τη δυναμική της ως εργαλείο που συνδυάζει την τεχνολογία, την ψυχολογία και το σχεδιασμό χώρων ευεξίας. Συνοψίζοντας, η έρευνα αυτή συμβάλλει στην κατανόηση της σημασίας των μπλε χώρων και της εφαρμογής τους σε τεχνολογικά προηγμένα περιβάλλοντα αποσυμπίεσης. Τα ευρήματα υποστηρίζουν την αξία της ενσωμάτωσης βιοανατροφοδότησης στις δυναμικές προβολές ως μέσο βελτίωσης ψυχικής υγείας, ανοίγοντας νέες προοπτικές για τη χρήση της τεχνολογίας στην προαγωγή της ανθρώπινης ευεξίας.

PLEASE
DO NOT
DISTURB
|
EXPERIMENT
IN PROCESS



Αφίσα πρόσκλησης για συμμετοχή στο πείραμα



ΠΡΟΣΚΛΗΣΗ ΓΙΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ
ΣΕ ΠΕΙΡΑΜΑ ΧΩΡΙΚΗΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ

Πρόκειται για την προβολή video διάρκειας 20 λεπτών.

Για την καταγραφή των αντιδράσεων θα χρησιμοποιηθεί ένα πολυαισθητηριακό σύστημα καταγραφής βιοσημάτων.

Το πείραμα διεξάγεται στο πλαίσιο διπλωματικών εργασιών φοιτητριών του Πολυτεχνείου Κρήτης, σε συνεργασία με το TUC TIE LAB και το DISPLAY Lab.

ΔΗΛΩΣΕΙΣ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ:



▼ 20/07 - 05/08
Πύλη της Άμμου | Sabbionara, Χανιά.



ΕΝΤΥΠΟ ΣΥΝΑΙΝΕΣΗΣ

Τι θα σας ζητηθεί να κάνετε
Θα παρακολουθήσετε μία σειρά από βίντεο συνολικής διάρκειας 20 λεπτών, ενώ παράλληλα θα πραγματοποιείται καταγραφή βιοσημάτων από πολυαισθητηριακό σύστημα.

Εγγραφή ήχου/βίντεο
Στη διαδικασία του πειράματος θα χρησιμοποιηθούν συσκευές ηχογράφησης ή/και βιντεοσκόπησης με σκοπό την καταγραφή των αποτελεσμάτων και της διαδικασίας. Τα αρχεία θα αρχειοθετηθούν έπειτα από την μεταγραφή τους.

- Ζητείται από τον συμμετέχοντα να παραχωρήσει το δικαίωμα να χρησιμοποιηθούν και να δημοσιευθούν φωτογραφίες και βίντεο από τη διαδικασία του πειράματος. Αυτό περιλαμβάνει το δικαίωμα επεξεργασίας ή αντιγραφής οποιωνδήποτε εικόνων ή/και βίντεο.
- Ο συμμετέχων δεν έχει δικαίωμα να επιθεωρήσει ή να εγκρίνει το τελικό προϊόν ή το έντυπο/δημοσιευμένο υλικό που χρησιμοποιεί τις εικόνες/βίντεο/ηχογραφήσεις ή τις εκδόσεις των εικόνων/βίντεο/ηχογραφήσεων.

- Απόρρητο/εμπιστευτικότητα/ασφάλεια δεδομένων**
- Οι εικόνες, ηχογραφήσεις και βίντεο θα απο-ταυτοποιηθούν πλήρως.
 - Οι πληροφορίες ταυτοποίησης θα διατηρηθούν χωριστά από τα ερευνητικά δεδομένα (π.χ. τα υπογεγραμμένα έντυπα συγκατάθεσης θα διατηρούνται χωριστά από τα δεδομένα της έρευνας και τα δύο δεν θα συνδέονται).
 - Πρόσβαση στα δεδομένα ταυτοποίησης θα έχει αποκλειστικά ο κύριος ερευνητής.

Θα κάνουμε ό,τι μπορούμε για να κρατήσουμε τη συμμετοχή σας σε αυτή την ερευνητική μελέτη εμπιστευτική στο βαθμό που επιτρέπεται από το νόμο- ωστόσο, είναι πιθανό να χρειαστεί να ελέγξουν τα αρχεία της έρευνας και να μάθουν για τη συμμετοχή σας σε αυτή τη μελέτη.

Κοινή χρήση απο-ταυτοποιημένων δεδομένων που συλλέγονται στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας
Τα απο-ταυτοποιημένα δεδομένα από την παρούσα μελέτη μπορούν να κοινοποιηθούν στην ερευνητική κοινότητα στο σύνολό της για την προώθηση της επιστήμης και της υγείας. Θα αφαιρέσουμε ή θα κωδικοποιήσουμε κάθε προσωπική πληροφορία που θα μπορούσε να σας ταυτοποιήσει πριν τα αρχεία μοιραστούν με άλλους ερευνητές, ώστε να διασφαλίσουμε ότι, σύμφωνα με τα τρέχοντα επιστημονικά πρότυπα και τις γνωστές μεθόδους, κανείς δεν θα είναι σε θέση να σας ταυτοποιήσει από τις πληροφορίες που μοιραζόμαστε. Παρά τα μέτρα αυτά, δεν μπορούμε να εγγυηθούμε την ανωνυμία των προσωπικών σας δεδομένων.

