

Χρησιμοποιώντας την τρισδιάστατη εκτύπωση σε ένα συμπεριληπτικό περιβάλλον για κωφούς μαθητές

Δημήτριος Τσιαστούδης¹, Χαρίτων Πολάτογλου²,
tsiastoudis@auth.gr, hariton@auth.gr

¹ PhD.C Ειδικό Γυμνάσιο και Λύκειο ΕΑΕ Κωφών Θεσσαλονίκης

² Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να παρουσιάσει μια μελέτη περίπτωσης μιας εκτεταμένης μαθησιακής διαδικασίας στα πεδία του STEAM, στην οποία εστίασαμε σε εκπαιδευτικές και κοινωνικο-πολιτιστικές δεξιότητες μαθητών με προβλήματα ακοής. Αναπτύξαμε μια έρευνα δράσης στα πλαίσια της δραστηριότητας «Μια Νέα Αρχή στα ΕΠΑΛ», όπου μια ανομοιογενής ομάδα-στόχος κωφών μαθητών δευτεροβάθμιας 13-19 συμμετείχε σε μια εκτεταμένη μαθησιακή διαδικασία συνεργασίας με μαθητές ενός επαγγελματικού λυκείου ακουόντων αλλά και μαθητές με νοητική στέρωση μια μονάδας ειδικής αγωγής με θέμα την κυκλική μόδα. Η συμβολή μας εστίασε στη δημιουργία κοσμημάτων μέσω της τρισδιάστατης σχεδίασης και εκτύπωσης χρησιμοποιώντας το ισχυρό οπτικό κανάλι των μαθητών μας. Καταγράψαμε τις δραστηριότητές τους, και τις συνθήκες αλλαγής με συνεντεύξεις και παρατήρηση των μαθητών. Περιγράψουμε τις δυσκολίες που αντιμετωπίσαμε και τις απαραίτητες προσαρμογές. Οι κωφοί μαθητές πέτυχαν αξιοσημείωτα αποτελέσματα, αποδεικνύοντας ότι απέκτησαν τις απαιτούμενες δεξιότητες και στάσεις για μια τόσο πολυσύνθετη δραστηριότητα. Επιπλέον, η συμβολή της έρευνας δράσης ήταν θεμελιώδης για τον εντοπισμό των προσαρμογών σε αυτήν την περίπλοκη συνεργασία αποδεικνύοντας ότι τέτοιες προεγγίσεις μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για τον επανασχεδιασμό μιας συμπεριληπτικής διδασκαλίας.

Λέξεις κλειδιά: Τρισδιάστατη εκτύπωση, τρισδιάστατη σχεδίαση, συμπεριληψη, κώφωση, STEAM

Εισαγωγή

Η επανάσταση της πληροφορικής μέσω του διαδικτύου έκανε τον κόσμο μας μικρότερο επεκτείνοντας τον κύκλο των συναναστροφών μας και τις οριοθετημένες προοπτικές των τοπικών εθμών και συνηθειών (Härnqvist & Burgen, 1997). Αλλωστε, ως παγκοσμιοποίηση ορίζεται «η διεύρυνση, εμβάθυνση και επιτάχυνση της παγκόσμιας διασύνδεσης» (Held et al., 1999, σελ. 2). Σε αυτόν τον νέο κόσμο του 21^{ου} αιώνα, έχουμε εκτεταμένες διασυννοριακές ροές ανθρώπων, γνώσεων, ιδεών, πολιτικών κ.λπ. (Appadurai, 1996). Σε ποιο βαθμό όμως αυτή η διεύρυνση της δυνατότητας επιλογής επικοινωνίας εντάσσει στο περιβάλλον μας άτομα με αναπηρίες, και σε ποιο βαθμό αυτές οι αλλαγές αλλάζουν τα ίδια τα άτομα με αναπηρίες αλλά και την φύση της αναπηρίας?

Στον τομέα της εκπαίδευσης, το STEAM αποτελεί σήνηθες πεδίο πρόσβασης στον ταχέως τεχνολογικά αναπτυσσόμενο κόσμο μας. Αποτελεί πλαίσιο μιας εκπαιδευτικής πολιτικής για όλες τις βαθμίδες από το νηπιαγωγείο έως και το μεταδιδακτορικό επίπεδο ενσωματώνοντας την Τεχνολογία και τη Μηχανική στα διακριτά πεδία των Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικά (Gonzalez & Kuenzi, 2012). Στην εξέλιξη του απέκτησε συνοχή ως «μετά-γνωστικό» αντικείμενο, καταργώντας τα όρια των διακριτών αντικειμένων και εξερευνώντας τις περιοχές ανάμεσά τους. Ταυτόχρονα οι πρακτικές του αναδεικνύουν την καινοτομία και την διαδικασία σχεδιασμού πραγματικών λύσεων σε περίπλοκα προβλήματα με χρήση των

σύγχρονων εργαλείων και τεχνολογιών, προωθώντας την επιστημονική ανακάλυψη και την διαδικασία μηχανικού σχεδιασμού (Kennedy & Odell, 2014).

