

ΜΙΑ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΜΑΘΗΣΙΑΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΒΙΝΤΕΟ 360°

A COMPARATIVE STUDY OF THE LEARNING OUTCOMES WHEN USING 360° VIDEOS

Εμμανουήλ Φωκίδης
Πανεπιστήμιο Αιγαίου
fokides@aegean.gr

Περίληψη

Η πρόοδος της τεχνολογίας προσφέρει διαρκώς νέα εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο σχολικό περιβάλλον. Ένα τέτοιο εργαλείο είναι τα βίντεο 360°. Αν και το εκπαιδευτικό τους δυναμικό υποστηρίζεται από αρκετούς ερευνητές, υπάρχουν σχετικά περιορισμένα εμπειρικά δεδομένα που να θεμελιώνουν αυτόν τον ισχυρισμό, ειδικά στις μικρές ηλικίες. Η μελέτη παρουσιάζει τα αποτελέσματα ενός πιλοτικού προγράμματος στο οποίο εξήντα δύο μαθητές της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου χρησιμοποίησαν συμβατικά βίντεο αλλά και βίντεο 360° τα οποία προβλήθηκαν είτε σε υπολογιστή είτε χρησιμοποιώντας head mounted displays (HMDs) χαμηλού κόστους και συγκρίθηκαν τα μαθησιακά αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα βίντεο 360° χρησιμοποιώντας HMDs χαμηλού κόστους, τους βοήθησαν να αποκτήσουν περισσότερες γνώσεις. Ωστόσο, παρότι η διαφορά ήταν στατιστικά σημαντική, το μέγεθος της επίδρασης ήταν μικρό προς μέτριο, σε σχέση με τα βίντεο 360° που προβλήθηκαν σε υπολογιστή. Επίσης, τα βίντεο 360° που προβλήθηκαν με τη χρήση HMDs χαμηλού κόστους, παρείχαν μία πιο εμπυθιστική και ευχάριστη μαθησιακή εμπειρία. Από την άλλη, οι συσκευές χαμηλού κόστους, θεωρήθηκαν το περισσότερο δύσκολο μέσο. Συνολικά, ενώ τα αποτελέσματα υποστηρίζουν την υπόθεση ότι τα βίντεο 360° παρέχουν θετικές μαθησιακές εμπειρίες, υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης και απαιτείται περαιτέρω έρευνα.

Λέξεις κλειδιά

Βίντεο 360°, δημοτικό σχολείο, διασκέδαση, εμπύθιση, μάθηση.

Abstract

Advances in technology are constantly offering new tools that can be used in the school environment. One such tool is 360° videos. Although their educational potential is supported by several researchers, there is relatively limited empirical data to support this claim, especially at younger ages. The study presents the results of a pilot project in which sixty-two students fifth

grade primary school students used conventional videos as well as 360° videos which were viewed either on a computer or by using low-cost head mounted displays (HMDs) and the learning outcomes were compared. The results demonstrated that 360° videos using low-cost HMDs, helped students to acquire more knowledge. However, although the difference was statistically significant, the magnitude of the effect was small to moderate, compared to 360° videos viewed on computers. Also, the 360° videos that were viewed using low-cost HMDs, provided a more immersive and enjoyable learning experience. On the other hand, the low-cost devices were considered the hardest to use medium. Overall, while the results support the hypothesis that 360° videos provide positive learning experiences, there is room for improvement and further research is needed.

Key words

360° videos, enjoyment, immersion, learning, primary school.

0. Εισαγωγή

Τα βίντεο παρά την αναγνωρισμένη εκπαιδευτική τους αξία, στην τρέχουσα μορφή τους, έχουν ορισμένους περιορισμούς. Για παράδειγμα, αυτό που βλέπουν οι θεατές είναι αυτό που ο εικονολήπτης επέλεξε να καταγράψει· οι θεατές δεν μπορούν να δουν μία σκηνή από την οπτική γωνία της επιλογής τους. Κάτι τέτοιο, θα απαιτούσε την ταυτόχρονη εγγραφή της ίδιας σκηνής από πολλές κάμερες. Τα τελευταία χρόνια, οι τεχνολογικές εξελίξεις έχουν προσφέρει μία ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση, αυτή των πανοραμικών βίντεο, που ονομάζονται επίσης σφαιρικά βίντεο ή βίντεο 360°. Συνοπτικά, οι κάμερες που χρησιμοποιούνται για τη λήψη τέτοιων βίντεο είναι σε θέση να καταγράφουν εικόνες από ένα οπτικό πεδίο που καλύπτει μία ολόκληρη σφαίρα (εξ ου και οι όροι “σφαιρικά βίντεο” και “βίντεο 360°”). Οι θεατές μπορούν να τα παρακολουθήσουν χρησιμοποιώντας υπολογιστές, smartphones και οθόνες/γυαλιά εικονικής πραγματικότητας (head mounted displays, HMDs). Στις δύο τελευταίες περιπτώσεις, οι χρήστες τοποθετούνται στο κέντρο της σφαίρας, γυρίζουν τα smartphones ή τα κεφάλια τους προς οποιαδήποτε κατεύθυνση, τα ενσωματωμένα γυροσκόπια και επιταχυνσιόμετρα παρακολουθούν την κίνηση και εμφανίζεται το τμήμα της σφαίρας που αντιστοιχεί στην κατεύθυνση που κοιτάζουν. Επιπλέον, μπορεί να ενσωματωθεί πρόσθετο περιεχόμενο (όπως, εικόνες, κείμενο, ήχος και μεταβάσεις σκηνής), με το οποίο οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδρούν ενεργοποιώντας ενεργά σημεία (hotspots). Οι χρήστες μπορούν να ενεργοποιήσουν αυτά τα hotspots είτε κοιτώντας προς την κατεύθυνσή τους και μένοντας ακίνητοι για λίγα δευτερόλεπτα είτε χρησιμοποιώντας χειριστήρια είτε με συστήματα που αναγνωρίζουν τη θέση των χεριών τους.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι HMDs, που εμπίπτουν σε τρεις ευρείες κατηγορίες: (α) συνδεδεμένα σε υπολογιστή, έχοντας τις δικές τους μίνι οθόνες LCD/OLED, αλλά ο υπολογιστής είναι υπεύθυνος για την όλη επεξεργασία της εικόνας, (β) μη συνδεδεμένα σε υπολογιστή, με δικές τους μίνι οθόνες, που λειτουργούν ως μικροσκοπικοί υπολογιστές, επειδή η επεξεργασία της προβαλλόμενης εικόνας γίνεται από την ίδια τη συσκευή και (γ) συσκευές συμβατές με Google Cardboard, χαμηλού κόστους/χαμηλής τεχνολογίας. Στην τελευταία περίπτωση, το σώμα της συσκευής (που είναι κατασκευασμένο από χαρτόνι ή πλαστικό) στεγάζει δύο φακούς και καθόλου ηλεκτρονικά εξαρτήματα: ένα smartphone (που εισάγεται στη συσκευή) εμφανίζει το βίντεο.

Τα βίντεο 360° έχουν βρει εφαρμογή σε τομείς στους οποίους απαιτείται υψηλός βαθμός ρεαλισμού (όπως, Βιολογία, Μηχανική και Επιστήμες Υγείας), καθώς και στην εκπαίδευση (Ardisara & Fung, 2018). Μελέτες ανέφεραν θετικό αντίκτυπο στη μάθηση (Pham et al., 2018), καθώς και σε παράγοντες που σχετίζονται με τη διευκόλυνση της μάθησης (ενδεικτικά, απόλαυση και κίνητρα, Wu et al., 2019, Xie et al., 2019). Φαίνεται λοιπόν, ότι τα βίντεο 360° μπορεί να αποτελέσουν ένα ενδιαφέρον μαθησιακό εργαλείο. Από την άλλη, δεδομένου ότι πρόσφατα γνώρισαν μεγάλη διάδοση, τα εμπειρικά δεδομένα σχετικά με την εκπαιδευτική τους αξία είναι αρκετά περιορισμένα (Rupp et al., 2016). Έχοντας αυτό κατά νου, υλοποιήθηκε ένα πιλοτικό πρόγραμμα, έχοντας ως ομάδα-στόχο μαθητές του δημοτικού σχολείου. Σκοπός ήταν να διερευνηθούν τα μαθησιακά αποτελέσματα από τη χρήση βίντεο 360° τα οποία παρουσιάστηκαν στους μαθητές χρησιμοποιώντας είτε υπολογιστές είτε χαμηλού κόστους HMDs, σε σύγκριση με συμβατικά βίντεο. Επιπλέον, εξετάστηκε ποιες ήταν οι απόψεις και τα συναισθήματα των μαθητών σχετικά με τη χρήση και των παραπάνω μέσων. Στις ενότητες που ακολουθούν, παρουσιάζεται το πλαίσιο και τα αποτελέσματα της ερευνητικής προσπάθειας.

1. Τα βίντεο 360°

Ήρθε να σχετίζεται με τις εκπαιδευτικές χρήσεις των βίντεο 360° καλύπτει ένα ευρύ και ποικίλο σύνολο μαθησιακών τομέων και επιστημών. Χρησιμοποιούνται για εικονικές περιηγήσεις σε τοποθεσίες, μουσεία και αρχαιολογικούς χώρους (ενδεικτικά, Argyriou et al., 2020, Fokides et al., 2020), καθώς και για την παρουσίαση πειραμάτων και ιατρικών διαδικασιών (Ardisara & Fung, 2018). Έχουν χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία μαθημάτων που σχετίζονται με την Οικολογία (Fokides & Kefalinou, 2020), Φυσική (Wu et al., 2019), Φυσική Αγωγή (Paraskevaïdis & Fokides, 2020), Θρησκευτική Εκπαίδευση (Johnson, 2018) και την εκμάθηση γλωσσών (Xie et al., 2019).

