



Σχολή Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας

Τμήμα Βιοϊατρικών Επιστημών

Σχολή Διοικητικών, Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών

Τμήμα Αγωγής και Φροντίδας στην Πρώιμη Παιδική Ηλικία



Παιδαγωγικό τμήμα



Διδρυματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

Επιστήμες της Αγωγής μέσω Καινοτόμων Τεχνολογιών και Βιοϊατρικών

Προσεγγίσεων

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

STEAM Unplugged: η ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης στην προσχολική ηλικία με τη χρήση γραναζιών

POST GRADUATE THESIS

STEAM UNPLUGGED: Enhancing preschool computational thinking with the use of gears



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ/NAME OF STUDENT

Παγόνα Στάμου

Pagona Stamou

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ/NAME OF THE SUPERVISOR

Παρασκευή Φώτη

Paraskevi Foti

ΑΙΓΑΛΕΩ/AIGALEO 2023



Faculty of Health and Caring Professions
Department of Biomedical Sciences
Faculty of Administrative, Financial and Social Sciences
Department of Early Childhood Education and Care



Department of Pedagogy



Inter-Institutional Post Graduate Program
Pedagogy through innovative Technologies and Biomedical approaches

POST GRADUATE THESIS

STEAM Unplugged: Enhancing preschool computational thinking with the use of gears

Pagona Stamou

21110

mscedt21110@uniwa.gr

FIRST SUPERVISOR

PARASKEVI FOTI

SECOND SUPERVISOR

PETROS KARKALOUSOS

AIGALEO 2023

Επιτροπή εξέτασης

Ημερομηνία εξέτασης: 08/07/2023

| | Ονόματα εξεταστών | Υπογραφή |
|---------------------------|--------------------|----------|
| 1 ^{ος} Εξεταστής | Παρασκευή Φώτη | |
| 2 ^{ος} Εξεταστής | Πέτρος Καρκαλούσος | |

Δήλωση συγγραφέα μεταπτυχιακής εργασίας

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Παγώνα Στάμου του Ευαγγέλου, με αριθμό μητρώου 21110 φοιτήτρια του Διδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Παιδαγωγική μέσω Καινοτόμων Τεχνολογιών και Βιοϊατρικών Προσεγγίσεων των Τμημάτων Βιοϊατρικών Επιστημών/ Τμήμα Αγωγής και Φροντίδας στην Πρώιμη Παιδική Ηλικία/Παιδαγωγικό τμήμα των Σχολών Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας/Σχολή Διοικητικών, Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής και της Ανώτατης Σχολής Παιδαγωγικής και Τεχνολογικής Εκπαίδευσης, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι τις 7 Ιουλίου 2024 και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή.

Η Δηλούσα

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά,
την οικογένειά μου,
τους επιβλέποντες της έρευνας,
τις συναδέλφους,
και τους υπέροχους μαθητές μου!

Αφιερώσεις

Στον Ιάκωβο,
την Κατερίνα,
τη Νικολέττα,
τον μικρό και τον μεγάλο Ευάγγελο...

«Τα γρανάζια είναι σαν τους ανθρώπους - καθένα έχει τη δική του δουλειά να κάνει και κάθε δουλειά είναι σημαντική για τη λειτουργία του συνόλου»

Κέβιν Μπέκερ

Περίληψη

Εισαγωγή: Τα τελευταία χρόνια, νέες μέθοδοι και νέα αντικείμενα εισάγονται στα αναλυτικά προγράμματα της προσχολικής εκπαίδευσης. Μέθοδοι που, μεταξύ άλλων, εστιάζουν στην καλλιέργεια της υπολογιστικής σκέψης μέσω της ανάπτυξης μηχανικών ικανοτήτων. Αντικείμενα που μέσω της χρήσης εργαλείων, απλών μηχανών και συσκευών, αναφέρονται στην κινητική ενέργεια. Τα ερευνητικά δεδομένα για την καλλιέργεια της υπολογιστικής σκέψης των νηπίων μέσω δράσεων μηχανικής που να αφορούν την κινητική ενέργεια σε ελληνικό ή παγκόσμιο επίπεδο δεν είναι επαρκή. Το ερευνητικό αυτό κενό έρχεται να καλύψει η συγκεκριμένη έρευνα.

Σκοπός: Η διερεύνηση της καλλιέργειας της υπολογιστικής σκέψης των νηπίων μέσα από τη συμμετοχή τους σε διδακτική παρέμβαση με το μοντέλο του μηχανοτεχνικού σχεδιασμού, με αντικείμενο την κινητική ενέργεια και συγκεκριμένα τη χρήση γранаζιών. Διερευνάται η ανάπτυξη της ικανότητας για αξιολόγηση, ανατροφοδότηση, έλεγχο και εκσφαλμάτωση, μέσω επίλυσης προβλημάτων που αφορούν τη μετάδοση, την κατεύθυνση και την ταχύτητα της κίνησης. Η διερεύνηση επεκτείνεται και σε τυχόν διαφοροποιήσεις που οφείλονται στο φύλο ή την ηλικία.

Μέθοδος: Η στατιστική σύγκριση δοκιμασιών ελέγχου πρακτικών των μαθητών πριν και μετά από διδακτική παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού, με τη χρήση της δοκιμασίας McNemar στο SPSS.

Αποτελέσματα: Η έρευνα αναδεικνύει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση των πρακτικών των μαθητών πριν και μετά τη παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού, κυρίως σε ζητήματα αξιολόγησης και ανατροφοδότησης προβλημάτων μετάδοσης, κατεύθυνσης και ταχύτητας της κίνησης των γранаζιών. Ως προς τον έλεγχο και την εκσφαλμάτωση, στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση εντοπίζεται κυρίως σε προβλήματα κατεύθυνσης και λιγότερο σε προβλήματα ταχύτητας της κίνησης των γранаζιών.

Η συσχέτιση με το φύλο αναδεικνύει μια μικρή υπεροχή των αγοριών στην αξιολόγηση και ανατροφοδότηση ζητημάτων κατεύθυνσης και ταχύτητας. Η συσχέτιση με την ηλικία αναδεικνύει μικρή υπεροχή των νηπίων στην αξιολόγηση και ανατροφοδότηση προβλημάτων κατεύθυνσης.



Εικόνα: Οπτική αναπαράσταση στατιστικά σημαντικών διαφοροποιήσεων μεταξύ των δύο ελέγχων

Συμπεράσματα: Διδακτικές παρεμβάσεις που στηρίζονται στο μοντέλο του μηχανοτεχνικού σχεδιασμού θεωρούνται κατάλληλες για την καλλιέργεια της υπολογιστικής σκέψης σε μαθητές προσχολικής ηλικίας. Για τον λόγο αυτό, εκπαιδευτικοί και άλλοι εμπλεκόμενοι φορείς στον σχεδιασμό της μαθησιακής διαδικασίας, οφείλουν να τις ενσωματώνουν σε αυτήν.

Λέξεις κλειδιά: Υπολογιστική σκέψη, Αξιολόγηση, Ανατροφοδότηση, Έλεγχος, Εκσφαλμάτωση, STEAM, Μηχανική, Μηχανοτεχνικός Σχεδιασμός, Γκρανάζια, Προσχολική εκπαίδευση

Abstract

Introduction: New methods and subjects have been introduced in preschool education, focusing on improving computational thinking through the development of engineering skills. These methods involve the use of tools, simple machines, and devices that require motor energy. However, there is a lack of research data on improving computational thinking in pre-schoolers through motor energy activities, both in Greece and worldwide. This research aims to fill this gap.

Purpose: This study investigates pre-schooler's computational thinking by examining their participation in an engineering design project focused on the use of gears. Specifically, the study focuses on the pupils' ability to evaluate, provide feedback, test, and debug problems related to movement transmission, direction, and speed of gears.

Method: The study uses a pretest and posttest design to examine any changes in computational thinking resulting from participation in the engineering design project. Statistical analysis employs the McNemar test in SPSS.

Results: The study finds statistically significant differences in the proportion of pupils' abilities before and after their participation in the engineering design project, particularly in their ability to evaluate and provide feedback on movement transmission, direction, and speed of gears. With respect to testing and debugging ability, statistically significant differences were found in movement direction and speed of gears.

Regarding gender, boys showed slightly higher statistically significant differences in their ability to evaluate and provide feedback on movement direction and speed of gears. Concerning age, five-year-old pre-schoolers showed a small but statistically significant difference in their ability to test and debug movement direction issues.

Discussion: The use of engineering design projects is highly recommended for developing computational thinking among preschool pupils. Teachers and decision makers of school curricula should take this under consideration.

Key words: Computational Thinking, Evaluation, Giving feedback, Testing, Debugging, STEAM, Engineering, Engineering Design Process (EDP), Gears, Preschool Education

Περιεχόμενα

| | |
|---|-----------|
| Δήλωση συγγραφέα μεταπτυχιακής εργασίας..... | iv |
| Ευχαριστίες | v |
| Αφιερώσεις | vi |
| Περίληψη | vii |
| Abstract | ix |
| Συνοπμογραφίες | xii |
| Κεφάλαιο 1. Θεωρητικό υπόβαθρο. Εισαγωγή | 1 |
| Παιδαγωγικό και θεωρητικό πλαίσιο | 2 |
| Υπολογιστική Σκέψη | 6 |
| Ορισμός και αναγκαιότητα | 6 |
| Βασικές έννοιες..... | 7 |
| Μέθοδος STEAM και ενίσχυση της υπολογιστικής σκέψης | 9 |
| Μηχανική | 11 |
| Μηχανική σκέψη | 11 |
| Μοντέλο μηχανοτεχνικού σχεδιασμού EDP | 11 |
| Μοντέλο μηχανοτεχνικού σχεδιασμού στην προσχολική ηλικία | 12 |
| Η χρήση των γραναζιών | 14 |
| Κεφάλαιο 2: Εκπαιδευτική Πολιτική | 15 |
| Η υπολογιστική σκέψη στην ελληνική εκπαιδευτική πολιτική για την προσχολική εκπαίδευση | 15 |
| Η μηχανική σκέψη στην ελληνική εκπαιδευτική πολιτική για την προσχολική εκπαίδευση | 16 |
| Κεφάλαιο 3: Ανασκόπηση ερευνών | 17 |
| Κεφάλαιο 4: Αναγκαιότητα παρούσας έρευνας και προστιθέμενη αξία | 20 |
| Κεφάλαιο 5: Ερευνητική διαδικασία..... | 20 |
| Ερευνητικά ερωτήματα | 20 |
| Πληθυσμός και Δείγμα | 21 |
| Στρατολόγηση συμμετεχόντων | 22 |
| Διασφάλιση Προστασίας Προσωπικών Δεδομένων..... | 22 |
| Υλικό | 23 |
| Διαδικασία | 23 |
| Δοκιμασίες Ελέγχου..... | 23 |

| | |
|--|----|
| Ανάλυση Δεδομένων | 24 |
| Παρέμβαση Μηχανοτεχνικού Σχεδιασμού | 25 |
| Κεφάλαιο 6: Ανάλυση δεδομένων | 26 |
| Έλεγχος υποθέσεων αξιολόγησης και ανατροφοδότησης..... | 26 |
| Έλεγχος υποθέσεων ως προς τη μετάδοση της κίνησης..... | 26 |
| Έλεγχος υποθέσεων ως προς την κατεύθυνση της κίνησης..... | 30 |
| Έλεγχος υποθέσεων ως προς την ταχύτητα της κίνησης..... | 33 |
| Έλεγχος υποθέσεων ελέγχου και εκσφαλμάτωσης..... | 38 |
| Έλεγχος υποθέσεων ως προς τη μετάδοση της κίνησης..... | 38 |
| Έλεγχος υποθέσεων ως προς την κατεύθυνση της κίνησης..... | 42 |
| Έλεγχος υποθέσεων ως προς την ταχύτητα της κίνησης..... | 44 |
| Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα..... | 49 |
| Κεφάλαιο 8: Περιορισμοί και προτάσεις για μελλοντική έρευνα | 52 |
| Αναφορές..... | 54 |
| Πηγές Εικόνων | 62 |
| Παράρτημα Α: Έγκριση ΕΗΔΕ ΠΑΔΑ | 63 |
| Παράρτημα Β: Έντυπο Παροχής Ενημερωμένης Συγκατάθεσης για Συμμετοχή σε Έρευνα..... | 64 |
| Παράρτημα Γ: Δοκιμασίες Ελέγχου | 67 |
| Παράρτημα Δ: Κλίμακα Βαθμολόγησης Δοκιμασιών Ελέγχου | 72 |
| Παράρτημα Ε: Διδακτική Παρέμβαση | 73 |

Συντομογραφίες

| | Αγγλική ορολογία | Ελληνική ορολογία |
|------------|---|---|
| ΓΚΠΔ -GDPR | General Data Protection Regulation | Γενικός Κανονισμός Προστασίας Δεδομένων |
| DESECO | Definition and Selection of Competences | Πλαίσιο Δεξιοτήτων |
| EDP | Engineering Design Process | Μοντέλο Μηχανοτεχνικού Σχεδιασμού |
| DIGCOMP | Digital Competence Framework for Citizens | Ευρωπαϊκό Πλαίσιο Ψηφιακών Ικανοτήτων |
| STEM | Science, Technology, Engineering and Mathematics (educational method) | Παιδαγωγική προσέγγιση που αξιοποιεί τις Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά |
| STEAM | Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics (educational method) | Παιδαγωγική προσέγγιση που αξιοποιεί τις Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική, τις Τέχνες και τα Μαθηματικά |

Πρόλογος

Η έρευνα εστιάζει στην καλλιέργεια της μηχανικής σκέψης των νηπίων μέσα από τη συμμετοχή τους σε πρόγραμμα μηχανοτεχνικού σχεδιασμού, που αποτελεί τεχνική της μεθόδου STREAM. Ανιχνεύει τον τρόπο με τον οποίο τα νήπια επιλύουν προβλήματα καθώς διαχειρίζονται γεγονότα, κάνοντας αξιολόγηση και ανατροφοδότηση ή έλεγχο και εκσφαλμάτωση. Εστιάζει σε ζητήματα κινητικής ενέργειας και συγκεκριμένα στη χρήση γραναζιών. Εντάσσεται σε ζητήματα ευρύτερης καλλιέργειας της υπολογιστικής σκέψης. Αξιοποιεί τη στατιστική σύγκριση δοκιμασιών ελέγχου πριν και μετά την εμπλοκή των νηπίων στο πρόγραμμα μέσω της δοκιμασίας McNemar.

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Η έννοια της Υπολογιστικής Σκέψης συνίσταται σε ένα σύνολο δεξιοτήτων, τεχνικών και στάσεων που επιτρέπουν όχι μόνο την επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων αλλά και το σχεδιασμό συστημάτων και την κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς (Hsu et al., 2018; Selby & Woollard, 2013; Wing, 2006, 2011). Ενσωματώνει δεξιότητες απαραίτητες για την αντιμετώπιση των προκλήσεων του 21ου αιώνα (Battelle for Kids, 2015; European Communities, 2007; Maddison, 1974; OECD, 2003b; Rychen & Salganik, 2003). Η ενίσχυσή της σε μικρές ηλικίες κρίνεται αναγκαία σε ατομικό και κοινωνικό επίπεδο (Bocconi et al., 2016; Schola Europaeva, 2018).

Το θεωρητικό μοντέλο των Brennan και Resnick (2012), το οποίο εφαρμόζεται σε έρευνες στην προσχολική ηλικία (Çiftci & Bildiren, 2020; Dietz et al., 2019), θεωρείται κατάλληλο για την κατανόηση της ανάπτυξης της υπολογιστικής σκέψης. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, η υπολογιστική σκέψη χαρακτηρίζεται από έννοιες, πρακτικές και προοπτικές. Η έρευνα εστιάζει στις πρακτικές, και κυρίως στη μελέτη της σταδιακής διαδικασίας μέσα από την οποία ένα έργο εξελίσσεται μέσω προσαρμογών σε νέα δεδομένα και εμπειρίες, δηλαδή στην πρακτική της αξιολόγησης και της ανατροφοδότησης. Επιπλέον, εστιάζει στην κατάκτηση εννοιών υπολογιστικής σκέψης μέσα από την επίλυση προβλημάτων, δηλαδή στην πρακτική του ελέγχου και της εκσφαλμάτωσης.

Η μεθοδολογία STEAM αποτελεί μια δημοφιλή παιδαγωγική πρακτική που αναπτύσσει την υπολογιστική σκέψη μέσα από την ενσωμάτωση των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής, των Τεχνών και των Μαθηματικών σε μία ολιστική

προσέγγιση (Collins & Cornish, 2002; Falloon et al., 2020; Foti, 2021a; Kelley & Knowles, 2016; Merrill & Daugherty, 2009; Perignat & Katz-Buonincontro, 2019; Sanders, 2009; Spyropoulou et al., 2020; Zollman, 2012).

Το μοντέλο του μηχανοτεχνικού σχεδιασμού είναι βασικό εργαλείο της μηχανικής σκέψης (Waks et al., 2011). Επιτρέπει τη διασύνδεση των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής, των Τεχνών και των Μαθηματικών σε ένα ενιαίο αντικείμενο μάθησης, προσομοιώνοντας στον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζουμε τα προβλήματα της καθημερινότητάς μας. Για τον παραπάνω λόγο χρησιμοποιείται σε STEAM δράσεις. Χαρακτηρίζεται από μια συγκεκριμένη ακολουθία 7 σταδίων που συχνά οδηγεί σε πρωτοποριακά αποτελέσματα (Gold & Elicker, 2020; Moore & Tank, 2014). Η απλοποιημένη του μορφή (Ehsan et al., 2021) ταιριάζει απόλυτα στις ανάγκες και τα χαρακτηριστικά της προσχολικής ηλικίας.

Στα πλαίσια των παραπάνω θεωρητικών δεδομένων, το ερευνητικό ερώτημα διαμορφώνεται ως εξής: Αν παρέμβαση με το μοντέλο μηχανοτεχνικού σχεδιασμού που στηρίζεται στη χρήση γραναζιών, μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης και συγκεκριμένα στην ανάπτυξη της ικανότητας για αξιολόγηση και ανατροφοδότηση / έλεγχο και εκσφαλμάτωση, σε σχέση με χαρακτηριστικά της λειτουργίας των γραναζιών που αφορούν τη μετάδοση, την κατεύθυνση, την ταχύτητα της κίνησης και τα χαρακτηριστικά των παιδιών προσχολικής ηλικίας (Εικ. 1).

Παιδαγωγικό και θεωρητικό πλαίσιο

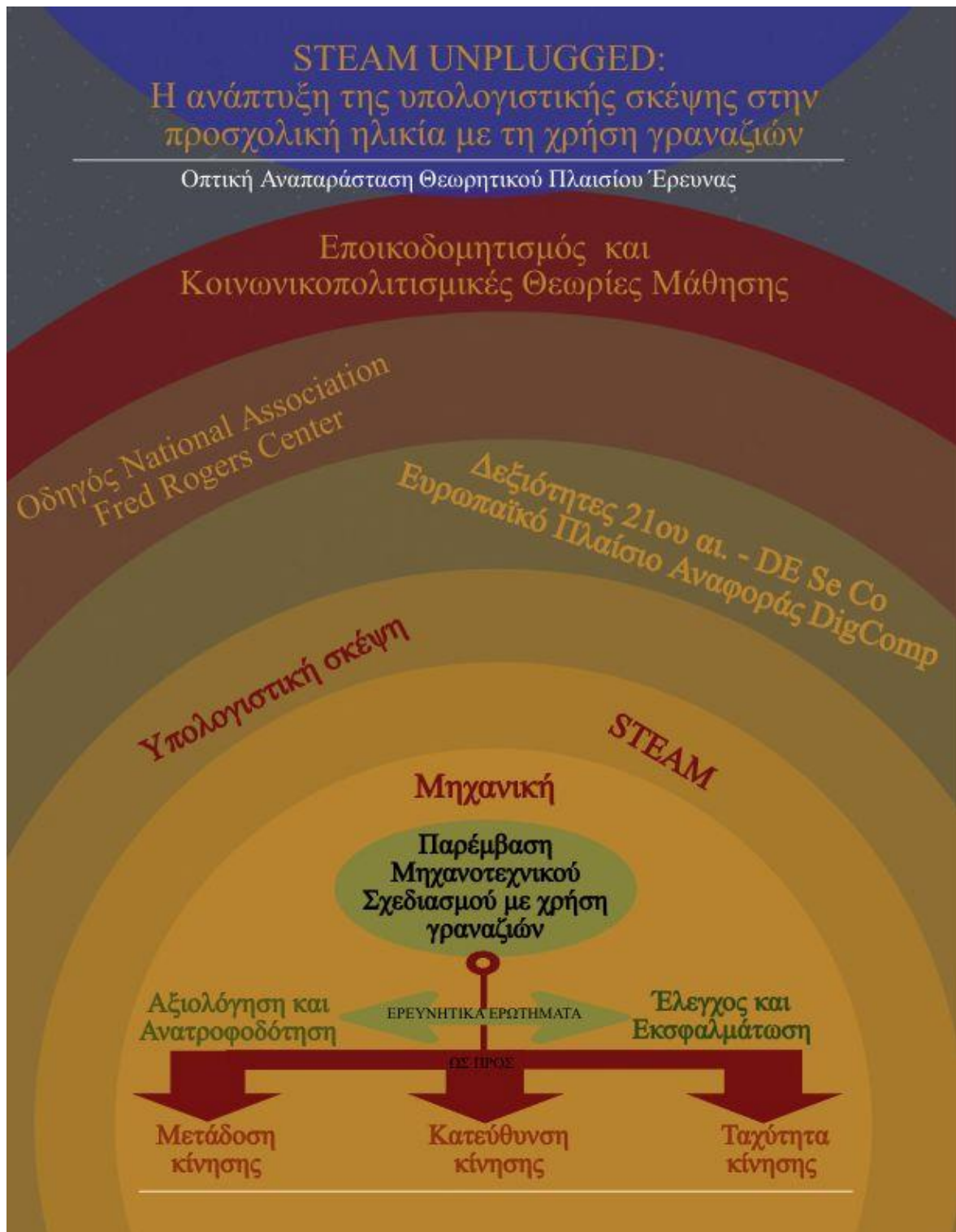
Η διδακτική και πειραματική διαδικασία που ακολουθεί, στηρίζεται παιδαγωγικά στις συστάσεις του οδηγού των National Association for the Education of Young Children και Fred Rogers Center (Haugland & Wright, 1997; Radich, 2013) προς τους εκπαιδευτικούς προσχολικής ηλικίας καθώς και στην έννοια της κριτικής σκέψης και του τεχνολογικού γραμματισμού όπως ορίζεται από Ευρωπαϊκά πλαίσια αναφοράς (Funke et al., 2018; Kluzer & Priego, 2018; Redecker, 2017, 2019). Θεωρητικά, έχει κονστρουκτιβιστικό και κοινωνικοπολιτισμικό υπόβαθρο (Εικ. 1).

Σύμφωνα με την κονστρουκτιβιστική προσέγγιση, τα νήπια προσχολικής ηλικίας διανύουν το αναπτυξιακό στάδιο της προσυλλογιστικής περιόδου (3-7 ετών). Μέσω των μηχανισμών της αφομοίωσης και της συμμόρφωσης, αποκτούν την ικανότητα να χρησιμοποιούν σύμβολα ώστε να κάνουν γενικεύσεις και να επιλύουν προβλήματα. Διευρύνουν

σε μεγάλο βαθμό το λεξιλόγιό τους και σκέφτονται διαισθητικά, σύμφωνα με τις ατομικές τους εμπειρίες. Εκφράζουν περιέργεια για τον κόσμο γύρω τους και ρωτούν συνεχώς. Σε αυτήν την ηλικία δυσκολεύονται να εκφράσουν λεκτικά γεγονότα που ήδη κατανοούν, δεν είναι ακόμη ικανά να κάνουν λογικούς συλλογισμούς και συχνά έχουν εσφαλμένη αντίληψη των καταστάσεων. Στη συγκεκριμένη περίοδο, ο Piaget διακρίνει δύο επιμέρους στάδια: το στάδιο της συμβολικής λειτουργίας (3^ο – 4^ο έτος) και το στάδιο της διαισθητικής σκέψης (4^ο – 7^ο έτος). Στο πρώτο στάδιο εμφανίζονται πρωτογενείς έννοιες και η συμβολική λειτουργία. Στο δεύτερο στάδιο, το νήπιο καθίσταται πιο ικανό να κατηγοριοποιήσει ή να ταξινομήσει αντικείμενα με βάση αντιληπτικές ιδιότητες, αν και ο συλλογισμός του επικεντρώνεται σε ένα χαρακτηριστικό αποκλείοντας άλλα (Bashrin, 2015; Feldman, 2004; Piaget, 1977; Saxena et al., 2020).

Στην πορεία προς την κατάκτηση της γνώσης, σημαντικό ρόλο παίζει το κοινωνικοπολιτισμικό περιβάλλον. Σύμφωνα με τις κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες μάθησης, η οικοδόμηση της γνώσης στηρίζεται στην εσωτερίκευση εννοιών κοινωνικά, πολιτισμικά και ιστορικά διαμορφωμένων. Σύμφωνα με τη ζώνη της εγγύτερης ανάπτυξης, το άτομο μπορεί να οδηγηθεί σε ανώτερο γνωστικό επίπεδο, μέσω της αλληλεπίδρασης με τους εκπαιδευτικούς και τους συμμαθητές του, σε ένα πλούσιο μαθησιακό περιβάλλον (Jaramillo, 1996; Saxena et al., 2020; Vygotsky & Cole, 1978).

Τα παραπάνω θεωρητικά δεδομένα λαμβάνονται υπόψη κατά τη διεξαγωγή της έρευνας ως εξής: Καθώς τα νήπια μπορεί να έχουν κατακτήσει ικανότητες τις οποίες δυσκολεύονται να εκφράσουν, η έρευνα στηρίζεται σε μη λεκτικές διαδικασίες ελέγχου. Καθώς η προσχολική εκπαίδευση περιλαμβάνει δύο ηλικιακές κατηγορίες που ανήκουν σε διαφορετικά υποστάδια της προσυλλογιστικής περιόδου του Piaget, διερευνώνται τυχόν διαφορές στην κατάκτηση ικανοτήτων μεταξύ νηπίων και προνηπίων. Τέλος, καθώς το κοινωνικό περιβάλλον παίζει ρόλο στην κατάκτηση μαθησιακών στόχων, δημιουργούνται ομάδες με διαφορετικά επίπεδα ικανοτήτων, επιλέγεται διδακτική παρέμβαση που ενθαρρύνει την αλληλεπίδραση και συνεργατική μάθηση και ελέγχονται τυχόν διαφοροποιήσεις σχετικά με το φύλο.



Εικόνα 1: Οπτική αναπαράσταση θεωρητικού πλαισίου έρευνας

Δεν είναι μόνο οι κοινωνικοί παράγοντες και συγκεκριμένα οι οικογενειακές και κοινωνικές πρακτικές που καθορίζουν διαφορετικά συμπεριφορικά πρότυπα για τα δύο φύλα (Venetsanou & Kambas, 2010). Η έρευνα στο χώρο της νευροεπιστήμης αναδεικνύει διαφοροποιημένη εγκεφαλική ανάπτυξη ανάμεσα στα αγόρια και τα κορίτσια, η οποία

ευθύνεται για διαφορετικές συμπεριφορές ανάμεσα στα δύο φύλα. Διαφοροποιήσεις στην ανάπτυξη του υπόκαμπου και του εγκεφαλικού φλοιού, ωθούν τα κορίτσια να μαθαίνουν καλύτερα μέσα από λεκτική επικοινωνία, συνεργατικές δραστηριότητες, και το διαμοιρασμό ιδεών, ενώ τα αγόρια μέσα από την κίνηση, την οπτική εμπειρία και το χειρισμό αντικειμένων (Angeli & Valanides, 2020; Bonomo, 2010; Burford et al., 1996; Kommer, 2006). Επομένως, κρίνεται σημαντική η διερεύνηση τυχόν διαφορών στην κατάκτηση εννοιών υπολογιστικής σκέψης ανάμεσα στα δύο φύλα και η ενσωμάτωσή τους στο σχεδιασμό αποτελεσματικών μαθησιακών παρεμβάσεων, ανεξαρτήτως αν οφείλονται σε αναπτυξιακές ή κοινωνικές αιτίες.