Η συμμετοχή είναι εθελοντική
Η συμμετοχή του συμμετέχοντα είναι εθελοντική, ο συμμετέχων μπορεί να αρνηθεί να συμμετάσχει πριν από την έναρξη της μελέτης, να διακόψει ανά πάσα στιγμή ή να παραλείψει οποιοδήποτε ερωτήσεις/διαδικασίες που μπορεί να τον/την κάνουν να αισθάνεται άβολα, χωρίς καμία ποινή γι' αυτόν/αυτήν. Οι συμμετέχοντες μπορούν να επιλέξουν να μη συμμετάσχουν εάν δεν αισθάνονται άνετα με αυτούς τους όρους.

Επακόλουθες μελέτες
Ενδέχεται να επικοινωνήσουμε ξανά μαζί σας για να ζητήσουμε τη συμμετοχή σας σε μια μελέτη παρακολούθησης. Όπως πάντα, η συμμετοχή σας θα είναι εθελοντική και θα ζητήσουμε τη ρητή συγκατάθεσή σας για τη συμμετοχή σας σε οποιαδήποτε από τις μελέτες παρακολούθησης.

Μπορούμε να επικοινωνήσουμε ξανά μαζί σας για να ζητήσουμε τη συμμετοχή σας σε μια μελέτη παρακολούθησης; Ναι / Όχι



Εικόνα 24: Προετοιμασία (προσωπικό αρχείο Χ.Χατζηαναγνώστου).



Εικόνα 25: Olafur Eliasson: The Weather Project, 2003 (<https://www.tate.org.uk/whats-on/tate-modern/unilever-series/olafur-eliason-weather-project>).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Alcock, I., White, M. P., Lovell, R., Higgins, S. L., Osborne, N. J., Husk, K., et al. (2015). What accounts for ‘England’s green and pleasant land’? A panel data analysis of mental health and land cover types in rural England. *Landscape and Urban Planning*, 142(C), 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.05.008>

Allen, J. J., Urry, H. L., Hitt, S. K., & Coan, J. A. (2004). The stability of resting frontal electroencephalographic asymmetry in depression over time and context. *Psychophysiology*, 41(2), 269–280.

Blumenstein, B., Bar-Eli, M., & Tenenbaum, G. (2002). Biofeedback applications in performance enhancement. *Journal of Sports Science & Medicine*, 1(1), 1–11.

Bouchard, S., Bernier, F., Boivin, É., Morin, B., & Robillard, G. (2012). Using biofeedback for immersive training and therapy. *Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine*, 10, 105–111.

Cacioppo, J. T., Tassinary, L. G., & Berntson, G. G. (2007). *Handbook of psychophysiology*. Cambridge University Press.

Cipresso, P., Giglioli, I. A., Raya, M. A., & Riva, G. (2018). The past, present, and future of virtual and augmented reality research: A network and cluster analysis of the literature. *Frontiers in Psychology*, 9, 2086.

Critchley, H. D. (2002). Electrodermal responses: What happens in the brain. *Neuroscientist*, 8(2), 132–142.

Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: An open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 134(1), 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.009>

Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. Cambridge University Press.

Lécuyer, A., Lotte, F., Reilly, R. B., Leeb, R., Hirose, M., & Slater, M. (2008). Brain-computer interfaces, virtual reality, and video games. *IEEE Computer*, 41(10), 66–72.

Luck, S. J. (2014). *An introduction to the event-related potential technique*. MIT press.

- Luo, L., Yu, P., & Jiang, B. (2023). Differentiating mental health promotion effects of various blue spaces: An electroencephalography study. *Journal of Environmental Psychology*, 88, 102010. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2023.102010>
- Poza, J., Bachiller, A., & Fernández, A. (2014). Spectral and nonlinear analyses in MEG background activity in patients with mild cognitive impairment. *Medical Engineering & Physics*, 36(5), 610–619. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2014.01.001>
- Poza, J., Hornero, R., & Abásolo, D. (2012). Extraction of spectral-based measures from MEG background oscillations in Alzheimer's disease. *Medical Engineering & Physics*, 34(4), 415–422. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2011.07.017>
- Repetto, C., Serino, S., Cipresso, P., & Riva, G. (2020). Virtual reality biofeedback in mindfulness training: A case study. *Frontiers in Psychology*, 11, 199.
- Rizzo, A., Bouchard, S., & Wiederhold, B. (2017). *Virtual reality for psychological and neurocognitive interventions*. Springer.
- Sarkar, A., Chatterjee, S., & De, R. (2021). AI-driven biofeedback systems for stress management. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 12(3), 530-542.
- Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in Public Health*, 5, 258.
- Thibodeau, R., Jorgensen, R. S., & Kim, S. (2006). Depression, anxiety, and resting frontal EEG asymmetry: A meta-analytic review. *Journal of abnormal psychology*, 115(4), 715.
- Ulrich, R. S., Simons, R. F., Losito, B. D., Fiorito, E., Miles, M. A., & Zelson, M. (1991). Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 11(3), 201–230.
- Van Diest, I., Verstappen, K., Aubert, A. E., Widjaja, D., Van den Bergh, O., & Van Wassenhove, V. (2006). Respiratory variability: From heart to mind. *Psychophysiology*, 43(1), 1-10.
- Wheeler, B. W., White, M., Stahl-Timmins, W., & Depledge, M. H. (2012). Does living by the

coast improve health and well-being? *Health & Place*, 18(5), 1198–1201.

Wikipedia contributors. (n.d.). *Πύλη της Αμμου*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved November 25, 2024, from https://el.wikipedia.org/wiki/Πύλη_της_Αμμου.

Yu, K., Zhou, J., Wang, H., & Peng, Y. (2018). Stress detection through biofeedback and immersive environments. *Journal of Biomedical Informatics*, 82, 49-59.