Τα βίντεο 360° έχουν ομοιότητες με τα συμβατικά βίντεο, καθώς και με τις εφαρμογές ΕΠ. Λόγω της ομοιότητάς τους με τα πρώτα, τα θεωρητικά πλαίσια που καθοδηγούν την εκπαιδευτική τους χρήση είναι πιθανώς τα ίδια, δηλαδή η Θεωρία της Πολυμεσικής Μάθησης (Multimedia Learning Theory) του Mayer (2009) και η Θεωρία του Γνωστικού Φορτίου (Cognitive Load Theory) του Sweller (2005). Ο Mayer υπέθεσε ότι οι άνθρωποι

χρησιμοποιούν ένα κανάλι για την επεξεργασία των οπτικών ερεθισμάτων και ένα κανάλι για την επεξεργασία των ηχητικών. Επιπλέον, υπέθεσε ότι η μάθηση περιλαμβάνει την επιλογή του τι είναι σχετικό, οργανώνοντάς το σε μοντέλα, τα οποία αργότερα ενσωματώνονται στην προηγούμενη γνώση. Κεντρικό στοιχείο στη θεωρία του Sweller είναι η έννοια των “σχημάτων” (schemas), τα οποία αντιπροσωπεύουν οργανωμένα μπλοκ πληροφοριών που διατηρούνται στη μακροπρόθεσμη μνήμη. Οι μαθητές να αναπτύξουν αυτά τα σχήματα πιο εύκολα όταν δεν υπερφορτώνονται με περιττές πληροφορίες. Μάλιστα, πρότεινε ότι το γνωστικό φορτίο μπορεί να είναι: (α) εξωγενές, που αντιπροσωπεύει τη (χαμένη) προσπάθεια για να μάθει κάποιος κάτι άσχετο με τους μαθησιακούς στόχους), (β) εγγενές, που αντιπροσωπεύει την προσπάθεια που πρέπει κάποιος να κάνει για να αναπαραστήσει το υλικό στη μνήμη εργασίας και (γ) “κατάλληλο”, το οποίο είναι η απαιτούμενη προσπάθεια για την κατανόηση του υλικού. Ενώ οι δύο πρώτοι τύποι γνωστικού φορτίου πρέπει να αποφεύγονται, το τελευταίο πρέπει να ενισχύεται, καθώς βοηθά στη μεταφορά των σχημάτων στη μακροπρόθεσμη μνήμη. Αυτό που έχει ενδιαφέρον είναι ότι έρευνα που σχετίζεται με τη χρήση βίντεο 360° διαπίστωσε αυξημένα επίπεδα “κατάλληλου” γνωστικού φορτίου σε σύγκριση με τα συμβατικά βίντεο (Lin et al., 2019).

Τα βίντεο 360° μοιράζονται ορισμένα χαρακτηριστικά με την ΕΠ, κάτι που οδήγησε αρκετούς ερευνητές να τα θεωρήσουν ως εμπειρίες ΕΠ (Rupp et al., 2019), παρά το γεγονός ότι τα δεύτερα βασίζονται σε εγγραφές του πραγματικού κόσμου ενώ η ΕΠ βασίζεται σε τρισδιάστατα γραφικά. Επειδή τα HMDs μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στις δύο περιπτώσεις, οι χρήστες είναι αποκομμένοι από τους περισπασμούς του εξωτερικού κόσμου, επιτρέποντάς τους να εμβυθιστούν στην εικονική εμπειρία και, ως εκ τούτου, να ασχοληθούν περισσότερο με το περιεχόμενο (Dede, 2009). Η μειωμένη απόσπαση της προσοχής και η εμπλοκή με το περιεχόμενο, που προσφέρεται από την αίσθηση της εμβύθισης, σχετίζονται με την καλύτερη εκμάθηση εννοιών (Dede et al., 2017). Στενά συνδεδεμένη με τη εμβύθιση είναι η αίσθηση της παρουσίας, η ψευδαίσθηση της “ύπαρξης” στο εικονικό περιβάλλον (Slater, 2009). Εξαιτίας αυτού, τα αντιληπτικά στοιχεία που προσφέρονται στους χρήστες είναι πιο ακριβή, επιτρέποντάς τους να βελτιώσουν την απόδοσή τους (Slater & Sanchez-Vives, 2016). Η έρευνα έχει αποδείξει ότι, στα βίντεο 360°, τα συναισθήματα της εμβύθισης και της παρουσίας ήταν αρκετά έντονα (Higuera-Trujillo et al., 2019) και ότι οι μαθητές ήταν σε θέση να κατανοήσουν καλύτερα έννοιες, διαδικασίες και προβλήματα (ενδεικτικά, Chang et al., 2019, Fokides & Arvaniti, 2020). Ωστόσο, άλλες έρευνες κατέληξαν ότι τα βίντεο 360° δεν προσφέρουν υψηλά επίπεδα εμβύθισης και ότι η ποιότητα της εμπειρίας είναι χαμηλότερη από εκείνη των εμπειριών ΕΠ (Rupp et al., 2019). Άλλοι υποστήριξαν, ότι η εμβύθιση μπορεί να επηρεαστεί αρνητικά όταν χρησιμοποιούνται HMDs χαμηλής τεχνολογίας (όπως το Google Cardboard), οδηγώντας σε μειωμένο αντίκτυπο στη μάθηση (Rupp et al., 2019).

Όσο για τα μαθησιακά αποτελέσματα αυτά καθαυτά, τα αποτελέσματα, αν και ελπιδοφόρα, δεν ήταν ξεκάθαρα. Αρκετοί ερευνητές ανέφεραν θετικό αντίκτυπο στη μάθηση (ενδεικτικά, Chang et al., 2019, Pham et al., 2018, Wu et al., 2019) και την απόκτηση δεξιοτήτων (Parmaxi et al., 2018). Ωστόσο, άλλοι ανέφεραν ότι ο αντίκτυπός τους δεν ήταν τόσο σημαντικός (Ulrich et al., 2019). Ένα ζήτημα που πιθανώς δεν επιτρέπει την πλήρη κατανόηση των επιπτώσεων των βίντεο 360°, είναι ότι η πλειοψηφία των μελετών που αναφέρθηκαν παραπάνω είχε ως ομάδα-στόχο φοιτητές πανεπιστημίου και νέους ενήλικες, καθώς αποτελούν μία μάλλον βολική ομάδα-στόχο. Η έρευνα σε νεότερες ηλικίες (όπως οι μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης) είναι μάλλον σπάνια (ενδεικτικά, Wu et al., 2019).

Εκτός από την εμπύθιση και την παρουσία, οι ερευνητές απέδωσαν τα αποτελέσματα και σε άλλους παράγοντες που -γενικά- θεωρείται ότι διευκολύνουν τη μάθηση. Για παράδειγμα, σημείωσαν ότι η καινοτομία της εμπειρίας (Lin et al., 2019), οδήγησε σε αυξημένα επίπεδα απόλαυσης και διασκέδασης (Chang et al., 2019) και σε αύξηση των κινήτρων για μάθηση (King-Thompson, 2017, Xie et al., 2019). Ως σοβαρό αρνητικό στοιχείο έχει αναφερθεί η απόσπαση της προσοχής ή/και ο αποπροσανατολισμός (Ardisara & Fung, 2018). Για παράδειγμα, οι μαθητές μπορεί να κοιτάζουν ένα συγκεκριμένο μέρος της σκηνής επειδή κάτι τράβηξε την προσοχή τους, χάνοντας κάτι σημαντικό που λαμβάνει χώρα σε ένα άλλο μέρος της σκηνής. Ο υπερβολικός ενθουσιασμός λόγω της καινοτομίας της εμπειρίας μπορεί επίσης να λειτουργήσει ως αρνητικός παράγοντας (Rupp et al., 2016). Στα HMDs χαμηλής τεχνολογίας παρατηρήθηκαν προβλήματα χρηστικότητας, πιθανώς επειδή η πλοήγηση δεν είναι τόσο εύκολη χωρίς τη χρήση χειριστηρίων (Fokides et al., 2020). Συμπτώματα σοβαρής δυσφορίας, ίλιγγου και ναυτίας (που ονομάζονται ασθένεια προσομοιωτή) αναφέρθηκαν σε αρκετές μελέτες. Οι ερευνητές θεώρησαν ότι αυτό το πρόβλημα είναι πιο εμφανές στα HMDs χαμηλής τεχνολογίας, καθώς η χαμηλότερη ποιότητα της προβαλλόμενης εικόνας προκαλεί πιο έντονη αναντιστοιχία μεταξύ της προσομοιωμένης κίνησης (η κίνηση που βλέπει ο χρήστης στο βίντεο) και του γεγονότος ότι στην πραγματικότητα αυτός δεν κινείται (Rupp et al., 2019).

2. Διατύπωση του προβλήματος και ερευνητικές υποθέσεις

Με βάση τα όσα παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες ενότητες και λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι τα βίντεο 360° μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών κλάδων και σεναρίων διδασκαλίας, μπορεί να υποστηριχθεί ότι έχουν ένα ενδιαφέρον εκπαιδευτικό δυναμικό. Από την άλλη, είναι επίσης αλήθεια ότι η έρευνα για το θέμα αυτό βρίσκεται ακόμη σε αρχικό στάδιο, δεδομένου ότι ο όγκος της δεν είναι εκτεταμένος και η σχετική τεχνολογία εξελίσσεται συνεχώς. Επιπλέον, σχετικά λίγες μελέτες ήταν μεθοδολογικά αξιόπιστες. Οι περισσότερες ασχολήθηκαν με τη δοκιμή πρωτοτύπων, τα μεγέθη των δειγμάτων ήταν μικρά, ο αριθμός των παρεμβάσεων/δοκιμών ήταν μικρός και οι συγκρίσεις με εναλλακτικά εργαλεία δεν ήταν τόσο συχνές. Επίσης, οι περισσότερες

έρευνες είχαν ενήλικες ως ομάδα-στόχο· πολύ λίγες χρησιμοποίησαν μαθητές μικρής ηλικίας. Τέλος, πολύ λίγες έρευνες έλαβαν υπόψη τις προηγούμενες γνώσεις των συμμετεχόντων σχετικά με το γνωστικό αντικείμενο που τους παρουσιάζοταν.