Ποια είναι η θέση όμως των μαθητών με αναπηρίες στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες STEAM? Έρευνες προσδιορίζουν το ποσοστό των ατόμων με κάποια μαθησιακή δυσκολία στη σχολική ηλικία στο 13,7% του γενικού μαθητικού δυναμικού. Η υπολειπόμενη συμμετοχή αυξάνει ακόμα περισσότερο στην τριτοβάθμια εξαιτίας της προγενέστερης έλλειψης γνώσεων που διαμορφώθηκε (Horn & Berkold 1999) . Το ποσοστό μειώνεται σε προπτυχιακό επίπεδο σε 9-10 % στα αντικείμενα που σχετίζονται με τις STEM εκ των οποίων 5% ολοκληρώνει τις σπουδές και μόνο 1% προχωρά σε διδακτορικό επίπεδο (Moon et al. 2012).

Παρόμοια εικόνα παρατηρούμε και σε μαθητές με προβλήματα ακοής. Το 16% των μαθητών με κάποια μαθησιακή δυσκολία στο πτυχιακό επίπεδο αποτελείται από Κωφούς και Βαρήκοους μαθητές (Horn & Berkold 1999). Οι δυσκολίες δεν πηγάζουν από το νοητικό δυναμικό των μαθητών αλλά λειτουργικές και μεθοδολογικές επιλογές της διδασκαλίας. Οι κωφοί μαθητές αντιμετωπίζουν συχνά χαμηλή φωνολογική ενημερότητα, γεγονός που εμποδίζει ουσιαστικά την λήψη πληροφορίας μέσω κειμένου, έχουν υπολειπόμενη ανάπτυξη της αφηρημένης σκέψης αλλά και λειτουργικές δυσκολίες παρακολούθησής (Elliot et al., 2002; Marschark et al., 2005). Οι δυσκολίες αυξάνονται συνεχώς, καθώς τα γνωστικά κενά που δημιουργούνται και οι περιορισμένες γλωσσικές δεξιότητες (Mitchell & Karchmer, 2011) δυσχεραίνουν ακόμα περισσότερο την συμμετοχή στα γνωστικά αντικείμενα του STEM στην εξέλιξη των βαθμίδων. Ερευνητικές μελέτες δείχνουν ότι η εκπαίδευση κωφών μαθητών στα επιστημονικά πεδία επηρεάζεται αρνητικά από ακόμα τρεις κυρίαρχους παράγοντες:

- Ελάχιστο μη δομημένο παιχνίδι και τυχαία μάθηση (Mc. Intosh et al, 1994)
- Εξάρτηση από εξωτερικό σημείο ελέγχου. Συμμετοχή σε κλειστές δραστηριότητες όπου η διαδικασία λήψης αποφάσεων που ελέγχεται από άλλους. (Sagor, 2000).
- Αναζητούν βοήθεια γρηγορότερα έναντι άλλων. (Marshack et al., 2002).

Ωστόσο άλλες έρευνες έδειξαν ότι η διενέργεια δραστηριοτήτων τρισδιάστατης σχεδίασης και εκτύπωσης στα πλαίσια της ειδικής αγωγής επηρεάζει τρεις κυρίως άξονες. Ειδικότερα σε μαθητές με νοητικές, κινητικές και μειωμένης όρασης αναπηρίες επιτυγχάνει:

- την αποτελεσματική εμπλοκή των μαθητών σε STEM δραστηριότητες
- την παραγωγή προσβάσιμου εκπαιδευτικού υλικού STEM για την ειδική αγωγή
- την παραγωγή προσωπικών τεχνουργημάτων που υποστηρίζουν εξειδικευμένα την αναπηρία των ατόμων. (Buehler E et al, 2016)

Το ερευνητικό ερώτημα που εξετάζεται στην παρούσα εργασία είναι εάν είναι δυνατή η δημιουργική χρήση της τρισδιάστατης σχεδίασης και εκτύπωσης για την εισαγωγή των μαθητών με προβλήματα ακοής σε έργα STEM σε ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον χωρίς αποκλεισμούς υποστηρίζοντας τους παραπάνω άξονες. Μια αναγκαιότητα της εκπαίδευσης που πηγάζει από τις ρήτηρες της συμφωνίας του ΟΗΕ για τα δικαιώματα των ατόμων με αναπηρία (UNESCO, 2007) και τον στρατηγικό σχεδιασμό 2020 της ΕΕ για την εκπαίδευση και τη δια βίου μάθηση που προασπίζει την παροχή ίσων ευκαιριών για μαθητές με αναπηρίες. Η Ένωση Καινοτομίας, μία από τις 7 εμβληματικές πρωτοβουλίες της στρατηγικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για μια έξυπνη, βιώσιμη και χωρίς αποκλεισμούς ανάπτυξη, στοχεύει στη δημιουργία ενός περιβάλλοντος φιλικού προς την καινοτομία που διευκολύνει τη μετατροπή των μεγάλων ιδεών σε προϊόντα και υπηρεσίες (European Commission, 2010).

Μέθοδος

Στα πλαίσια σχολικού προγράμματος δημιουργήθηκε μια συνεργασία μεταξύ τριών σχολείων με σκοπό να έρθουν οι μαθητές σε επαφή με τις βασικές αρχές της κυκλικής οικονομίας, να

γνωρίσουν τις καταστρεπτικές συνέπειες της γρήγορης μόδας για τον πλανήτη μας, να προτείνουν λύσεις μέσα από την χρήση και της τεχνολογίας και να διαχειριστούν την ισορροπία μεταξύ ατομικής ευθύνης αλλά και συλλογικών διαδικασιών.