Οι κατευθύνσεις του Οδηγού των National Association for the Education of Young Children και Fred Rogers Center προς τους εκπαιδευτικούς προσχολικής ηλικίας αποτελούν το υπόβαθρο για την οργάνωση της διδακτικής παρέμβασης. Σύμφωνα με αυτές, οι εκπαιδευτικοί οφείλουν υπεύθυνα να αξιοποιούν ευκαιρίες ώστε να μεγιστοποιούν τα οφέλη στην γνωστική, κοινωνική, συναισθηματική, φυσική και γλωσσική ανάπτυξη κάθε παιδιού, δημιουργώντας κατάλληλες παιγνιώδεις δραστηριότητες βασισμένες στο αναπτυξιακό στάδιο, τα ενδιαφέροντα, το γλωσσικό υπόβαθρο και τις δυνατότητες του κάθε παιδιού (Radich, 2013). Μέσα από αυτή τη διαδικασία τα νήπια καλλιεργούν ικανότητες. Η έννοια της ικανότητας ενσωματώνει πολλαπλές γνωστικές κατακτήσεις που αποκτούνται μέσα από τη συμμετοχή στα κοινά και που οδηγούν στην επιτυχή επίλυση σύνθετων καταστάσεων (DeSeCo, 2005; Mostafa, 2020; OECD, 2003a).

Το ζητούμενο στη συγκεκριμένη έρευνα είναι η καλλιέργεια της ικανότητας για επίλυση προβλημάτων. Προβλημάτων συχνά σύνθετων και πολυδιάστατων, που απαιτούν συνεργασία και υψηλού επιπέδου γνωστικές διαδικασίες προκειμένου να επιλυθούν. Σε αυτές εντάσσεται τόσο η ψηφιακή όσο και η τεχνολογική ικανότητα (Funke et al., 2018). Η ικανότητα για επίλυση προβλημάτων, ο τεχνολογικός και ψηφιακός γραμματισμός εντάσσονται στις βασικές ικανότητες του πλαισίου Δεξιοτήτων De Se Co που η κατάκτησή τους οδηγεί σε αειφόρο ανάπτυξη και κοινωνική συνοχή (OECD, 2003a; Rychen & Salganik, 2003). Επομένως ανήκουν στις ικανότητες που χρήζουν δια βίου βελτίωσης (European Communities, 2007). Η κατάκτησή τους αποτελεί εργαλείο και προϋπόθεση για την καλλιέργεια των δεξιοτήτων του 21^{ου} αιώνα καθώς συνδέει τη μάθηση με τις ανάγκες του πραγματικού κόσμου μέσα από την κατάκτηση των «4Cs» (Battelle for Kids, 2015, 2019; Maddison, 1974; OECD, 2003a).

Η καλλιέργεια της ικανότητας για επίλυση προβλημάτων έχει εξέχουσα θέση επίσης στο Ευρωπαϊκό πλαίσιο αναφοράς DigComp (Πιν. 1), που ορίζει 21 ψηφιακές ικανότητες, που ενισχύουν την κριτική, υπεύθυνη και δημιουργική χρήση των ψηφιακών τεχνολογιών στη μάθηση, την εργασία και την συμμετοχή στα κοινά, καθιστώντας το άτομο ψηφιακά ικανό (Schola Europaesa, 2018).

Πίνακας 1: Τομείς Ικανοτήτων DigComp (Kluzer & Priego, 2018 στο Foti, 2021b, 5)

| Τομείς Ικανοτήτων DigComp | |
|------------------------------------|--|
| Γνώσεις Πληροφόρησης και Δεδομένων | 1.1 Περιήγηση, αναζήτηση και φιλτράρισμα δεδομένων, πληροφοριών και ψηφιακού περιεχομένου 1.2 Αξιολόγηση δεδομένων, πληροφοριών και ψηφιακού περιεχομένου 1.3 Διαχείριση δεδομένων, πληροφοριών και ψηφιακού περιεχομένου |
| Επικοινωνία και Συνεργασία | 2.1 Αλληλεπίδραση μέσω ψηφιακών τεχνολογιών 2.2 Κοινή χρήση μέσω ψηφιακών τεχνολογιών 2.3 Συμμετοχή στην ιθαγένεια μέσω ψηφιακών τεχνολογιών 2.4 Συνεργασία μέσω ψηφιακών τεχνολογιών 2.5 Εθιμοτυπία 2.6 Διαχείριση ψηφιακής ταυτότητας |
| Δημιουργία Ψηφιακού Περιεχομένου | 3.1 Ανάπτυξη ψηφιακού περιεχομένου 3.2 Ενσωμάτωση και επανεκκτονεύση ψηφιακού περιεχομένου 3.3 Πνευματικά δικαιώματα και άδειες 3.4 Προγραμματισμός |
| Ασφάλεια | 4.1 Συσκευές προστασία 4.2 Προστασία των προσωπικών δεδομένων και της ιδιωτικής ζωής 4.3 Προστασία της υγείας και της ευημερίας 4.4 Προστασία του περιβάλλοντος |
| Επίλυση Προβλημάτων | 5.1 Επίλυση τεχνικών προβλημάτων 5.2 Προσδιορισμός αναγκών και τεχνολογικών απαντήσεων 5.3 Δημιουργική χρήση ψηφιακών τεχνολογιών 5.4 Προσδιορισμός των κενών ψηφιακών ικανοτήτων |

Υπολογιστική Σκέψη

Ορισμός και αναγκαιότητα

Η έννοια της Υπολογιστικής Σκέψης συνίσταται σε ένα σύνολο δεξιοτήτων, τεχνικών και στάσεων που επιτρέπουν όχι μόνο την επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων αλλά και τον σχεδιασμό συστημάτων και την κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Αξιοποιεί εργαλεία και τεχνικές από την επιστήμη των υπολογιστών για την κατανόηση και αιτιολόγηση των φυσικών και των τεχνητών συστημάτων και διεργασιών. Πρόκειται για διαδικασία σκέψης, που στηρίζεται στη συλλογή πληροφοριών και στη χρήση αλγόριθμων. Βασικό της χαρακτηριστικό είναι η αφαίρεση και η διάσπαση του προβλήματος σε μικρότερα μέρη (Hsu et al., 2018; Selby & Woollard, 2013; Wing, 2006, 2011; Μαυρουδή et al., 2014).

Η υπολογιστική σκέψη ενσωματώνει δεξιότητες απαραίτητες για την αντιμετώπιση των προκλήσεων του 21^{ου} αιώνα (Bocconi et al., 2016; Wing, 2006, 2011), επομένως

αφορά κάθε πολίτη. Για τον λόγο αυτό, η ενίσχυσή της σε μικρές ηλικίες κρίνεται αναγκαία σε ατομικό και ευρύτερα κοινωνικό επίπεδο: Ωθεί στην ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων μέσα από τη χρήση ποικίλων μέσων και εναλλακτικών προσεγγίσεων. Ταυτόχρονα, προετοιμάζει τον μελλοντικό ενήλικα για την επαγγελματική του σταδιοδρομία και για την κατάκτηση κατάλληλων θέσεων εργασίας, συμβάλλοντας έτσι στην ευρύτερη οικονομική ανάπτυξη (Bocconi et al., 2016).

Βασικές έννοιες

Οι Selby και Woolard (2013) ισχυρίζονται ότι το σημαντικό δεν είναι να διατυπωθεί ένας ολοκληρωμένος ορισμός για την ευρεία έννοια της υπολογιστικής σκέψης, όσο να μελετηθεί ο τρόπος με τον οποίο οι εκπαιδευτικοί τη διδάσκουν και οι μαθητές την κατακτούν. Σε αυτό το πλαίσιο, η έννοια της υπολογιστικής σκέψης αναλύεται με βάση το θεωρητικό πλαίσιο των Brennan και Resnick (2012) (Πιν. 2).

Οι Brennan και Resnick (2012), προσπαθώντας να ερμηνεύσουν τον τρόπο με τον οποίο η υπολογιστική σκέψη καλλιεργείται στις μικρές ηλικίες, διαμόρφωσαν ένα μοντέλο που περιλαμβάνει τρεις κατευθύνσεις κλειδιά: τις *έννοιες* υπολογιστικής σκέψης, τις *πρακτικές* με τις οποίες το άτομο κατακτάει τις έννοιες αυτές και τις *προοπτικές* που η διαδικασία αυτή προσφέρει στο άτομο και το περιβάλλον του (Πιν. 2).

Στην πρώτη κατεύθυνση εντάσσουν 7 έννοιες υπολογιστικής σκέψης: την *ακολουθία*, δηλαδή τη σειρά από οδηγίες ή βήματα που πρέπει να ακολουθήσει κανείς για να ολοκληρώσει μια δράση. Την *επανάληψη*, δηλαδή το μηχανισμό με τον οποίο συγκεκριμένες ακολουθίες επαναλαμβάνονται. Την *ταυτόχρονη εκτέλεση*, δηλαδή την ύπαρξη ακολουθιών που λαμβάνουν χώρα την ίδια στιγμή. Το *γεγονός*, σύμφωνα με το οποίο μία δράση προκαλεί την ενεργοποίηση μιας άλλης δράσης. Την *υπόθεση*, δηλαδή τη δυνατότητα να παίρνει κανείς αποφάσεις που στηρίζονται σε συγκεκριμένες συνθήκες και οδηγούν σε πολλαπλά αποτελέσματα. Τους *τελεστές* που επιτρέπουν την εκτέλεση μαθηματικών και αλφαριθμητικών υπολογισμών και, τέλος, τα *δεδομένα*. Οι έννοιες αυτές δεν κατακτώνται μόνο μέσα από υπολογιστική εμπειρία αλλά και μέσω της τέχνης, των μαθηματικών, της μουσικής, της λογοτεχνίας κλπ.

Στις πρακτικές που χρησιμοποιούν τα παιδιά όταν έρχονται σε επαφή με έννοιες υπολογιστικής σκέψης και μαθαίνουν, οι Brennan και Resnick εντοπίζουν: α. την *αξιολόγηση και ανατροφοδότηση*, β. τον *έλεγχο και εκσφαλμάτωση*, γ. την *επαναχρησιμοποίηση*

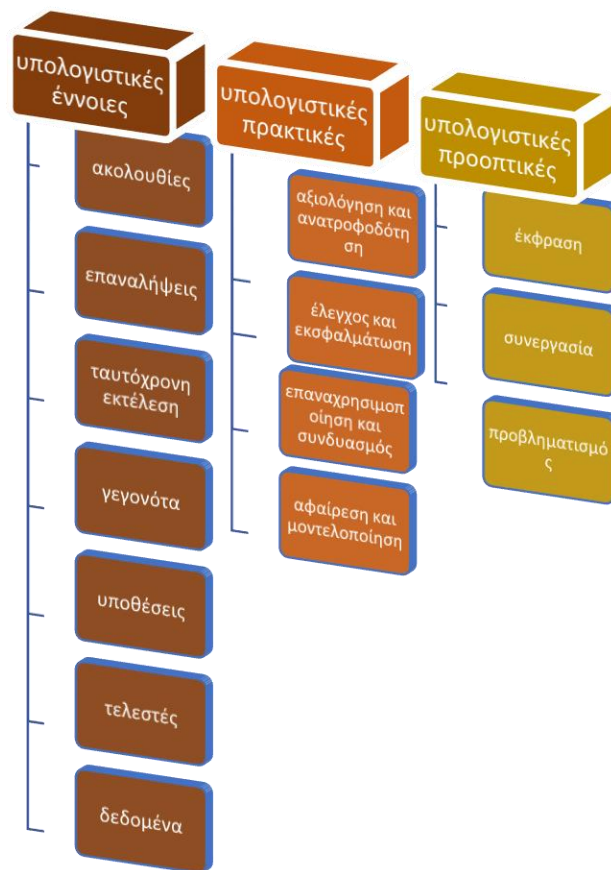
και τον συνδυασμό και δ. την αφαίρεση και μοντελοποίηση. Η πρώτη περίπτωση περιγράφει τη σταδιακή διαδικασία μέσα από την οποία ένα έργο εξελίσσεται μέσω προσαρμογών σε νέα δεδομένα και εμπειρίες. Η δεύτερη αναφέρεται στην κατάκτηση εννοιών υπολογιστικής σκέψης μέσα από την επίλυση προβλημάτων που εμφανίζονται in situ. Η επαναχρησιμοποίηση και ο συνδυασμός αφορούν τη συνεργατική πλευρά της όλης διαδικασίας όπου ενθαρρύνεται ο δανεισμός ιδεών και έργων άλλων με κατάλληλη διαχείριση ζητημάτων ιδιοκτησίας. Η αφαίρεση αποτελεί μια διαδικασία γενίκευσης, δηλαδή διάκρισης χαρακτηριστικών ή δράσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε άλλες καταστάσεις. Η μοντελοποίηση τέλος αφορά στην αναγνώριση των βασικών στοιχείων του προβλήματος και στον τεμαχισμό του σε μικρότερα μέρη. Όλες αυτές οι πρακτικές αποτελούν μέρος των καθημερινών εμπειριών των παιδιών.

Η τρίτη κατεύθυνση του μοντέλου των Brennan και Resnick (2012) αναφέρεται στις προοπτικές για εξέλιξη μέσα από την αλληλεπίδραση ατόμων μεταξύ τους και με την τεχνολογία: Μια πρώτη προοπτική αφορά την *έκφραση μέσω τεχνολογίας*: Οι δραστηριότητες ανάπτυξης της υπολογιστικής σκέψης επιτρέπουν την έκφραση και τη δημιουργία, με αποτέλεσμα η επαφή με την τεχνολογία να μην έχει μόνο καταναλωτικό χαρακτήρα. Η δεύτερη προοπτική αφορά στη *συνεργασία μέσω του σχεδιασμού και της δημιουργικότητας* όπως λαμβάνει χώρα σε κοινωνικά περιβάλλοντα διαδικτυακά ή με φυσική παρουσία, διότι η μάθηση και η δημιουργία αποτελούν κοινωνικές πρακτικές. Η τρίτη προοπτική εμπεριέχεται στην *έννοια του προβληματισμού*, που οδηγεί στην αλλαγή των ψηφιακών περιβαλλόντων. Όταν το άτομο ενισχύεται να διατυπώνει ερωτήσεις πάνω σε ένα δημιούργημα, συχνά θέτει στο μικροσκόπιο δεδομένα ζητήματα, προσπαθεί να τα διερευνήσει, προχωρά σε παρεμβάσεις, αλλαγές και ελέγχους. Το αποτέλεσμα είναι ένα νέο προϊόν (Brennan & Resnick, 2012; Lee et al., 2011).

Η επιλογή του συγκεκριμένου θεωρητικού πλαισίου συνίσταται καταρχήν στην ευρεία χρήση του σε έρευνες για την υπολογιστική σκέψη (McCormick & Hall, 2021; Rich & Hodges, 2017), καθώς και στην επιτυχημένη εφαρμογή του σε αντίστοιχες έρευνες που εστιάζουν στην προσχολική ηλικία: Οι Dietz et al (2019) το αξιοποίησαν στη έρευνα τους για την επίλυση προβλήματος σε ασύνδετες δράσεις με τη χρήση οικοδομικού υλικού. Οι Ciftci και Bibliren (2020) το αξιοποίησαν στην έρευνά τους πάνω στην κατάκτηση ικανοτήτων υπολογιστικής σκέψης μέσα από ένα project κωδικοποίησης για παιδιά προσχολικής ηλικίας. Παράλληλα, πρόκειται για ένα ολιστικό μοντέλο που προσφέρει μια σφαιρική

εικόνα για τα στοιχεία που συνδιαμορφώνουν την έννοια της υπολογιστικής σκέψης (McCormick & Hall, 2021). Δεν την περιορίζει αυστηρά στον τεχνολογικό χώρο, αλλά την επεκτείνει στην ευρύτερη κοινωνική ζωή.

Πίνακας 2: Σχηματική αναπαράσταση του θεωρητικού μοντέλου των Brennan & Resnick



Ανακεφαλαιώνοντας, μέσω του μοντέλου των Brennan και Resnick (2012), στην έρευνά μας, θα μελετήσουμε πώς τα νήπια αξιοποιούν τις πρακτικές της αξιολόγησης και ανατροφοδότησης, του ελέγχου και της εκσφαλμάτωσης στη διαχείριση γεγονότων σχετικών με τη χρήση γραναζιών, μέσα από μία διδακτική παρέμβαση που προωθεί την έκφραση, τη συνεργασία και τον προβληματισμό.

Μέθοδος STEAM και ενίσχυση της υπολογιστικής σκέψης

Η μεθοδολογία STEAM αποτελεί μια δημοφιλή παιδαγωγική πρακτική που αναπτύσσει την υπολογιστική σκέψη μέσα από την ενσωμάτωση των Φυσικών Επιστημών, της

Τεχνολογίας, της Μηχανικής, των Τεχνών και των Μαθηματικών σε μία ολιστική προσέγγιση (Kelley & Knowles, 2016; Merrill & Daugherty, 2009; Perignat & Katz-Buonincontro, 2019; Sanders, 2009; Spyropoulou et al., 2020; Zollman, 2012). Οι φυσικές επιστήμες βοηθούν στην κατανόηση του κόσμου. Η τεχνολογία, είτε αφορά ψηφιακά είτε αναλογικά εργαλεία, αναφέρεται σε οποιαδήποτε ανθρώπινη ενέργεια που χρησιμοποιείται για την επίλυση ενός προβλήματος. Η μηχανική συνδέεται στενά με την ανθρώπινη δημιουργία. Τα μαθηματικά συνδέουν τις φυσικές επιστήμες με την τεχνολογία και τη μηχανική. Οι τέχνες δημιουργούν μία ευχάριστη ατμόσφαιρα και θετική διάθεση. Οι μαθητές απολαμβάνουν τη μαθησιακή διαδικασία και έχουν καλύτερες επιδόσεις και συμπεριφορά (Group, 2017; Stoycheva & Perkins, 2016).

Η μέθοδος STEAM εμπλέκει τα άτομα σε δημιουργικές διαδικασίες ανακάλυψης, συνεργασίας, επικοινωνίας και ανάπτυξης της κριτικής σκέψης (Foti, 2021b), σημαντικές για την περαιτέρω προσωπική και επαγγελματική τους εξέλιξη (Falloon et al., 2020). Ενσωματώνει διαδικασίες που προέρχονται από το χώρο των επιχειρήσεων και της βιομηχανίας. Παράλληλα, μέσω του σχεδιασμού, της δοκιμής και της αξιολόγησης των αποτελεσμάτων ή των τεχνουργημάτων, τα άτομα καλλιεργούν δεξιότητες σκέψης που χρησιμοποιούνται στον πραγματικό κόσμο (Falloon et al., 2020). Καθώς συνδέει τη μάθηση με τις ανάγκες του πραγματικού κόσμου, συντάσσεται με την καλλιέργεια των δεξιοτήτων του 21^{ου} αιώνα μέσα από την κατάκτηση των «4Cs» (Critical Thinking and problem solving, Communication, Collaboration, Creativity and innovation) (Battelle for Kids, 2015; Maddison, 1974).

Πρόκειται για μία μέθοδο αποδοτική για την προσχολική ηλικία καθώς στηρίζεται στον πειραματισμό και την παρατήρηση, αναπόσπαστα χαρακτηριστικά αυτής της ηλικίας. Επιπλέον ο ολιστικός χαρακτήρας του αναλυτικού προγράμματος για την προσχολική εκπαίδευση επιτρέπει την εφαρμογή της, προωθώντας την ενσωμάτωση διαφορετικών επιστημών σε ένα ενιαίο project (ΦΕΚ Β' 687/10-2-2023, 2021). Τέλος, η επιτυχής αξιοποίηση της μεθόδου συνίσταται στη συνύπαρξη των νηπίων με ένα σταθερό πρόσωπο αναφοράς, κάτι το οποίο προσφέρεται στο νηπιαγωγείο, σε αντίθεση με τις άλλες βαθμίδες εκπαίδευσης (Bagiati & Evangelou, 2016; Foti, 2021b). Ο ρόλος του εκπαιδευτικού – διευκολυντή είναι καθοριστικός για την επιτυχία της μεθόδου, καθώς αυτός ενισχύει, καθοδηγεί και ελέγχει την καταλληλότητα των αποκτούμενων εμπειριών (Group, 2017).

Μηχανική

Η προσέγγιση της καλλιέργειας της υπολογιστικής σκέψης στη συγκεκριμένη έρευνα εστιάζει, μέσω της μεθόδου STEAM, σε ζητήματα μηχανικής. Πριν αναφερθούμε στο μοντέλο του μηχανοτεχνικού σχεδιασμού, που αποτελεί τεχνική συμβατή με τα χαρακτηριστικά της μεθόδου STEAM, βασική μέθοδο καλλιέργειας της μηχανικής σκέψης και διδακτική προσέγγιση της παρούσας έρευνας, θα οριοθετήσουμε την έννοια της μηχανικής σκέψης.

Μηχανική σκέψη

Από τη στιγμή εμφάνισης του πολιτισμού, ο άνθρωπος προσπαθεί να κατανοήσει τον τρόπο λειτουργίας των φυσικών φαινομένων ή τεχνουργημάτων, να επέμβει στο περιβάλλον του και να το αλλάξει. Κάθε στιγμή της ανθρώπινης ιστορίας σηματοδοτείται από αλλαγές. Η μηχανική συνδέεται στενά με την έννοια της αλλαγής. Η μηχανική σκέψη αφορά τις διαδικασίες εκείνες που υποστηρίζουν την μηχανική επιστήμη, δηλαδή τις αλλαγές στο φυσικό και ανθρώπινο περιβάλλον μας με στόχο την καλύτερη ποιότητα ζωής (Bagiati & Evangelou, 2016).

Η ανάπτυξη της μηχανικής σκέψης ενισχύει την υπολογιστική σκέψη μέσα από την αντιμετώπιση καθημερινών προκλήσεων του πραγματικού κόσμου, συνδεδεμένων με αντίστοιχα βιώματα και εμπειρίες. Και στις δύο περιπτώσεις, ο στόχος είναι κοινός: η επίλυση προβλημάτων, ο σχεδιασμός συστημάτων και η κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Επιπροσθέτως, αυτοί οι δύο χώροι μοιράζονται κοινά χαρακτηριστικά όπως την αξιοποίηση των μαθηματικών και της μαθηματικής σκέψης (Ehsan et al., 2021).

Μοντέλο μηχανοτεχνικού σχεδιασμού EDP

Το μοντέλο μηχανοτεχνικού σχεδιασμού (Engineering Design Process) είναι βασικό εργαλείο της μηχανικής σκέψης (Waks et al., 2011). Επιτρέπει την διασύνδεση των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής, των Τεχνών και των Μαθηματικών σε ένα ενιαίο αντικείμενο, προσομοιώνοντας στον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζουμε τα προβλήματα στην καθημερινότητά μας. Αν και προέρχεται από τον επιστημονικό χώρο της μηχανικής, χρησιμοποιείται ευρέως στο χώρο της εκπαίδευσης (Daugherty et al., 2021) καθώς μοιράζεται πολλά κοινά στοιχεία: τον εντοπισμό ενός προβλήματος ή σκοπού, τον σχεδιασμό, τις συνεχείς δοκιμές, την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, την ύπαρξη

περισσότερων της μίας λύσης, την κοινοποίηση και διαμοιρασμό των ιδεών, στρατηγικών και διαδικασιών (Gold & Elicker, 2020; Moore & Tank, 2014).

Χαρακτηρίζεται από μία ακολουθία 7 σταδίων που οδηγούν μεθοδικά και ευέλικτα στην επίλυση ενός προβλήματος ή στην κατάκτηση ενός στόχου (Εικ. 2). Το πρώτο στάδιο αφορά στον εντοπισμό του προβλήματος. Ακολουθεί προβληματισμός για τη φύση του προβλήματος. Στη συνέχεια, η συλλογή πληροφοριών οδηγεί στον σχεδιασμό της δράσης. Συνεχείς δοκιμές και έλεγχοι της αποτελεσματικότητας του σχεδίου δράσης οδηγούν στην τελική απόφαση για τη λύση του προβλήματος. Η διαδικασία αυτή αποτελεί προϊόν ομαδικής εργασίας και χαρακτηρίζεται από συνεχή επικοινωνία, ανταλλαγή ιδεών και ευέλικτη μετακίνηση μεταξύ των σταδίων. Γι' αυτό το λόγο οδηγεί συχνά σε πρωτοποριακά αποτελέσματα (Gold & Elicker, 2020; Moore & Tank, 2014).



Εικόνα 2: Σχηματική αναπαράσταση του μοντέλου μηχανοτεχνικού σχεδιασμού

Μοντέλο μηχανοτεχνικού σχεδιασμού στην προσχολική ηλικία

Η εκπαίδευση σε ζητήματα μηχανικής κρίνεται απαραίτητη ήδη από πολύ μικρές ηλικίες, προκειμένου να αντιμετωπίσει τα σύνθετα προβλήματα της σύγχρονης κοινωνίας (Moore & Tank, 2014). Σύμφωνα με τους Bagiatzi και Evangelou (2016) οι πρώιμες εμπειρίες είναι αυτές που καθορίζουν τις μελλοντικές σε θέματα κατανόησης, παρέμβασης και μετασχηματισμού του κόσμου.

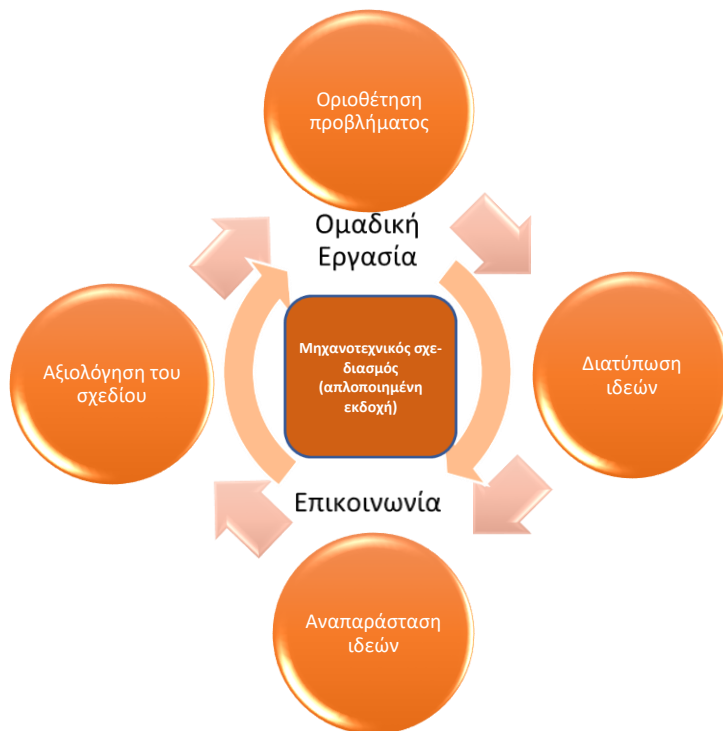
Τα παιδιά προσχολικής ηλικίας δύνανται να εμπλέκονται σε αναπτυξιακά κατάλληλες δραστηριότητες μηχανοτεχνικού σχεδιασμού καθώς αυτές προσομοιάζουν με το παιχνίδι τους και καθώς έχουν έμφυτη την περιέργεια και τη δημιουργικότητα που απαιτείται. Η ενασχόληση με αντικείμενα που χρήζουν μηχανικής επεξεργασίας, εκθέτει εμπειρικά τα νήπια σε φαινόμενα, τα οποία θα κατανοήσουν επαρκέστερα όταν θα τα μελετήσουν διεξοδικά σε μεγαλύτερες τάξεις. Τα βοηθάει να υιοθετήσουν επιστημονική ορολογία, και να επιχειρηματολογήσουν (Eshach & Fried, 2005). Τα ωθεί να σχεδιάσουν μηχανικές κατασκευές και να επανασχεδιάσουν αφού πρώτα εντοπίσουν και διαγνώσουν σφάλματα, χρησιμοποιώντας και ίσως αναδιαμορφώνοντας προηγούμενες γνώσεις και εμπειρίες (McKenna, 2015, sel. 232). Ταυτόχρονα ενισχύουν και εμβαθύνουν τις μαθηματικές τους δεξιότητες (English, 2018). Οδηγούνται στην αυτονομία και στην ανάπτυξη της δημιουργικής και κριτικής σκέψης (Purzer & Douglas, 2018) Δημιουργούν το υπόβαθρο για μελλοντική ευρύτερη κατανόηση και αξιοποίηση (Ehsan et al., 2021; Papert, 1993; Resnick & Silverman, 2005). Αναπτύσσουν στρατηγικές και τεχνικές προκειμένου να επιλύσουν προβλήματα και σταδιακά ενισχύουν την υπολογιστική τους σκέψη (Wolfgang et al., 2003).