Έχοντας αυτά κατά νου, αποφασίστηκε η υλοποίηση ενός πιλοτικού προγράμματος, που είχε ως στόχο να απαντήσει στο βασικό ερώτημα εάν τα βίντεο 360° που παρουσιάζονται με τη χρήση HMDs χαμηλού κόστους έχουν μετρήσιμο αντίκτυπο στις γνώσεις μαθητών του δημοτικού σχολείου και αν τα αποτελέσματα είναι καλύτερα (ή χειρότερα) σε σύγκριση με τα βίντεο 360° που παρουσιάζονται μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Επίσης, θεωρήθηκε ότι θα είχε ενδιαφέρον να συγκριθεί ο αντίκτυπός τους με αυτόν των συμβατικών βίντεο, έτσι ώστε να εξεταστεί αν τα βίντεο 360° έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τους λιγότερο εξελιγμένους προκατόχους τους. Επιπλέον, θεωρήθηκε σημαντικό να εξεταστεί η μαθησιακή εμπειρία που προσφέρουν (και πάλι, σε σχέση με τα άλλα εργαλεία). Έτσι, εξετάστηκαν τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

- *ΕΕ1. Λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση των πρότερων γνώσεων των μαθητών του δημοτικού σχολείου, υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα μαθησιακά αποτελέσματα που παράγονται από τη χρήση συμβατικών βίντεο, βίντεο 360° που προβάλλονται σε υπολογιστή και βίντεο 360ο που προβάλλονται χρησιμοποιώντας HMDs χαμηλού κόστους/τεχνολογίας;*
- *ΕΕ2α-ε. Όσον αφορά τα παραπάνω εργαλεία, υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις απόψεις και τα συναισθήματα των μαθητών αναφορικά με (α) το πόσο θεωρούν ότι τους διευκολύνουν να μάθουν, (β) τα κίνητρα για μάθηση, (γ) την ευκολία χρήσης, (δ) την εμπύθιση και (ε) την απόλαυση/διασκέδαση που προσφέρουν κατά τη μάθηση;*

3. Μέθοδος

Σε προηγούμενες μελέτες, ο συγγραφέας και οι συνεργάτες του χρησιμοποίησαν βίντεο 360ο μέσα σε ένα διδακτικό πλαίσιο (ενδεικτικά, Fokides & Arvaniti, 2020, Fokides et al., 2020). Ενώ οι παραπάνω μελέτες επέτρεψαν να δοκιμαστούν (και τελικά να προταθούν) αποτελεσματικές στρατηγικές διδασκαλίας στις οποίες αξιοποιούνται βίντεο 360ο, δεν επέτρεψαν να γίνει διακριτό σε ποιο βαθμό τα αποτελέσματα οφείλονταν στο πλαίσιο διδασκαλίας, στους δασκάλους ή στα βίντεο 360°. Ως εκ τούτου, αποφασίστηκε ότι ήταν απαραίτητο να εξεταστεί ποιος είναι αυτός καθαυτός ο αντίκτυπος των βίντεο 360°, χωρίς να την συμπερίληψη άλλων παραγόντων που θα μπορούσαν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο. Το θέμα αναλύεται περαιτέρω στην ενότητα “Διαδικασία”.

Ακολουθήθηκε ένας ερευνητικός σχεδιασμός εξαρτημένων δειγμάτων με τρεις συνθήκες. Αυτό σημαίνει ότι οι ίδιοι συμμετέχοντες χρησιμοποίησαν τρία διαφορετικά μέσα (συγκεκριμένα, συμβατικά βίντεο, βίντεο 360° που προβλήθηκαν σε υπολογιστή και βίντεο 360° που προβλήθηκαν χρησιμοποιώντας HMDs χαμηλού κόστους) για να μελετήσουν θέματα που αναλύονται στην ενότητα “Υλικά και συσκευές”. Ο σχεδιασμός εξαρτημένων

δειγμάτων επιλέχθηκε αντί της προσέγγισης μεταξύ υποκειμένων, επειδή η βιβλιογραφία προτείνει ότι είναι ένας αποτελεσματικός σχεδιασμός ενώ, ταυτόχρονα, απαιτεί μικρότερα μεγέθη δειγμάτων (Keren 2014). Όχι μόνο αυτό, αλλά οι διακυμάνσεις μεταξύ των ομάδων δεν αποτελούν ζήτημα, δεδομένου ότι οι συμμετέχοντες λειτουργούν ως δικό τους έλεγχος (Gravetter & Forzano, 2018). Επιπλέον, επειδή θα μπορούσαν να εγερθούν αντιρρήσεις για τον ερευνητικό σχεδιασμό που ακολουθήθηκε, καθώς αυτός δεν έχει μόνο πλεονεκτήματα αλλά έχει και μειονεκτήματα, λήφθηκε μία σειρά μέτρων που αναπτύσσονται στις ενότητες “Υλικά και εξοπλισμός” και “Διαδικασία”.

3.1. Δείγμα και διάρκεια

Αναφορικά με το μέγεθος του δείγματος, στόχος ήταν ο αριθμός των συμμετεχόντων να επιτρέψει την ανίχνευση ακόμη και μικρών μεγεθών επιδράσεων (effect sizes) με ικανοποιητική ισχύ. Για την εκτίμηση του απαραίτητου μεγέθους δείγματος, πραγματοποιήθηκε ανάλυση ισχύος, χρησιμοποιώντας το G*Power. Σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές του Cohen (1969), για $f_{\text{Cohen}} = 0,10$, $\alpha = 0,05$ και ισχύ = 0,95, το απαιτούμενο μέγεθος δείγματος είναι τουλάχιστον σαράντα έξι συμμετέχοντες.

Μία άλλη απόφαση που έπρεπε να παρθεί σχετιζόταν με την ηλικία των συμμετεχόντων. Όπως αναφέρθηκε, ομάδα-στόχος να ήταν μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, καθώς λίγες μελέτες είχαν προηγουμένως επικεντρωθεί σε αυτούς. Δεδομένου ότι το γνωστικό περιεχόμενο των παρεμβάσεων (όπως παρουσιάζεται στην ενότητα “Υλικά και εξοπλισμός”) ήταν αρκετά περίπλοκο, θεωρήθηκε σκόπιμο το δείγμα να αποτελείται από μαθητές ηλικίας δέκα έως έντεκα ετών (Πέμπτης τάξης). Υπήρξε επικοινωνία με αρκετούς εκπαιδευτικούς της Πέμπτης δημοτικού που εργάζονται σε δημόσια δημοτικά σχολεία στην Αθήνα. Ως αποτέλεσμα, επιλέχθηκαν τρία τμήματα με εξήντα πέντε μαθητές συνολικά (τριάντα πέντε κορίτσια και τριάντα αγόρια), αριθμός σημαντικά μεγαλύτερος από τον αρχικό στόχο, οι οποίοι: (α) δεν είχαν ποτέ επίσημα διδαχθεί αντικείμενα παρόμοια με αυτά της μελέτης (β) δεν είχαν χρησιμοποιήσει ποτέ HMDs και (γ) όσον αφορά την ακαδημαϊκή τους απόδοση, ήταν κατανεμημένοι εξίσου σε τρεις κατηγορίες (χαμηλή, μέση και υψηλή) με περίπου ίσο αριθμό αγοριών και κοριτσιών σε κάθε ομάδα.

Επειδή το πρόγραμμα αφορούσε ανηλίκους, αυτό εγκρίθηκε από την επιτροπή δεοντολογίας του Πανεπιστημίου. Επιπλέον, ενημερώθηκαν οι γονείς των μαθητών για τους στόχους του προγράμματος και έδωσαν τη γραπτή συγκατάθεσή τους για τη συμμετοχή των παιδιών τους.

3.2. Υλικό και εξοπλισμός

Ο ερευνητικός σχεδιασμός επηρέασε σημαντικά τη διαδικασία επιλογής και διαμόρφωσης του γνωστικού υλικού. Όπως αναφέρθηκε, ακολουθήθηκε ένας σχεδιασμός εξαρτημένων δειγμάτων, πράγμα που σημαίνει ότι οι ίδιοι συμμετέχοντες χρησιμοποίησαν τρία διαφορετικά μέσα. Με τη σειρά του, αυτό είχε ως συνέπεια ότι το υλικό δεν μπορούσε να

είναι το ίδιο σε όλα τα μέσα, καθώς με κάθε επόμενο μέσο οι μαθητές θα μπορούσαν να αποκτήσουν περισσότερες γνώσεις για το ίδιο θέμα, καθιστώντας τα αποτελέσματα άκυρα. Από την άλλη, εάν κάθε μέσο παρουσίαζε διαφορετικά θέματα/γνωστικά αντικείμενα, και αυτό θα συνιστούσε πρόβλημα, καθώς θα ήταν μη-συγκρίσιμα. Για να ξεπεραστούν αυτά τα προβλήματα, κατά πρώτον, αποφασίστηκε να διεξαχθούν τρεις συνεδρίες με κάθε μέσο (εννέα συνολικά), ώστε να αυξηθεί η αξιοπιστία των δεδομένων. Επίσης, το γνωστικό υλικό, από άποψη ποιότητας, ποσότητας/διάρκειας, γνωστικού φορτίου (δηλαδή, όρων/γεγονότων/αριθμητικών στοιχείων/ονομάτων/εννοιών και ποσότητας αφήγησης) και επιπέδου δυσκολίας, θα έπρεπε να είναι το ίδιο σε όλα τα μέσα. Τρίτον, τα θέματα που περιλαμβάνονταν σε ένα μέσο θα έπρεπε να έχουν ταυτόσημα θέματα στα άλλα δύο μέσα. Τέλος, αποφασίστηκε η εστίαση να μην είναι σε ένα γνωστικό αντικείμενο, αλλά σε τρία, ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη ποικιλία και να συλλεχθούν στοιχεία για την επίδραση των μέσων σε διαφορετικούς τομείς.

Πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη αναζήτηση στο Διαδίκτυο για βίντεο (τόσο συμβατικών όσο και 360ο) τα οποία να είναι ελεύθερα διαθέσιμα και επιλέχθηκαν τα θέματα/βίντεο που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 και στο Παράρτημα Ι. Στη συνέχεια, έγινε η επεξεργασία τους, ώστε να έχουν περίπου την ίδια διάρκεια (τέσσερα με τέσσερα και μισό λεπτά). Επίσης, το κάθε βίντεο χωρίστηκε σε σκηνές και προστέθηκαν hotspots που επέτρεπαν τη μετάβαση από σκηνή σε σκηνή. Τέλος, αφού συγγράφηκαν τα ανάλογα κείμενα (με βάση την υπάρχουσα αφήγηση ή/και συγκεντρώνοντας στοιχεία από άλλες πηγές), προστέθηκε η ηχητική αφήγηση. Ακολούθησε ένας τελικός έλεγχος, ώστε να εξεταστεί αν τα επεξεργασμένα βίντεο ακολουθούσαν πιστά τους κανόνες που τέθηκαν παραπάνω αναφορικά με το γνωστικό φορτίο, την ποσότητα και την ποιότητα του υλικού. Για παράδειγμα, στα βίντεο που παρουσίαζαν τρεις ευρωπαϊκές πρωτεύουσες, υπήρχε παρουσίαση ίδιου αριθμού σημείων ενδιαφέροντος/μνημείων, ίδια ποσότητα αριθμητικών δεδομένων (όπως, έκταση και πληθυσμός) και ίδια ποσότητα ιστορικών στοιχείων/γεγονότων. Αποτέλεσμα των παραπάνω ενεργειών ήταν το γνωστικό υλικό των τριών μέσων να είναι και ισοδύναμο και συγκρίσιμο. Ως εκ τούτου, το υλικό ήταν κατάλληλο για τον ερευνητικό σχεδιασμό που εφαρμόστηκε.