Εντάξαμε την παρούσα δραστηριότητα στην ευρύτερη ερευνητική μας προσπάθεια που στοχεύει στην καλλιέργεια της ανακαλυπτικής μάθησης αλλά και τους επιδιωκόμενους γνωστικούς στόχους της STEM εκπαίδευσης :

- Την ανάπτυξη της δυνατότητας χρήσης των επιστημονικών γνώσεων και διαδικασιών για την κατανόηση του φυσικού κόσμου
- Την απόκτηση δεξιοτήτων χρήσης νέων τεχνολογιών και η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο έχουν αναπτυχθεί και πώς επηρεάζουν εμάς και τον κόσμο
- Την δυνατότητα να αναλύουν τις αιτίες και να ανταλλάσσουν ιδέες, καθώς ορίζουν, επισημοποιούν, λύνουν αλλά και ερμηνεύουν λύσεις σε μαθηματικά προβλήματα και σε πραγματικές καταστάσεις. (Hanover Research, 2012)

Έτσι διεξάγαμε μία μελέτη περίπτωσης (Stake, 1995) στα πλαίσια μιας έρευνας δράσης (Sagor, 2000) με στόχο την βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας και την προσαρμογή στο συγκεκριμένο και με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά δείγμα μαθητών.

Για κάθε παρέμβαση ακολουθήθηκαν τα βήματα της έρευνας δράσης (Sagor, 2000):

- Επιλέξαμε τους στόχους
- Ορίσαμε τη θεωρία έρευνας
- Προσδιορίσαμε τα ερευνητικά ερωτήματα
- Συλλέξαμε δεδομένα με τρεις ανεξάρτητους τρόπους, ερωτηματολόγιο, φόρμα παρατήρησης, και κοιζή ενοτήτων.
- Μελετήσαμε τη φόρμα παρατήρησης και τα αποτελέσματα των κοιζών
- Σχεδιάσαμε την επόμενη ενότητα λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα για το σχεδιασμό της επόμενης δράσης με κατεύθυνση τις πρακτικές STEAM.

Η εκπαιδευτική προσέγγιση της ανακαλυπτικής μάθησης παρέχει ανοικτά προβλήματα, όπου οι μαθητές που εργάζονται σε ομάδες καλούνται να αυτενεργήσουν χωρίς προτιμώμενες ή συγκεκριμένες λύσεις (Jonassen, 2003). Οι μαθητές που συμμετέχουν σε τέτοιες προσεγγίσεις μάθησης με βάση την έρευνα

- συνεργάζονται για να καθορίσουν τι γνωρίζουν και πρέπει να μάθουν,
- μεμονωμένα ερευνούν το περιεχόμενο
- συζητούν μεταξύ τους τα αποτελέσματα της έρευνας,
- καθορίζουν ως ομάδα μια λύση στο πρόβλημά τους,
- παρουσιάζουν τη λύση τους στους συμμαθητές (Hmelo-Silver, 2004).

Δείγμα

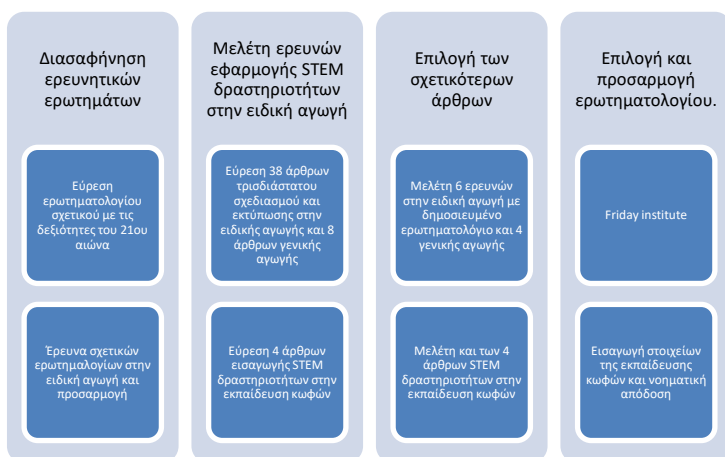
Στην δραστηριότητα πήραν μέρος συνολικά 9 μαθητές με προβλήματα ακοής, που αποτελούν το 13% του συνολικού αριθμού μαθητών με προβλήματα ακοής στα ειδικά σχολεία δευτεροβάθμιας της χώρας μας. Το δείγμα ήταν εξαιρετικά ετερόκλητο περιλαμβάνοντας μια μεγάλη ποικιλία των ειδικών περιπτώσεων που συχνά εμφανίζονται σε τάξεις σχολείων κωφών και βαρήκοων. Η ομάδα περιλάμβανε τρεις μαθητές Γυμνασίου και έξι Λυκείου. Τρεις από τους μαθητές ήταν κορίτσια, και έξι αγόρια. Σε ότι αφορά την μέθοδο επικοινωνίας, πέντε από τους μαθητές είναι φυσικοί νοηματιστές - προγλωσσικοί κωφοί, τέσσερις χρησιμοποιούν αποκλειστικά την νοηματική ως επικοινωνία ενώ δύο από αυτούς έχουν κωφούς γονείς. Τέσσερις μαθητές ήταν βαρήκοοι, 3 από αυτούς χρησιμοποιούν αποκλειστικά τον προφορικό

λόγο και την χειλιανάγνωση για την επικοινωνία τους, ενώ μια μαθήτρια χρησιμοποιεί και τις δύο μεθόδους επικοινωνίας, προφορικό - νοηματικό λόγο.

Στο γνωστικό κομμάτι των επιστημών μόνο τρεις από τους εννέα μαθητές δήλωσαν πριν την παρέμβαση ότι αν είχαν την δυνατότητα θα επέλεγαν τα μαθήματα των θετικών επιστημών και της τεχνολογίας έναντι των άλλων (Φυσική, Χημεία, Μαθηματικά, Βιολογία).