Προκειμένου να επιτευχθούν τα παραπάνω, το μοντέλο μηχανοτεχνικού σχεδιασμού στο χώρο της προσχολικής εκπαίδευσης θα πρέπει να σχετίζεται με τα ενδιαφέροντα των μαθητών (Papert, 1993; Resnick & Silverman, 2005) και να προσομοιώνει με μια κατασκευή με χαμηλά πατώματα, υψηλά ταβάνια, μεγάλους τοίχους και εννοιολογικές εκπλήξεις, όπως πολύ γλαφυρά μας αναφέρει η English (2018) (πίνακας 3).

Πίνακας 3: Μαθησιακοί στόχοι για πρώιμες εμπειρίες μηχανοτεχνικής φύσεως (English, 2018: 276)

| Μαθησιακοί στόχοι για τις πρώιμες εμπειρίες μηχανοτεχνικής φύσεως | |
|--|--|
| Χαμηλά πατώματα | Να δίνεται η δυνατότητα στους νέους μηχανικούς να εμπλέκονται στη λύση προβλημάτων μηχανικής φύσεως, για τα οποία έχουν υποτυπώδεις εννοιολογικές γνώσεις και μπορούν να τα αντιμετωπίσουν ανάλογα με το επίπεδο των γνώσεων και ικανοτήτων τους. |
| Υψηλά ταβάνια | Να δίνεται η ευκαιρία στους μαθητές να επεκτείνουν τις γνώσεις και τις σκέψεις τους, συχνά δουλεύοντας με ιδέες που ξεπερνούν την ηλικία ή το μαθησιακό τους επίπεδο. Στη συνέχεια, το επίκεντρο της δραστηριότητας γίνεται η καινούρια γνώση ή η δημιουργία νέων ιδεών. |
| Μεγάλους τοίχους | Να ενθαρρύνονται οι μαθητές να επικοινωνούν και να μοιράζονται τις γνώσεις τους, όχι μόνο μέσα στην τάξη, αλλά και εκτός, καθώς μεταφέρουν στους άλλους τις εμπειρίες τους |
| Εννοιολογικές εκπλήξεις | Πρόκληση έκπληξης και ενθουσιασμού καθώς νέες ιδέες αποκαλύπτονται. |

Οι Ehsan et al (2021) και Dorie et al (2014) στις έρευνές τους χρησιμοποίησαν μια απλοποιημένη εκδοχή του μοντέλου μηχανοτεχνικού σχεδιασμού (Εικ. 3), η οποία ταιριάζει απόλυτα στις ανάγκες και τα χαρακτηριστικά της προσχολικής ηλικίας. Η έρευνα υιοθετεί το ίδιο μοντέλο, εστιάζοντας σε τέσσερα κύρια σημεία: στην *οριοθέτηση του προβλήματος*, στην *διατύπωση ιδεών*, στην *αναπαράσταση ιδεών* και στην *αξιολόγηση του σχεδίου*. Η *οριοθέτηση του προβλήματος* περιλαμβάνει την κατανόηση των ορίων και των περιορισμών του προβλήματος, τον εντοπισμό του στόχου και την εξοικείωση με τα υλικά. Η *διατύπωση ιδεών* προϋποθέτει καταιγισμό ιδεών που σταδιακά μορφοποιούνται και καταλήγουν στον τελικό σχεδιασμό. Η *αναπαράσταση ιδεών* αφορά στην πραγμάτωση των διαφορετικών ιδεών, ενώ κατά την *αξιολόγηση του σχεδίου* ελέγχεται η επιτυχία του και ο βαθμός επίτευξης του στόχου.



Εικόνα 3: Απλοποιημένη εκδοχή του μοντέλου μηχανοτεχνικού σχεδιασμού με βάση τους Ehsan et al και Dorie et al

Η χρήση των γραναζιών

Τα γρανάζια είναι οδοντωτοί τροχοί, προσαρμοσμένοι σε άξονες. Συμπλέκονται το ένα με το άλλο επιτρέποντας τη μεταφορά της κίνησης σε διάφορα σημεία μιας κατασκευής.

Λειτουργούν ανά ζεύγη. Το γρανάζι που προκαλεί την κίνηση ονομάζεται «οδηγός» ή «κινητήριο» ενώ το γρανάζι στο οποίο μεταφέρεται η κίνηση ονομάζεται «κινούμενο» γρανάζι.

Επιτρέπουν τη μετάδοση της κίνησης με ακρίβεια, χωρίς ολίσθηση, την αντιστροφή της κατεύθυνσης περιστροφής, την αύξηση ή μείωση της ταχύτητας περιστροφής, τη μεταφορά της κίνησης σε άλλο άξονα (κάθετο ή υπό γωνία) και τη διατήρηση της περιστροφής των αξόνων συγχρονισμένη. Αποτελούν μια από τις μεγαλύτερες εφευρέσεις του ανθρώπου. Χρησιμοποιούνται σε απλούς και σύνθετους μηχανισμούς, αυτοματισμούς και ρομποτικές κατασκευές (Brain, n.d.-b, n.d.-a; Crease, n.d.)

Τα γρανάζια πληρούν τις προϋποθέσεις των kits κατασκευών για την προσχολική ηλικία, όπως περιγράφονται από τους Resnick και Siverman (2005). Πρόκειται για απλά εργαλεία που προσφέρουν στα νήπια απεριόριστες δυνατότητες για κατασκευές. Κατασκευές που αν και απλές μπορούν να εξελίσσονται συνεχώς, να διαφοροποιούνται και να γίνονται ιδιαίτερα σύνθετες. Επιτρέπουν την κατάκτηση χρήσιμων εννοιών και τη χρήση τους ως εργαλείων στη μετέπειτα ζωή.

Κεφάλαιο 2: Εκπαιδευτική Πολιτική

Η υπολογιστική σκέψη στην ελληνική εκπαιδευτική πολιτική για την προσχολική εκπαίδευση

Στην ελληνική εκπαιδευτική πολιτική για την προσχολική εκπαίδευση, η υπολογιστική σκέψη και η προσέγγιση STEAM μόλις που έχει ξεκινήσει να ενσωματώνεται. Αν και οι εκπαιδευτικοί εντάσσουν STEAM προγράμματα στην παιδαγωγική τους δράση, ορμώμενοι κυρίως από ευρωπαϊκές πρακτικές και δράσεις καθώς και από την αποτελεσματικότητά τους (Foti, 2021a), η προσέγγιση STEAM έχει επίσημα θεσμοθετημένη παρουσία στο νέο αναλυτικό πρόγραμμα, το οποίο βρίσκεται σε πιλοτικό στάδιο και θα εφαρμοστεί σε όλα τα νηπιαγωγεία της χώρας το σχολικό έτος 2023-24. Εκεί εμφανίζεται ως ένα από τα εργαλεία επιστήμης και τεχνολογίας, που διαπερνά εγκάρσια όλα τα μαθησιακά πλαίσια και όλα τα περιεχόμενα μάθησης. Η μέθοδος STEAM, δεν αναφέρεται αυτούσια, αλλά περιγράφεται κυρίως στις μαθησιακές υποενότητες Α.2.2: «Ανακάλυψη, προγραμματισμός και ψηφιακό παιχνίδι» και Γ.3 «Τεχνολογία Κατασκευών» (ΦΕΚ Β' 687/10-2-2023, 2021). Επίσημα αναφέρεται στη δράση «Εργαστήρια Δεξιοτήτων» κατά το σχολικό έτος 2021-22

και 2022-23. Εκεί, στη θεματική ενότητα: «Δημιουργώ και Καινοτομώ», εντοπίζεται ως προσέγγιση STEM (ΦΕΚ Β' 3567/04-08-2021, 2021).

Η μηχανική σκέψη στην ελληνική εκπαιδευτική πολιτική για την προσχολική εκπαίδευση

Στο νέο αναλυτικό πρόγραμμα για το νηπιαγωγείο ενσωματώνονται για πρώτη φορά ίσως στοιχεία μηχανικής και τεχνολογίας, στην υποενότητα Γ.3: «Τεχνολογία Κατασκευών». Αναγνωρίζεται η σημασία της εξοικείωσης των νηπίων με το τεχνητό και τεχνολογικό περιβάλλον προκειμένου να αναπτύξουν ικανότητες, αυτοπεποίθηση και πρωτοβουλίες που τα καθιστούν ικανά να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις της καθημερινότητάς τους (ΦΕΚ Β' 687/10-2-2023, 2021).

Η συγκεκριμένη υποενότητα αναφέρεται σε προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα που αφορούν όχι μόνο στατικές κατασκευές αλλά και την κινητική ενέργεια. Αναφέρεται στη χρήση γραναζιών, μοχλών, τροχαλιών, τροχών, εργαλείων απαραίτητων για τη μετάδοση της κίνησης (ΦΕΚ Β' 687/10-2-2023, 2021). Ισχυριζόμαστε ότι αυτό αποτελεί μεγάλη καινοτομία για τα ελληνικά εκπαιδευτικά δεδομένα, καθώς η μελέτη της κίνησης δεν αποτελούσε ιδιαίτερο αντικείμενο ενασχόλησης στο χώρο της προσχολικής εκπαίδευσης σε αντίθεση με την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Αν μελετήσουμε το εκπαιδευτικό υλικό για την προσχολική εκπαίδευση, από παλιά έως και σήμερα, θα προσέξουμε ότι δεν υπάρχουν αντικείμενα ενασχόλησης των νηπίων με την κίνηση, εκτός ίσως από τη μπάλα, το πρώτο δώρο του Froebel (Best, 2016), που αφορά μικρότερες ηλικίες. Το εξαιρετικό υλικό της Montessori (Özerem & Kavas, 2013) ακόμη και το παιδαγωγικό υλικό που διανέμουν σήμερα οι Κτιριακές Υποδομές, επίσημος φορέας παροχής υλικοτεχνικής υποδομής στη δημόσια εκπαίδευση, αφορά κυρίως στατικές κατασκευές και συνοψίζεται σε ξύλινο και πλαστικό οικοδομικό υλικό (Κτιριακές Υποδομές, n.d.).

Κάτι τέτοιο σημαίνει ότι βρισκόμαστε στην αρχή μιας μακράς πορείας ακόμη, προς την επίσημη καθιέρωση δράσεων μηχανικής πάνω στην κινητική ενέργεια, στο χώρο της προσχολικής αγωγής. Δράσεων, που προϋποθέτουν την κατάλληλη κατάρτιση των εκπαιδευτικών (Group, 2017) αλλά και τη στελέχωση των νηπιαγωγείων με κατάλληλο υλικό.

Κεφάλαιο 3: Ανασκόπηση ερευνών

Η έρευνα για την ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης και της ικανότητας για επίλυση προβλημάτων στο χώρο της ελληνικής προσχολικής εκπαίδευσης, είναι πλούσια αλλά και μονομερής. Επεκτείνεται κυρίως πάνω σε STEAM δράσεις που συνίσταται στη χρήση εφαρμογών και λογισμικών τύπου Scratch και ScratchJr (Fessakis et al., 2013; Orfanakis & Paradakis, 2015; Paradakis, 2021; Τουλουπάκη et al., 2016), στον προγραμματισμό απλών ρομπότ (Chaldi & Mantzanidou, 2021; Mantzanidou, 2020; Misirli & Komis, 2014; Roussou & Rangoussi, 2019) και στη χρήση διδακτικών σεναρίων (Foti, 2021b) ή της κίνησης / παιχνιδιού (Μαυρίδης et al., 2015). Ωστόσο, παρατηρείται ερευνητικό κενό σε ζητήματα μηχανικής που αφορούν την κινητική ενέργεια.

Παρόμοια είναι η κατάσταση και σε παγκόσμιο επίπεδο. Η προσχολική ηλικία αποτελεί αντικείμενο ερευνητικού ενδιαφέροντος, καθώς πρόκειται για μια ηλικία κατάλληλη ώστε να τεθούν οι πρώτες βάσεις ανάπτυξης της υπολογιστικής σκέψης (Ehsan et al., 2021). Εντοπίζουμε πληθώρα ερευνών πάνω στον προγραμματισμό απλών ρομπότ (McCormick & Hall, 2021; Saxena et al., 2020). Σε ό,τι αφορά τη μελέτη ζητημάτων μηχανικής, εντοπίζουμε έρευνες πάνω σε ασύνδετες κατασκευαστικές δράσεις με Lego και οικοδομικό υλικό, που σχετίζονται με έννοιες στατικότητας (Hussain et al., 2006; Saxena et al., 2020). Αντιθέτως, το ερευνητικό ενδιαφέρον πάνω στην ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης μέσω της κατάκτησης μηχανικών ιδεών που σχετίζονται με την κινητική ενέργεια, είναι ιδιαίτερα μικρό. Εντοπίζουμε μόνο έξι έρευνες με αντικείμενο τη μετάδοση κινητικής ενέργειας μέσω γκραναζιών, οι οποίες έλαβαν χώρα στις ΗΠΑ και στη Γερμανία.

Σε μια από τις πιο παλιές έρευνες στο χώρο, η Metz (1991) στις ΗΠΑ, διερεύνησε την κατανόηση της κίνησης μέσω γκραναζιών από την ηλικία των τριών μέχρι την ηλικία των εννέα ετών. Μελετώντας τις ερμηνείες των παιδιών, διέκρινε στάδια που, μέσα από ριζική αντικατάσταση εννοιών ή ενσωμάτωσή τους, προοδευτικά οδηγούν στην κατάκτηση της μηχανικής σκέψης. Πολύ μεγάλη εξέλιξη με βάση την ηλικία, εντόπισε στον τομέα της διαφοροποίησης των εννοιών και της διάσπασής τους σε μικρότερες. Σε κάθε περίπτωση δεν εντόπισε απαντήσεις μηχανολογικού περιεχομένου πριν την ηλικία των 7 ετών. Αυτή η ποιοτική μελέτη των ερμηνειών των παιδιών σε σχέση με τη μεταφορά της κίνησης μέσω γκραναζιών, συνέβαλε σημαντικά στην κατανόηση του τρόπου σκέψης τους.

Οι έρευνες που ακολούθησαν, διαφοροποιούνται της Metz (1991) καθώς στηρίζονται σε σύγχρονες θεωρίες μάθησης, δεν εστιάζουν πλέον στις ερμηνείες των υποκειμένων και αξιοποιούν μαθησιακές τεχνικές. Η μεν πρώτη διαφοροποίηση στηρίζεται στο κονστρουκτιβιστικό / γνωστικό θεωρητικό πλαίσιο με βάση το οποίο, τα νήπια, πολύ πριν καταφέρουν να εκφράσουν με λόγια τις έννοιες που έχουν κατακτήσει για τα φυσικά φαινόμενα, τις κατανοούν σε ένα διαισθητικό επίπεδο (R. Siegler, 2006; R. S. Siegler, 2000). Η δεύτερη διαφοροποίηση στηρίζεται στο σχετικά πρόσφατο θεωρητικό πλαίσιο για την υπολογιστική σκέψη (Wing, 2006, 2011). Τα διδακτικά εργαλεία που χρησιμοποιούν είναι το μοντέλο μηχανοτεχνικού σχεδιασμού και το καθοδηγούμενο παιχνίδι.

Οι Stoycheva και Perkins (2016) στις ΗΠΑ μελέτησαν την ανάπτυξη επιστημονικών εννοιών σχετικών με τη μεταφορά της κίνησης μέσω γρاناζιών δημιουργώντας ένα STEAM project με κύριο χαρακτηριστικό την τέχνη. Η έρευνά τους έλαβε χώρα σε 16 νήπια ηλικίας 3 και 4 ετών και στηρίχτηκε σε ελέγχους πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Αν και τα αποτελέσματα δεν ήταν στατιστικά σημαντικά, το ευχάριστο μαθησιακό περιβάλλον που διαμορφώθηκε μέσω της τέχνης, επηρέασε θετικά στην κατάκτηση των μαθησιακών στόχων, κυρίως παιδιών από διαφορετικά πολιτισμικά περιβάλλοντα.

Οι Willard & al (2019) στις ΗΠΑ μελέτησαν την συμπεριφορά 65 νηπίων τεσσάρων έως έξι ετών, σε σχέση με την εμπλοκή και παρέμβαση των γονέων σε παιχνίδι με γρανάζια σε παιδικό μουσείο. Η μελέτη έδειξε ότι διαφορετική ενίσχυση γονέων οδηγεί σε διαφορετικά είδη παιχνιδιού από το παιδί. Επίσης, ότι η ενίσχυση του γονέα συνδέεται αναλογικά με την ικανότητα του νηπίου να διερευνά και να εξηγεί.

Οι Reuter και Leuchter (2021) στη Γερμανία, διεξήγαγαν έρευνα μεγάλου εύρους σε παιδιά πέντε έως δέκα ετών. Μελέτησαν την κατανόηση της μηχανικής μετάδοσης της κίνησης μέσω γρاناζιών, εστιάζοντας σε δύο χαρακτηριστικά τους, την κατεύθυνση και την ταχύτητα. Το βασικό συμπέρασμα στο οποίο κατέληξαν είναι ότι το επίπεδο κατανόησης είναι ανάλογο με την ηλικία και ότι οι έννοιες αυτές κατακτώνται σε μικρότερη ηλικία από αυτήν που μπορεί ένα παιδί να τις ερμηνεύσει. Επίσης, η κατανόηση της φοράς περιστροφής φαίνεται να προηγείται της κατανόησης της ταχύτητας. Τα συμπεράσματα αυτά δεν είχαν στατιστικά σημαντικό χαρακτήρα.

Στο δεύτερο σκέλος της έρευνάς τους, μελέτησαν κατά πόσο μπορεί να ενισχυθεί η εννοιολογική κατανόηση της φοράς περιστροφής και ταχύτητας των γρاناζιών σε 40 παιδιά προσχολικής ηλικίας μέσα από καθοδηγούμενο παιχνίδι σε σχέση με το ελεύθερο

παιχνίδι. Η ανάλυση στηρίχτηκε στη σύγκριση δύο ομάδων νηπίων μέσω της χρήσης δοκιμασιών ελέγχου πριν και μετά την καθοδηγούμενη/ελεύθερη παρέμβαση. Και οι δύο ομάδες νηπίων απασχολήθηκαν με αντίστοιχο κατασκευαστικό υλικό. Στη μία από τις δύο ομάδες δόθηκαν επιπλέον κάρτες με συγκεκριμένους στόχους διαβαθμισμένης δυσκολίας και υπήρχε προφορική καθοδήγηση από τον ερευνητή, ώστε να εστιάζουν συνεχώς στις μαθησιακές επιδιώξεις. Αυτή η ομάδα παρουσίασε μεγαλύτερο μαθησιακό κέρδος. Αν και το αποτέλεσμα δεν είναι στατιστικά σημαντικό, ίσως αποδεικνύει μια ευρύτερη δυνατότητα των παιδιών της προσχολικής ηλικίας για βαθύτερη κατανόηση των εννοιών αυτών (Reuter & Leuchter, 2021).

Ένα χρόνο αργότερα, οι Reiter και Leuchter (2022b) επανέλαβαν την ίδια έρευνα σε μεγαλύτερο δείγμα (104) νηπίων 5 έως 6 ετών, με τη χρήση δοκιμασιών ελέγχου πριν και μετά την παρέμβαση. Σε ό,τι αφορά τη φορά περιστροφής, τα νήπια που συμμετείχαν στο καθοδηγούμενο παιχνίδι παρουσίασαν θετική διαφοροποίηση στον έλεγχο μετά την παρέμβαση, η οποία έμεινε σταθερή σε επαναληπτικό έλεγχο αργότερα, αν και μη στατιστικά σημαντική. Τα νήπια που συμμετείχαν στο ελεύθερο παιχνίδι δεν είχαν καμία διαφοροποίηση στις επιδόσεις τους. Επομένως, η καθοδήγηση από ενήλικα, αποτελεί προϋπόθεση για την κατανόηση της φοράς περιστροφής των γραναζιών. Σε ό,τι αφορά την ταχύτητα περιστροφής ενισχύθηκαν οι ικανότητες των νηπίων τόσο στο ελεύθερο όσο και στο καθοδηγούμενο παιχνίδι, γεγονός που αποδεικνύει ότι τα νήπια μπορούν να κατανοήσουν τη σχέση μεταξύ μεγέθους γραναζιού και ταχύτητας μέσα από απλή ενασχόληση με γρανάζια διαφορετικών μεγεθών (Reuter & Leuchter, 2022b).

Ταυτόχρονα, οι ίδιοι ερευνητές μελέτησαν τον τρόπο που 41 νήπια αντιλήφθηκαν την ταχύτητα και την κατεύθυνση κίνησης των γραναζιών, μέσα από δραστηριότητες μηχανοτεχνικού σχεδιασμού. Εστίασαν στην ικανότητα παιδιών προσχολικής ηλικίας για έλεγχο και βελτιστοποίηση. Επίσης, μελέτησαν την ποιότητα των λύσεων που έδιναν σε καθορισμένα προβλήματα, σε σχέση με την προσήλωσή τους στο στόχο, την προσωπική τους αξιολόγηση για το αποτέλεσμα, τις εξειδικευμένες γνώσεις για το αντικείμενο, τις χωρικές τους ικανότητες και τη νοημοσύνη. Η συγκριτική ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι η ποιότητα των λύσεων σε καθορισμένα προβλήματα μηχανικής, σχετίζεται θετικά με το ποσοστό προσήλωσης στον στόχο, τις χωρικές ικανότητες των νηπίων και τις εξειδικευμένες γνώσεις. Κυρίως, ανέδειξε τον κομβικό ρόλο του εκπαιδευτικού στη διαχείριση των προκλήσεων του μηχανοτεχνικού σχεδιασμού (Reuter & Leuchter, 2022a).

Κεφάλαιο 4: Αναγκαιότητα παρούσας έρευνας και προστιθέμενη αξία

Η παρούσα έρευνα κρίνεται αναγκαία καθώς δεν έχει ερευνηθεί καθόλου το ζήτημα της καλλιέργειας της υπολογιστικής σκέψης στην προσχολική ηλικία σε ό,τι αφορά ζητήματα κινητικής ενέργειας και χρήσης γκραναζιών στον ελληνικό χώρο και πολύ λίγο σε παγκόσμιο. Θα αποτελέσει μια πρώτη ανιχνευτική προσέγγιση της ανάπτυξης ικανοτήτων υπολογιστικής σκέψης σε παιδιά προσχολικής ηλικίας σε σχολείο της ελληνικής επικράτειας. Θα μελετήσει τυχόν διαφοροποιήσεις που οφείλονται στην ηλικία ή το φύλο. Θα εμπλουτίσει τα δεδομένα σε παγκόσμιο χώρο. Ταυτόχρονα, θα είναι η πρώτη έρευνα που καταγράφεται πανελλαδικά η οποία μελετάει τη χρήση του μοντέλου μηχανοτεχνικού σχεδιασμού σε μαθητές προσχολικής ηλικίας.

Η εισαγωγή της έννοιας της υπολογιστικής σκέψης, της μεθόδου STEAM και της μηχανικής σκέψης στο νηπιαγωγείο είναι ιδιαίτερα πρόσφατη σε επίπεδο προγραμμάτων σπουδών (ΦΕΚ Β' 3567/04-08-2021, 2021; ΦΕΚ Β' 687/10-2-2023, 2021). Σε αυτό το πλαίσιο, είναι ίσως η πρώτη φορά που η μελέτη της κίνησης αποτελεί αντικείμενο ενασχόλησης στο χώρο της προσχολικής εκπαίδευσης. Και μάλιστα, σε έναν χώρο του οποίου το παιδαγωγικό υλικό ανταποκρίνεται μόνο σε στατικές κατασκευές (Κτιριακές Υποδομές, n.d.). Στο πλαίσιο αυτό, φιλοδοξούμε ότι η παρούσα μελέτη, ανεξαρτήτως αποτελεσμάτων, θα ενδυναμώσει την ανάγκη για επίσημη καθιέρωση δράσεων μηχανικής πάνω στην κινητική ενέργεια και στελέχωση των νηπιαγωγείων με κατάλληλο υλικό.

Κεφάλαιο 5: Ερευνητική διαδικασία

Η παρούσα έρευνα έχει λάβει έγκριση από την Επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής (Παράρτημα Α).

Ερευνητικά ερωτήματα

Διερευνάται αν παρέμβαση με το μοντέλο μηχανοτεχνικού σχεδιασμού EDP που στηρίζεται στη χρήση γκραναζιών, μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης και συγκεκριμένα στην ανάπτυξη της ικανότητας για αξιολόγηση και ανατροφοδότηση / έλεγχο και εκσφαλμάτωση, σε σχέση με χαρακτηριστικά της λειτουργίας των γκραναζιών

που αφορούν τη μετάδοση, την κατεύθυνση και την ταχύτητα της κίνησης. Η διερεύνηση επεκτείνεται σε επίπεδο φύλου και ηλικίας.

Ως εκ τούτου διαμορφώνονται οι εξής υποθέσεις:

1^η Υπόθεση:

H₀: Η παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού δεν επηρεάζει την ικανότητα των νηπίων για αξιολόγηση και ανατροφοδότηση αναφορικά με τη μετάδοση της κίνησης (A.H₀), την κατεύθυνση (B.H₀) και την ταχύτητα της κίνησης (C.H₀).

H₁: Η παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού επηρεάζει την ικανότητα των νηπίων για αξιολόγηση και ανατροφοδότηση αναφορικά με τη μετάδοση της κίνησης (A.H₁), την κατεύθυνση (B.H₁) και την ταχύτητα της κίνησης (C.H₁).

2^η Υπόθεση:

H₀: Η παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού δεν επηρεάζει την ικανότητα των νηπίων για έλεγχο και εκσφαλμάτωση αναφορικά με τη μετάδοση της κίνησης (a.H₀), την κατεύθυνση (b.H₀) και την ταχύτητα της κίνησης (c.H₀).

H₁: Η παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού επηρεάζει την ικανότητα των νηπίων για έλεγχο και εκσφαλμάτωση αναφορικά με τη μετάδοση της κίνησης (a.H₁), την κατεύθυνση (b.H₁) και την ταχύτητα της κίνησης (c.H₁).

Οι παραπάνω υποθέσεις διερευνώνται και σε σχέση με το φύλο και την ηλικία. Ο έλεγχος των υποθέσεων πραγματοποιήθηκε μέσω συσχέτισης των μεταβλητών με τη δοκιμασία McNemar στο SPSS, σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$.

Πληθυσμός και Δείγμα

Πληθυσμός στόχος είναι νήπια ηλικίας 4-6 ετών που φοιτούν σε δημόσια ελληνικά νηπιαγωγεία του Ιλίου, μιας πόλης της Αττικής.