Οι μαθητές στη συνθήκη των βίντεο 360° με τη χρήση HMDs χαμηλού κόστους, πέρα από τα HMDs, χρησιμοποίησαν smartphones με οθόνη 6,10 ιντσών και λειτουργικό σύστημα Android 10. Οι μαθητές φορούσαν ακουστικά για να έχουν την καλύτερη ποιότητα ήχου χωρίς παρεμβολές από άλλους θορύβους. Για τις συνθήκες των συμβατικών βίντεο και των βίντεο 360ο που προβλήθηκαν σε υπολογιστές, χρησιμοποιήθηκαν οθόνες full-HD 27 ιντσών. Και σε αυτές τις περιπτώσεις, οι μαθητές φορούσαν ακουστικά.

Πίνακας 1: Τα γνωστικά αντικείμενα ανά μέσο

Συμβατικά βίντεο	Βίντεο 360° σε υπολογιστή	Βίντεο 360° με HMDs
περιήγηση στη Ρώμη	περιήγηση στο Λονδίνο	περιήγηση στο Παρίσι
καταρράκτες Νιαγάρα, Καναδάς-ΗΠΑ	καταρράκτες Βικτωρίας, Ζάμπια-Ζιμπάμπουε	καταρράκτες Έιντζελ Βενεζουέλα
Μάτσου Πίτσου, Περού	Πέτρα, Ιορδανία	Άνγκορ Βάτ, Καμπότζη

3.3. Εργασία

Καθώς η διάρκεια του προγράμματος ήταν εννέα συνεδρίες (τρεις για κάθε εργαλείο) και για την καταγραφή όσων κατάφεραν να μάθουν οι μαθητές, αναπτύχθηκε ίσος αριθμός φύλλων αξιολόγησης. Κάθε φύλλο είχε δέκα ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής που προέρχονταν από τα στοιχεία που παρουσιάζονταν στο βίντεο της αντίστοιχης συνεδρίας. Για παράδειγμα, στα βίντεο με τους καταρράκτες, οι ερωτήσεις αφορούσαν το ύψος τους, το ποιος τους ανακάλυψε ή πότε ή με ποιο τρόπο, την ποσότητα του νερού που πέφτει, τον ποταμό στον οποίο βρίσκονται ή τη λίμνη στην οποία καταλήγουν και τη γεωμορφολογία της περιοχής. Κάθε ερώτηση είχε τρεις πιθανές απαντήσεις, αλλά μόνο μία σωστή. Για να καθοριστεί ποιες ερωτήσεις θα συμπεριληφθούν στα φύλλα αξιολόγησης, δημιουργήθηκε μία αρχική “δεξαμενή” ερωτήσεων. Σε σειρά διαδικτυακών συναντήσεων, συζητήθηκε ο βαθμός δυσκολίας και η σκοπιμότητα της κάθε ερώτησης, πριν τελικά αποφασιστεί ποιες θα περιληφθούν στα φύλλα αξιολόγησης. Για κάθε σωστή απάντηση οι μαθητές λάμβαναν δύο μονάδες ενώ, για να αποθαρρυνθούν οι τυχαίες απαντήσεις, για κάθε λανθασμένη απάντηση αφαιρούσαν μία μονάδα· οι μη-απαντημένες ερωτήσεις δεν λάμβαναν κάποια βαθμολογία. Κάθε φύλλο αξιολόγησης χορηγούταν αμέσως μετά το τέλος της αντίστοιχης συνεδρίας. Για τον καθορισμό των προηγούμενων γνώσεων των συμμετεχόντων σχετικά με τα θέματα που περιλαμβάνονταν σε όλες τις συνεδρίες, κατασκευάστηκε ένα προ-τεστ (με συνολικά σαράντα ερωτήσεις), που χορηγήθηκε μία εβδομάδα πριν από την έναρξη των συνεδριών.

Επιπλέον, συντάχθηκε ένα ερωτηματολόγιο στο οποίο χρησιμοποιήθηκαν πέντε παράγοντες που περιλαμβάνονται σε επικυρωμένη αρθρωτή κλίμακα που αναπτύχθηκε για την καταγραφή των εμπειριών των χρηστών όταν ασχολούνται με ψηφιακά εκπαιδευτικά εργαλεία (Fokides et al., 2019). Ο κάθε παράγοντας αντιστοιχούσε σε μία από τις ερευνητικές υποθέσεις (ΕΕ2α-ε). Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου (είκοσι τρεις συνολικά) ήταν σε κλίμακα τύπου Likert πέντε σημείων (από διαφωνώ έντονα = 1 έως συμφωνώ απόλυτα = 5). Το ερωτηματολόγιο παρουσιάζεται στο Παράρτημα II. Χορηγήθηκε τρεις φορές (κατά τη διάρκεια της τελευταίας φοράς κατά την οποία χρησιμοποιήθηκε κάποιο από τα μέσα). Επίσης, περιλήφθηκε μία ανοιχτή ερώτηση στην οποία οι μαθητές μπορούσαν να αναφέρουν προβλήματα κατά την προβολή των βίντεο 360° (όπως, δυσφορία, ασθένεια προσομοιωτή και προβλήματα χρηστικότητας).

3.4. Διαδικασία

Πριν από την έναρξη του προγράμματος και για να αποφευχθούν ζητήματα χρηστικότητας και τεχνικά προβλήματα που μπορούσαν να προκληθούν από το γεγονός ότι οι μαθητές δεν ήταν έμπειροι χρήστες HMDs και βίντεο 360°, αφιερώθηκαν δύο διδακτικές ώρες, με σκοπό την εξοικείωσή τους. Εγκαταστάθηκε στα smartphones ένα βίντεο 360°, το θέμα του οποίου δεν σχετιζόταν με τα άλλα βίντεο που χρησιμοποιήθηκαν. Επειδή οι συνεδρίες πραγματοποιήθηκαν κατά τις σχολικές ώρες, όλες διεξήχθησαν την δεύτερη και την τρίτη διδακτική ώρα, προκειμένου να εξαλειφθεί η επιρροή εξωτερικών παραγόντων όπως η απώλεια ενδιαφέροντος ή κόπωσης των μαθητών λόγω προηγούμενων μαθημάτων/δραστηριοτήτων. Επιπλέον, λήφθηκαν ακόμα δύο μέτρα, με σκοπό να ξεπεραστούν τυχόν προβλήματα από τον ερευνητικό σχεδιασμό. Κατά πρώτον, με σκοπό την αποφυγή της επίδρασης που μπορούσε να έχει η σειρά χρήσης των μέσων, τυχαιοποιήθηκε η σειρά χρήσης τους. Κατά δεύτερον, οι μαθητές δεν γνωρίζαν εκ των προτέρων ποιο μέσο επρόκειτο να χρησιμοποιήσουν κάθε φορά.

Για κάθε συνεδρία διατέθηκαν είκοσι λεπτά. Θεωρήθηκε ότι αυτός ο χρόνος αρκούσε για να δουν οι μαθητές τα βίντεο τουλάχιστο δύο φορές (εάν το επιθυμούσαν). Η μόνη οδηγία που τους δόθηκε ήταν να προσπαθήσουν να συγκρατήσουν όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες μπορούσαν για τα θέματα που παρουσίαζαν τα βίντεο. Οι συνεδρίες πραγματοποιήθηκαν σε εξατομικευμένη βάση, σε γραφεία που ήταν διαθέσιμα στα σχολεία των μαθητών. Για να παρακολουθήσουν τα βίντεο 360°, οι μαθητές κάθονταν σε μια περιστρεφόμενη καρέκλα γραφείου και είχαν αρκετό χώρο για να μετακινηθούν και να περιστραφούν. Ένα γραφείο και μία καρέκλα γραφείου χρησιμοποιήθηκαν για την παρακολούθηση των συμβατικών βίντεο και των βίντεο 360° που προβάλλονταν σε υπολογιστή. Για τα φύλλα αξιολόγησης, που δίνονταν αμέσως μετά, οι μαθητές είχαν στη διάθεσή τους περίπου πέντε λεπτά. Για να αποφευχθεί τυχόν συστηματικό σφάλμα δείγματος, ο ερευνητής ή ο εκπαιδευτικός που ήταν παρών κατά τη διάρκεια κάθε συνεδρίας δεν παρενέβη για κανέναν λόγο εκτός από την παροχή τεχνικής βοήθειας (εάν ήταν απαραίτητο).