Σχεδιασμός Ερωτηματολογίου

Η διαδικασία εύρεσης κατάλληλου ερωτηματολογίου για την έρευνα αποτέλεσε μια ιδιαίτερα επίπονη και χρονοβόρα διαδικασία. Η σύγχρονη ανάπτυξη της τρισδιάστατης εκτύπωσης περιόρισε σημαντικά τα βιβλιογραφικά ευρήματα εφαρμογών στην ειδική αγωγή ενώ υπήρξε ακόμα περισσότερη δυσκολία στην εκπαίδευση ατόμων με προβλήματα ακοής. Η διαδικασία επιλογής του ερωτηματολογίου αποτελεί προσαρμογή της πρότασης των Gallud et al. (2022) και αποτυπώνεται στην εικόνα 1. Μετά την επιλογή του ερωτηματολογίου S-STEM του Friday Institute (Faber et al, 2013) ακολούθησε μετάφραση του από την αγγλική γλώσσα και προσαρμογή με την βοήθεια του επιβλέποντα καθηγητή Διδακτικής της Φυσικής αλλά και μετάφραση στην ελληνική νοηματική γλώσσα από τον συγγραφέα, εκπαιδευτικό Φυσικών Επιστημών του σχολείου κωφών σε συνεργασία με πιστοποιημένη διερμηνέα της νοηματικής γλώσσας για να εισαχθούν τα νέα νοήματα που λείπουν από το λεξιλόγιο.



Εικόνα 3. Τα βήματα που ακολούθηθηκαν κατά την διαδικασία επιλογής και προσαρμογής του ερωτηματολογίου

Εκπαιδευτική Παρέμβαση

Αρχικά, στα πλαίσια της έρευνας δράσης μελετήθηκαν τα στοιχεία αξιολόγησης προηγούμενης δράσης που διεξάχθηκε στα πλαίσια εισαγωγής της εκπαιδευτικής ρομποτικής. Σε αυτόν τον προηγούμενο κύκλο οι κωφοί μαθητές συνεργάστηκαν με ακούοντες μαθητές στα πλαίσια μιας δραστηριότητας STEM εκπαιδευτικής ρομποτικής (Tsiastoudis & Polatoglou, 2018). Ειδικότερα η προηγούμενη έρευνα δράσης περιλάμβανε την χρήση του Arduino ως εκπαιδευτικό εργαλείο για την εισαγωγή των κωφών μαθητών στην ρομποτική σε συμπεριληπτικό περιβάλλον. Λαμβάνοντας υπόψη τους προηγούμενους κύκλους της, στο τέλος κάθε δραστηριότητας προστέθηκε η ενότητα του λεξιλογίου όπου οι κωφοί μαθητές βιντεοσκοπούσαν κοινά αποδεκτά νοήματα για τους νέους όρους. Αντίστοιχα στην αρχή

κάθε δραστηριότητα παρακολουθήσαμε τις προηγούμενες βιντεοσκοπήσεις παγιώνοντας αυτά τα νοήματα, για τις νέες διαδικασίες και τα νέα εξαρτήματα που συναντήσαμε.

Η συνολική δράση είχε σημείο αναφοράς τις φυσικές ιδιότητες των υλικών και περιλάμβανε οκτώ εκπαιδευτικές δράσεις χωρισμένες σε τέσσερις ενότητες.