Στο ίλιον λειτουργούν 30 νηπιαγωγεία, μονοθέσια έως τετραθέσια. Η προσχολική εκπαίδευση είναι υποχρεωτική. Στα δημόσια νηπιαγωγεία εγγράφονται μαθητές ηλικίας 4-6 ετών. Οι μαθητές εγγράφονται με βάση γεωγραφικά κριτήρια μόνο. Το αναλυτικό πρόγραμμα για την προσχολική εκπαίδευση είναι ενιαίο και κοινό για όλα τα νηπιαγωγεία. Η επιλογή του εκπαιδευτικού προσωπικού γίνεται με συγκεκριμένα κριτήρια από το Υπουργείο Παιδείας, κοινά για όλες τις εκπαιδευτικές μονάδες. Ο υλικοτεχνικός και τεχνολογικός εξοπλισμός των νηπιαγωγείων καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από ενιαίο φορέα, τις Κτιριακές Υποδομές. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, θεωρούμε ότι όλα τα νηπιαγωγεία

του Ιλίου λειτουργούν με βάση κοινά χαρακτηριστικά (Κτιριακές Υποδομές, n.d.; ΦΕΚ 109/Α/01-08-2017, n.d.; ΦΕΚ Β' 687/10-2-2023, 2021).

Επομένως η επιλογή δείγματος κατά δεσμίδες / συστάδες (cluster sample) είναι αντιπροσωπευτική του πληθυσμού. Ως κατά δεσμίδες δείγμα επιλέχτηκαν όλοι οι μαθητές που φοιτούν σε συγκεκριμένο νηπιαγωγείο της περιοχής. Πρόκειται για ένα αρχικό δείγμα 40 μαθητών, ηλικίας 4 και 5 ετών. Θεωρούμε ότι το μέγεθος του δείγματος είναι αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού.

Κριτήριο για την εισδοχή στο ερευνητικό πρόγραμμα αποτελεί η φοίτηση στο συγκεκριμένο νηπιαγωγείο. Κριτήριο μη εισδοχής είναι τυχόν επαναφοίτηση νηπίου, καθώς κάτι τέτοιο δεν πληροί τα ηλικιακά κριτήρια του δείγματος. Επίσης η ύπαρξη διαγνωσμένων αναπτυξιακών και μαθησιακών δυσκολιών, σε επίπεδο που τα νήπια να υποστηρίζονται από εκπαιδευτικό παράλληλης στήριξης. Με βάση τα παραπάνω κριτήρια, από το αρχικό δείγμα των 40 ατόμων εξαιρέθηκε ένας μαθητής που επαναφοιτεί και 2 μαθητές με διαγνωσμένες αναπτυξιακές και μαθησιακές δυσκολίες, που στηρίζονται από εκπαιδευτικό παράλληλης στήριξης. Ένας μαθητής ακόμη εξαιρέθηκε από το δείγμα, καθώς απουσίαζε κατά τη διεξαγωγή της παιδαγωγικής παρέμβασης. Ως αποτέλεσμα το δείγμα περιορίστηκε στα 36 άτομα.

Στρατολόγηση συμμετεχόντων

Η φύση του ερευνητικού προγράμματος προϋποθέτει τη συμμετοχή ανήλικων ατόμων, μη ικανών να δώσουν τη συγκατάθεσή τους βάσει νόμου. Η στρατολόγηση των ατόμων που συμμετείχαν στο πρόγραμμα έγινε μέσω προφορικής και γραπτής πρόσκλησης προς τους γονείς και ασκούντες τη γονική μέριμνα των μαθητών του νηπιαγωγείου. Δόθηκε ένα ενιαίο έντυπο πληροφόρησης, συναίνεσης που περιελάμβανε και τη διαδικασία για την κατάθεση παραπόνων και υποβολή καταγγελιών (Παράρτημα Β).

Διασφάλιση Προστασίας Προσωπικών Δεδομένων

Τα προσωπικά και δημογραφικά δεδομένα που συγκεντρώθηκαν για τις ανάγκες της έρευνας αφορούν το φύλο και την ηλικία.

Για τη Διασφάλιση Προστασίας Προσωπικών Δεδομένων λειτούργησαν συγκεκριμένοι διοικητικοί, τεχνικοί και φυσικοί μηχανισμοί, ώστε να αποφευχθεί τυχόν διάχυση.

Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον Γενικό Κανονισμό Προστασίας Δεδομένων -ΓΚΠΔ (General Data Protection Regulation -GDPR) και τον πρόσφατο εθνικό νόμο 4624/2019, υπήρξε δέσμευση για την προστασία της ιδιωτικότητας των ατόμων που συμμετέχουν στην έρευνα και για την προστασία των προσωπικών τους δεδομένων. Υπήρξε ενημέρωση ότι η συλλογή και επεξεργασία των προσωπικών δεδομένων θα πραγματοποιηθεί από τη Π. Στάμου, μέλος της ερευνητικής ομάδας. Για λόγους διαφάνειας πρόσβαση στα ερευνητικά δεδομένα έχουν και τα υπόλοιπα μέλη της ερευνητικής ομάδας.

Τα προσωπικά δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν αποκλειστικά για τους σκοπούς της συγκεκριμένης έρευνας, θα φυλαχτούν για ένα χρόνο από την κατάθεσή της και θα καταστραφούν με τη χρήση καταστροφέα εντύπων για τα έντυπα δεδομένα και με οριστική διαγραφή των σχετικών ηλεκτρονικών φακέλων για τα ηλεκτρονικά δεδομένα.

Ως προς τεχνικά θέματα, τα προσωπικά δεδομένα κωδικοποιήθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να μην είναι δυνατό να αποκαλυφθεί η ταυτότητα των συμμετεχόντων σε τρίτους. Τα ηλεκτρονικά δεδομένα διατηρούνται σε τρία ξεχωριστά αρχεία σε εξωτερικούς σκληρούς δίσκους, με κωδικό πρόσβασης: αρχείο με προσωπικά δεδομένα (όνομα, αντιστοίχιση με κωδικό, ημερομηνία συναίνεσης), αρχείο με ερευνητικά δεδομένα (κωδικός, φύλο, ηλικία, δεδομένα προ-ελέγχου και μετα-ελέγχου) και ηλεκτρονικό αρχείο των δοκιμασιών ελέγχου με κωδικό συμμετέχοντα και αρχεία SPSS. Τα δεδομένα που διατηρούνται σε έντυπη μορφή παραμένουν κλειδωμένα σε γραφείο.

Υλικό

Κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης και των δοκιμασιών ελέγχου χρησιμοποιήθηκαν γρανάζια τριών μεγεθών, μοχλοί καθώς και άλλα εξαρτήματα από τα παρακάτω εκπαιδευτικά παιχνίδια: Quercetti Kaleido Gears (02341), Quercetti Georello Kaleido Gears (02339) x2 και Quercetti Georello Tech (02389).

Διαδικασία

Δοκιμασίες Ελέγχου

Διεξήχθησαν δύο δοκιμασίες ελέγχου, μία πριν και μία μετά τη διδακτική παρέμβαση. Πριν τη διδακτική παρέμβαση καταγράφηκαν οι πρότερες γνώσεις και ιδέες των νηπίων πάνω στα χαρακτηριστικά της κίνησης των γραναζιών. Μετά το πέρας της παρέμβασης

ακολούθησε εκ νέου έλεγχος των γνώσεων υπολογιστικής σκέψης και των ιδεών των συμμετεχόντων (Marsden & Torgerson, 2012).

Κατά τη διεξαγωγή των δύο δοκιμασιών ελέγχου, χρησιμοποιήθηκαν γρανάζια και άλλα εξαρτήματα από το υλικό που προαναφέρθηκε. Προκειμένου να αποφευχθεί η αλλοίωση των αποτελεσμάτων μέσω τυχόν εμπειρίας από τη συμμετοχή στη διαδικασία, τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν στερεωμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να μη κινούνται. Για τον καθορισμό των εννοιών της κατεύθυνσης χρησιμοποιήθηκαν χάρτινα βέλη, ώστε να αποφευχθεί αλλοίωση των αποτελεσμάτων στην περίπτωση που οι μαθητές δε γνωρίζουν τις έννοιες δεξιά/αριστερά.

Οι δύο έλεγχοι περιελάμβαναν τις ίδιες ερωτήσεις και την ίδια μέθοδο μέτρησης (Παράρτημα Γ). Πραγματοποιήθηκαν ατομικά για κάθε νήπιο σε ήσυχο μέρος εκτός τάξης, αλλά εντός του οικείου χώρου του σχολείου. Οι απαντήσεις καταγράφηκαν κωδικοποιημένα σε ξεχωριστό φύλλο για κάθε συμμετέχοντα (Παράρτημα Δ). Ο μέσος χρόνος απασχόλησης κάθε νηπίου ήταν 8- 10 λεπτά στον προ-έλεγχο και 6- 8 λεπτά στον μετα-έλεγχο. Ο πρώτος έλεγχος πραγματοποιήθηκε μία εβδομάδα πριν τη διδακτική παρέμβαση, ενώ ο δεύτερος έλεγχος πραγματοποιήθηκε μία εβδομάδα μετά. Η διαδικασία έλαβε χώρα το δεύτερο τρίμηνο του σχολικού έτους, τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο.

Ανάλυση Δεδομένων

Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η μη παραμετρική στατιστική δοκιμασία McNemar στο SPSS, ως η πλέον κατάλληλη για ανάλυση διαφοροποιήσεων που προκύπτουν από ζεύγη εξαρτημένων μεταβλητών. Θεωρείται επίσης κατάλληλη δοκιμασία για τη σύγκριση διαφοροποιήσεων μεταξύ προ-ελέγχων και μετα-ελέγχων σε ομάδες, καθώς αναδεικνύει αν το μέγεθος της αλλαγής είναι το ίδιο μεταξύ των ομάδων (νήπια – προνήπια και αγόρια – κορίτσια στη συγκεκριμένη περίπτωση). Επιπλέον πρόκειται για μία δοκιμασία απλή, γρήγορη και εύκολη στην ερμηνεία της (Adedokun & Burgess, 2012; Ciechalski et al., 2002; Fisher et al., 2011; Pembury Smith & Ruxton, 2020).

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με τη μορφή πίνακα συνάφειας 2x2, όπου η πρώτη τιμή (α) παρουσιάζει τον αριθμό των λανθασμένων απαντήσεων και στους δύο ελέγχους, η δεύτερη τιμή (β) τον αριθμό των απαντήσεων που δόθηκαν λάθος στον ένα έλεγχο και σωστά στον άλλο, η τρίτη τιμή (γ) τον αριθμό των απαντήσεων που δόθηκαν σωστά στον ένα έλεγχο και λανθασμένα στον άλλο και η τέταρτη τιμή (δ) τον αριθμό των

σωστών απαντήσεων και στους δύο ελέγχους. Η ισχύς της δοκιμασίας McNemar καθορίζεται από το μέγεθος των παρατηρήσεων που διαφοροποιούνται στα δύο τεστ ($\beta+\gamma$) και όχι από το μέγεθος του δείγματος. Επομένως δεν υπάρχουν περιορισμοί ως προς τη χρήση της δοκιμασίας σε δείγμα 36 ατόμων. Αναφορικά με την ισχύ της δοκιμασίας, υπάρχουν περιορισμοί ως προς τη συχνότητα των παρατηρήσεων που διαφοροποιούνται στα δύο τεστ, όπου θα πρέπει $(\beta+\gamma)>4$ και ακόμη καλύτερα $(\beta+\gamma)>10$ για μικρά δείγματα (Adedokun & Burgess, 2012; Pembury Smith & Ruxton, 2020).

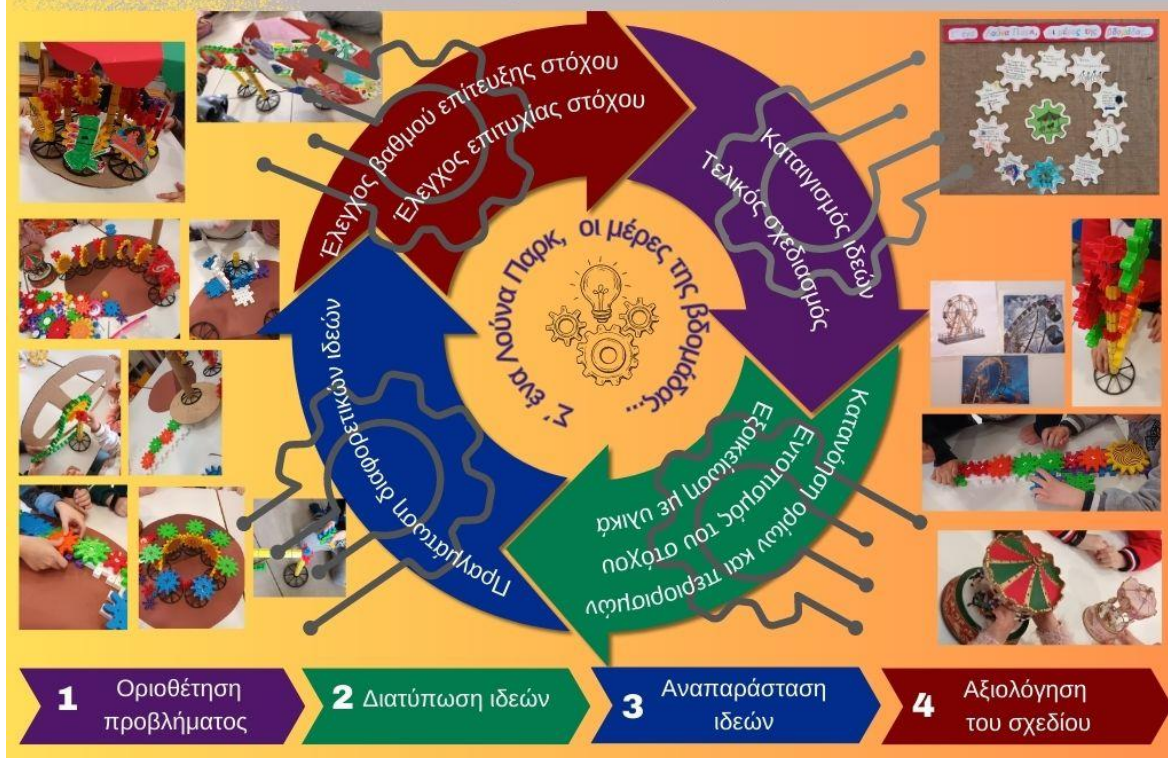
Παρέμβαση Μηχανοτεχνικού Σχεδιασμού

Η διδακτική παρέμβαση συνίσταται στη δημιουργία μακέτας με κινούμενα στοιχεία με αφορμή το τραγούδι: «Οι μέρες της εβδομάδας» από το άλμπουμ Λιλιπούπολη (Κυπουργός Νίκος et al., 1980). Πραγματοποιήθηκε από την ερευνήτρια-νηπιαγωγό του τμήματος, στο γνώριμο στα νήπια χώρο της τάξης. Ολοκληρώθηκε σε 5 παιδαγωγικές συναντήσεις διάρκειας μίας διδακτικής ώρας η καθεμιά, κατά τη διάρκεια μιας εβδομάδας.

Σύμφωνα με το μοντέλο μηχανοτεχνικού σχεδιασμού (Εικ. 4), τα νήπια, χωρισμένα σε δύο ομάδες, όρισαν τους κατασκευαστικούς τους στόχους που είναι η δημιουργία ενός καρουζέλ και μιας ρόδας λούνα παρκ, πάνω στα οποία οι μέρες της εβδομάδας κινούνται με τη βοήθεια των γρاناζιών. Προσπάθησαν να κατανοήσουν τη φύση του προβλήματος, τα όρια και τους περιορισμούς του. Εξοικειώθηκαν με τα γρανάζια και συγκέντρωσαν τα υλικά της κατασκευής. Διατύπωσαν ιδέες για τη μορφή και τα χαρακτηριστικά της κατασκευής τους. Χωρίστηκαν σε μικρές ομάδες και πειραματίστηκαν με τις κατασκευές, στις οποίες έπρεπε να ενσωματώσουν τα γρανάζια. Κατά τη διαδικασία αυτή η κάθε ομάδα αντάλλαξε απόψεις και παρατήρησε τις δράσεις των άλλων. Η τελική σύνθεση της μακέτας παρουσιάστηκε στην ολομέλεια και ακολούθησε αξιολόγηση ως προς την επίτευξη του στόχου. Αναλυτικά, η παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού παρουσιάζεται στο Παράρτημα Ε.

Οπτική αναπαράσταση διδακτικής παρέμβασης (Απλοποιημένο μοντέλο του μηχανοτεχνικού σχεδιασμού)

Dorie et al., 2014; Ehsan et al., 2021



Εικόνα 4: Οπτική αναπαράσταση της διδακτικής παρέμβασης με βάση το απλοποιημένο μοντέλο μηχανικού σχεδιασμού (Dorie et al., 2014; Ehsan et al., 2021).

Κεφάλαιο 6: Ανάλυση δεδομένων

Έλεγχος υποθέσεων αξιολόγησης και ανατροφοδότησης

Έλεγχος υποθέσεων ως προς τη μετάδοση της κίνησης

A.H0: Η παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού δεν επηρεάζει την ικανότητα των μαθητών για αξιολόγηση και ανατροφοδότηση προβλημάτων μη επαφής και εμπλοκής των γραναζιών.

A.H1: Η παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού επηρεάζει την ικανότητα των μαθητών για αξιολόγηση και ανατροφοδότηση προβλημάτων μη επαφής και εμπλοκής των γραναζιών.

Οι υποθέσεις ελέγχονται ταυτόχρονα και σε συνδυασμό με το φύλο και την ηλικία.

Ο έλεγχος των υποθέσεων πραγματοποιήθηκε με δύο δοκιμασίες. Στην πρώτη ζητήθηκε από τους μαθητές να απαντήσουν αν θα κινηθεί ένα γρανάζι το οποίο εφάπτεται με άλλο γρανάζι, το οποίο με τη σειρά του δεν εφάπτεται στο γρανάζι οδηγό (Εικ. 5α). Στη δεύτερη δοκιμασία, οι μαθητές ρωτήθηκαν αν κατά την περιστροφή του γραναζιού οδηγού, θα περιστραφεί γρανάζι το οποίο εμπλέκεται με το γρανάζι οδηγό καθώς και ένα τρίτο γρανάζι (Εικ. 5β)(Παράρτημα Γ).



Εικόνα 5.α και 5.β. Θα κινηθεί ο ανεμόμυλος;

Για την περίπτωση μη επαφής γραναζιών, σε σύνολο 36 παρατηρήσεων 3 μαθητές απάντησαν λανθασμένα και στους 2 ελέγχους, 18 μαθητές απάντησαν σωστά και στους 2 ελέγχους, κανένας μαθητής δεν απάντησε σωστά στον προ-έλεγχο και λανθασμένα στον μετα-έλεγχο και 15 μαθητές απάντησαν λανθασμένα στον προ-έλεγχο και σωστά στον μετα-έλεγχο (Πιν. 4). Υπάρχει στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών στους δύο ελέγχους ($p=0.01 < 0,05$) (Πιν. 6). Επομένως απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση Α.Ηο ως προς την περίπτωση μη επαφής των γραναζιών. Δεχόμαστε ότι η παρέμβαση επηρεάζει την ικανότητα των μαθητών για αξιολόγηση και ανατροφοδότηση ως προς τη μεταφορά της κίνησης σε περίπτωση μη επαφής γραναζιών.

Στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς τις απαντήσεις των μαθητών στους δύο ελέγχους εντοπίζεται τόσο στα κορίτσια ($p=0,008 < 0,05$) όσο και στα αγόρια $p=0,016 < 0,05$) (Πιν. 7 και 9). Εντοπίζεται επίσης στα προνήπια ($p=0,004 < 0,05$) και στα νήπια ($p=0,031 < 0,05$) (Πιν. 10 και 12). Απορρίπτεται επομένως η μηδενική υπόθεση Α.Ηο. Δεχόμαστε ότι αυτή η ικανότητα για αξιολόγηση και ανατροφοδότηση αναπτύσσεται σημαντικά μέσω της παρέμβασης στα αγόρια και στα κορίτσια, στα νήπια και στα προνήπια.

Για την περίπτωση εμπλοκής των γριναζιών, σε σύνολο 36 παρατηρήσεων 24 μαθητές απάντησαν λανθασμένα και στους 2 ελέγχους, 4 μαθητές απάντησαν σωστά και στους 2 ελέγχους, ένας μαθητής απάντησε σωστά στον προ έλεγχο και λανθασμένα στον μετα-έλεγχο και 7 μαθητές απάντησαν λανθασμένα στον προ-έλεγχο και σωστά στον μετα-έλεγχο (Πιν. 5). Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών στους δύο ελέγχους ($p=0,7>0,05$) (Πιν. 6), επομένως δεν απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση Α.Ηο ως προς την περίπτωση εμπλοκής των γριναζιών. Δεχόμαστε ότι η παρέμβαση δεν επηρεάζει την ικανότητα των μαθητών για αξιολόγηση και ανατροφοδότηση ως προς τη μεταφορά τη κίνησης σε περίπτωση εμπλοκής γριναζιών.

Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις απαντήσεις των αγοριών ($p=0,375>0,05$) και των κοριτσιών ($p=0,250>0,05$) (Πιν. 8 και 9), ούτε ανάμεσα στις απαντήσεις των νηπίων ($p=0,219>0,05$) και των προνηπίων ($p=0,500>0,05$) (Πιν. 11 και 12). Δεν απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση και δεχόμαστε ότι η ικανότητα για αξιολόγηση και ανατροφοδότηση δεν επηρεάζεται από το φύλο ή την ηλικία, στην περίπτωση εμπλοκής γριναζιών.

Πίνακας 4. Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση μη επαφής γριναζιών

| Προ-έλεγχος | Μετά-έλεγχος | |
|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | Επιτυχής αξιολόγηση |
| Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 3 | 15 |
| Επιτυχής αξιολόγηση | 0 | 18 |

Πίνακας 5. Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση εμπλοκής γριναζιών

| Προ-έλεγχος | Μετά-έλεγχος | |
|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | Επιτυχής αξιολόγηση |
| Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 24 | 7 |
| Επιτυχής αξιολόγηση | 1 | 4 |

Πίνακας 6. Έλεγχοι υποθέσεων αναφορικά με τους πίνακες 4 και 5

| Test Statistics ^a | | |
|------------------------------|---|--|
| | Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση μη επαφής γριναζιών | Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση εμπλοκής γριναζιών |
| N | 36 | 36 |
| Exact Sig. (2-tailed) | ,001 ^b | ,070 ^b |

a. McNemar Test

b. Binomial distribution used.

Πίνακας 7. Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση μη επαφής γριναζιών σε σχέση με το φύλο

Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση μη επαφής γριναζιών σε σχέση με το φύλο

| Αγόρια | Κορίτσια | Μετάδοση κίνησης - μη επαφή /μετα-έλεγχος | | |
|--------|----------|---|-----------------------|----|
| | | Μετάδοση κίνησης - μη επαφή /προ-έλεγχος | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | |
| . | Κορίτσι | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 1 | 8 |
| | | Επιτυχής αξιολόγηση | 0 | 5 |
| Αγόρι | . | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 2 | 7 |
| | | Επιτυχής αξιολόγηση | 0 | 13 |

Πίνακας 8. Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση μη εμπλοκής γριναζιών σε σχέση με το φύλο

Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση εμπλοκής γριναζιών σε σχέση με το φύλο

| Αγόρια | Κορίτσια | Μετάδοση κίνησης - εμπλοκή /μετα-έλεγχος | | |
|--------|----------|--|-----------------------|---|
| | | Μετάδοση κίνησης - εμπλοκή /προ-έλεγχος | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | |
| . | Κορίτσι | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 9 | 3 |
| | | Επιτυχής αξιολόγηση | 0 | 2 |
| Αγόρι | . | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 15 | 4 |
| | | Επιτυχής αξιολόγηση | 1 | 2 |

Πίνακας 9. Έλεγχοι υποθέσεων αναφορικά με τους πίνακες 7 και 8

Test Statistics^a

| Αγόρια | Κορίτσια | Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση μη επαφής γριναζιών | | Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση εμπλοκής γριναζιών | |
|--------|----------|---|-----------------------|--|-----------------------|
| | | N | Exact Sig. (2-tailed) | N | Exact Sig. (2-tailed) |
| . | Κορίτσι | N | 14 | N | 14 |
| | | Exact Sig. (2-tailed) | ,008 ^b | Exact Sig. (2-tailed) | ,250 ^b |
| Αγόρι | . | N | 22 | N | 22 |
| | | Exact Sig. (2-tailed) | ,016 ^b | Exact Sig. (2-tailed) | ,375 ^b |

a. McNemar Test

b. Binomial distribution used.

Πίνακας 10. Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση μη επαφής γριναζιών σε σχέση με την ηλικία.

Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση μη επαφής γριναζιών σε σχέση με την ηλικία

| Προνήπια | Νήπια | Μετάδοση κίνησης - μη επαφή /μετα-έλεγχος | | |
|----------|-------|---|-----------------------|----|
| | | Μετάδοση κίνησης - μη επαφή /προ-έλεγχος | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | |
| . | Νήπιο | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 1 | 9 |
| | | Επιτυχής αξιολόγηση | 0 | 11 |
| Προνήπιο | . | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 2 | 6 |

| | | |
|---------------------|---|---|
| Επιτυχής αξιολόγηση | 0 | 7 |
|---------------------|---|---|

Πίνακας 11. Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση εμπλοκής γραναζιών σε σχέση με την ηλικία.

Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση εμπλοκής γραναζιών σε σχέση με την ηλικία

| Προνήπια | Νήπια | Μετάδοση κίνησης - εμπλοκή /προ-έλεγχος | Μετάδοση κίνησης - εμπλοκή /μετα-έλεγχος | |
|----------|-------|---|--|---------------------|
| | | | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | Επιτυχής αξιολόγηση |
| . | Νήπιο | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 12 | 5 |
| | | Επιτυχής αξιολόγηση | 1 | 3 |
| Προνήπιο | . | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 12 | 2 |
| | | Επιτυχής αξιολόγηση | 0 | 1 |

Πίνακας 12. Έλεγχοι υποθέσεων αναφορικά με τους πίνακες 10 και 11.

Test Statistics^a

| Προνήπια | Νήπια | N | Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση μη επαφής γραναζιών | Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση εμπλοκής γραναζιών |
|----------|-------|-----------------------|---|--|
| | | | | |
| . | Νήπιο | N | 21 | 21 |
| | | Exact Sig. (2-tailed) | ,004 ^b | ,219 ^b |
| Προνήπιο | . | N | 15 | 15 |
| | | Exact Sig. (2-tailed) | ,031 ^b | ,500 ^b |

a. McNemar Test

b. Binomial distribution used.

Έλεγχος υποθέσεων ως προς την κατεύθυνση της κίνησης

H₀: Η παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού δεν επηρεάζει την ικανότητα των μαθητών για αξιολόγηση και ανατροφοδότηση.

H₁: Η παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού επηρεάζει την ικανότητα των μαθητών για αξιολόγηση και ανατροφοδότηση.

Οι υποθέσεις ελέγχονται ταυτόχρονα και σε συνδυασμό με το φύλο και την ηλικία.

Ο έλεγχος της υπόθεσης πραγματοποιήθηκε με μία δοκιμασία τριών σταδίων. Δίπλα σε γρανάζι οδηγό που κινείται με δεδομένη κατεύθυνση, τοποθετείται άλλο γρανάζι και οι μαθητές επιλέγουν ανάμεσα σε δύο χάρτινα βέλη την κατεύθυνση με την οποία θα κινηθεί (Εικ. 6α). Αν η απάντηση είναι λανθασμένη, η διαδικασία διακόπτεται. Αν η απάντηση είναι σωστή, τοποθετείται και δεύτερο γρανάζι και επαναλαμβάνεται η διαδικασία (Εικ. 6β). Σε περίπτωση που και πάλι η απάντηση είναι σωστή, τοποθετείται και τρίτο

γρανάζι και γίνεται η ίδια ερώτηση (Εικ. 6γ) (παράρτημα Γ). Σε αυτήν τη δοκιμασία, σωστές θεωρούνται οι απαντήσεις των μαθητών που έφτασαν να αξιολογήσουν και τα τρία γρανάζια, ενώ λανθασμένες όλες οι υπόλοιπες.