4. Αποτελέσματα

Τρεις μαθητές χρειάστηκε να εξαιρεθούν από την ανάλυση, καθώς απουσίασαν σε μία ή περισσότερες συνεδρίες. Έτσι, το τελικό δείγμα ήταν εξήντα δύο μαθητές. Έγινε αναγωγή σε εκατονταβάθμια κλίμακα της βαθμολογίας στα φύλλα αξιολόγησης και στο προ-τεστ. Για κάθε μαθητή, υπολογίστηκαν τρεις μεταβλητές που αντιπροσώπευαν τον μέσο όρο της επίδοσής του στα φύλλα αξιολόγησης ανά μέσο. Αξιολογήθηκε τόσο η εσωτερική συνοχή των ερωτηματολογίων ως σύνολο όσο και η εσωτερική συνοχή των παραγόντων που περιλάμβαναν. Διαπιστώθηκε ότι η τιμή α του Cronbach, σε όλες τις περιπτώσεις, ήταν πάνω από το όριο του 0,70 που θεωρείται αποδεκτό (κυμαινόταν μεταξύ των τιμών 0,79 και 0,86) (Taber, 2018). Επίσης, υπολογίστηκαν δεκαπέντε μεταβλητές, που αντιπροσώπευαν τον μέσο

όρο των ερωτήσεων ανά παράγοντα (τρία ερωτηματολόγια-ένα για κάθε μέσο X πέντε παράγοντες). Τα δεδομένα εισήχθησαν στο SPSS 26 για περαιτέρω ανάλυση. Στοιχεία για τις μεταβλητές της μελέτης παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2: Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για τις μεταβλητές της μελέτης

Μεταβλητή	<i>M</i>	<i>SD</i>
Προ-τεστ	16,89	7,00
Φύλλα αξιολόγησης συμβατικά βίντεο	49,27	9,23
Φύλλα αξιολόγησης βίντεο 360° σε υπολογιστή	51,70	9,71
Φύλλα αξιολόγησης βίντεο 360° με HMDs	52,52	9,48
Εμβύθιση συμβατικά βίντεο	3,38	0,95
Εμβύθιση βίντεο 360° σε υπολογιστή	3,58	0,99
Εμβύθιση βίντεο 360° με HMDs	4,34	0,68
Διασκέδαση συμβατικά βίντεο	3,71	0,82
Διασκέδαση βίντεο 360° σε υπολογιστή	4,28	0,53
Διασκέδαση βίντεο 360° με HMDs	4,66	0,41
Διευκόλυνση μάθησης συμβατικά βίντεο	4,10	0,62
Διευκόλυνση μάθησης βίντεο 360° σε υπολογιστή	4,25	0,66
Διευκόλυνση μάθησης βίντεο 360° με HMDs	4,27	0,74
Ευκολία χρήσης συμβατικά βίντεο	4,36	0,44
Ευκολία χρήσης βίντεο 360° σε υπολογιστή	3,85	0,65
Ευκολία χρήσης βίντεο 360° με HMDs	3,30	0,65
Κίνητρα συμβατικά βίντεο	3,52	0,76
Κίνητρα βίντεο 360° σε υπολογιστή	3,93	0,64
Κίνητρα βίντεο 360° με HMDs	4,67	0,39

4.1. Ανάλυση των φύλλων αξιολόγησης

Για την εξέταση του ΕΕ1 (σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των τριών μέσων), πραγματοποιήθηκε ανάλυση διασποράς μίας κατεύθυνσης εξαρτημένων δειγμάτων, κατόπιν ελέγχου για το αν πληρούνται οι προϋποθέσεις διεξαγωγής αυτού του είδους της ανάλυσης (κατά τον οποίο δεν διαπιστώθηκαν προβλήματα). Τα αποτελέσματα στο προ-τεστ χρησιμοποιήθηκαν ως συμμεταβλητή, έτσι ώστε να εξεταστεί/συνυπολογιστεί η επίδραση των προηγούμενων γνώσεων των μαθητών. Όπως είναι εμφανές στον Πίνακα 3, παρατηρήθηκε διαφορά στα φύλλα αξιολόγησης, η οποία υποδηλώνει στατιστικά σημαντικές διαφορές στα μαθησιακά αποτελέσματα που επιτεύχθηκαν με τα τρία μέσα [$F(2, 120) = 4,79, p = 0,010$]. Από την άλλη, η επίδραση των πρότερων γνώσεων δεν ήταν σημαν-

τική [$F(2, 120) = 0,09, p = 0,913$], υποδεικνύοντας ότι η οι πρότερες γνώσεις των μαθητών δεν επηρέασαν τα αποτελέσματα της σύγκρισης των τριών μέσων.

Πίνακας 3: Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης εξαρτημένων δειγμάτων στα φύλλα αξιολόγησης

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η_p^2
Φύλλα αξιολόγησης	2	63,04	31,52	4,79	0,010	0,074
Προ-τεστ * Φύλλα αξιολόγησης	2	1,20	0,60	0,09	0,913	0,002
Error	120	788,88	6,57			

Οι κατά ζεύγη συγκρίσεις, αποκάλυψαν ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα από τη χρήση συμβατικών βίντεο υστερούσαν τόσο συγκριτικά με αυτά των βίντεο 360° που προβλήθηκαν σε υπολογιστή [$t = -4,84, p < 0,001, dCohen = 0,61$] όσο και με αυτά των βίντεο 360° που προβλήθηκαν με τη χρήση HMDs [$t = -6,10, p < 0,001, dCohen = 0,77$]. Και στις δύο περιπτώσεις, το μέγεθος τη επίδρασης ήταν μέτριο προς μεγάλο. Επίσης, τα μαθησιακά αποτελέσματα από τη χρήση βίντεο 360° που προβλήθηκαν σε υπολογιστή υστερούσαν συγκριτικά με αυτά των βίντεο 360° που προβλήθηκαν με τη χρήση HMDs, με το μέγεθος της επίδρασης να είναι μικρό [$t = -2,71, p = 0,028, dCohen = 0,35$].

Έτσι, ως απάντηση στο EE1, μπορεί να υποστηριχθεί ότι, μετά τον έλεγχο για την επίδραση του αρχικού επιπέδου γνώσεων των μαθητών, τα βίντεο 360° που προβάλλονται με τη χρήση HMDs υπερτερούν έναντι των άλλων δύο μέσων. Παρόλα αυτά, τα μεγέθη των επιδράσεων δεν ήταν ιδιαίτερα εντυπωσιακά, ειδικά στην περίπτωση της σύγκρισης βίντεο 360° που προβλήθηκαν σε υπολογιστή και βίντεο 360° που προβλήθηκαν με τη χρήση HMDs.

4.2. Ανάλυση των ερωτηματολογίων

Για την ανάλυση των ερωτηματολογίων και για την εξέταση του EE2α-ε, πραγματοποιήθηκε, και πάλι, ανάλυση διασποράς μίας κατεύθυνσης εξαρτημένων δειγμάτων (αφού προηγουμένως εξετάστηκε εάν πληρούνται οι προϋποθέσεις διεξαγωγής αυτού του είδους της ανάλυσης). Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε όλους τους παράγοντες, πλην του παράγοντα “Διευκόλυνση της μάθησης”.

Πίνακας 4: Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης εξαρτημένων δειγμάτων στα ερωτηματολόγια

Παράγοντας	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η_p^2
Εμβύθιση	2	31,94	15,97	24,42	< 0,001	0,29
Διασκέδαση	2	28,53	14,27	50,45	< 0,001	0,45
Διευκόλυνση της μάθησης	2	1,02	0,51	1,73	0,182	0,03
Ευκολία χρήσης	2	35,07	17,54	125,30	< 0,001	0,67
Κίνητρα	2	41,84	20,92	80,46	< 0,001	0,57

Οι κατά ζεύγη συγκρίσεις αποκάλυψαν ότι:

- Η εμβύθιση στα συμβατικά βίντεο ήταν παρόμοια με αυτή στα βίντεο 360° που προβλήθηκαν σε υπολογιστή [$t = -1,60, p = 0,342$]. Από την άλλη, η εμβύθιση στα βίντεο 360° που προβλήθηκαν με HMDs ήταν ισχυρότερη τόσο σε σύγκριση με αυτή των συμβατικών βίντεο [$t = -6,36, p < 0,001, dCohen = 0,73$ -μέτριο προς μεγάλο μέγεθος επίδρασης] όσο και σε σύγκριση με αυτή των βίντεο 360° που προβλήθηκαν σε υπολογιστή [$t = -4,91, p < 0,001, dCohen = 0,54$ -μέτριο μέγεθος επίδρασης].
- Η διασκέδαση στα συμβατικά βίντεο ήταν μικρότερη τόσο σε σύγκριση με αυτή των βίντεο 360° που προβλήθηκαν σε υπολογιστή [$t = -6,42, p < 0,001, dCohen = 0,40$ -μέτριο μέγεθος επίδρασης], όσο και σε σύγκριση με αυτή των βίντεο 360° που προβλήθηκαν με HMDs [$t = -8,26, p < 0,001, dCohen = 0,81$ -μεγάλο μέγεθος επίδρασης]. Επίσης, η διασκέδαση στα βίντεο 360° που προβλήθηκαν με HMDs ήταν μεγαλύτερη σε σύγκριση με τη διασκέδαση στα βίντεο 360° που προβλήθηκαν σε υπολογιστή [$t = -4,84, p < 0,001, dCohen = 0,47$ -μέτριο μέγεθος επίδρασης].
- Η ευκολία χρήσης στα συμβατικά βίντεο ήταν μεγαλύτερη τόσο σε σύγκριση με αυτή των βίντεο 360° που προβλήθηκαν σε υπολογιστή [$t = 8,81, p < 0,001, dCohen = 0,63$ -μέτριο μέγεθος επίδρασης], όσο και σε σύγκριση με αυτή των βίντεο 360° που προβλήθηκαν με HMDs [$t = -14,19, p < 0,001, dCohen = 1,41$ -πολυ μεγάλο μέγεθος επίδρασης]. Επίσης, η ευκολία χρήσης στα βίντεο 360° που προβλήθηκαν σε υπολογιστή ήταν μεγαλύτερη σε σύγκριση με την ευκολία χρήσης στα βίντεο 360° που προβλήθηκαν με HMDs [$t = -8,20, p < 0,001, dCohen = 0,47$ -μέτριο μέγεθος επίδρασης].
- Τα κίνητρα για μάθηση στα συμβατικά βίντεο ήταν λιγότερα τόσο σε σύγκριση με αυτά των βίντεο 360° που προβλήθηκαν σε υπολογιστή [$t = -4,92, p < 0,001, dCohen = 0,30$ -μέτριο μέγεθος επίδρασης], όσο και σε σύγκριση με αυτά των βίντεο 360° που προβλήθηκαν με HMDs [$t = -11,22, p < 0,001, dCohen = 1,01$ -πολύ μεγάλο μέγεθος επίδρασης]. Επίσης, τα κίνητρα για μάθηση στα βίντεο 360° που προβλήθηκαν με HMDs ήταν ισχυρότερα σε σύγκριση με τα κίνητρα για μάθηση στα βίντεο 360° που προβλήθηκαν σε υπολογιστή [$t = -8,34, p < 0,001, dCohen = 0,75$ -μέτριο προς μεγάλο μέγεθος επίδρασης].