- Η πρώτη ενότητα με κεντρική συνιστώσα της Επιστήμης την Βιολογία, περιέλαβε δυο συνεδρίες. Στην πρώτη συνεδρία διερευνήθηκε το πρόβλημα της οικολογικής καταστροφής του πλανήτη, οι καταναλωτικές συνήθειες του κάθε συμμετέχοντα, ο διαχωρισμός ανακυκλώσιμων, βιοδιασπώμενων και λουπών υλικών και η πρόταση της κυκλικής οικονομίας και της κυκλικής μόδας. Στη δεύτερη συνεδρία έγινε εισαγωγή του τεχνολογικού περιεχομένου αναλύοντας την ιστορία της τρισδιάστατης εκτύπωσης, τις τεχνικές και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν με ιδιαίτερη μνεία στο οργανικά παραγόμενο νήμα PLA. Σε αυτήν δόθηκε το πρόβλημα προς λύση.
«Πως θα μπορούσε η τρισδιάστατη σχεδίαση και εκτύπωση να υποστηρίξει την κυκλική οικονομία με εφαρμογή στην κυκλική μόδα.»
Οι μαθητές χωρισμένοι σε ομάδες έκαναν έρευνα στο διαδίκτυο μελετώντας τις σύγχρονες εφαρμογές της τρισδιάστατης εκτύπωσης, κατέγραψαν τα είδη ένδυσης, υπόδησης, και τα αξεσουάρ που παράγονται μέσα από αυτήν. Στην συνέχεια μέσα από συζήτηση στην ολομέλεια συζητήθηκαν τα οφέλη (χρήση οργανικών πρώτων υλών, μείωση μεταφορών, δυνατότητα ανακύκλωσης υλικού σε κλωστή εκτύπωσης κ.α.) και πως αυτή η τεχνολογία προβλέπεται να επηρεάσει την μαζική παραγωγή προϊόντων αλλά και τη μεταφορά τους παγκοσμίως.
- Η δεύτερη ενότητα αποτελείται από δύο εργαστήρια τρισδιάστατου σχεδιασμού μέσω ανακαλυπτικής μάθησης. Ο σχεδιασμός αποτέλεσε πρόσφορο πεδίο ανάλυσης των καρτεσιανών συντεταγμένων στον τρισδιάστατο χώρο αλλά και των διαφορετικών αναμενόμενων ιδιοτήτων μεταξύ, των επιμηκών, των πεπλατυσμένων, αλλά και των συμπαγών (ανεπτυγμένων σε τρεις διαστάσεις) αντικειμένων. Οι μαθητές αφού χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες των τριών ατόμων, κλήθηκαν να δημιουργήσουν τρισδιάστατα ψηφιακά αντικείμενα με ελεύθερο θέμα στο περιβάλλον του Tinkercad. Είχαν στην διάθεση τους tutorial σχεδιασμού στο αντίστοιχο περιβάλλον που μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν κατά το δοκούν, ενώ είχαν την δυνατότητα να εργαστούν συνεργατικά και εξ αποστάσεως, εκτός της χρονικής διάρκειας της παρέμβασης, σε ελεγχόμενο από τους ερευνητές ψηφιακό περιβάλλον της πλατφόρμας. Στο τέλος έπρεπε να καταγράψουν τις πιθανές φυσικές ιδιότητες του αντικειμένου.
- Στην τρίτη ενότητα υπήρξαν επίσης δύο εργαστήρια, παραμετροποίησης και ρύθμισης της εκτύπωσης. Στο πρώτο εργαστήριο οι μαθητές κλήθηκαν να ρυθμίσουν την εκτύπωση του αντικειμένου που σχεδίασαν μέσω του CURA. Στο δεύτερο εργαστήριο η εσωτερική δομή του αντικειμένου που είχε αναλυθεί στο CURA μας βοήθησε να μιλήσουμε για την δομή των υλικών και πως αυτή επηρεάζει τις φυσικές ιδιότητες του τελικού αντικειμένου. Οι ομάδες των μαθητών κάναν υποθέσεις για την τελική ανθεκτικότητα, ελαστικότητα και ποκνότητα του αντικειμένου ανάλογα με το ποσοστό γεμίσεως «infill» που θα επέλεγαν αλλά και με τις απαιτήσεις της χρήσης του αντικειμένου.
- Στην τελευταία ενότητα εκτυπώσαμε τα αντικείμενα με δυο διαφορετικά νήματα PLA και ABS και μας δόθηκε η ευκαιρία να μελετήσουμε και εποπτικά τις φυσικές ιδιότητες τους και ειδικότερα την σκληρότητα, την ελαστικότητα, την ευθραυστότητα, την ποκνότητα, και το σημείο τήξης των υλικών. Στο πρώτο εργαστήριο επεξεργαστήκαμε τον τρόπο ανεύρεσης δωρεάν διαμοιραζόμενου σχεδίου από διαδικτυακές βάσεις και ενδεικτικές μετατροπές του όπου ζητήθηκε από τους μαθητές να βρουν σχέδια κοσμημάτων από το διαδίκτυο και να τα προσαρμόσουν στην θεματική της κυκλικής

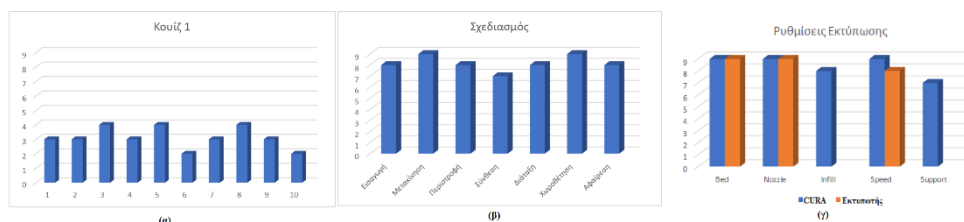
οικονομίας αλλά και στα μεγέθη των χεριών τους. Στο τέλος η κάθε ομάδα εκτόπωσε το αντικείμενο που σχεδίασε και κατέστηκε να υπολογίσει την πυκνότητα του αντικειμένου μιας διαφορετικής ομάδας.

Συλλογή δεδομένων

Έγινε συλλογή των δεδομένων με τρεις διαφορετικούς τρόπους κατά την διάρκεια των παρεμβάσεων. Δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο ανίχνευσης της στάσης των μαθητών στα γνωστικά αντικείμενα της επιστήμης και της προοπτικής επαγγέλματος που να περιλαμβάνει αντικείμενά της, πριν και μετά το σύνολο της παρέμβασης. Οι εκπαιδευτικοί πέραν της υποστήριξης της διαδικασίας συμπλήρωσαν φόρμες παρατήρησης όπου κατέγραφαν τη συμμετοχή των μαθητών, την αλληλεπίδραση, και άλλες πτυχές που αφορούσαν τους στόχους που είχαν τεθεί. Τέλος, κάθε συνεδρία περιλάμβανε ένα ηλεκτρονικό κουίζ αξιολόγησης με το γνωστικό περιεχόμενο της ενότητας, ενώ τα εργαστήρια περιείχαν μια δραστηριότητα για την παραγωγή ενός τεχνουργήματος, μέσω της οποίας μπορούσε να γίνει αξιολόγηση της επίτευξης του επιμέρους γνωστικού στόχου.