Εικόνες 6α, 6β και 6γ. Από ποια πλευρά θα γυρίσει το πράσινο γρανάζι; Τοποθέτησε το σωστό βελάκι πάνω από το γρανάζι.

Σε σύνολο 36 παρατηρήσεων 22 μαθητές απάντησαν λανθασμένα και στους δύο ελέγχους, 4 μαθητές απάντησαν σωστά και στους δύο ελέγχους, κανένας μαθητής δεν απάντησε σωστά στον προ-έλεγχο και λανθασμένα στον μετα-έλεγχο και 10 μαθητές απάντησαν λανθασμένα στον προ-έλεγχο και σωστά στον μετα-έλεγχο (Πιν. 13). Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών στους δύο ελέγχους ($p=0,02<0,05$) (Πιν. 14), επομένως απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση $B.H1$. Δεχόμαστε ότι η παρέμβαση επηρεάζει την ικανότητα μαθητών για αξιολόγηση και ανατροφοδότηση πάνω σε θέματα κατεύθυνσης της κίνησης των γραναζιών.

Ως προς το φύλο, δεν εντοπίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά στα κορίτσια ($p=1>0,05$), αλλά εντοπίζεται στα αγόρια ($p=0,004<0,05$). (Πιν. 15 και 16). Ως προς την ηλικία, δεν εντοπίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά στα προνήπια ($p=0,250>0,05$), αλλά εντοπίζεται στα νήπια ($p=0,016>0,05$) (Πιν. 17 και 18). Επομένως απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση $B.H0$ για την περίπτωση των αγοριών και των νηπίων. Δεχόμαστε ότι η παρέμβαση επηρεάζει την ικανότητα των αγοριών και των νηπίων για αξιολόγηση και ανατροφοδότηση σχετικά με την κατεύθυνση της κίνησης. Για τα κορίτσια και τα προνήπια δεν είναι επαρκή τα στοιχεία για να υποστηρίξουν την ύπαρξη στατιστικά σημαντικής διαφοράς μεταξύ των δύο ελέγχων (κορίτσια: $\beta+\gamma=1+0<4$ και προνήπια $\beta+\gamma=3+0<4$).

Πίνακας 13. Προ/μετα-έλεγχος ως προς την κατεύθυνση της κίνησης.

| Προ-έλεγχος | | Μετα-έλεγχος | |
|---------------------|--|---------------------|----------------|
| | | Λανθασμένη απάντηση | Σωστή απάντηση |
| Λανθασμένη απάντηση | | 22 | 10 |
| Σωστή απάντηση | | 0 | 4 |

Πίνακας 14. Έλεγχος υπόθεσης αναφορικά με τον πίνακα 13

| Test Statistics ^a | |
|------------------------------|-------------------|
| Προ-έλεγχος & Μετα-έλεγχος | |
| N | 36 |
| Exact Sig. (2-tailed) | ,002 ^b |

a. McNemar Test

b. Binomial distribution used.

Πίνακας 15. Προ/μετα-έλεγχος ως προς την κατεύθυνση της κίνησης σε σχέση με το φύλο.

| Προ-έλεγχος /μετα-έλεγχος σε σχέση με το φύλο | | Μετα-έλεγχος | |
|---|----------|---------------------|----------------|
| | | Λανθασμένη απάντηση | Σωστή απάντηση |
| Αγόρια | Κορίτσια | Λανθασμένη απάντηση | 11 |
| | Κορίτσι | Σωστή απάντηση | 0 |
| Αγόρι | | Λανθασμένη απάντηση | 11 |
| | | Σωστή απάντηση | 0 |

Πίνακας 16. Έλεγχοι υποθέσεων αναφορικά με τον πίνακα 15

| Test Statistics ^a | | | |
|------------------------------|----------|-----------------------|--------------------|
| Προ-έλεγχος & Μετα-έλεγχος | | | |
| Αγόρια | Κορίτσια | N | 14 |
| | Κορίτσι | Exact Sig. (2-tailed) | 1,000 ^b |
| Αγόρι | | N | 22 |
| | | Exact Sig. (2-tailed) | ,004 ^b |

a. McNemar Test

b. Binomial distribution used.

Πίνακας 17. Προ/μετα-έλεγχος ως προς την κατεύθυνση της κίνησης σε σχέση με την ηλικία.

| Προ-έλεγχος /μετα-έλεγχος σε σχέση με την ηλικία | | Μετα-έλεγχος | |
|--|-------|---------------------|----------------|
| | | Λανθασμένη απάντηση | Σωστή απάντηση |
| Προνήπια | Νήπια | Λανθασμένη απάντηση | 10 |
| | Νήπιο | Σωστή απάντηση | 0 |
| Προνήπιο | | Λανθασμένη απάντηση | 12 |
| | | Σωστή απάντηση | 0 |

Πίνακας 18. Έλεγχοι υποθέσεων αναφορικά με τον πίνακα 17.

Test Statistics^a

| Προνήπια | Νήπια | Προ-έλεγχος & Μετα-έλεγχος | |
|----------|-------|----------------------------|-------------------|
| . | Νήπιο | N | 21 |
| | | Exact Sig. (2-tailed) | ,016 ^b |
| Προνήπιο | . | N | 15 |
| | | Exact Sig. (2-tailed) | ,250 ^b |

a. McNemar Test

b. Binomial distribution used.

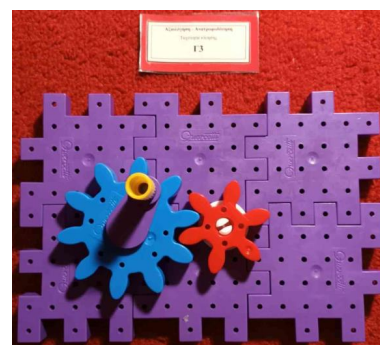
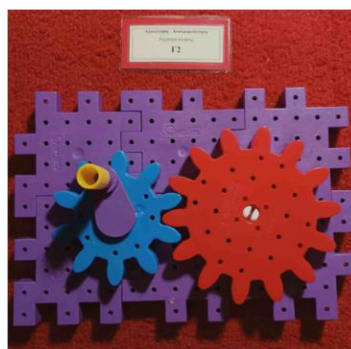
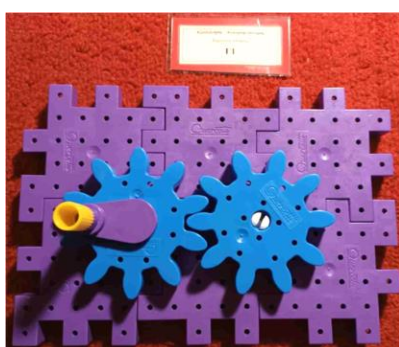
Έλεγχος υποθέσεων ως προς την ταχύτητα της κίνησης

C. Ho: Η παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού δεν επηρεάζει την ικανότητα των μαθητών για αξιολόγηση και ανατροφοδότηση.

C.H1: Η παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού επηρεάζει την ικανότητα των μαθητών για αξιολόγηση και ανατροφοδότηση.

Οι υποθέσεις ελέγχονται ταυτόχρονα και σε συνδυασμό με το φύλο και την ηλικία.

Η ικανότητα για αξιολόγηση και ανατροφοδότηση ελέγχθηκε σε τρεις διαφορετικές δοκιμασίες. Στην πρώτη, οι μαθητές αξιολόγησαν αν δύο ισομεγέθη γρανάζια θα κινηθούν με την ίδια ταχύτητα ή διαφορετική (Εικ. 7α). Στη δεύτερη αξιολόγησαν αν ένα γρανάζι μεγαλύτερο από το γρανάζι οδηγό θα κινηθεί με μεγαλύτερη, μικρότερη ταχύτητα ή την ίδια (Εικ. 7β). Στην τρίτη περίπτωση αξιολόγησαν αν ένα γρανάζι μικρότερο από το γρανάζι οδηγό θα κινηθεί με μεγαλύτερη, μικρότερη ή την ίδια ταχύτητα με αυτόν (Εικ. 7γ) (Παράρτημα Γ).



Εικόνα 7α, 7β και 7γ. Το κινούμενο γρανάζι θα γυρίσει με την ίδια ταχύτητα, πιο γρήγορα ή πιο αργά από το γρανάζι οδηγό;

Στην πρώτη περίπτωση, σε σύνολο 36 παρατηρήσεων, 7 μαθητές απάντησαν λανθασμένα και στους δύο ελέγχους, 20 μαθητές απάντησαν σωστά και στους δύο ελέγχους, 1 μαθητής απάντησε σωστά στον πρώτο έλεγχο και λανθασμένα στον δεύτερο και 8

μαθητές απάντησαν λανθασμένα στον πρώτο και σωστά στο δεύτερο (Πιν. 19). Στη δεύτερη περίπτωση 15 μαθητές απάντησαν λανθασμένα και στους δύο ελέγχους, 3 απάντησαν σωστά και στους δύο ελέγχους, 4 μαθητές απάντησαν σωστά στον πρώτο έλεγχο και λανθασμένα στον δεύτερο και 14 μαθητές απάντησαν λανθασμένα στον πρώτο έλεγχο και σωστά στον δεύτερο (Πιν. 20). Στην τρίτη περίπτωση, 19 μαθητές απάντησαν λανθασμένα και στους δύο ελέγχους, 3 μαθητές απάντησαν σωστά και στους δύο ελέγχους, 1 μαθητής απάντησε σωστά στον πρώτο έλεγχο και λανθασμένα στον δεύτερο και 13 μαθητές απάντησαν λανθασμένα στον πρώτο έλεγχο και σωστά στον δεύτερο (Πιν. 21). Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών στις δοκιμασίες ($p=0.039<0,05$ και $p=0,031<0,05$ και $p=0.02<0,05$), άρα απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση $C.H_0$ και δεχόμαστε ότι η παρέμβαση επηρεάζει την ικανότητα των μαθητών για αξιολόγηση και ανατροφοδότηση πάνω σε ζητήματα ταχύτητας γραναζιών όμοιων ή ανόμοιων ως προς το μέγεθος.

Δεν εντοπίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά στις απαντήσεις των κοριτσιών ($p=0.625>0,05$, $p=0.687>0,05$, $p=0,125>0,05$). Θεωρούμε ότι τα στοιχεία δεν είναι επαρκή καθώς το άθροισμα των παρατηρήσεων που διαφοροποιούνται στους δύο ελέγχους είναι μικρό στις δύο από τις τρεις περιπτώσεις, τουλάχιστον. Τα αγόρια παρουσιάζουν σημαντική βελτίωση σε ό,τι αφορά την αξιολόγηση της ταχύτητας σε ισομεγέθη γρανάζια ($p=0,063>0,05$) η οποία γίνεται στατιστικά σημαντική στις δοκιμασίες με ανόμοια γρανάζια ($p=0,039<0,05$ και $p=0,021<0,05$) (Πιν. 23-26). Δεχόμαστε ότι τα αγόρια παρουσιάζουν μεγαλύτερη εξέλιξη της ικανότητας για αξιολόγηση και ανατροφοδότηση προβλημάτων σχετικής ταχύτητας γραναζιών.

Δεν εντοπίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά στις απαντήσεις των προνηπίων ($p=0.625>0,05$, $p=0.063>0,05$, $p=0,250>0,05$). Θεωρούμε και πάλι ότι τα στοιχεία δεν είναι επαρκή, καθώς το άθροισμα των παρατηρήσεων που διαφοροποιούνται στους δύο ελέγχους είναι μικρό. Δεν εντοπίζουμε στατιστικά σημαντική διαφορά στις απαντήσεις των νηπίων ($p=0,063>0,05$, $p=0,267>0,05$) με εξαίρεση τη διαχείριση της περίπτωσης όπου το γρανάζι οδηγός είναι μεγαλύτερο από το κινούμενο ($p=0,012<0,05$) (Πιν. 27-30). Δεχόμαστε επομένως, ότι τα νήπια ίσως παρουσιάζουν μεγαλύτερη εξέλιξη της ικανότητας για αξιολόγηση και ανατροφοδότηση πάνω σε ζητήματα σχετικής ταχύτητας των γραναζιών.

Πίνακας 19. Προ/μετα-έλεγχος της ταχύτητας δύο γραναζιών με ίδιο μέγεθος

**γρανάζι οδηγός = κινούμενο γρανάζι
προ/μετα-έλεγχος**

| γρανάζι οδηγός = κινούμενο γρανάζι /προ-έλεγχος | γρανάζι οδηγός = κινούμενο γρανάζι /μετα-έλεγχος Ανεπιτυχής αξιολόγηση | Επιτυχής αξιολόγηση |
|--|---|---------------------|
| Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 7 | 8 |
| Επιτυχής αξιολόγηση | 1 | 20 |

Πίνακας 20. Προ/ μετά-έλεγχος της ταχύτητας όταν το γρανάζι οδηγός είναι μικρότερο από το κινούμενο

**γρανάζι οδηγός < κινούμενο γρανάζι
προ/μετα-έλεγχος**

| γρανάζι οδηγός<κινούμενο γρανάζι /προ-έλεγχος | γρανάζι οδηγός < κινούμενο γρανάζι /μετα-έλεγχος Ανεπιτυχής αξιολόγηση | Επιτυχής αξιολόγηση |
|--|---|---------------------|
| Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 15 | 14 |
| Επιτυχής αξιολόγηση | 4 | 3 |

Πίνακας 21. Προ/μετα-έλεγχος της ταχύτητας όταν το γρανάζι οδηγός είναι μεγαλύτερο από το κινούμενο.

**γρανάζι οδηγός > κινούμενο γρανάζι
προ/μετα-έλεγχος**

| γρανάζι οδηγός >κινούμενο γρανάζι /προ-έλεγχος | γρανάζι οδηγός > κινούμενο γρανάζι /μετα-έλεγχος Ανεπιτυχής αξιολόγηση | Επιτυχής αξιολόγηση |
|---|---|---------------------|
| Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 19 | 13 |
| Επιτυχής αξιολόγηση | 1 | 3 |

Πίνακας 22. Έλεγχοι υποθέσεων αναφορικά με τους πίνακες 19-21.

| | Test Statistics ^a | | |
|-----------------------|---|---|--|
| | γρανάζι οδηγός = κινούμενο γρα- νάζι προ/μετα-έλεγχος | γρανάζι οδηγός<κινούμενο γρα- νάζι προ/μετα-έλεγχος | γρανάζι οδηγός >κι- νούμενο γρανάζι προ/μετα-έλεγχος |
| N | 36 | 36 | 36 |
| Exact Sig. (2-tailed) | ,039 ^b | ,031 ^b | ,002 ^b |

a. McNemar Test

b. Binomial distribution used.

Πίνακας 23. Προ/μετα-έλεγχος της ταχύτητας δύο γραναζιών με ίδιο μέγεθος σε σχέση με το φύλο.

**γρανάζι οδηγός = κινούμενο γρανάζι
προ/μετα-έλεγχος σε σχέση με το φύλο**

Αγόρια Κορίτσια

γρανάζι οδηγός = κινούμενο γρανάζι /μετα-έλεγχος

| | | γρανάζι οδηγός = κινούμενο γρανάζι /προ-έλεγχος | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | Επιτυχής αξιολόγηση |
|-------|----------|--|-----------------------|---------------------|
| . | Κορίτσια | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 2 | 3 |
| | | Επιτυχής αξιολόγηση | 1 | 8 |
| Αγόρι | . | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 5 | 5 |
| | | Επιτυχής αξιολόγηση | 0 | 12 |

Πίνακας 24. Προ/μετα-έλεγχος της ταχύτητας όταν το γρανάζι οδηγός είναι μικρότερο από το κινούμενο σε σχέση με το φύλο.

**γρανάζι οδηγός < κινούμενο γρανάζι
προ/μετα-έλεγχος σε σχέση με το φύλο**

| | | γρανάζι οδηγός < κινούμενο γρανάζι /προ-έλεγχος | γρανάζι οδηγός < κινούμενο γρανάζι /μετα-έλεγχος Ανεπιτυχής αξιολόγηση | Επιτυχής αξιολόγηση |
|--------|----------|--|---|---------------------|
| Αγόρια | Κορίτσια | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 7 | 4 |
| | | Επιτυχής αξιολόγηση | 2 | 1 |
| Αγόρι | . | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 8 | 10 |
| | | Επιτυχής αξιολόγηση | 2 | 2 |

Πίνακας 25. Προ/μετα-έλεγχος της ταχύτητας όταν το γρανάζι οδηγός είναι μεγαλύτερο από το κινούμενο σε σχέση με το φύλο.

**γρανάζι οδηγός > κινούμενο γρανάζι
προ/μετα-έλεγχος σε σχέση με το φύλο**

| | | γρανάζι οδηγός > κινούμενο γρανάζι /προ-έλεγχος | γρανάζι οδηγός > κινούμενο γρανάζι /μετα-έλεγχος Ανεπιτυχής αξιολόγηση | Επιτυχής αξιολόγηση |
|--------|----------|--|---|---------------------|
| Αγόρια | Κορίτσια | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 9 | 4 |
| | | Επιτυχής αξιολόγηση | 0 | 1 |
| Αγόρι | . | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 10 | 9 |
| | | Επιτυχής αξιολόγηση | 1 | 2 |

Πίνακας 26. Έλεγχοι υποθέσεων αναφορικά με τους πίνακες 23-25

| | | Test Statistics ^a | | |
|--------|----------|--|--|--|
| | | γρανάζι οδηγός = κινούμενο γρανάζι προ/μετα-έλεγχος | γρανάζι οδηγός < κινούμενο γρανάζι προ/μετα-έλεγχος | γρανάζι οδηγός > κινούμενο γρανάζι προ/μετα-έλεγχος |
| Αγόρια | Κορίτσια | N | 14 | 14 |
| | | Exact Sig. (2-tailed) | ,625 ^b | ,687 ^b |
| Αγόρι | . | N | 22 | 22 |
| | | Exact Sig. (2-tailed) | ,063 ^b | ,039 ^b |

a. McNemar Test

b. Binomial distribution used.

Πίνακας 27. Προ/μετα-έλεγχος ως προς την ταχύτητα δύο γρανάζιων με ίδιο μέγεθος σε σχέση με την ηλικία.

**γρανάζι οδηγός = κινούμενο γρανάζι
προ/μετα-έλεγχος σε σχέση με την ηλικία**

Προνήπια Νήπια γρανάζι οδηγός = κινούμενο γρανάζι /μετα-έλεγχος

| | | γρανάζι οδηγός = κινούμενο γρανάζι /προ-έλεγχος | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | Επιτυχής αξιολόγηση |
|----------|-------|--|-----------------------|---------------------|
| . | Νήπιο | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 3 | 5 |
| | | Επιτυχής αξιολόγηση | 0 | 13 |
| Προνήπιο | . | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 4 | 3 |
| | | Επιτυχής αξιολόγηση | 1 | 7 |

Πίνακας 28. Προ/μετα-έλεγχος της ταχύτητας όταν το γρανάζι οδηγός είναι μικρότερο από το κινούμενο σε σχέση με την ηλικία.

**γρανάζι οδηγός < κινούμενο γρανάζι
προ/μετα-έλεγχος σε σχέση με την ηλικία**

| | | γρανάζι οδηγός < κινούμενο γρανάζι /προ-έλεγχος | γρανάζι οδηγός < κινούμενο γρανάζι /μετα-έλεγχος Ανεπιτυχής αξιολόγηση | Επιτυχής αξιολόγηση |
|----------|-------|--|---|---------------------|
| . | Νήπιο | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 5 | 9 |
| | | Επιτυχής αξιολόγηση | 4 | 3 |
| Προνήπιο | . | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 10 | 5 |
| | | Επιτυχής αξιολόγηση | 0 | 0 |

Πίνακας 29. Προ/μετα-έλεγχος της ταχύτητας όταν το γρανάζι οδηγός είναι μεγαλύτερο από το κινούμενο σε σχέση με την ηλικία.

**γρανάζι οδηγός > κινούμενο γρανάζι
προ/μετα-έλεγχος σε σχέση με την ηλικία**

| | | γρανάζι οδηγός > κινούμενο γρανάζι /προ-έλεγχος | γρανάζι οδηγός > κινούμενο γρανάζι /μετα-έλεγχος Ανεπιτυχής αξιολόγηση | Επιτυχής αξιολόγηση |
|----------|-------|--|---|---------------------|
| . | Νήπιο | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 7 | 10 |
| | | Επιτυχής αξιολόγηση | 1 | 3 |
| Προνήπιο | . | Ανεπιτυχής αξιολόγηση | 12 | 3 |
| | | Επιτυχής αξιολόγηση | 0 | 0 |

Πίνακας 30. Έλεγχοι υποθέσεων αναφορικά με τους πίνακες 27-29.

| | | Test Statistics ^a | | | |
|----------|-------|--|--|--|-------------------|
| | | γρανάζι οδηγός = κινούμενο γρανάζι προ/μετα-έλεγχος | γρανάζι οδηγός < κινούμενο γρανάζι προ/μετα-έλεγχος | γρανάζι οδηγός > κινούμενο γρανάζι προ/μετα-έλεγχος | |
| . | Νήπιο | N | 21 | 21 | 21 |
| | | Exact Sig. (2-tailed) | ,063 ^b | ,267 ^b | ,012 ^b |
| Προνήπιο | . | N | 15 | 15 | 15 |
| | | Exact Sig. (2-tailed) | ,625 ^b | ,063 ^b | ,250 ^b |

a. McNemar Test

b. Binomial distribution used.

Έλεγχος υποθέσεων ελέγχου και εκσφαλμάτωσης

Έλεγχος υποθέσεων ως προς τη μετάδοση της κίνησης

Ho: Η παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού δεν επηρεάζει την ικανότητα των μαθητών για έλεγχο και εκσφαλμάτωση αναφορικά με τη μετάδοση της κίνησης.

H1: Η παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού επηρεάζει την ικανότητα των μαθητών για έλεγχο και εκσφαλμάτωση αναφορικά με τη μετάδοση της κίνησης.

Οι υποθέσεις ελέγχονται ταυτόχρονα και σε συνδυασμό με το φύλο και την ηλικία.

Ο έλεγχος των υποθέσεων πραγματοποιήθηκε με τις δύο δοκιμασίες που χρησιμοποιήθηκαν στην αντίστοιχη περίπτωση της αξιολόγησης και ανατροφοδότησης. Πρόκειται για δοκιμασίες που αφορούν τη μετάδοση της κίνησης σε περίπτωση μη επαφής και εμπλοκής γραναζιών (Εικ. 8.α και 8.β) (Παράρτημα Γ).



Εικόνα 8.α και 8.β. Μπορείς να διορθώσεις την κατασκευή ώστε να κινηθεί ο ανεμόμυλος;

Σε ό,τι αφορά την περίπτωση της μη επαφής των γραναζιών, από το αρχικό σύνολο των 36 μαθητών, οι 17 κλήθηκαν να βρουν το σφάλμα στο τεχνούργημα στο οποίο τα γρανάζια δεν εφάπτονται και να το επιδιορθώσουν. Σε σύνολο 17 παρατηρήσεων, κανένας μαθητής δεν απάντησε λανθασμένα και στους δύο ελέγχους, 13 μαθητές απάντησαν σωστά και στους δύο ελέγχους, κανένας μαθητής δεν απάντησε σωστά στον πρό-έλεγχο και λανθασμένα στον μετα-έλεγχο και 4 μαθητές απάντησαν λανθασμένα στον πρό-έλεγχο και σωστά τον μετα-έλεγχο (Πιν. 31). Δεν εντοπίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0.125>0,05$) (Πιν. 33), επομένως δεν απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση α_0 .

Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις απαντήσεις των αγοριών ($p=0,5>0,05$) και των κοριτσιών ($p=0,5>0,05$) (Πιν. και 34 και 36), ούτε ανάμεσα στις απαντήσεις των προνηπίων ($p=0,250>0,05$) και των νηπίων ($p=1>0,05$) (Πιν. 37 και 39). Επομένως δεν απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση.

Σε ό,τι αφορά την περίπτωση της εμπλοκής των γραναζιών, από το αρχικό σύνολο των 36 μαθητών, μόνο 4 έκαναν σωστή αξιολόγηση και ανατροφοδότηση και επομένως κλήθηκαν να εντοπίσουν το σφάλμα στο τεχνούργημα και να το διορθώσουν. Από το σύνολο των 4 παρατηρήσεων, 2 μαθητές απάντησαν λανθασμένα και στους δύο ελέγχους και δύο μαθητές απάντησαν λανθασμένα στον πρώτο έλεγχο και σωστά στον δεύτερο (Πιν. 32). Το δείγμα είναι πολύ μικρό για να επιτρέψει την εξαγωγή οποιουδήποτε συμπεράσματος. Δεν εντοπίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά σε γενικό πλαίσιο ($p=0,5>0,05$) (Πιν. 33), σε σχέση με το φύλο (αγόρια: $p=1>0,05$, κορίτσια: $p=0,5>0,05$) (Πιν. 35 και 36) και σε σχέση με την ηλικία (προνήπια: $p=1>0,05$, νήπια: $p=0,5>0,05$). (Πιν. 38 και 39). Επομένως, δεν απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση.

Στις δοκιμασίες αυτές συμμετείχαν μόνο οι μαθητές που απάντησαν σωστά στις αντίστοιχες ερωτήσεις της αξιολόγησης και ανατροφοδότησης. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα το δείγμα να είναι ιδιαίτερα μικρό και όχι κατάλληλο για ασφαλή συμπεράσματα. Το άθροισμα των κελιών β+γ σε όλους τους πίνακες συνάφειας είναι μικρότερο ή ίσο του 4 (Πιν. 31, 32, 34, 35, 37, 38). Επομένως θεωρούμε ότι οι παρατηρήσεις μας δεν επαρκούν για να υποστηρίξουν την ύπαρξη στατιστικά σημαντικής διαφοράς μεταξύ των δύο ελέγχων και δεν έχουμε εικόνα για την ικανότητα των μαθητών για έλεγχο και εκσφαλμάτωση, αναφορικά με τη μετάδοση της κίνησης σε προβλήματα μη επαφής ή εμπλοκής γραναζιών, ούτε σε σχέση με το φύλο και την ηλικία.

Πίνακας 31. Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση μη επαφής γραναζιών.

| Μετάδοση κίνησης - μη επαφή /προ-έλεγχος | | Μετάδοση κίνησης - μη επαφής/μετα-έλεγχος | |
|---|--|---|-----------------------------------|
| | | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση |
| Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | | 0 | 4 |
| Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | | 0 | 13 |

Πίνακας 32. Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση εμπλοκής γραναζιών.

Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση εμπλοκής γранаζιών

| Μετάδοση κίνησης - εμπλοκή /προ-έλεγχος | Μετάδοση κίνησης - εμπλοκή / μετά - έλεγχος | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση |
|---|---|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | | 2 | 2 |
| Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | | 0 | 0 |

Πίνακας 33. Έλεγχοι υποθέσεων αναφορικά με τους πίνακες 31-32

Test Statistics^a

| | Μετάδοση κίνησης - μη επαφή /προ-έλεγχος & Μετάδοση κίνησης - μη επαφής/μετα-έλεγχος | Μετάδοση κίνησης - εμπλοκή /προ-έλεγχος & Μετάδοση κίνησης - εμπλοκή / μετά - έλεγχος |
|-----------------------|--|---|
| N | 17 | 4 |
| Exact Sig. (2-tailed) | ,125 ^b | ,500 ^b |

a. McNemar Test

b. Binomial distribution used.

Πίνακας 34. Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση μη επαφής γранаζιών σε σχέση με το φύλο.

Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση μη επαφής γранаζιών σε σχέση με το φύλο

| Αγόρια | Κορίτσια | Μετάδοση κίνησης - μη επαφή /προ-έλεγχος | Μετάδοση κίνησης - μη επαφής/μετα-έλεγχος | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση |
|--------|----------|--|---|-------------------------------------|-----------------------------------|
| . | Κορίτσι | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | | 0 | 2 |
| . | Κορίτσι | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | | 0 | 2 |
| Αγόρι | . | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | | 0 | 2 |
| Αγόρι | . | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | | 0 | 11 |

Πίνακας 35. Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση εμπλοκής γранаζιών σε σχέση με το φύλο.

Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση εμπλοκής γранаζιών σε σχέση με το φύλο

| Αγόρια | Κορίτσια | Μετάδοση κίνησης - εμπλοκή /προ-έλεγχος | Μετάδοση κίνησης - εμπλοκή / μετά - έλεγχος | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση |
|--------|----------|---|---|-------------------------------------|-----------------------------------|
| . | Κορίτσι | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | | 0 | 2 |
| . | Κορίτσι | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | | 0 | 0 |
| Αγόρι | . | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | | 2 | 0 |
| Αγόρι | . | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | | 0 | 0 |

Πίνακας 36. Έλεγχοι υποθέσεων αναφορικά με τους πίνακες 34-35.

Test Statistics^a

| Αγόρια | Κορίτσια | Μετάδοση κίνησης - μη επαφή /προ-έλεγχος & Μετάδοση κίνησης - μη επαφής/μετα-έλεγχος | Μετάδοση κίνησης - εμπλοκή /προ-έλεγχος & Μετάδοση κίνησης - εμπλοκή / μετά - έλεγχος | |
|--------|----------|--|---|--------------------|
| . | Κορίτσι | N | 4 | 2 |
| | | Exact Sig. (2-tailed) | ,500 ^b | ,500 ^b |
| Αγόρι | . | N | 13 | 2 |
| | | Exact Sig. (2-tailed) | ,500 ^b | 1,000 ^b |

a. McNemar Test

b. Binomial distribution used.

Πίνακας 37. Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση μη επαφής γραναζιών σε σχέση με την ηλικία

Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση μη επαφής γραναζιών σε σχέση με την ηλικία

| Προνήπια | Νήπια | Μετάδοση κίνησης - μη επαφή /προ-έλεγχος | Μετάδοση κίνησης - μη επαφής/μετα-έλεγχος Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση |
|----------|-------|--|--|-----------------------------------|
| . | Νήπιο | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 0 | 1 |
| | | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 0 | 9 |
| Προνήπιο | . | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 0 | 3 |
| | | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 0 | 4 |

Πίνακας 38. Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση εμπλοκής γραναζιών σε σχέση με την ηλικία

Προ/μετα-έλεγχος μετάδοσης κίνησης σε περίπτωση εμπλοκής γραναζιών σε σχέση με την ηλικία

| Προνήπια | Νήπια | Μετάδοση κίνησης - εμπλοκή /προ-έλεγχος | Μετάδοση κίνησης - εμπλοκή / μετά - έλεγχος Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση |
|----------|-------|---|--|-----------------------------------|
| . | Νήπιο | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 1 | 2 |
| | | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 0 | 0 |
| Προνήπιο | . | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 1 | 0 |
| | | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 0 | 0 |

Πίνακας 39. Έλεγχοι υποθέσεων αναφορικά με τους πίνακες 37-38

Test Statistics^a

| Προνήπια | Νήπια | Μετάδοση κίνησης - μη επαφή /προ-έλεγχος & Μετάδοση κίνησης - μη επαφής/μετα-έλεγχος | Μετάδοση κίνησης - εμπλοκή /προ-έλεγχος & Μετάδοση κίνησης - εμπλοκή / μετά - έλεγχος | |
|----------|-------|--|---|--------------------|
| . | Νήπιο | N | 10 | 3 |
| | | Exact Sig. (2-tailed) | 1,000 ^b | ,500 ^b |
| Προνήπιο | . | N | 7 | 1 |
| | | Exact Sig. (2-tailed) | ,250 ^b | 1,000 ^b |

a. McNemar Test

b. Binomial distribution used.

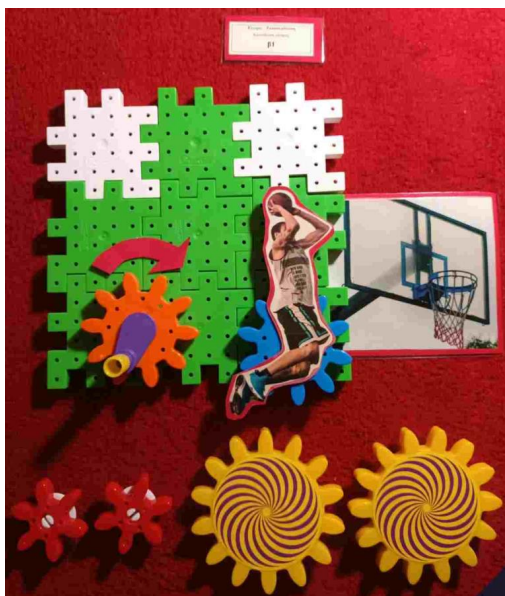
Έλεγχος υποθέσεων ως προς την κατεύθυνση της κίνησης

Ho: Η παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού δεν επηρεάζει την ικανότητα των νηπίων για έλεγχο και εκσφαλμάτωση αναφορικά με την κατεύθυνση της κίνησης.

H1: Η παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού επηρεάζει την ικανότητα των νηπίων για έλεγχο και εκσφαλμάτωση αναφορικά με την κατεύθυνση της κίνησης.

Οι υποθέσεις ελέγχονται ταυτόχρονα και σε συνδυασμό με το φύλο και την ηλικία.

Ο έλεγχος της υπόθεσης πραγματοποιήθηκε με μία δοκιμασία όπου οι μαθητές καλούνται να τοποθετήσουν γρανάζια σε ένα τεχνούργημα με γρανάζι-οδηγό που κινείται με συγκεκριμένη κατεύθυνση, προκειμένου να κινήσουν άλλο γρανάζι που βρίσκεται σε απόσταση, προς την ίδια κατεύθυνση. Έχουν στη διάθεσή τους τέσσερα γρανάζια δύο διαφορετικών μεγεθών (Εικ. 9).



Εικόνα 9. Μπορείς να βοηθήσεις τον παίκτη του μπάσκετ να βάλει καλάθι στην μπάσκετα; Διάλεξε όποιο ή όποια γρανάζια θεωρείς απαραίτητα και τοποθέτησέ τα στη βάση. Να θυμάσαι ότι το γρανάζι οδηγός κινείται μόνο προς την κατεύθυνση που δείχνει το βέλος.

Σε σύνολο 36 παρατηρήσεων, 8 μαθητές απάντησαν λανθασμένα και στους δύο ελέγχους, 8 μαθητές απάντησαν σωστά και στους δύο ελέγχους, 2 μαθητές απάντησαν σωστά στον πρώτο έλεγχο και λανθασμένα στον δεύτερο και 18 μαθητές απάντησαν λανθασμένα στον πρώτο έλεγχο και σωστά στον δεύτερο (Πιν. 40). Παρατηρείται στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά ($p=0.00<0,05$) (Πιν. 41) που επιτρέπει την ασφαλή απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης b.Ho. Δεχόμαστε ότι η παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού επηρεάζει την ικανότητα των νηπίων για έλεγχο και εκσφαλμάτωση αναφορικά με την κατεύθυνση της κίνησης.

Η στατιστικά σημαντική διαφορά διατηρείται τόσο σε επίπεδο φύλου (αγόρια: $p=0,039 < 0,05$, κορίτσια: $p=0,008 < 0,05$) (Πιν. 42 και 43) όσο και σε επίπεδο ηλικίας (νήπια: $p=0,039 < 0,05$, προνήπια: $p=0,012 < 0,05$) (Πιν. 44 και 45).

Πίνακας 40. Προ/μετα-έλεγχος ως προς την κατεύθυνση της κίνησης.

| Κατεύθυνση κίνησης /προ-έλεγχος | Κατεύθυνση κίνησης /μετα-έλεγχος | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση |
| Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 8 | 18 |
| Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 2 | 8 |

Πίνακας 41. Έλεγχος υπόθεσης αναφορικά με τον πίνακα 40.

| Test Statistics ^a | |
|--|-------------------|
| Κατεύθυνση κίνησης /προ-έλεγχος & Κατεύθυνση κίνησης /μετα-έλεγχος | |
| N | 36 |
| Exact Sig. (2-tailed) | ,000 ^b |

a. McNemar Test
b. Binomial distribution used.

Πίνακας 42. Προ/μετα-έλεγχος ως προς την κατεύθυνση της κίνησης σε σχέση με το φύλο.

| Αγόρια | Κορίτσια | Κατεύθυνση κίνησης /προ-έλεγχος | Κατεύθυνση κίνησης /μετα-έλεγχος | |
|--------|----------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| | | | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση |
| . | Κορίτσι | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 3 | 8 |
| | | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 0 | 3 |
| Αγόρι | . | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 5 | 10 |
| | | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 2 | 5 |

Πίνακας 43. Έλεγχοι υποθέσεων αναφορικά με τον πίνακα 42.

| Test Statistics ^a | | | |
|--|----------|-----------------------|-------------------|
| Κατεύθυνση κίνησης /προ-έλεγχος & Κατεύθυνση κίνησης /μετα-έλεγχος | | | |
| Αγόρια | Κορίτσια | | |
| . | Κορίτσι | N | 14 |
| | | Exact Sig. (2-tailed) | ,008 ^b |
| Αγόρι | . | N | 22 |
| | | Exact Sig. (2-tailed) | ,039 ^b |

a. McNemar Test
b. Binomial distribution used.

Πίνακας 44. Προ/μετα-έλεγχος ως προς την κατεύθυνση της κίνησης σε σχέση με την ηλικία.

| Κατεύθυνση κίνησης /προ-έλεγχος & Κατεύθυνση κίνησης /μετα-έλεγχος | |
|--|----------------------------------|
| Προνήπια | Νήπια |
| Κατεύθυνση κίνησης /προ-έλεγχος | Κατεύθυνση κίνησης /μετα-έλεγχος |

| | | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση |
|----------|-------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| . | Νήπιο | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 4 |
| | | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 1 |
| Προνήπιο | . | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 4 |
| | | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 1 |

Πίνακας 45. Έλεγχοι υποθέσεων αναφορικά με τον πίνακα 44.

| | | Test Statistics ^a | |
|----------|-------|--|-------------------|
| | | Κατεύθυνση κίνησης /προ-έλεγχος & Κατεύθυνση κίνησης /μετα-έλεγχος | |
| Προνήπια | Νήπια | N | |
| . | Νήπιο | N | 21 |
| | | Exact Sig. (2-tailed) | ,039 ^b |
| Προνήπιο | . | N | 15 |
| | | Exact Sig. (2-tailed) | ,012 ^b |

a. McNemar Test

b. Binomial distribution used.

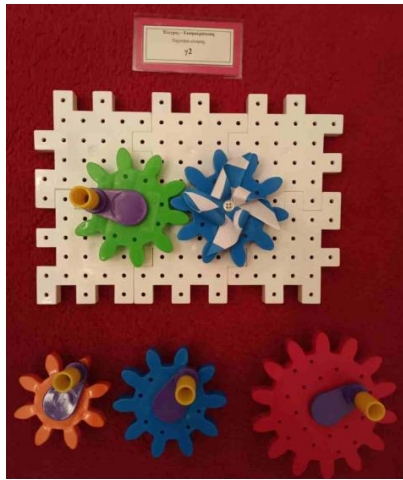
Έλεγχος υποθέσεων ως προς την ταχύτητα της κίνησης

c.H₀: Η παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού δεν επηρεάζει την ικανότητα των μαθητών για έλεγχο και εκσφαλμάτωση αναφορικά με την ταχύτητα της κίνησης.

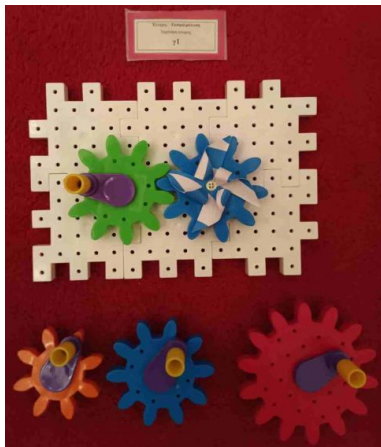
c.H₁: Η παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού επηρεάζει την ικανότητα των μαθητών για έλεγχο και εκσφαλμάτωση αναφορικά με την ταχύτητα της κίνησης.

Οι υποθέσεις ελέγχονται ταυτόχρονα και σε συνδυασμό με το φύλο και την ηλικία.

Ο έλεγχος της υπόθεσης έγινε με δύο δοκιμασίες κατά τις οποίες σε ένα ζεύγος γρاناζιών ζητήθηκε η αντικατάσταση του γρاناζιού - οδηγού με μεγαλύτερο/μικρότερο/ίσο γρاناζί, ώστε η ταχύτητα του κινούμενου γρاناζιού να μειωθεί στην πρώτη περίπτωση (Εικ. 10) και να αυξηθεί στη δεύτερη (Εικ. 11) σε σχέση με την ταχύτητα του οδηγού.



Εικόνα 10. Έχω αυτή την κατασκευή. Μπορείς να επιλέξεις ένα από τα τρία γρανάζια οδηγούς και να αντικαταστήσεις το πράσινο γρανάζι, ώστε ο ανεμόμυλος να γυρίζει πιο αργά;



Εικόνα 11. Έχω αυτή την κατασκευή. Μπορείς να επιλέξεις ένα από τα τρία γρανάζια οδηγούς και να αντικαταστήσεις το πράσινο γρανάζι, ώστε ο ανεμόμυλος να γυρίζει πιο γρήγορα;

Σε ό,τι αφορά την πρώτη περίπτωση, σε σύνολο 36 παρατηρήσεων, 4 μαθητές απάντησαν λανθασμένα και στους δύο ελέγχους, 15 μαθητές απάντησαν σωστά και στους δύο ελέγχους, 4 απάντησαν σωστά στον πρώτο έλεγχο και λανθασμένα στον δεύτερο και 13 μαθητές απάντησαν λανθασμένα στον πρώτο έλεγχο και σωστά στον δεύτερο (Πιν. 46). Σε ό,τι αφορά τη δεύτερη περίπτωση, σε σύνολο 36 παρατηρήσεων, 4 μαθητές απάντησαν λάθος και στους δύο ελέγχους, 18 μαθητές απάντησαν σωστά και στους δύο ελέγχους, 3 μαθητές απάντησαν σωστά στον πρώτο έλεγχο και λάθος στον δεύτερο και 11 μαθητές απάντησαν λάθος στον πρώτο και σωστά στον δεύτερο έλεγχο (Πιν. 47). Παρατηρείται σημαντική στατιστική διαφορά στην πρώτη περίπτωση ($p=0,049 < 0,05$) και σημαντική διαφορά στη δεύτερη περίπτωση ($p=0,057 > 0,05$) (Πιν. 48). Επομένως, απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση $c.H_0$ στην περίπτωση εκσφαλμάτωσης για μείωση της ταχύτητας του

κινούμενου γραναζιού, ενώ δεν απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση στην περίπτωση εκσφαλμάτωσης για αύξηση της ταχύτητας του κινούμενου γραναζιού.

Δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις απαντήσεις των αγοριών ($p=0,344>0,05$ και $p=0,109>0,05$) και των κοριτσιών ($p=0,125>0,05$ και $p=0,625>0,05$) (Πιν. 51), ούτε στις απαντήσεις των προνηπίων ($p=0,727>0,05$ και $p=0,687>0,05$). Στην περίπτωση των νηπίων, εντοπίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά στην περίπτωση διόρθωσης σφάλματος προκειμένου να μειωθεί η σχετική ταχύτητα του κινούμενου γραναζιού ($p=0,039>0,05$) και σημαντική διαφορά στην περίπτωση διόρθωσης σφάλματος για αύξηση της σχετικής ταχύτητας του κινούμενου γραναζιού ($p=0,070>0,05$) (Πιν. 54). Δεχόμαστε, επομένως ότι η ικανότητα για έλεγχο και εκσφαλμάτωση πάνω σε ζητήματα ταχύτητας γραναζιών δεν επηρεάζεται από το φύλο. Ως προς την ηλικία, τα νήπια έχουν ένα μικρό προβάδισμα.

Πίνακας 46. Προ/μετα – έλεγχος- Έλεγχος και εκσφαλμάτωση για μείωση ταχύτητας γραναζιού.

| Προ/μετα-έλεγχος | | |
|---|--|-----------------------------------|
| Έλεγχος και εκσφαλμάτωση για μείωση ταχύτητας κινούμενου γραναζιού | | |
| Ταχύτητα κίνησης - πιο αργή κίνηση κινούμενου γραναζιού | Ταχύτητα κίνησης - πιο αργή κίνηση κινούμενου γραναζιού Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση |
| Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 4 | 13 |
| Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 4 | 15 |

Πίνακας 47. Προ/μετα – έλεγχος- Έλεγχος και εκσφαλμάτωση για αύξηση ταχύτητας γραναζιού.

| Προ/μετα-έλεγχος | | |
|---|---|-----------------------------------|
| Έλεγχος και εκσφαλμάτωση για αύξηση ταχύτητας κινούμενου γραναζιού | | |
| Ταχύτητα κίνησης - πιο γρήγορη κίνηση κινούμενου γραναζιού | Ταχύτητα κίνησης - πιο γρήγορη κίνηση κινούμενου γραναζιού Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση |
| Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 4 | 11 |
| Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 3 | 18 |

Πίνακας 48. Έλεγχοι υποθέσεων αναφορικά με τους πίνακες 47 και 48.

Test Statistics^a

| | Ταχύτητα κίνησης - πιο αργή κίνηση κινούμενου γραναζιού & Ταχύτητα κίνησης - πιο αργή κίνηση κινούμενου γραναζιού | Ταχύτητα κίνησης - πιο γρήγορη κίνηση κινούμενου γραναζιού & Ταχύτητα κίνησης - πιο γρήγορη κίνηση κινούμενου γραναζιού |
|-----------------------|---|---|
| N | 36 | 36 |
| Exact Sig. (2-tailed) | ,049 ^b | ,057 ^b |

a. McNemar Test

b. Binomial distribution used.

Πίνακας 49. Προ/μετα – έλεγχος Έλεγχος και εκσφαλμάτωση για μείωση ταχύτητας γραναζιού σε σχέση με το φύλο.

Προ/μετα-έλεγχος**Έλεγχος και εκσφαλμάτωση για μείωση ταχύτητας κινούμενου γραναζιού σε σχέση με το φύλο**

| Αγόρια | Κορίτσια | Ταχύτητα κίνησης - πιο αργή κίνηση κινούμενου γραναζιού | Ταχύτητα κίνησης - πιο αργή κίνηση κινούμενου γραναζιού | |
|--------|----------|---|---|-----------------------------------|
| | | | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση |
| . | Κορίτσια | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 2 | 6 |
| | | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 1 | 5 |
| Αγόρια | . | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 2 | 7 |
| | | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 3 | 10 |

Πίνακας 50. Προ/μετα – έλεγχος Έλεγχος και εκσφαλμάτωση για αύξηση ταχύτητας γραναζιού σε σχέση με το φύλο.

Προ/μετα-έλεγχος**Έλεγχος και εκσφαλμάτωση για αύξηση ταχύτητας κινούμενου γραναζιού σε σχέση με το φύλο**

| Αγόρια | Κορίτσια | Ταχύτητα κίνησης - πιο γρήγορη κίνηση κινούμενου γραναζιού | Ταχύτητα κίνησης - πιο γρήγορη κίνηση κινούμενου γραναζιού | |
|--------|----------|--|--|-----------------------------------|
| | | | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση |
| . | Κορίτσια | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 2 | 3 |
| | | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 1 | 8 |
| Αγόρια | . | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 2 | 8 |
| | | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 2 | 10 |

Πίνακας 51. Έλεγχοι υποθέσεων αναφορικά με τους πίνακες 49 και 50.

Test Statistics^a

| Αγόρια | Κορίτσια | N | Ταχύτητα κίνησης - πιο αργή κίνηση κινούμενου γραναζιού & Ταχύτητα κίνησης - πιο αργή κίνηση κινούμενου γραναζιού | Ταχύτητα κίνησης - πιο γρήγορη κίνηση κινούμενου γραναζιού & Ταχύτητα κίνησης - πιο γρήγορη κίνηση κινούμενου γραναζιού |
|--------|----------|---|---|---|
| | | | Exact Sig. (2-tailed) | ,125 ^b |

| | | | |
|-------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| Αγόρι | N | 22 | 22 |
| | Exact Sig. (2-tailed) | ,344 ^b | ,109 ^b |

a. McNemar Test

b. Binomial distribution used.

Πίνακας 52. Προ/μετα – έλεγχος Έλεγχος και εκσφαλμάτωση για μείωση ταχύτητας γραναζιού σε σχέση με την ηλικία.

Προ/μετα-έλεγχος
Έλεγχος και εκσφαλμάτωση για μείωση ταχύτητας κινούμενου γραναζιού σε σχέση με την ηλικία

| Νήπια | Προνήπια | Ταχύτητα κίνησης - πιο αργή κίνηση κινούμενου γραναζιού | Ταχύτητα κίνησης - πιο αργή κίνηση κινούμενου γραναζιού | |
|-------|----------|---|---|-----------------------------------|
| | | | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση |
| . | Προνήπιο | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 2 | 5 |
| | | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 3 | 5 |
| Νήπιο | . | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 2 | 8 |
| | | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 1 | 10 |

Πίνακας 53. Προ/μετα – έλεγχος Έλεγχος και εκσφαλμάτωση για αύξηση ταχύτητας γραναζιού σε σχέση με την ηλικία

Προ/μετα-έλεγχος
Έλεγχος και εκσφαλμάτωση για αύξηση ταχύτητας κινούμενου γραναζιού σε σχέση με την ηλικία

| Νήπια | Προνήπια | Ταχύτητα κίνησης - πιο γρήγορη κίνηση κινούμενου γραναζιού | Ταχύτητα κίνησης - πιο γρήγορη κίνηση κινούμενου γραναζιού | |
|-------|----------|--|--|-----------------------------------|
| | | | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση |
| . | Προνήπιο | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 2 | 4 |
| | | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 2 | 7 |
| Νήπιο | . | Ανεπιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 2 | 7 |
| | | Επιτυχής έλεγχος και εκσφαλμάτωση | 1 | 11 |

Πίνακας 54. Έλεγχοι υποθέσεων αναφορικά με τους πίνακες 53 και 54

| | | Test Statistics^a | |
|-------|----------|---|---|
| Νήπια | Προνήπια | Ταχύτητα κίνησης - πιο αργή κίνηση κινούμενου γραναζιού & Ταχύτητα κίνησης - πιο αργή κίνηση κινούμενου γραναζιού | Ταχύτητα κίνησης - πιο γρήγορη κίνηση κινούμενου γραναζιού & Ταχύτητα κίνησης - πιο γρήγορη κίνηση κινούμενου γραναζιού |
| | | . | Προνήπιο |
| Νήπιο | . | N Exact Sig. (2-tailed) | 15 ,687 ^b |
| . | Προνήπιο | N Exact Sig. (2-tailed) | 21 ,039 ^b |
| Νήπιο | . | N Exact Sig. (2-tailed) | 21 ,070 ^b |

Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα

Η μελέτη της καλλιέργειας στοιχείων υπολογιστικής σκέψης σε μαθητές προσχολικής ηλικίας μέσα από παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού αποτελεί στόχο αυτής της έρευνας. Ειδικότερα το αντικείμενο διερεύνησης είναι η καλλιέργεια των πρακτικών της αξιολόγησης και ανατροφοδότησης, του ελέγχου και της εκσφαλμάτωσης (Brennan & Resnick, 2012) μέσα από παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού, που εστιάζει σε προβλήματα κινητικής ενέργειας και πιο συγκεκριμένα σε προβλήματα μετάδοσης, κατεύθυνσης και ταχύτητας της κίνησης γριναζιών.

Η παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού, αν και πολύ λίγο γνωστή στα ελληνικά εκπαιδευτικά δεδομένα, έχει δυναμική παρουσία στον χώρο της εκπαίδευσης, εξαιτίας της δυνατότητας για εφαρμογή επιστημονικών και μηχανικών γνώσεων στην πράξη και της ανάπτυξης δεξιοτήτων στην παραγωγή καινοτόμων λύσεων σε πραγματικά προβλήματα (Daugherty et al., 2021; Gold & Elicker, 2020; Moore & Tank, 2014; Waks et al., 2011). Η συμμετοχή των μαθητών του δείγματος σε αυτήν την παρέμβαση, τους έδωσε τη δυνατότητα να σκεφτούν δημιουργικά και κριτικά, να εντοπίσουν μη προφανείς λύσεις, να εργαστούν ως ομάδα, να επικοινωνήσουν, να αλληλοεπιδράσουν και να αποκτήσουν αυτοπεποίθηση (Παράρτημα Ε). Ωστόσο στόχος της έρευνας ήταν η διερεύνηση της ανάπτυξης δεξιοτήτων υπολογιστικής σκέψης στους μαθητές κατά την προσπάθεια παραγωγής καινοτόμων λύσεων σε πραγματικά προβλήματα.

Τα αποτελέσματα της έρευνας (Εικ. 12) έδειξαν στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση των ικανοτήτων των μαθητών πριν και μετά την παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού, κυρίως σε ζητήματα αξιολόγησης και ανατροφοδότησης. Στην περίπτωση του ελέγχου και της εκσφαλμάτωσης, υπήρξε πολύ υψηλή στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση σε θέματα που άπτονται της κατεύθυνσης της κίνησης, αλλά όχι ιδιαίτερα σε θέματα που αφορούν τη σχετική ταχύτητα της κίνησης. Τα παραπάνω συμπεράσματα διαφοροποιούνται από προηγούμενες έρευνες, οι οποίες εντόπισαν διαφοροποίηση στην υπολογιστική σκέψη μαθητών προσχολικής ηλικίας, αλλά όχι στατιστικά σημαντική ((Metz, 1991; Reuter & Leuchter, 2021, 2022b, 2022a; Stoycheva & Perkins, 2016; Willard et al., 2019). Συνάδουν ωστόσο με την εκτίμηση των Reuter και Leichter (2021), ότι η κατανόηση της φοράς περιστροφής προηγείται από την κατανόηση της ταχύτητας.

STEAM Unplugged: η ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης στην προσχολική ηλικία με τη χρήση γκραναζιών

Στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις κατά την ανάλυση δεδομένων

Αξιολόγηση και ανατροφοδότηση

| | Μεγάλο παρατηρούμενο | Πράσινο | Κόκκινο | Πράσινα | Κόκκινα |
|--------------------------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|
| A. Μετάδοση κίνησης - μη επαφή | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| A. Μετάδοση κίνησης εμπλοκή | ✗ | ✗ | ? | ? | ✗ |
| B. Κατεύθυνση κίνησης | ✓ | ✓ | ? | ? | ✓ |
| C. Ταχύτητα κίνησης | ✓ | ✗* | ? | ? | ✗* |
| C. Ταχύτητα κίνησης | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ |
| C. Ταχύτητα κίνησης | ✓ | ✓ | ? | ? | ✓ |

Έλεγχος και εκσφαλμάτωση

| | Μεγάλο παρατηρούμενο | Πράσινο | Κόκκινο | Πράσινα | Κόκκινα |
|--------------------------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|
| a. Μετάδοση κίνησης - μη επαφή | ? | ? | ? | ? | ? |
| a. Μετάδοση κίνησης εμπλοκή | ? | ? | ? | ? | ? |
| b. Κατεύθυνση κίνησης | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| c. Ταχύτητα κίνησης | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ | ✓ |
| c. Ταχύτητα κίνησης | ✗* | ✗ | ✗ | ✗ | ✗* |

✓ : Στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση
 ✗ : Μη στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση
 ✗* : Πολύ σημαντική διαφοροποίηση αλλά όχι στατιστικά σημαντική
 ? : Το σύνολο των διαφοροποιημένων τιμών στον πίνακα συνάφειας της δοκιμασίας McNemar είναι πολύ μικρό ($\beta + \gamma < 5$). Η τιμή δε λαμβάνεται υπόψη καθώς κρίνεται αμφίβολη η στατιστική της σημασία.