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα και για να απαντηθεί το ΕΕ2α-ε, μπορεί να ειπωθεί ότι οι μαθητές θεώρησαν πως όλα τα μέσα διευκόλυναν εξίσου τη μάθησή τους και ότι τα βίντεο 360° που προβλήθηκαν με HMDs ήταν το λιγότερο εύχρηστο μέσο. Από την άλλη, τα βίντεο 360° που προβλήθηκαν με HMDs προκάλεσαν την περισσότερη διασκέδαση και έδωσαν τα περισσότερα κίνητρα για μάθηση μεταξύ των τριών εργαλείων που εξετάστηκαν. Τέλος, τα βίντεο 360° που προβλήθηκαν με HMDs προσέφεραν την πιο εμπυθιστική εμπειρία σε σύγκριση με τα άλλα μέσα, ενώ δεν υπήρξαν διαφορές μεταξύ των συμβατικών βίντεο και των βίντεο 360° που προβλήθηκαν σε υπολογιστή σε αυτόν τον παράγοντα.

Όσον αφορά την ανοιχτή ερώτηση, οι μαθητές ανέφεραν ζητήματα χρηστικότητας που σχετίζονται με τα βίντεο 360° και τα HMDs ($N = 7$ και $N = 15$ αντίστοιχα). Για παράδειγμα, το πιο συνηθισμένο πρόβλημα ήταν ότι δεν προσάρμοσαν σωστά τους μιάντες των HMDs έτσι ώστε να ταιριάζουν στο κεφάλι τους ($N = 11$). Δυσκολίες υπήρξαν επίσης στην εστίαση των φακών ($N = 9$). Ορισμένοι μαθητές δεν μπορούσαν να ενεργοποιήσουν σωστά τα hotspots ($N = 7$). Τα περισσότερα από τα παραπάνω προβλήματα έπαψαν μετά την πρώτη συνεδρία στην οποία χρησιμοποιήθηκαν τα HMDs. Τέλος, αναφέρθηκαν πολύ λίγες περιπτώσεις -ήπιας- ασθένειας προσομοιωτή ($N = 3$).

4.3. Επιπλέον ανάλυση

Δεδομένου ότι τα βίντεο 360° που προβλήθηκαν με HMDs αποδείχθηκαν το πιο διασκεδαστικό, παρακινητικό και εμπυθιστικό εργαλείο μεταξύ αυτών που εξετάστηκαν, πραγματοποιήθηκε ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης, προκειμένου να συγκεντρωθούν πληροφορίες για τον αντίκτυπο των παραπάνω παραγόντων στα μαθησιακά αποτελέσματα. Η εξαρτημένη μεταβλητή ήταν η βαθμολογία των μαθητών στα φύλλα αξιολόγησης των βίντεο 360° που προβλήθηκαν με HMDs, ενώ οι ανεξάρτητες μεταβλητές ήταν οι μέσες βαθμολογίες των πέντε παραγόντων στο ερωτηματολόγιο για τα βίντεο 360° που προβλήθηκαν με HMDs. Τα αποτελέσματα (Πίνακας 5) έδειξαν ότι η εμπύθιση, η διασκέδαση και τα κίνητρα για μάθηση είχαν στατιστικά σημαντικό θετικό αντίκτυπο στις γνώσεις που απέκτησαν οι μαθητές ($t = 2,20, p = 0,032$, $t = 2,57, p = 0,013$ και $t = 2,33, p = 0,025$ αντίστοιχα).

Πίνακας 5: Αποτελέσματα της ανάλυσης πολλαπλής παλινδρόμησης

Σύνοψη μοντέλου	$F(5, 56) = 2,86, p = 0,023, R = 0,451, R^2 = 0,203$				
	B	SE B	β	t	p
Εμπύθιση	3,76	1,71	0,27	2,20	0,032
Διασκέδαση	7,29	2,83	0,32	2,57	0,013
Διευκόλυνση μάθησης	1,62	1,87	0,13	1,04	0,305
Ευκολία χρήσης	0,82	1,79	0,06	0,46	0,647
Κίνητρα	5,51	2,97	0,18	2,33	0,025

5. Συζήτηση

Η ανάλυση των βαθμολογιών των μαθητών στα φύλλα αξιολόγησης, καθώς και η ανάλυση των ερωτηματολογίων, έφερε στο φως ενδιαφέροντα αποτελέσματα, άξια περαιτέρω συζήτησης. Όσον αφορά το πρώτο ερευνητικό ερώτημα (ΕΕ1), μία πρώτη παρατήρηση αφορά τις διαφορές που παρατηρήθηκαν στις επιδόσεις των μαθητών ανάλογα με το μέσο που χρησιμοποίησαν, καθώς φάνηκε ότι τα βίντεο 360° υπερτερούν συγκριτικά με τα συμβατικά βίντεο. Μάλιστα, φάνηκε ότι όταν αυτά παρουσιάζονται με τη χρήση HMDs, το συγκριτικό πλεονέκτημα είναι ακόμα μεγαλύτερο. Ωστόσο, το μέγεθος της επίδρασης ήταν σχετικά μικρό όταν συγκρίθηκαν βίντεο 360° που προβλήθηκαν σε υπολογιστή και βίντεο 360° που προβλήθηκαν με τη χρήση HMDs. Αυτό, με απλά λόγια, σημαίνει ότι ενώ η διαφορά μεταξύ των δύο μέσων είναι στατιστικά σημαντική, αυτή δεν είναι και ιδιαίτερα μεγάλη. Σε κάθε περίπτωση, τα ευρήματά επιβεβαιώνουν την υπάρχουσα βιβλιογραφία που αναφέρει ότι τα βίντεο 360° παράγουν θετικά μαθησιακά αποτελέσματα (π.χ. Chang et al., 2019, Wu et al., 2019). Όχι μόνο αυτό, αλλά πρέπει να τονιστεί ότι, σε αυτή τη μελέτη, τα βίντεο 360° δεν ενσωματώθηκαν σε ένα πλαίσιο διδασκαλίας. Με βάση τα αποτελέσματα των προηγούμενων μελετών στις οποίες υπήρξε συστηματική διδασκαλία με τη χρήση βίντεο 360o (ενδεικτικά, Fokides & Arvaniti, 2020, Fokides et al., 2020), μπορεί να υποστηριχθεί ότι ενδέχεται να υπάρχουν ακόμα καλύτερα αποτελέσματα, καθώς είχε φανεί ότι τα βίντεο 360° ευθυγραμμίζονται καλά με σύγχρονες διδακτικές μεθόδους.

Έτσι, αυτό που πρέπει να αναλυθεί είναι το “γιατί” υπήρξαν αυτά τα αποτελέσματα. Απαντώντας στο ερευνητικό ερώτημα ΕΕ2δ και σε συμφωνία με προηγούμενες έρευνες, διαπιστώθηκε ότι η αίσθηση της εμπύθισης ήταν ισχυρή στα βίντεο 360° (Higuera-Trujillo et al., 2019). Μάλιστα, αυτή η αίσθηση ήταν ακόμα ισχυρότερη όταν τα βίντεο παρουσιάστηκαν με HMDs. Επιπλέον, στην πρόσθετη ανάλυση, επιβεβαιώθηκε ο θετικός αντίκτυπος αυτού του παράγοντα στα μαθησιακά αποτελέσματα. Ως εκ τούτου, η εμπύθιση προσφέρει μία αρκετά ισχυρή εξήγηση για τα αποτελέσματα, καθώς η βιβλιογραφία προτείνει ότι ο παράγοντας αυτός επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση εννοιών και διαδικασιών (Chang et al., 2019). Επιπλέον, με βάση τα αποτελέσματα που αφορούσαν το ΕΕ2β, διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές είχαν περισσότερα κίνητρα για να μάθουν όταν έβλεπαν βίντεο 360° και σημειώθηκε ο θετικός αντίκτυπος των κινήτρων στη μάθηση των μαθητών στα βίντεο 360° που προβλήθηκαν με HMDs. Λίγο ως πολύ, αυτό το εύρημα ήταν αναμενόμενο, καθώς τα κίνητρα για μάθηση φαίνεται να είναι ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των βίντεο 360° (ενδεικτικά, King-Thompson, 2017, Xie et al., 2019).

Η μαθησιακή ικανοποίηση είναι σημαντική για τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας ενός εργαλείου. Η έρευνα για την μαθησιακή ικανοποίηση όταν χρησιμοποιούνται συμβατικά βίντεο, ακόμη και στα αρχικά της στάδια, είχε αποδείξει ότι προσφέρουν μία ικανοποιητική εμπειρία (Ritchie & Newby, 1989). Καθώς τα βίντεο 360° είναι πιο εξελιγμένα, αναμενόταν ακόμα υψηλότερα επίπεδα ικανοποίησης, όπως έχουν προτείνει και άλλοι

(Violante et al., 2019). Εξετάστηκαν δύο πτυχές της μαθησιακής ικανοποίησης: (α) κατά πόσο οι μαθητές θεώρησαν ότι τα τρία μέσα διευκόλυναν τη μάθησή τους, καθώς αυτός ο παράγοντας έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για τη μέτρηση του αντίκτυπου τεχνολογιών όπως, για παράδειγμα, η επαυξημένη πραγματικότητα (Akçayir & Akçayir, 2017) και (β) η διασκέδαση/απόλαυση που πρόσφεραν τα τρία μέσα. Εξετάζοντας το ερευνητικό ερώτημα ΕΕ2α, δεν διαπιστώθηκαν διαφορές στον παράγοντα “Διευκόλυνση της μάθησης” (βλ. Πίνακα 4), οι μαθητές θεώρησαν και τα τρία εργαλεία εξίσου χρήσιμα. Όμως, απαντώντας στο ερευνητικό ερώτημα ΕΕ2ε, από τα τρία εργαλεία που εξετάστηκαν, η διασκέδαση των μαθητών ήταν υψηλότερη στα βίντεο 360° που παρουσιάστηκαν με HMDs. Έτσι, συμπεραίνεται ότι η μαθησιακή ικανοποίηση ήταν υψηλότερη σε αυτό το μέσο. Επίσης, διαπιστώθηκε η θετική συσχέτιση διασκέδασης και μαθησιακών αποτελεσμάτων (βλ. Πίνακα 5). Οι ερευνητές έχουν προτείνει ότι η καινοτομία της εμπειρίας εντείνει τη διασκέδαση, η οποία, με τη σειρά της, μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένα μαθησιακά οφέλη (Lin et al., 2019). Ωστόσο, άλλοι πρότειναν ότι ο υπερ-ενθουσιασμός μπορεί να οδηγήσει σε απόσπαση της προσοχής και, ως επακόλουθο, να υπάρξει αρνητική επίδραση στη μάθηση (Rupp et al., 2016). Αν και η τελευταία περίπτωση είναι όντως πιθανή, εντούτοις, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, στηρίζουν, ως πιο πιθανή, την πρώτη άποψη.