Αποτελέσματα

Η πρώτη ενότητα με τις δύο θεωρητικές συνεδρίες της ιστορίας εξέλιξης της τρισδιάστατης εκτόπωσης, της οικολογικής καταστροφής και της κυκλικής οικονομίας παρουσίασαν σημαντικά χαμηλούς βαθμούς στην αξιολόγηση. Κάποιες από τις απαντήσεις των μαθητών έδειξαν ότι το υλικό που παρουσιάστηκε με την μορφή κειμένου είτε ως νέα πληροφορία της ενότητας είτε ως ερωταπαντήσεις στο κουίζ αξιολόγησης δεν έγινε πλήρως κατανοητό. Εικ. 2α



Εικόνα 4. (α). Σωστές απαντήσεις ανά ερώτηση στο κουίζ της πρώτης ενότητας (β). Αριθμός μαθητών που χρησιμοποίησαν επιτυχώς την κάθε λειτουργία (γ). Αριθμός μαθητών με επιτυχείς ρυθμίσεις στο Cura και στο μενού του εκτυπωτή

Σε αντίθεση με την πρώτη ενότητα, οι κωφοί μαθητές έδειξαν μεγάλη ευχέρεια στις εργαστηριακές ενότητες. Στην δεύτερη ενότητα και μετά τα αποτελέσματα της πρώτης μειώθηκε στο ελάχιστο το παρεχόμενο κείμενο. Η πληροφορία δόθηκε κυρίως μέσα από υποτιτλισμένο βίντεο και με νοηματική απόδοση. Ανεξαρτήτως των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του καθενός μαθητή, η σχεδίαση σε τρεις διαστάσεις στο Tinkercad έγινε άμεσα αντιληπτή Εικ.2β. Οι περισσότεροι μαθητές χρησιμοποίησαν τα βίντεο περιστασιακά σε ζητήματα που αντιμετώπισαν, δοκιμάζοντας κυρίως αυθόρμητα τον χειρισμό.

Ομοίως με την δεύτερη, και η τρίτη ενότητα με εργαστηριακό περιεχόμενο είχε υψηλό βαθμό επίτευξης στόχων. Οι μαθητές ρύθμισαν με επιτυχία τις θερμοκρασίες του κρεβατιού του 3D εκτυπωτή και της τήξης του νήματος, εξηγώντας με επάρκεια τα αποτελέσματα των αλλαγών θερμοκρασίας Εικ. 2γ.

Στην τέταρτη ενότητα οι μαθητές έδειξαν ότι έχουν μεγάλη ευχέρεια στην χρήση του διαδικτύου, και πολύ σημαντικές δεξιότητες δημιουργικότητας. Η σύνθεση των αντικειμένων, η σωστή ρύθμιση της κλίμακας, αλλά και η ευφάνταστη χρήση των στοιχείων σχεδιαστικού

προγράμματος οδήγησαν σε πολλά διαφορετικά κοσμήματα. Εμφανές στοιχείο των Κωφών που είναι κοντά στην κοινότητα ήταν η χρήση πολιτιστικών στοιχείων στήριξης της ταυτότητάς τους, όπως το μενταγιόν με το διεθνές σήμα της αγάπης στην Εικ. 3.



Εικόνα 3. Ιδιοκατασκευές βραχιολιών σε διάφορα μεγέθη και μενταγιόν με το διεθνές νοηματικό σήμα της αγάπης.

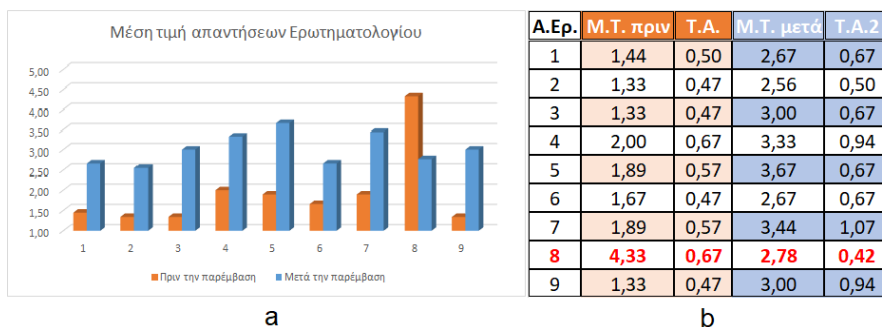
Το ερωτηματολόγιο που δόθηκε στους μαθητές περιλάμβανε τις παρακάτω ερωτήσεις:

1. Είμαι σίγουρος για τον εαυτό μου σε δραστηριότητες επιστημονικών θεμάτων.
2. Θα σκεφτόμουν μια καριέρα γύρω από την επιστήμη.
3. Περιμένω ότι θα χρησιμοποιώ στοιχεία των επιστημών όταν τελειώσω το σχολείο.
4. Η γνώση της επιστήμης θα με βοηθήσει να κερδίσω τα προς το ζην.
5. Θα χρειαστώ την επιστήμη για τη μελλοντική μου εργασία.
6. Ξέρω ότι μπορώ να τα πάω καλά στην επιστήμη.
7. Η επιστήμη θα είναι σημαντική για μένα στις εργασίες μου.
8. Μπορώ να χειριστώ καλά αρκετά θέματα, αλλά δεν μπορώ να κάνω καλή δουλειά

σε θέματα που περιλαμβάνουν επιστημονικά στοιχεία.

9. Είμαι βέβαιος ότι μπορώ να έχω μια υπεύθυνη θέση εργασία σχετική με επιστήμες.

Τα αποτελέσματα πριν και μετά την παρέμβαση αποτυπώνονται στην Εικ 4.