Εικόνα 12: Οπτική αναπαράσταση στατιστικά σημαντικών διαφοροποιήσεων ανάμεσα στους δύο ελέγχους.

Ο συσχετισμός των επιδόσεων των μαθητών με την ηλικία, δεν έδωσε ιδιαίτερα έγκυρα αποτελέσματα, εξαιτίας του δείγματος που προσέφερε πολύ λίγες διαφοροποιημένες απαντήσεις ανάμεσα στους δύο ελέγχους. Τα νήπια φαίνεται να έχουν προβάδισμα στην διαφοροποίηση πρακτικών υπολογιστικής σκέψης σε σχέση με τα προνήπια, αλλά όχι σε όλους τους τομείς. Η παρέμβαση, ωστόσο, κρίνεται σχεδόν το ίδιο αποδοτική και για τις δύο ηλικίες που συνυπάρχουν στο χώρο του νηπιαγωγείου.

Ως προς το φύλο, η επιλογή της διδακτικής παρέμβασης με βάση το μοντέλο του μηχανοτεχνικού σχεδιασμού, αξιοποιεί τα χαρακτηριστικά των μαθησιακών προφίλ και των δύο φύλων, όπως καταγράφονται στη βιβλιογραφία (Angeli & Valanides, 2020; Bonomo, 2010; Burford et al., 1996; Kommer, 2006; Venetsanou & Kambas, 2010). Προσφέρει ευκαιρίες για κίνηση, οπτική εμπειρία, χειρισμό αντικειμένων και ταυτόχρονα, ωθεί σε λεκτική επικοινωνία, συνεργασία και διαμοιρασμό ιδεών. Η έρευνα δεν εντόπισε ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα δύο φύλα. Τα αγόρια ίσως να κατανοούν λίγο νωρίτερα από τα κορίτσια έννοιες σχετικής ταχύτητας. Σε κάθε περίπτωση, απαιτείται μεγαλύτερο δείγμα προκειμένου να ελεγχθεί αποτελεσματικά η ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης σε σχέση με το φύλο.

Αναλυτικότερα, παρατηρούμε τα εξής: (Εικ. 12) το γεγονός ότι στην περίπτωση της μετάδοσης της κίνησης σε γρανάζια που δεν εφάπτονταν, οι μισοί μαθητές έκαναν σωστή αξιολόγηση του προβλήματος ήδη από τον πρώτο έλεγχο, ίσως αποδεικνύει ότι οι μαθητές κατακτούν ορισμένες ικανότητες από ακόμη μικρότερη ηλικία. Οι υπόλοιποι μαθητές παρουσίασαν θετική διαφοροποίηση στον δεύτερο έλεγχο και μάλιστα στατιστικά σημαντική, αξιολογώντας σωστά ότι δε θα κινηθούν γρανάζια που δεν εφάπτονται μεταξύ τους. Η στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση διατηρήθηκε, τόσο στα δύο φύλα, όσο και στις δύο ηλικίες υπό μελέτη. Δυστυχώς, δεν επαρκούν τα στοιχεία για να μας δώσουν μια σαφή εικόνα των δυνατοτήτων των νηπίων για εκσφαλμάτωση, καθώς υπήρξαν λίγες παρατηρήσεις και πολύ λιγότερες διαφοροποιημένες απαντήσεις ανάμεσα στους δύο ελέγχους. Σε γενικές γραμμές, το αποτέλεσμα συμφωνεί με την έρευνα των Reuter και Leughter (2021), ότι ορισμένες έννοιες υπολογιστικής σκέψης κατακτώνται σε αρκετά μικρή ηλικία.

Το ζήτημα της μετάδοσης της κίνησης σε περίπτωση εμπλοκής γριναζιών δεν έχει μελετηθεί ξανά για την προσχολική ηλικία. Αποτελεί μάλλον ιδιαίτερα δύσκολο πρόβλημα

ως προς την επίλυσή του για παιδιά αυτής της ηλικίας. Η έρευνά μας αναδεικνύει μια διαφοροποιημένη αξιολόγηση του προβλήματος μετά τη διδακτική παρέμβαση, όχι όμως στατιστικά σημαντική. Δυστυχώς δεν επαρκούν οι παρατηρήσεις για τη διεξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σε σχέση με τις δυνατότητες των μαθητών για εκσφαλμάτωση, προκειμένου να έχουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα.

Σε ό,τι αφορά την κατεύθυνση της κίνησης, η έρευνα αναδεικνύει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση των απαντήσεων των μαθητών στους δύο ελέγχους αξιολόγησης και ανατροφοδότησης, η οποία γίνεται ακόμη πιο υψηλή στην περίπτωση του ελέγχου και της εκσφαλμάτωσης. Οι μαθητές, μετά από παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού, φαίνεται ότι κατακτούν σε πολύ μεγάλο βαθμό την έννοια της κίνησης των γραναζιών ανά ζεύγη με αντίθετη φορά. Το γεγονός ότι έχουν καλύτερη απόδοση στην εκσφαλμάτωση προβλημάτων, σε σχέση με την αξιολόγησή τους, αποδεικνύει και πάλι ότι οι μαθητές προσχολικής ηλικίας κατακτούν εύκολα πρωτογενείς έννοιες, πολύ πριν μπορέσουν να τις συνειδητοποιήσουν ή να τις ερμηνεύσουν (Reuter & Leuchter, 2021). Συναφής με το παραπάνω και σημαντική παρατήρηση αποτελεί και το γεγονός ότι ενώ στην αξιολόγηση και ανατροφοδότηση ζητημάτων κατεύθυνσης των γραναζιών, τα προνήπια δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντική θετική διαφοροποίηση, την εμφανίζουν στην περίπτωση του ελέγχου και της εκσφαλμάτωσης. Το συμπέρασμα αυτό διαφοροποιείται κατά πολύ από τη θέση της Metz (Metz, 1991), ότι πριν την ηλικία των 7 ετών δεν εμφανίζονται στοιχεία υπολογιστικής σκέψης και συνάδει με τις παρατηρήσεις των Reuter και Leuchter (Reuter & Leuchter, 2021, 2022b, 2022c, 2022a) ότι οι έννοιες της κατεύθυνσης των γραναζιών κατακτώνται σχετικά γρήγορα και ειδικά, όταν υπάρχει ένα οργανωμένο παιδαγωγικό πλαίσιο που ωθεί στην προσήλωση σε συγκεκριμένο στόχο και στην επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων, όπως -στην περίπτωσή μας- η παρέμβαση μηχανοτεχνικού σχεδιασμού.

Σε ό,τι αφορά την ταχύτητα της κίνησης, η έρευνα αναδεικνύει στατιστικά σημαντική θετική επίδραση της παρέμβασης μηχανοτεχνικού σχεδιασμού στην αξιολόγηση και ανατροφοδότηση ζητημάτων σχετικής ταχύτητας γραναζιών με ίδιο μέγεθος ή διαφορετικό. Η στατιστικά θετική επίδραση διατηρείται στην περίπτωση του ελέγχου και εκσφαλμάτωσης, σε ό,τι αφορά προβλήματα μείωσης της ταχύτητας, ενώ δεν είναι στατιστικά σημαντική, αλλά σημαντική στην περίπτωση επίλυσης προβλημάτων αύξησης της ταχύτητας.

Σε σχέση με την ηλικία, η έρευνα αναδεικνύει υπολειπόμενη κατανόηση της έννοιας της ταχύτητας σε σχέση με την έννοια της κατεύθυνσης, συμφωνώντας με τους Reuter και Leuchter (2021). Ο έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας αποδεικνύει ότι τα προνήπια δυσκολεύονται να διαχειριστούν ικανοποιητικά την έννοια, ενώ τα νήπια αντίθετα παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική θετική διαφοροποίηση τόσο κατά την αξιολόγηση και ανατροφοδότηση, όσο και κατά τον έλεγχο και την εκσφαλμάτωση. Επομένως, η ηλικία των 5 ετών αποτελεί ίσως ορόσημο για την ικανοποιητική κατάκτηση εννοιών που αφορούν τη σχετική ταχύτητα των γριναζιών σε σχέση με το μέγεθός τους.

Αναφορικά με το φύλο, τα αγόρια παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική θετική διαφοροποίηση ως προς την αξιολόγηση και ανατροφοδότηση, η οποία δεν εντοπίζεται στα κορίτσια.

Συμπερασματικά, συνιστούμε ανεπιφύλακτα τη χρήση παρεμβάσεων μηχανοτεχνικού σχεδιασμού στην προσχολική ηλικία, καθώς, -ανάμεσα σε άλλες ικανότητες- ωθούν τους μαθητές στην καλλιέργεια πρακτικών υπολογιστικής σκέψης όπως η αξιολόγηση, η ανατροφοδότηση, ο έλεγχος και η εκσφαλμάτωση. Πρακτικών που ωθούν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων και αφορούν κάθε πολίτη. Πρακτικών που θεωρούνται απαραίτητες για την αντιμετώπιση των προκλήσεων του 21^{ου} αι. και συμβάλουν στην ευρύτερη οικονομική ανάπτυξη.

Κεφάλαιο 8: Περιορισμοί και προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Στους περιορισμούς της έρευνας ανήκουν ζητήματα που αφορούν καταρχήν το διπλό ρόλο του εκπαιδευτικού- ερευνητή. Το ίδιο άτομο που διεξήγαγε την έρευνα ανέλαβε τον συντονισμό και την καθοδήγηση της διδακτικής παρέμβασης. Αυτό από τη μία εξασφαλίζει την πιστή τήρηση όλων των σταδίων και προδιαγραφών της έρευνας, αλλά από την άλλη, μπορεί να επηρεάσει την αξιοπιστία και εγκυρότητά της εξαιτίας της συναισθηματικής σχέσης που ήδη έχει δημιουργηθεί με τους μαθητές, επηρεάζοντας, θετικά ή αρνητικά τις απαντήσεις τους.

Παρά τον αρχικό σχεδιασμό, με βάση τον οποίο το μέγεθος του δείγματος θεωρήθηκε κατάλληλο για την εξαγωγή έγκυρων συμπερασμάτων, εκ του αποτελέσματος αποδείχτηκε ότι το δείγμα δεν ήταν επαρκές ώστε να δώσει αρκετές διαφοροποιημένες απαντήσεις στους δύο ελέγχους. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να μην έχουμε έγκυρα

αποτελέσματα στην περίπτωση του ελέγχου και της εκσφαλμάτωσης προβλημάτων μετάδοσης της κίνησης καθώς και στις υποπεριπτώσεις της συσχέτισης με το φύλο και την ηλικία.

Άλλοι παράγοντες που ίσως επηρεάζουν την αξιοπιστία και εγκυρότητα της έρευνας αφορούν την καταλληλότητα του παιδαγωγικού υλικού, την πιθανότητα για ανάπτυξη ικανοτήτων υπολογιστικής σκέψης μέσω των δοκιμασιών ελέγχου, το περιβάλλον στο οποίο πραγματοποιήθηκε η έρευνα, καθώς και η χρονική στιγμή διεξαγωγής της. Επίσης η επιλογή του δείγματος σε σχέση με τη δοκιμασία ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε. Το συγκεκριμένο δείγμα δεν έδωσε αρκετές διαφοροποιημένες απαντήσεις στην ανάλυση στοιχείων για το φύλο και την ηλικία, που να οδηγούν σε αξιόπιστα συμπεράσματα.

Οι παραπάνω περιορισμοί και τα ιδιαίτερα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας ανοίγουν το δρόμο για μελλοντική διερεύνηση σε συναφή αντικείμενα. Καταρχήν, δημιουργούν την ανάγκη για διερεύνηση των ίδιων ερωτημάτων σε μεγαλύτερα δείγματα, τα οποία να είναι γενικεύσιμα και να ανιχνεύουν αξιόπιστα τυχόν διαφοροποιήσεις ανάμεσα στο φύλο και την ηλικία.

Έπειτα θα παρουσίαζε ενδιαφέρον η συγκριτική διερεύνηση των αποτελεσμάτων της παρέμβασης μηχανοτεχνικού σχεδιασμού σε σχέση με άλλες πρακτικές, όπως το ελεύθερο ή καθοδηγούμενο παιχνίδι. Θα αναδείκνυε αν τα αποτελέσματα της παρέμβασης μηχανοτεχνικού σχεδιασμού οφείλονται στη δομή της συγκεκριμένης παιδαγωγικής τεχνικής και στο στοχοκεντρικό της χαρακτήρα ή οφείλονται στην απλή ενασχόληση και τον πειραματισμό των νηπίων με τα γρανάζια.

Η διάρκεια της παρέμβασης με το μοντέλο του μηχανοτεχνικού σχεδιασμού θα μπορούσε να αποτελεί άλλο ένα ερευνητικό αντικείμενο. Βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες διδακτικές παρεμβάσεις θα μπορούσαν να ερευνηθούν συγκριτικά ως προς τη διάρκεια και τη μονιμότητα των αλλαγών που επιφέρουν στην υπολογιστική σκέψη των νηπίων.

Επιπροσθέτως, η έρευνα θα μπορούσε να πλαισιωθεί από ποιοτικές έρευνες κατανόησης των στρατηγικών που αναπτύσσουν τα νήπια κατά την υπολογιστική τους σκέψη, καθώς και χαρακτηριστικών που αλληλεπιδρούν στη διαμόρφωση αυτών των στρατηγικών, όπως η ύπαρξη κατάλληλου παιδαγωγικού υλικού, η συνεργατική μάθηση ή ο ρόλος του εκπαιδευτικού.

Αναφορές

- Adedokun, O. A., & Burgess, W. D. (2012). Analysis of paired dichotomous data: A gentle introduction to the McNemar test in SPSS. *Journal of MultiDisciplinary Evaluation*, 8(17), 125–131.
- Angeli, C., & Valanides, N. (2020). Developing young children’s computational thinking with educational robotics: An interaction effect between gender and scaffolding strategy. *Computers in Human Behavior*, 105, 105954.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.03.018>
- Bagiati, A., & Evangelou, D. (2016). Practicing engineering while building with blocks: Identifying engineering thinking. *European Early Childhood Education Research Journal*, 24(1), 67–85.
- Bashrin, S. D. (2015). *Piaget’s pre-operational stage in children: a comparative study*. BRAC University.
- Battelle for Kids. (2015). Our mission is to realize the power and promise of 21st century learning for every student—in early learning, in school, and beyond school—across the country and around the globe. *Partnership for 21st Century Learning*, 1–2.
<http://www.battelleforkids.org/networks/p21>
- Battelle for Kids. (2019). *Framework for 21st Century Learning*.
- Best, R. (2016). Exploring the spiritual in the pedagogy of Friedrich Froebel. *International Journal of Children’s Spirituality*, 21(3–4), 272–282.
<https://doi.org/10.1080/1364436X.2016.1231664>
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., Engelhardt, K., Kampylis, P., & Punie, Y. (2016). Developing Computational Thinking in Compulsory Education - Implications for policy and practice. *Joint Research Centre (JRC)*, June, 1–68.
<https://doi.org/10.2791/792158>
- Bonomo, V. (2010). Gender matters in elementary education research-based strategies to meet the distinctive learning needs of boys and girls. *Educational Horizons*, 88(4), 257–264.
- Brain, M. (n.d.-a). *How gear ratios work*. HowStuffWorks.Com.
<https://science.howstuffworks.com/transport/engines-equipment/gear-ratio.htm>
- Brain, M. (n.d.-b). *How Gears Work*. HowStuffWorks.Com. Retrieved November 1, 2022,

- from <https://science.howstuffworks.com/transport/engines-equipment/gear.htm>
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. *Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association, Vancouver, Canada, 1*, 25.
- Burford, H. C., Foley, L. A., Rollins, P. G., & Rosario, K. S. (1996). Gender differences in preschoolers' sharing behavior. *Journal of Social Behavior and Personality, 11*(5), 17.
- Chaldi, D., & Mantzanidou, G. (2021). Educational robotics and STEAM in early childhood education. *Advances in Mobile Learning Educational Research, 1*(2), 72–81.
<https://doi.org/10.25082/AMLER.2021.02.003>
- Ciechalski, J. C., Pinkney, J. W., & Weaver, F. S. (2002). *A Method for Assessing Change in Attitude: The McNemar Test*.
- Çiftci, S., & Bildiren, A. (2020). The effect of coding courses on the cognitive abilities and problem-solving skills of preschool children. *Computer Science Education, 30*(1), 3–21.
- Collins, M. S. R., & Cornish, K. (2002). A survey of the prevalence of stereotypy, self-injury and aggression in children and young adults with Cri du Chat syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research, 46*(2), 133–140.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1365-2788.2002.00361.x>
- Crease, A. (n.d.). *Basic gear mechanisms*. Retrieved November 1, 2022, from <https://www.instructables.com/Basic-Gear-Mechanisms/>
- Daugherty, M., Carter, V., & Sumner, A. (2021). standards for technological and engineering literacy and STEM education. *Technology and Engineering Teacher, 80*(5).
- DeSeCo. (2005). The definition and selection of key competencies executive summary. *DeSeCo*.
- Dietz, G., Landay, J. A., & Gweon, H. (2019). Building blocks of computational thinking: Young children's developing capacities for problem decomposition. *CogSci*, 1647–1653.
- Dorie, B. L., Cardella, M., & Svarovsky, G. N. (2014). *Capturing the design thinking of young children interacting with a parent*.
- Ehsan, H., Rehmat, A. P., & Cardella, M. E. (2021). Computational thinking embedded in engineering design: capturing computational thinking of children in an informal

- engineering design activity. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(3), 441–464.
- English, L. (2018). Engineering education in early childhood: Reflections and future directions. In *Early engineering learning* (pp. 273–284). Springer.
- Eshach, H., & Fried, M. N. (2005). Should science be taught in early childhood? *Journal of Science Education and Technology*, 14(3), 315–336. <https://doi.org/10.1007/s10956-005-7198-9>
- European Communities. (2007). *Key competences for lifelong learning: European reference framework*. Office for Official Publications of the European Communities Luxembourg.
- Falloon, G., Hatzigianni, M., Bower, M., Forbes, A., & Stevenson, M. (2020). Understanding K-12 STEM education: A framework for developing STEM literacy. *Journal of Science Education and Technology*, 29(3), 369–385.
- Feldman, D. H. (2004). Piaget's stages: the unfinished symphony of cognitive development. *New Ideas in Psychology*, 22(3), 175–231.
- Fessakis, G., Gouli, E., & Mavroudi, E. (2013). Problem solving by 5–6 years old kindergarten children in a computer programming environment: A case study. *Computers & Education*, 63, 87–97. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.016>
- Fisher, M. J., Marshall, A. P., & Mitchell, M. (2011). Testing differences in proportions. *Australian Critical Care*, 24(2), 133–138.
- Foti, P. (2021a). Exploring kindergarten teachers' views on STEAM education and educational robotics: Dilemmas, possibilities, limitations. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 1(2), 82–95.
- Foti, P. (2021b). View of The ST(R)E(A)M methodology in kindergarten: a teaching proposal for exploratory and discovery learning. *European Journal of Education End Pedagogy*, 2(1). <http://www.ej-edu.org/index.php/ejedu/article/view/21/9>
- Foti, P. (2021c). DIGCOMP και DIGCOMP EDU στο ελληνικό σχολείο. Πλαίσιο ψηφιακών ικανοτήτων στο ελληνικό νηπιαγωγείο. *European Journal of Education Studies*, 8(6). <https://doi.org/10.46827/EJES.V8I6.3743>
- Funke, J., Fischer, A., & Holt, D. V. (2018). Competencies for complexity: problem solving in the twenty-first century. In *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 41–

- 53). Springer.
- Gold, Z. S., & Elicker, J. (2020). *Engineering peer play: a new perspective on science, technology, engineering, and mathematics (STEM) early childhood education* (A. Ridgway, G. Quiñones, & L. Li (eds.); pp. 61–75). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42331-5_5
- Group, E. C. S. W. (2017). *Early STEM matters: providing high-quality STEM experiences for all young learners: a policy report by the Early Childhood STEM Working Group*. UChicago STEM Education.
- Haugland, S. W., & Wright, J. L. (1997). Young children and technology. *A World of Discovery. Massachusetts: Allyn and Bacon*.
- Hsu, T.-C., Chang, S.-C., & Hung, Y.-T. (2018). How to learn and how to teach computational thinking: Suggestions based on a review of the literature. *Computers & Education, 126*, 296–310.
- Hussain, S., Lindh, J., & Shukur, G. (2006). The effect of LEGO training on pupils' school performance in mathematics, problem Solving ability and attitude: swedish Data. *Journal of Educational Technology & Society, 9*(3), 182–194. <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.9.3.182>
- Jaramillo, J. A. (1996). Vygotsky's sociocultural theory and contributions to the development of constructivist curricula. *Education, 117*(1), 133–141.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education, 3*(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/S40594-016-0046-Z/TABLES/4>
- Kluzer, S., & Priego, L. (2018). *DigComp into action, get inspired make it happen : a user guide to the European Digital Competence framework* (Y. Punie, R. Vuorikari, & S. Carretero (eds.)). Publications Office. <https://doi.org/doi/10.2760/112945>
- Kommer, D. (2006). Boys and Girls Together: A Case for Creating Gender-Friendly Middle School Classrooms. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas, 79*(6), 247–251. <https://doi.org/10.3200/TCHS.79.6.247-251>
- Lee, I., Martin, F., Denner, J., Coulter, B., Allan, W., Erickson, J., Malyn-Smith, J., & Werner, L. (2011). Computational thinking for youth in practice. *Acm Inroads, 2*(1), 32–37.
- Maddison, A. (1974). What is education for? *LLOYDS BANK REV., No. 112*, 19–30. <https://doi.org/10.4324/9781315659725-9>

- Mantzanidou, G. (2020). *Educational robotics in kindergarten, a Case Study* (M. Merdan, W. Lepuschitz, G. Koppensteiner, R. Balogh, & D. Obdržálek (eds.); pp. 52–58). Springer International Publishing.
- Marsden, E., & Torgerson, C. J. (2012). Single group, pre-and post-test research designs: Some methodological concerns. *Oxford Review of Education*, 38(5), 583–616.
- McCormick, K. I., & Hall, J. A. (2021). Computational thinking learning experiences, outcomes, and research in preschool settings: a scoping review of literature. *Education and Information Technologies*, 1–36.
- McKenna, A. (2015). Adaptive expertise and knowledge fluency in design and innovation. In *Cambridge handbook of engineering education research* (pp. 227–242). Cambridge University Press.
- Merrill, C., & Daugherty, J. (2009). *The future of TE masters degrees: STEM*.
https://digitalcommons.usu.edu/ncete_present/91/
- Metz, K. E. (1991). Development of explanation: Incremental and fundamental change in children’s physics knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 785–797.
- Misirli, A., & Komis, V. (2014). *Robotics and programming concepts in Early Childhood Education: a conceptual framework for designing educational scenarios* (pp. 99–118).
https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6501-0_8
- Moore, T. J., & Tank, K. M. (2014). Nature-inspired design: A PictureSTEM curriculum for elementary STEM learning. *Annual Meeting of the Association of Science Teacher Educators, San Antonio, TX*, 1–7.
- Mostafa, T. (2020). Do all students have equal opportunities to learn global and intercultural skills at school? *PISA in Focus*, 109. https://www.oecd-ilibrary.org/education/do-all-students-have-equal-opportunities-to-learn-global-and-intercultural-skills-at-school_2fdce668-en;jsessionid=EGk9EDt1G-HVldQlqvq5Fzs-.ip-10-240-5-113
- OECD. (2003a). The definition and selection of key competencies - Executive summary. *DeSeCo*, 1–20.
- OECD. (2003b). *Schooling for Tomorrow - Networks of Innovation - Towards New Models for Managing Schools and Systems*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264100350-EN>

- Orfanakis, V., & Papadakis, S. (2015). Αναπτύσσοντας την υπολογιστική σκέψη στο νηπιαγωγείο μέσω του προγραμματιστικού περιβάλλοντος ScratchJr. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2704.4884>
- Özerem, A., & Kavas, R. (2013). Montessori approach in pre-school education and its effects. *The Online Journal of New Horizons in Education*, 3(3), 12–25.
- Papadakis, S. (2021). The Impact of coding apps to support young children in computational thinking and computational fluency. A literature review. *Frontiers in Education*, 6, 183. <https://doi.org/10.3389/FEDUC.2021.657895/BIBTEX>
- Papert, S. (1993). *The children's machine: rethinking school in the age of the computer*. Basic Books, Inc.
- Pembury Smith, M. Q. R., & Ruxton, G. D. (2020). Effective use of the McNemar test. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 74, 1–9.
- Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 31–43. <https://doi.org/10.1016/J.TSC.2018.10.002>
- Piaget, J. (1977). *The development of thought: equilibration of cognitive structures*. (Trans A. Rosin). Viking.
- Purzer, Ş., & Douglas, K. A. (2018). Assessing early engineering thinking and design competencies in the classroom. In *Early engineering learning* (pp. 113–132). Springer.
- Radich, J. (2013). Technology and interactive media as tools in early childhood programs serving children from birth through age 8. *Every Child*, 19(4), 18–19.
- Redecker, C. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*. Joint Research Centre (Seville site).
- Redecker, C. (2019). *European Framework for the digital competence of educators*. <https://ec.europa.eu/jrc/en/digcompedu>
- Resnick, M., & Silverman, B. (2005). Some reflections on designing construction kits for kids. *Proceedings of the 2005 Conference on Interaction Design and Children*, 117–122.
- Reuter, T., & Leuchter, M. (2021). Children's concepts of gears and their promotion through play. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(1), 69–94.
- Reuter, T., & Leuchter, M. (2022a). Examining kindergarten children's testing and

- optimising in the context of a gear engineering task. *European Journal of STEM Education*, 7(1), 4.
- Reuter, T., & Leuchter, M. (2022b). Fostering 5 to 6 year old children's conceptual knowledge of gear functioning through guided play in German kindergartens. In *Play and STEM Education in the Early Years* (pp. 331–343). Springer.
- Reuter, T., & Leuchter, M. (2022c). *Using the lab for fostering pre-service teachers' learning View project Professionelle Kompetenzen von Lehrpersonen View project*. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/11827>
- Rich, P. J., & Hodges, C. B. (2017). *Emerging research, practice, and policy on computational thinking*. Springer.
- Roussou, E., & Rangoussi, M. (2019). On the use of robotics for the development of computational thinking in kindergarten: educational intervention and evaluation. *International Conference on Robotics in Education (RiE)*, 31–44.
- Rychen, D. S., & Salganik, L. H. (2003). *Key competencies for a successful life and a well-functioning society*. Hogrefe & Huber.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 20. https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=STEM,+STEM+education,+STEMmania&author=Sanders,+M.&publication_year=2009&journal=Technol.+Teach.&volume=68&pages=20–26#d=gs_cit&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3ARfOaSLsLPNEJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D0%26hl%3Den
- Saxena, A., Lo, C. K., Hew, K. F., & Wong, G. K. W. (2020). Designing unplugged and plugged activities to cultivate computational thinking: An exploratory study in early childhood education. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 29(1), 55–66.
- Schola Europaea. (2018). *Digital education vision for the european schools system*. <https://ec.europa.eu/jrc/en/digcompedu>
- Selby, C., & Woollard, J. (2013). *Computational thinking: the developing definition*.
- Siegler, R. (2006). From unconscious to conscious insights. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 28(28).
- Siegler, R. S. (2000). Unconscious insights. *Current Directions in Psychological Science*, 9(3), 79–83. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00065>
- Spyropoulou, C., Wallace, M., Vassilakis, C., & Pouloupoulos, V. (2020). Examining the use

- of STEAM Education in preschool education. *European Journal of Engineering and Technology Research*. <https://doi.org/10.24018/EJENG.2020.0.CIE.2309>
- Stoycheva, D., & Perkins, L. M. (2016). Three-and four-year olds learn about gears through arts incorporation. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(2), 7.
- Venetsanou, F., & Kambas, A. (2010). Environmental Factors Affecting Preschoolers' Motor Development. *Early Childhood Education Journal*, 37(4), 319–327. <https://doi.org/10.1007/s10643-009-0350-z>
- Vygotsky, L. S., & Cole, M. (1978). *Mind in society: development of higher psychological processes*. Harvard university press.
- Waks, S., Trotskovsky, E., Sabag, N., & Hazzan, O. (2011). Engineering thinking: The experts' perspective. *International Journal of Engineering Education*, 27(4), 838–851.
- Willard, A. K., Busch, J. T. A., Cullum, K. A., Letourneau, S. M., Sobel, D. M., Callanan, M., & Legare, C. H. (2019). Explain this, explore that: A study of parent–child interaction in a children's museum. *Child Development*, 90(5), e598–e617.
- Wing, J. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Wing, J. (2011). Research notebook: computational thinking - What and why? | Carnegie Mellon School of Computer Science. *The Link Magazine, Spring*. <https://www.cs.cmu.edu/link/research-notebook-computational-thinking-what-and-why>
- Wolfgang, C., Stannard, L., & Jones, I. (2003). Advanced constructional play with LEGOs among preschoolers as a predictor of later school achievement in mathematics. *Early Child Development and Care*, 173(5), 467–475. <https://doi.org/10.1080/0300443032000088212>
- Zollman, A. (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12–19. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2012.00101.x>
- Κτιριακές Υποδομές. (n.d.). *Εξοπλισμοί σχολείων*. Retrieved November 9, 2022, from <https://www.ktyp.gr/eksoplismoi-sxoleion/>
- Κυπουργός Νίκος, Χατζηδάκης Μάνος, Μαραγκόπουλος Δημήτρης, Πλάτωνος Λένα, & Κριεζή Μαριανίνα. (1980). *Εδώ Λιλιπούπολη*. Μίνος EMI.
- Μαυρίδης, Α., Σιριβιανού, Ε., & Αλεξογιαννοπούλου, Β. (2015). *Διδασκαλία*

προγραμματισμού στο νηπιαγωγείο και στο δημοτικό, χωρίς τη χρήση υπολογιστή.
9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Καθηγητών Πληροφορικής.