Αναφορικά με την απάντηση στο ερευνητικό ερώτημα ΕΕ2γ, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα βίντεο 360° είναι -μακράν- το λιγότερο εύκολο στη χρήση εργαλείο (βλ. Πίνακα 2). Αυτό προκαλεί κάποια έκπληξη, καθώς διατέθηκε στους μαθητές (τουλάχιστον κατά την άποψή του συγγραφέα) αρκετός χρόνος για να εξοικειωθούν με τα HMDs και τα βίντεο 360°. Ωστόσο, ο παράγοντας “Ευκολία χρήσης” δεν επηρέασε με στατιστικά σημαντικό τρόπο τα γνωστικά αποτελέσματα (βλ. Πίνακα 5). Η δυσκολία στη χρήση είναι πιθανό να σχετίζεται με τα HMDs χαμηλής τεχνολογίας που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη, καθώς η πλοήγηση υλοποιείται με μία -κατά κάποιο τρόπο- “αφύσικη” μέθοδο, δηλαδή ο χρήστης πρέπει να “κοιτάξει” προς την κατεύθυνση ενός hotspot για λίγα δευτερόλεπτα και όχι με χειριστήρια (Fokides et al., 2020). Τέλος, λίγοι μαθητές ανέφεραν ήπια ασθένεια προσομοιωτή. Αν και υπάρχει βιβλιογραφία που υποδηλώνει ότι η δυσάρεστη αυτή κατάσταση μπορεί να έχει αρνητικό αντίκτυπο στη μάθηση (Rupp et al., 2019), κάτι τέτοιο δεν μπορεί επιβεβαιωθεί από την παρούσα μελέτη, καθώς τα περιστατικά ήταν πολύ λίγα.

5.1. Επιπτώσεις στην έρευνα και την εκπαιδευτική πρακτική

Η μελέτη συνεισφέρει στην υπάρχουσα βιβλιογραφία σχετικά με τον αντίκτυπο που έχουν τα βίντεο 360° στη μάθηση καθώς: (α) ποσοτικοποίησε και αντιπαρέβαλλε τα μαθησιακά τους αποτελέσματα με αυτά των συμβατικών βίντεο, (β) διερεύνησε τις απόψεις και τα συναισθήματα των μαθητών σχετικά με τη χρήση τους και (γ) ποσοτικοποίησε τον αντίκτυπο ορισμένων παραγόντων, όπως διασκέδαση, κίνητρα και εμπύθιση. Λόγω των παραπάνω, μπορούν να αναφερθούν μία σειρά από επιπτώσεις για όλους όσους εμπλέκονται στις εκπαιδευτικές χρήσεις των βίντεο 360°. Για παράδειγμα, σημειώθηκαν αυξημένα επίπεδα

απόλαυσης και κινήτρων για μάθηση όταν οι μαθητές εξερεύνησαν το εκπαιδευτικό υλικό χρησιμοποιώντας αυτή την τεχνολογία. Η προσθήκη παιχνιδικών χαρακτηριστικών είναι από τις πιο κοινές προσεγγίσεις για την περαιτέρω αύξηση των κινήτρων και της διασκέδασης (Fokides et al., 2019). Επίσης, διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές θεώρησαν τα HMDs το λιγότερο εύκολο στη χρήση μέσο. Δεδομένου αυτού, καλό θα ήταν να χρησιμοποιηθούν χειριστήρια ή ακόμη και συσκευές εντοπισμού της θέσης των χεριών, καθώς έτσι η πλοήγηση υλοποιείται με πιο φυσικό τρόπο (Miller & Bugnariu, 2016). Επιπλέον, καθώς χρησιμοποιήθηκαν HMDs χαμηλής τεχνολογίας, αυτό μάλλον είχε αρνητικό αντίκτυπο στη εμπύθιση και, με τη σειρά του, αυτό είχε αρνητική επίδραση στα μαθησιακά αποτελέσματα, όπως έχουν προτείνει και άλλοι ερευνητές (Rupp et al., 2019). Ως εκ τούτου, υπάρχει ανάγκη για μελέτες που συγκρίνουν HMDs που προσφέρουν διαφορετικά επίπεδα εμπύθισης, προκειμένου να εξεταστεί ο ακριβής αντίκτυπός τους στη μάθηση.

Όσο για την εκπαίδευση, έλλειψη αξιόπιστου εκπαιδευτικού περιεχομένου είναι σημαντικός περιορισμός. Παρόλο που διατίθενται εκατομμύρια βίντεο 360°, τα περισσότερα από αυτά δωρεάν, πολύ λίγα είναι κατάλληλα για εκπαιδευτική χρήση, καθώς στη συντριπτική τους πλειοψηφία αφορούν τον τομέα της ψυχαγωγίας. Επιπλέον, είναι αμφίβολο εάν οι εκπαιδευτικοί είναι πρόθυμοι να αφιερώσουν τον χρόνο που απαιτείται για την εγγραφή και την επεξεργασία τέτοιων βίντεο. Τέλος, η υποδομή που απαιτείται, ακόμη και για HMDs χαμηλής τεχνολογίας και smartphones, δεν υπάρχει πάντα, αν και το κόστος δεν είναι σημαντικό. Έτσι, καλό θα ήταν οι υπεύθυνοι χάραξης εκπαιδευτικής πολιτικής να αναλάβουν πρωτοβουλίες προς αυτή την κατεύθυνση.

5.2. Περιορισμοί και μελλοντικές έρευνες

Υπάρχουν περιορισμοί στη μελέτη που πρέπει να αναφερθούν. Το μέγεθος του δείγματος ήταν περισσότερο από ικανοποιητικό, ωστόσο, το ηλικιακό εύρος ήταν μάλλον περιορισμένο. Έτσι, δύσκολα γενικεύονται τα συμπεράσματα σε νεαρότερους ή μεγαλύτερους μαθητές. Ο αριθμός των παρεμβάσεων ήταν σχετικά περιορισμένος. Παρότι περιλήφθηκαν τρία διαφορετικής φύσης γνωστικά αντικείμενα, υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός γνωστικών αντικειμένων στα οποία τα βίντεο 360° βρίσκουν εφαρμογή. Όλοι οι παραπάνω περιορισμοί μπορούν να χρησιμεύσουν ως κατευθυντήριες γραμμές για μελλοντικά ερευνητικά προγράμματα· μεγαλύτερα δείγματα, περισσότερες παρεμβάσεις και γνωστικά αντικείμενα, θα προσφέρουν σημαντικές πληροφορίες αναφορικά με τον μαθησιακό αντίκτυπο αυτής της τεχνολογίας. Επιπλέον, θα ήταν ενδιαφέρον να αναλυθούν οι απόψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με την εισαγωγή αυτής της τεχνολογίας στη διδασκαλία τους. Τέλος, διαχρονικές μελέτες για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των βίντεο 360°, θα επιτρέψουν να διαπιστωθεί τι αποτελέσματα υπάρχουν όταν καταλαγιάσει ο αρχικός ενθουσιασμός από τη χρήση κάτι “νέου”.

6. Συμπεράσματα

Αν και τα βίντεο 360° γενικά θεωρούνται αποτελεσματικά, η υπάρχουσα βιβλιογραφία δεν δίνει σαφείς απαντήσεις σχετικά με το ακριβές εκπαιδευτικό δυναμικό τους. Αυτή ήταν η κινητήρια δύναμη για τη διεξαγωγή της παρούσας μελέτης. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με αυτά που προέρχονται από τη χρήση συμβατικών βίντεο, έγινε προσπάθεια να διαπιστωθεί αν αποτελούν ελκυστική και, ταυτόχρονα, αποτελεσματική εναλλακτική λύση για την παρουσίαση του εκπαιδευτικού υλικού. Πράγματι, τα βίντεο 360° είχαν μεγαλύτερο θετικό αντίκτυπο στις γνώσεις των μαθητών σε σχέση με τα συμβατικά βίντεο. Επίσης, φάνηκε ότι το μέσο με το οποίο προβάλλονται παίζει ρόλο. Ωστόσο, αν και η διαφορά μεταξύ της προβολής βίντεο 360° σε υπολογιστή και της προβολής τους με HMDs ήταν στατιστικά σημαντική, δεν ήταν και ιδιαίτερα εντυπωσιακή. Επιπλέον, φάνηκε ότι τα κίνητρα, η απόλαυση και η εμπύθιση παίζουν σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα των βίντεο 360°. Ως αρνητικό στοιχείο θα πρέπει να αναφερθεί το γεγονός ότι τα βίντεο 360° που προβλήθηκαν με τη χρήση HMDs ήταν το λιγότερο εύκολο στη χρήση του μέσο. Συμπερασματικά, μπορεί να υποστηριχθεί ότι τα βίντεο 360° έχουν ενδιαφέρον εκπαιδευτικό δυναμικό και ότι οι εκπαιδευτικοί μπορούν να εξετάσουν το ενδεχόμενο να τα χρησιμοποιήσουν στην καθημερινή τους διδασκαλία.