Εικόνα 4. (α) Ραβδόγραμμα της μέσης τιμής των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά την παρέμβαση, θέτοντας 5 στο συμφωνώ απόλυτα και 1 στο διαφωνώ απόλυτα. (β)

Πίνακας της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης πριν και μετά την παρέμβαση. Συμπεράσματα - Συζήτηση

Η προσαρμογή της εισαγωγής των εννοιών λεξιλογίου πριν και μετά από τις δραστηριότητες επηρέασε καιρία την διεξαγωγή τους αλλά και την επίτευξη των στόχων. Τα φύλλα παρατηρήσεων των εκπαιδευτικών κατέγραψαν συνεχείς επαναλήψεις των όρων, αλλά και σωστή εννοιολογική χρήση τους κατά την διάρκεια των δραστηριοτήτων. Από την άλλη ο καθορισμός των νέων νοημάτων αν και δεν είχε κάποια γλωσσολογική κατοχύρωση, γινόταν εύκολα αποδεκτός από το σύνολο χωρίς ισχυρές διαφωνίες.

Η συμμετοχή των κωφών μαθητών στο σύνολο της δραστηριότητας ήταν πλήρης και οι στόχοι που τέθηκαν στα εργαστηριακά κομμάτια εκπληρώθηκαν στο ακέραιο.

- Ανέπτυξαν εξειδικευμένο (STEM) λεξιλόγιο στην φυσική τους γλώσσα.
- Απέκτησαν την απαιτούμενη ευχέρεια σε όλα τα εργαλεία του Tinkercad.
- Ρύθμισαν τις παραμέτρους εκτόπωσης στο cura και εξήγησαν τις αντίστοιχες τιμές.
- Αναγνώρισαν και επιδιόρθωσαν τις αστοχίες στην 3D εκτόπωση όταν υπήρχαν.
- Έκαναν παρατηρήσεις και αναπτύχθηκαν συζητήσεις γύρω από τις φυσικές ιδιότητες των κατασκευών τους και πώς αυτό συσχετίζεται με αντικείμενα του περιβάλλοντος.
- Ανέπτυξαν την δημιουργικότητά τους μετασχηματίζοντας σχέδια που βρήκαν σε ανοικτές βάσεις του διαδικτύου ενσωματώνοντας πολιτιστικά τους στοιχεία.
- Παρουσίασαν την εργασία τους εξηγώντας την συμβολή της στην προστασία του περιβάλλοντος.

Οι δεξιότητες που αναπτύχθηκαν μέσα από τις εργαστηριακές δραστηριότητες ενδυνάμωσαν την θέση των μαθητών στη συνεργασία τους με τα υπόλοιπα σχολεία. Πήραν πρωτοβουλίες και παρουσίασαν την εργασία τους εκδηλώνοντας την περηφάνια τους για τα επιτεύγματά τους. Αντίστοιχα τα τεχνουργήματα τους αναγνωρίστηκαν από τους ακούοντες μαθητές του επαγγελματικού λυκείου που έδειξαν μεγάλο ενδιαφέρον για την τρισδιάστατη εκτόπωση, το μενταγιόν της αγάπης, και την νοηματική γλώσσα.

Ωστόσο σημειώνουμε την χαμηλή απόδοση στις δραστηριότητες όπου κυρίαρχο κανάλι άντλησης πληροφοριών ήταν το γραπτό κείμενο, όπως συνέβη στην πρώτη ενότητα, ενώ αναθεωρήθηκε η χρήση του για τα επόμενα στάδια.

Το ερωτηματολόγιο ανέδειξε τις πεποιθήσεις των μαθητών πριν την δραστηριότητα όπου κυριαρχεί η αίσθηση αδυναμίας σε θέματα επιστήμης και η χαμηλή πρόθεση εμπλοκής με αντίστοιχα θέματα στην συνέχεια της ζωής τους (Εικ 4 (α,β)). Οι μέσες τιμές των απαντήσεων κυμαίνονται μεταξύ του διαφωνώ και διαφωνώ απόλυτα στις ερωτήσεις που είναι θετικές προς μια επιστημονική προοπτική εργασιακής θέσης με μικρή διακύμανση, ενώ μεταξύ του συμφωνώ και του συμφωνώ απόλυτα, στην πρόταση «δεν μπορώ να κάνω καλή δουλειά σε θέματα που περιλαμβάνουν επιστημονικά στοιχεία». Οι επιτυχής συμμετοχή τους στα εργαστηριακά τμήματα της παρέμβασης φαίνεται ότι λειτούργησε ευεργετικά ως προς τις πεποιθήσεις τους για επιτυχή αποτελέσματα σε αντικείμενα της επιστήμης. Οι μέσες τιμές των απαντήσεων δείξαν σημαντική αύξηση ανεβαίνοντας τουλάχιστον μια βαθμίδα ενώ σε τρεις από αυτές ξεπέρασαν την ουδέτερη θέση προς μια θετική στάση (4,5,7). Ομοίως στην ερώτηση αδυναμίας προς την επιστήμη (8) οι απαντήσεις ξεπέρασαν την ουδέτερη στάση προς στάση συμφωνίας.