Βιβλιογραφία

- Akçayır, M. & Akçayır, G. (2017) Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Ardisara, A. & Fung, F. M. (2018) Integrating 360° videos in an undergraduate chemistry laboratory course. *Journal of Chemical Education*, 2018, 1881-1884. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00143>
- Argyriou, L., Economou, D. & Bouki, V. (2020) Design methodology for 360 immersive video applications: the case study of a cultural heritage virtual tour. *Personal and Ubiquitous Computing*, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s00779-020-01373-8>
- Chang, C. -Y., Sung, H. -Y., Guo, J. -L., Chang, B. -Y. & Kuo, F. -R. (2019) Effects of spherical video-based virtual reality on nursing students' learning performance in childbirth education training. *Interactive Learning Environments*, 1-17. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1661854>
- Cohen, J. (1969) *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Academic Press.
- Dede, C. (2009) Immersive interfaces for engagement and learning. *Science*, 323(5910), 66-69. <https://doi.org/10.1126/science.1167311>

- Dede, C. J., Jacobson, J. & Richards, J. (2017) *Introduction: virtual, augmented, and mixed realities in education*. In *Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education* (pp. 1-16). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5490-7_1
- Fokides, E. & Arvaniti, P. A. (2020) Evaluating the effectiveness of 360o videos when teaching primary school subjects related to environmental education. *Journal of Pedagogical Research*, 4(3), 203-222. <https://doi.org/10.33902/JPR.2020063461>
- Fokides, E., Atsikpasi, P., Kaimara, P. & Deliyannis, I. (2019) Let players evaluate serious games. Design and validation of the Serious Games Evaluation Scale. *International Computer Games Association Journal*, 41(3), 116-137. <https://doi.org/10.3233/ICG-190111>
- Fokides, E & Kefalinou, M. (2020) Examining the impact of spherical videos in teaching endangered species/environmental education to primary school students. *Journal of Information Technology Education: Research*, 19, 427-450. <https://doi.org/10.28945/4612>
- Fokides, E., Polydorou, E. & Mazarakis, P. (2020) Using spherical videos for teaching history to high school students. *International Journal of Smart Education and Urban Society*, 11(4), 18-34. <https://10.4018/IJSEUS.2020100102>
- Gravetter, F. J. & Forzano, L. A. B. (2018) *Research methods for the behavioral sciences*. Cengage Learning.
- Higuera-Trujillo, J. L., López-Tarruella Maldonado, J. & Llinares Millán, C. (2017) Psychological and physiological human responses to simulated and real environments: A comparison between photographs, 360° panoramas, and virtual reality. *Applied Ergonomics*, 65(65), 398-409. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.05.006>
- Johnson, C. D. L. (2018) Using virtual reality and 360-degree video in the religious studies classroom: An experiment. *Teaching Theology & Religion*, 21(3), 228-241. <https://doi.org/10.1111/teth.12446>
- Keren, G. (2014) Between-or within-subjects design: A methodological dilemma. In G. Keren & C. Lewis (Eds.), *A handbook for data analysis in the behavioral sciences* (pp. 257-272). Psychology Press.
- King-Thompson, J. (2017) *The benefits of 360° Videos & Virtual Reality in Education*. <https://blend.media/blog/benefits-of-360-videos-virtual-reality-in-education>
- Lin, H. C. -S., Yu, S. -J., Sun, J. C. -Y. & Jong, M. S. Y. (2019) Engaging university students in a library guide through wearable spherical video-based virtual reality: Effects on situational interest and cognitive load. *Interactive Learning Environments*, 1-16. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1624579>
- Mayer, R. E. (2009) *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678>

- Miller, H. L. & Bugnariu, N. L. (2016) Level of immersion in virtual environments impacts the ability to assess and teach social skills in autism spectrum disorder. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 19(4), 246-256.
<https://doi.org/10.1089/cyber.2014.0682>
- Paraskevaïdis, P. & Fokides, E. (2020) Using 360° videos for teaching volleyball skills to primary school students. *Open Journal for Information Technology*, 3(1), 21-38.
<https://doi.org/10.32591/coas.ojit.0301.03021p>
- Parmaxi, A., Stylianou, K. & Zaphiris, P. (2018) Enabling social exploration through virtual guidance in Google Expeditions: An exploratory study. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 397-408. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75175-7_40
- Pham, H. C., Dao, N., Pedro, A., Le, Q. T., Hussain, R., Cho, S. & Park, C. S. I. K. (2018) Virtual field trip for mobile construction safety education using 360-degree panoramic virtual reality. *International Journal of Engineering Education*, 34, 1174-1191.
- Ritchie, H. & Newby, T. J. (1989, July) Instruction: Classroom lecture/discussion vs. Live televised instruction: A comparison of effects on student performance, attitude, and interaction. *American Journal of Distance Education*, 3, 36-45.
<https://doi.org/10.1080/08923648909526677>
- Rupp, M. A., Kozachuk, J., Michaelis, J. R., Odette, K. L., Smither, J. A. & McConnell, D. S. (2016) The effects of immersiveness and future VR expectations on subjective-experiences during an educational 360 video. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 60, No. 1), 2108-2112. SAGE Publications.
<https://doi.org/10.1177/1541931213601477>
- Rupp, M. A., Odette, K. L., Kozachuk, J., Michaelis, J. R., Smither, J. A. & McConnell, D. S. (2019) Investigating learning outcomes and subjective experiences in 360-degree videos. *Computers & Education*, 128, 256-268.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.015>
- Slater, M. (2009) Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 364(1535), 3549-3557. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0138>
- Slater, M. & Sanchez-Vives, M. V. (2016) Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3. <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>
- Sweller, J. (2005) Implications of cognitive load theory for multimedia learning. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, 3(2), 19-30.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.003>
- Taber, K. S. (2018) The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in Science Education*, 48(6), 1273-1296.
<https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2>

- Ulrich, F., Helms, N. H., Frandsen, U. P. & Rafn, A. V. (2019) Learning effectiveness of 360° video: experiences from a controlled experiment in healthcare education. *Interactive Learning Environments*, 1-14. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1579234>
- Violante, M. G., Vezzetti, E. & Piazzolla, P. (2019) Interactive virtual technologies in engineering education: Why not 360° videos? *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 13(2), 729-742. <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00553-y>
- Wu, J., Guo, R., Wang, Z. & Zeng, R. (2019) Integrating spherical video-based virtual reality into elementary school students' scientific inquiry instruction: effects on their problem-solving performance. *Interactive Learning Environments*, 1-14. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1587469>
- Xie, Y., Ryder, L. & Chen, Y. (2019) Using interactive virtual reality tools in an advanced Chinese language class: a case study. *TechTrends*, 1-9. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00389-z>

Παράρτημα I

Υπερσύνδεσμοι των αρχικών βίντεο:

Λονδίνο (βίντεο 360°) https://www.youtube.com/watch?v=o3rRsMT3_ZQ

Παρίσι (βίντεο 360°) <https://www.youtube.com/watch?v=EkshFcLESPU&t=188s>

Ρώμη (συμβατικό βίντεο) <https://www.youtube.com/watch?v=gBFbAlqLtLs>

Καταρράκτες Έιντζελ, Βενεζουέλα (βίντεο 360°)
https://www.youtube.com/watch?v=L_tqK4eqeIA

Καταρράκτες Βικτωρίας, Ζάμπια-Ζιμπάμπουε (βίντεο 360°)
<https://www.youtube.com/watch?v=5XY0olwmXSc>

Καταρράκτες Νιαγάρα, Καναδάς-ΗΠΑ (συμβατικό βίντεο)
<https://www.youtube.com/watch?v=lyBq4AdBKJI>

Πέτρα, Ιορδανία (βίντεο 360°) <https://www.youtube.com/watch?v=xSiv4TkfSOE>

Άγκορ Βάτ, Καμπότζη (βίντεο 360°) <https://www.youtube.com/watch?v=66rRr3fFTLw>

Μάτσου Πίτσου, Περού (συμβατικό βίντεο) <https://www.youtube.com/watch?v=cnMa-Sm9H4k>

Παράρτημα II

Το ερωτηματολόγιο

Παράγοντας	Ερώτηση
Διασκέδαση	Νομίζω ότι το εργαλείο* που χρησιμοποίησα ήταν διασκεδαστικό Ένιωσα βαριεστημένος ενώ χρησιμοποιούσα αυτό το εργαλείο** Μου άρεσε που χρησιμοποίησα αυτό το εργαλείο Μου άρεσε πολύ που μελέτησα με αυτό το εργαλείο Δεν διασκέδασα καθόλου χρησιμοποιώντας αυτό το εργαλείο**
Υποκειμενική διευκόλυνση της μάθησης	Ένιωσα ότι αυτό το εργαλείο μπορεί να διευκολύνει τον τρόπο που μαθαίνω Αυτό το εργαλείο ήταν ένας πολύ ευκολότερος τρόπος μάθησης σε σύγκριση με τη συνήθη διδασκαλία Αυτό το εργαλείο έκανε τη μάθησή μου πιο ενδιαφέρουσα Ένιωσα ότι αυτό το εργαλείο με βοήθησε να αυξήσω τις γνώσεις μου Ένιωσα ότι έπιασα τα βασικά στοιχεία των θεμάτων που παρουσιάστηκαν με αυτό το εργαλείο
Ευκολία χρήσης	Νομίζω ότι ήταν εύκολο να μάθω να χρησιμοποιώ αυτό το εργαλείο Βρήκα αυτό το εργαλείο περίπλοκο στη χρήση του** Νομίζω ότι οι περισσότεροι άνθρωποι θα μάθουν να χρησιμοποιούν αυτό το εργαλείο πολύ γρήγορα Έπρεπε να μάθω πολλά πράγματα για να μπορέσω να χρησιμοποιήσω αυτό το εργαλείο** Ένιωσα ότι χρειαζόμουν βοήθεια από κάποιον άλλο για να χρησιμοποιήσω αυτό το εργαλείο επειδή δεν ήταν εύκολο για μένα να καταλάβω τη χρήση του** Ήταν εύκολο για μένα να γίνω επιδέξιος στη χρήση αυτού του εργαλείου
Εμβύθιση	Ήμουν βαθιά συγκεντρωμένος όταν χρησιμοποιούσα αυτό το εργαλείο Απορροφήθηκα εντελώς σε όσα έβλεπα χρησιμοποιώντας αυτό το εργαλείο Έχασα την αίσθηση του χρόνου κατά τη χρήση του εργαλείου Ένιωσα αποκομμένος από τον έξω κόσμο ενώ χρησιμοποιούσα το εργαλείο
Κίνητρα για μάθηση	Θέλω να μάθω περισσότερα σχετικά με όσα είδα με αυτό το εργαλείο Παρακινήθηκα να διαβάσω παραπάνω ή να ερευνήσω τα θέματα που παρουσιάστηκαν με αυτό το εργαλείο Το εργαλείο δεν με παρακίνησε να μάθω**

Σημειώσεις: * = η λέξη "εργαλείο" αντικαταστάθηκε με τις λέξεις "συμβατικό βίντεο", "βίντεο 360° στον υπολογιστή" και "βίντεο 360° με HMDs", ανάλογα με το ποιο μέσο χρησιμοποίησαν οι μαθητές.

** = ερώτηση της οποίας το σκορ της αντιστράφηκε· οι ερωτήσεις παρουσιάστηκαν με τυχαία σειρά