Παράλληλα η προσπάθεια αυτή ανέδειξε ότι παρά το γεγονός ότι οι κωφοί μαθητές φοιτούν σε ειδικό σχολείο κωφών και άρα στερούνται την σχολική επαφή με ακούοντες, αποκτούν την δυνατότητα μέσα σε ένα εξειδικευμένο περιβάλλον να αποκτήσουν δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα που στην συνέχεια θα τους καταστήσουν ικανούς να ενταχθούν στην κοινωνία των ακουόντων. Με αυτήν την σκοπιά ίσως να δούμε μια νέα μορφή αναπηρίας που προκόπτει στην σύγχρονη κοινωνία. Τα άτομα με αισθητηριακές αναπηρίες στερούνται πληροφορίες εξαιτίας της απώλειας ακοής. Ωστόσο στερείτε πληροφορίες από το περιβάλλον του αλλά και την ικανότητα κριτικής σκέψης στις σύγχρονες προκλήσεις που αντιμετωπίζει η κοινωνία, ένας πολίτης που δεν κατέχει τις δεξιότητες χειρισμού των σύγχρονων τεχνολογικών μέσων. Μέσα από αυτήν την σκοπιά, η εκπαίδευση STEAM εκτός από την στόχευση κατάρτισης του απαραίτητου νέου εργατικού δυναμικού ουσιαστικά στοχεύει και στην συμπεριληψη πολιτών που υπολειπονται εξαιτίας τεχνολογικού αναλφαριθμητισμού.

Αναφορές

- Appadurai, A. (1996). *Modernity at Large: Cultural dimensions of globalization*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Buehler, E., Comrie, N., Hofmann, M., McDonald, S., & Hurst, A. (2016). Investigating the implications of 3D printing in special education. *ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)*, 8(3), 1-28.
- Elliot, L. B., Foster, S. B., & Stinson, M. S. (2002). Student study habits using notes from a speech-to-text support service. *Exceptional Children*, 69, 25-40.
- European Commission (2010). Europe 2020: A Strategy for Smart, Sustainable, and Inclusive Growth, COM (2010) 2020, Brussels, 03.03.2010, <http://ec.europa.eu/ / europe2020>
- Faber, M., & Unfried, A., & Wiebe, E. N., & Corn, J., & Townsend, L. W., & Collins, T. L. (2013, June), *Student Attitudes toward STEM: The Development of Upper Elementary School and Middle/High School Student Surveys* ASEE Annual Conference & Exposition, Atlanta, Georgia. 10.18260/1-2--22479
- Gallud, J. A., Tesoriero, R., Lozano, M. D., Penichet, V. M., & Fardoun, H. M. (2022). The Use of Tangible User Interfaces in K12 Education Settings: A Systematic Mapping Study. In *IEEE Access*, vol. 10, pp. 24824-24842. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3154794>
- Gonzalez, H. B. & Kuenzi, J. J., (2012), Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer, Congressional Research Service, Retrieved January 10, 2017 from: <https://fas.org/spp/crs/misc/R42642.pdf>
- Hanover Research. (2012). Best Practices in Elementary STEM Programs, page:8 fig1.3, Retrieved January 10, 2017 from: https://s3.amazonaws.com/com.appolearning.files/production/uploads/uploaded_file/36316450-42ea-48e1-b948-9c5e5231f6d9/STEM.pdf
- Härnqvist, K., & Burgen, A. (Eds.). (1997). *Growing up with Science: developing early understanding of Science*. London: Jessica Kingsley Publishing.
- Held, D., McLew, A., Goldblatt, D. and Perraton, J. (1999). *Global Transformations: Politics, economics and culture*. Stanford: Stanford University Press.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn?, *Educational Psychology Review*, 16, 235-266.
- Horn, L., & Berkold, J. (1999). Students with disabilities in postsecondary education: A profile of preparation, participation, and outcomes. Washington, DC: National Center for Education Statistics.
- Kennedy, T., & Odell, M. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246-258.
- Marshack, M., Lang, H., G., Albertini, J.A., (2002). Educating deaf students: From research to practice, New York, N.Y. Oxford University Press,
- Marschark, M., Sapere, P., Convertino, C., & Seewagen, R. (2005). Educational interpreting: Access and outcomes. In M. Marschark, R. Peterson, & E. Winston (Eds.), *Sign language interpreting and interpreter education: Directions for research and practice* (pp. 76-95). New York, NY: Oxford University Press.
- McIntosh R. A., Sulzen L., Reeder K., & Kidd D. H. (1994). Making science accessible to deaf students: The need for science literacy and conceptual teaching. *American Annals of the Deaf*, 139(5), 480-484.
- Mitchell, R. E., & Karchmer, M. A. (2011). Demographic and achievement characteristics of deaf and hard-of-hearing children. In M. Marschark & P. Spencer (Eds.), *Oxford handbook of deaf studies, language, and education* (pp. 18-31). New York, NY: Oxford University Press.
- Moon, N. W., Todd, R. L., Morton, D. L., & Ivey, E. (2012). Accommodating students with disabilities in science, technology, engineering, and mathematics (STEM): Findings from research and practice for middle grades through university education. Atlanta: Center for Assistive Technology and Environmental Access, College of Architecture, Georgia Institute of Technology.
- Sagor, R. (2000). *Guiding school improvement with action research* Association for supervision and curriculum development, USA
- Stake, R. E. (1995). *The art of case study research*, Thousand Oaks, CA: Sage
- Tsiastoudis, D., & Polatoglou, H. (2018, June). Inclusive education on stem subjects with the arduino platform. In *Proceedings of the 8th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion* (pp. 234-239).
- UNESCO (2007). Convention on the Rights of Persons with Disabilities, Retrieved January 10, 2017, from: <http://www.un.org/disabilities/documents/convention/convoptprot-e.pdf>