Μαυρουδή, Ε., Πέτρου, Α., & Φεσάκης, Γ. (2014). Υπολογιστική Σκέψη: εννοιολογική εξέλιξη, διεθνείς πρωτοβουλίες και προγράμματα σπουδών. In Π. Αναστασιάδης, Β. Ζαράνης, Β. Οικονομίδης, & Μ. Καλογιαννάκης (Eds.), *Πρακτικά του 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου "Διδακτική της πληροφορικής* (pp. 110–120). Πανεπιστήμιο Κρήτης.

Τουλουπάκη, Σ., Konstantinopoulou, Ε., Νικολός, Δ., Baron, georges-louis, & Κόμης, Β. (2016). *Η οικοδόμηση της έννοιας του «μηνύματος» στη γλώσσα προγραμματισμού Scratch Jr από μαθητές 5-7 ετών.*

ΦΕΚ 109/Α/01-08-2017. (n.d.). *Οργάνωση και λειτουργία νηπιαγωγείων και δημοτικών σχολείων.* Εφημερίδα Της Κυβέρνησης (ΦΕΚ 109 /Α/01-08-2017). Retrieved November 9, 2022, from <https://www.e-nomothesia.gr/kat-ekpaideuse/protobathmia-ekpaideuse/proedriko-diatagma-79-2017-fek-109a-1-8-2017.html>

ΦΕΚ Β' 3567/04-08-2021. (2021, August 4). *Πλαίσιο προγράμματος σπουδών για τα εργαστήρια δεξιοτήτων όλων των τύπων σχολικών μονάδων, νηπιαγωγείων, δημοτικών και γυμνασίων* (No. 3567). Εφημερίδα Της Κυβερνήσεως (ΦΕΚ Β' 3567/04-08-2021); Εθνικό Τυπογραφείο. http://iep.edu.gr/images/IEP/skill-labs/Θεσμικο_πλαισιο/1_ΦΕΚ_3567_040821_ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΠΟΥΔΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ.pdf

ΦΕΚ Β' 687/10-2-2023. (2021, December 17). *Πρόγραμμα σπουδών για την προσχολική εκπαίδευση* (160476/Δ1). Εφημερίδα Της Κυβερνήσεως (ΦΕΚ Β' 687/10-2-2023); https://www.esos.gr/sites/default/files/articles-legacy/programma_spoymdon_gia_tin_prosholiki_ek-_paideysi.pdf.

Πηγές Εικόνων

Εικόνα Εξωφύλλου: https://all-free-download.com/free-vector/download/gear_system_312457.html

Εικόνες 1-12: Προσωπικό αρχείο

Εικόνες Παραρτήματος Γ και Ε: Προσωπικό αρχείο

Παράρτημα Α: Έγκριση ΕΗΔΕ ΠΑΔΑ

ΠΑ.Δ.Α. - ΑΡ.ΠΡΩΤ: 124483 - 21/12/2022 Αιγάλεω



ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΗΘΙΚΗΣ ΚΑΙ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥΠΟΛΗ ΑΛΣΟΥΣ ΑΙΓΑΛΕΩ

Ταχ. Δ/ση: Αγ. Σπυρίδωνος, Αιγάλεω ΤΚ 12243

Τηλέφωνο: 2105387294

e-mail: ethics@uniwa.gr

Πληροφορίες: Ευαγγελία Καπουτσή

Αιγάλεω: 20/12/2022

ΘΕΜΑ: Απάντηση σε αίτησή σας

ΠΡΟΣ :κ. Φώτη Παρασκευή

ΚΟΙΝ: κ. Στάμου Παγώνα

Έγκριση της πρότασης

Σας γνωρίζουμε ότι η Επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας της Έρευνας (Ε.Η.Δ.Ε.) του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής (ΠΑ.Δ.Α.), στην 45^η/16-12-2022 συνεδρίασή της, μέσω τηλεδιάσκεψης, εξέτασε το περιεχόμενο του ερευνητικού πρωτοκόλλου με τίτλο «**STEAM Unplugged: η ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης στην προσχολική ηλικία με τη χρήση γραναζιών**», με αριθμό πρωτοκόλλου 118457/02-12-2022 και Επιστημονικά Υπεύθυνη την κ. Φώτη Παρασκευή.

Λαμβάνοντας υπόψη:

1. Το έντυπο υποβολής της αίτησης
2. Το ερευνητικό πρωτόκολλο
3. Το έντυπο συγκατάθεσης των συμμετεχόντων στην έρευνα

Η Επιτροπή έκρινε ότι δεν αντιβαίνει στην κείμενη νομοθεσία και συνάδει με γενικά παραδεδεμένους κανόνες ηθικής και δεοντολογίας της έρευνας και ερευνητικής ακεραιότητας ως προς το περιεχόμενο και τον τρόπο διεξαγωγής του ερευνητικού έργου. Επισημαίνεται ότι σε περίπτωση που προκύψει οποιαδήποτε τροποποίηση στο πρωτόκολλο της μελέτης θα πρέπει να επανυποβληθεί στην ΕΗΔΕ για επικαιροποίηση της έγκρισής.

Η Πρόεδρος

Stamati Digitally signed by
a Garani Stamati Garani
Date: 2022.12.21
14:54:11 +02'00'

Τ. Γκαράνη-Παπαδάτου

Παράρτημα Β: Έντυπο Παροχής Ενημερωμένης Συγκατάθεσης για Συμμετοχή σε Έρευνα

Έντυπο Παροχής Ενημερωμένης Συγκατάθεσης για Συμμετοχή σε Έρευνα

(Το έντυπο αποτελείται συνολικά από 3 σελίδες)

Καλείστε να παρέχετε τη συγκατάθεσή σας για τη συμμετοχή των παιδιών σας σε επιστημονική έρευνα του Διϊδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών: Επιστήμες της Αγωγής μέσω Καινοτόμων Τεχνολογιών & Βιοϊατρικών Προσεγγίσεων, του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Η συμμετοχή των παιδιών σας στην έρευνα είναι εθελοντική. Μπορείτε να την αρνηθείτε χωρίς καμία αιτιολογία ή δικαιολογία. Αν όμως δεχτείτε να συμμετέχει το παιδί σας, παρακαλούμε να διαβάσετε προσεκτικά το έντυπο που έχετε στα χέρια σας, να υπογράψετε και να επιστρέψετε το έντυπο συναίνεσης.

1. Ενημέρωση Ενδιαφερόμενου

Ο τίτλος της έρευνας είναι: «STEAM Unplugged: η ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης στην προσχολική ηλικία, με τη χρήση γραναζιών».

Σκοπός της έρευνας είναι η μελέτη της καλλιέργειας της υπολογιστικής σκέψης των νηπίων μέσα από τη συμμετοχή τους σε πρόγραμμα μηχανοτεχνικού σχεδιασμού, που αποτελεί τεχνική της μεθόδου STEAM. Το πρόγραμμα διαρκεί 5 διδακτικές ώρες και διεξάγεται στον οικείο για τους μαθητές χώρο της τάξης τους. Κατά τη συμμετοχή των νηπίων στο πρόγραμμα μελετάται ο τρόπος με τον οποίο αναπτύσσουν ικανότητες και επιλύουν προβλήματα.

Πριν τη διεξαγωγή του προγράμματος, οι συμμετέχοντες καλούνται να απαντήσουν σε απλές ερωτήσεις και να επιλύσουν απλά προβλήματα μηχανικής. Μετά την πραγματοποίηση της διδακτικής παρέμβασης, οι συμμετέχοντες καλούνται να απαντήσουν σε αντίστοιχες ερωτήσεις και να επιλύσουν απλά προβλήματα, προκειμένου να ελεγχθούν τυχόν διαφοροποιήσεις σε ικανότητες που άπτονται της υπολογιστικής τους σκέψης.

Η έρευνα έχει εγκριθεί από την Επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας της Έρευνας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής (Αρ.Πρωτ. Έγκρισης: 124483-21/12/2022)

Για περισσότερες πληροφορίες μπορείτε να επικοινωνήσετε με τα μέλη της ερευνητικής ομάδας, τα στοιχεία των οποίων επισυνάπτονται.

2. Διαχείριση Προσωπικών Δεδομένων

Στο πλαίσιο της έρευνας, θα συγκεντρώσουμε στοιχεία για την ηλικία και το φύλο των συμμετεχόντων, καθώς και πληροφορίες για τον τρόπο που χειρίζονται απλά προβλήματα μηχανικής. Τα δεδομένα αυτά θα χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά για τις ανάγκες της έρευνας. Θα αναλυθούν και θα συσχετισθούν μεταξύ τους προκειμένου να καταλήξουμε σε ασφαλή συμπεράσματα για τον τρόπο που τα νήπια επιλύουν προβλήματα.

Όλες οι πληροφορίες θα καταγραφούν σε ατομικά φύλλα καταγραφής, σε ηλεκτρονικά αρχεία επεξεργασίας (SPSS) και σε αρχεία εικόνας, στα οποία ΔΕΝ θα περιλαμβάνονται οι συμμετέχοντες.

Οι παραπάνω πληροφορίες θα κωδικοποιηθούν με τέτοιο τρόπο ώστε να μην είναι δυνατό να αποκαλυφθεί η ταυτότητα των συμμετεχόντων σε τρίτους. Επίσης, η ταυτότητα των συμμετεχόντων δε θα αποκαλυφθεί σε τυχόν δημοσιεύσεις, παρουσιάσεις ή επιστημονικές αναφορές που θα προκύψουν από τη μελέτη αυτή.

Τα μέλη της ερευνητικής ομάδας δεσμεύονται ότι θα τηρήσουν την εμπιστευτικότητα όλων των πληροφοριών. Τα έντυπα και ηλεκτρονικά αρχεία δεδομένων θα φυλάσσονται σε ειδικούς χώρους και σε εξωτερικούς σκληρούς δίσκους, με κωδικό πρόσβασης και με τέτοιο τρόπο ώστε να μη μπορεί να γίνει διασταύρωση στοιχείων. Όλα τα αρχεία θα καταστραφούν ένα χρόνο μετά την ολοκλήρωση της ερευνητικής διαδικασίας.

Μπορείτε να αποχωρήσετε οποιαδήποτε στιγμή από την έρευνα και να ζητήσετε να διαγραφούν τα δεδομένα και οι πληροφορίες που έχουμε συλλέξει. Το αίτημά σας για την πλήρη διαγραφή των πληροφοριών μπορεί να ικανοποιηθεί μέχρι μία εβδομάδα μετά τη συλλογή τους.

3. Διαδικασία Υποβολής Παραπόνων

Καλείστε να επικοινωνήσετε με την επιστημονικά υπεύθυνη της ερευνητικής ομάδας, τα στοιχεία της οποίας επισυνάπτονται στο παρόν έντυπο, προκειμένου να υποβάλετε τυχόν παράπονα για τη διεξαγωγή της επιστημονικής έρευνας.

4. Διαδικασία Υποβολής Καταγγελιών

Για οποιαδήποτε καταγγελία σχετικά με τη διεξαγωγή της έρευνας μπορείτε να απευθυνθείτε στην Επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας της Έρευνας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής (ethics@uniwa.gr).

Για οποιαδήποτε καταγγελία σχετικά με τη διαχείριση των προσωπικών σας δεδομένων μπορείτε να απευθυνθείτε και στον Υπεύθυνο Προστασίας Προσωπικών Δεδομένων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, κ. Αγιοπετρίτη Ιωάννη (agiop@uniwa.gr). Σε περίπτωση μη επίλυσης του προβλήματός σας μπορείτε να απευθυνθείτε στην Αρχή Προστασίας Προσωπικών Δεδομένων, συμπληρώνοντας το σχετικό έντυπο που βρίσκεται στην ιστοσελίδα αυτής (complaints@dpa.gr).

5. Στοιχεία επικοινωνίας ερευνητικής ομάδας:

Κύριος Ερευνητής:

Παγόνα Στάμου

μεταπτυχιακή φοιτήτρια ΠΑΔΑ, ΠΕ 60 Νη-
πιαγωγός

mscedt21110@uniwa.gr

Επιστημονικός Υπεύθυνος:

Παρασκευή Φώτη

Εξωτερικός Επιστημονικός Συνεργάτης
ΠΑΔΑ, Συντονίστρια Εκπαιδευτικού Έργου –
3^ο ΠΕΚΕΣ Αττικής

pfoti@uniwa.gr

Β Επιβλέπων:

Πέτρος Καρκαλούσος

Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος Βιοϊατρι-
κών Επιστημών ΠΑΔΑ

petef@uniwa.gr

6. Έντυπο Συγκατάθεσης

Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Διδρυματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών:
**Επιστήμες της Αγωγής μέσω Καινοτόμων Τεχνολογιών & Βιοϊατρικών
Προσεγγίσεων**

Τίτλος Επιστημονικής Έρευνας:
**«STEAM Unplugged: η ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης στην προ-
σχολική ηλικία».**

Κύρια Ερευνήτρια: Παγώνα Στάμου

Έχω διαβάσει τις ανωτέρω αναφερόμενες πληροφορίες και

επιτρέπω

δεν επιτρέπω

στο παιδί μου να συμμετέχει στη συγκεκριμένη επιστημονική έρευνα.

Όνοματεπώνυμο γονέα:

Όνοματεπώνυμο νηπίου:

Ημερομηνία: ___ / ___ / ____





Υπογραφή:

.....

Ενδιαφέρομαι να ενημερωθώ για τα ερευνητικά αποτελέσματα της έρευνας μετά την ολοκλήρωση της.

Παράρτημα Γ: Δοκιμασίες Ελέγχου

Διαδικασία ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση

| | Αξιολόγηση - ανατροφοδότηση | Έλεγχος - εκσφαλμάτωση |
|-------------------------|--|---|
| Α. Μετάδοση της κίνησης | <p>A1: Θα κινηθεί ο ανεμόμυλος;</p>  <p>Βαθμοί: Ναι=0, Όχι=1</p> | <p>a1: Μπορείς να διορθώσεις την κατασκευή ώστε να κινηθεί ο ανεμόμυλος;</p>  <p>Βαθμοί: Αποτυχημένη προσπάθεια=0 Επιτυχημένη προσπάθεια=1</p> |
| |  <p>A2: Θα κινηθεί ο ανεμόμυλος;</p> <p>Βαθμοί: Ναι=0 Όχι=1</p> |  <p>a2: Μπορείς να διορθώσεις την κατασκευή ώστε να κινηθεί ο ανεμόμυλος;</p> <p>Βαθμοί: Αποτυχημένη προσπάθεια=0 Επιτυχημένη προσπάθεια=1</p> |

B1: Από ποια πλευρά θα γυρίσει το πράσινο (κινούμενο) γρανάζι; Τοποθέτησε το σωστό βελάκι πάνω από το γρανάζι.

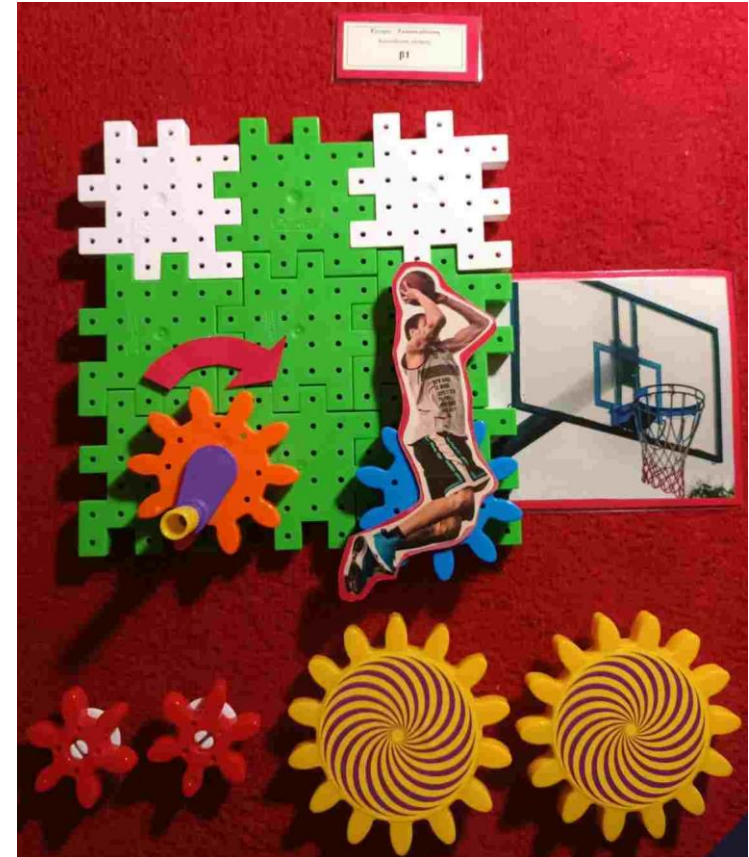


Βαθμοί: δεξιά=0, αριστερά= 1

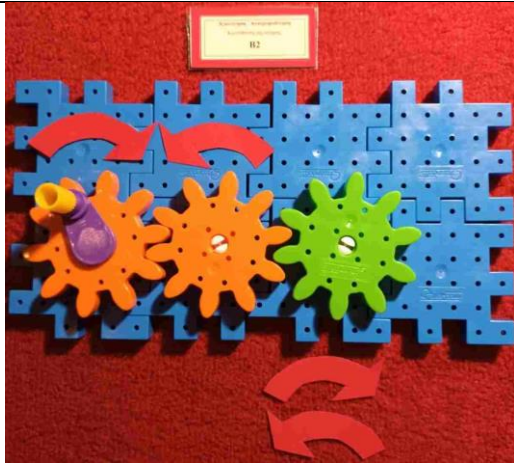
Αν ο βαθμός=1 τότε προχωρούν παρακάτω:

B2: Από ποια πλευρά θα γυρίσει το πράσινο (κινούμενο) γρανάζι; Τοποθέτησε το σωστό βελάκι πάνω από το γρανάζι

b1: Μπορείς να βοηθήσεις τον παίκτη του μπάσκετ να βάλει καλάθι στην μπάσκετα; Διάλεξε όποιο ή όποια γρανάζια θεωρείς απαραίτητα και τοποθέτησέ τα στη βάση. Να θυμάσαι ότι το γρανάζι οδηγός κινείται μόνο δεξιά.



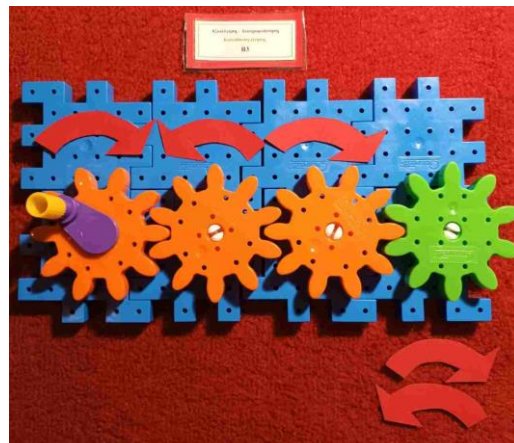
Βαθμοί: Λανθασμένες κινήσεις=0
Σωστή κίνηση=1



Βαθμοί: αριστερά=0,
δεξιά = 1

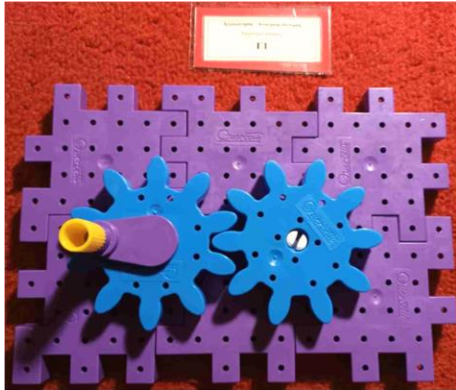
Αν ο βαθμός=1 τότε
προχωρούν παρα-
κάτω:

B3: Από ποια πλευρά θα γυρίσει το πράσινο (κινούμενο) γρα-
νάζι; Τοποθέτησε το σωστό βελάκι πάνω από το γρανάζι



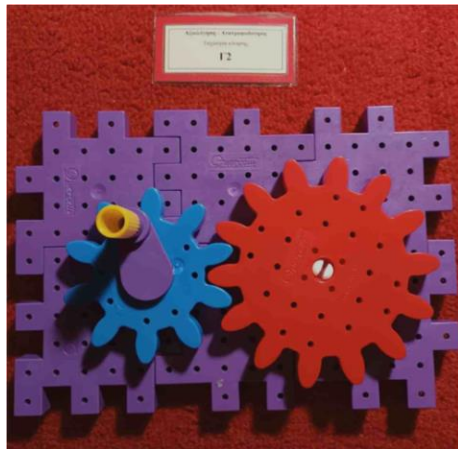
Βαθμοί: δεξιά=0, αρι-
στερά= 1

C1. Το κινούμενο γρανάζι (μπλε) θα γυρίσει με την ίδια ταχύτητα, πιο γρήγορα ή πιο αργά από το γρανάζι- οδηγό;



Βαθμοί:
πιο γρήγορα/αργά=0, με
την ίδια ταχύτητα= 1

C2. Το κινούμενο γρανάζι (κόκκινο) θα γυρίσει με την ίδια ταχύτητα, πιο γρήγορα ή πιο αργά από το γρανάζι- οδηγό;



Βαθμοί: με την ίδια τα-
χύτητα/πιο γρήγορα=0,
πιο αργά =1

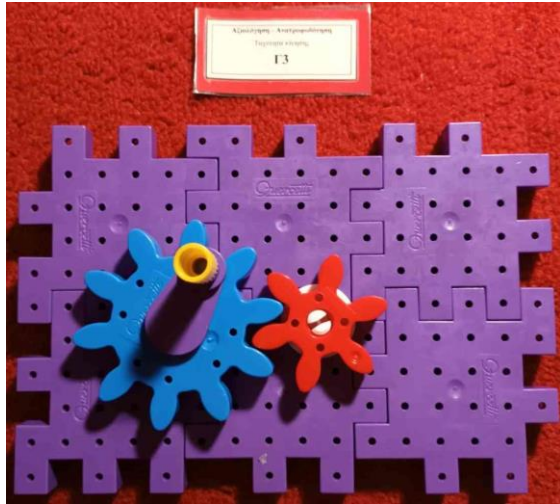
c1. Έχω αυτήν την κατασκευή.

Μπορείς να επιλέξεις ένα από τα τρία γρανάζια οδηγούς και να αντικαταστήσεις το πράσινο γρανάζι, ώστε ο ανεμόμυλος να γυρίζει πιο αργά;



Βαθμοί: μεγάλο γρανάζι=1, τα άλλα δύο=0

C3. Το κινούμενο γρανάζι (κόκκινο) θα γυρίσει με την ίδια ταχύτητα, πιο γρήγορα ή πιο αργά από το γρανάζι- οδηγό;



Βαθμοί: με την ίδια ταχύτητα/πιο αργά=0, πιο γρήγορα =1

c2. Έχω αυτή την κατασκευή. Μπορείς να επιλέξεις ένα από τα τρία γρανάζια οδηγούς και να αντικαταστήσεις το πράσινο γρανάζι, ώστε ο ανεμόμυλος να γυρίζει πιο γρήγορα;



Βαθμοί: μικρό γρανάζι=1, τα άλλα δύο=0

Παράρτημα Δ: Κλίμακα Βαθμολόγησης Δοκιμασιών Ελέγχου

STEAM UNPLUGGED: Η ενίσχυση της υπολογιστικής σκέψης στην προσχολική ηλικία με τη χρήση γραναζιών

| ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΑ: | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|----------------------|------------|--------------------------------|-----------------|-----------|
| Φύλο: | Αγόρι: | <input type="text"/> | Κορίτσι: | <input type="text"/> | | |
| Ηλικία: | Προνήπιο: | <input type="text"/> | Νήπιο: | <input type="text"/> | | |
| Μεταβλητές | Βαθμοί | | Σημειώσεις | Μεταβλητές | Βαθμοί | |
| Ανατροφοδότηση και Αξιολόγηση | | | | Έλεγχος και Εκπαλιμάτωση | | |
| | <u>Pre test</u> | Post test | | | <u>Pre test</u> | Post test |
| A1: | 0 1 | 0 1 | | α1: | 0 1 | 0 1 |
| A2: | 0 1 | 0 1 | | α2: | 0 1 | 0 1 |
| B1: | 0 1 | 0 1 | | β: | 0 1 | 0 1 |
| B2: | 0 1 | 0 1 | | γ1: | 0 1 | 0 1 |
| B3: | 0 1 | 0 1 | | γ2: | 0 1 | 0 1 |
| Γ1: | 0 1 | 0 1 | | | | |
| Γ2: | 0 1 | 0 1 | | Διεξαγωγή <u>Pre test</u> : | (__/__/__) | |
| Γ3: | 0 1 | 0 1 | | Διεξαγωγή Post test: | (__/__/__) | |

Παράρτημα Ε: Διδακτική Παρέμβαση

Διδακτική παρέμβαση με βάση την απλοποιημένη εκδοχή του μοντέλου μηχανοτεχνικού σχεδιασμού (Dorie et al., 2014; Ehsan et al., 2021)

Τα άτομα του δείγματος, 36 νήπια συνολικά, εργάστηκαν σε δύο ομάδες κατά τη διεξαγωγή της διδακτικής παρέμβασης.

Πριν την οριοθέτηση του προβλήματος, τα νήπια άκουσαν, τραγούδησαν και χόρεψαν ελεύθερα το τραγούδι: «Οι μέρες της εβδομάδας» (Κυπουργός Νίκος et al., 1980). Στο τραγούδι αυτό, οι ημέρες παρουσιάζονται να διασκεδάζουν σε ένα λούνα παρκ. Μέσα από δράσεις δραματοποίησης, ο ελεύθερος χορός μετατράπηκε σταδιακά σε ένα θεατρικό παιχνίδι όπου τα νήπια υποδύθηκαν τις ημέρες της εβδομάδας. Κατά τη συζήτηση που ακολούθησε, οι δύο ομάδες αποφάσισαν να δημιουργήσουν μια κατασκευή με βάση το τραγούδι. Μελέτησαν εικόνες και βίντεο από Λούνα Παρκ και κατέληξαν ότι από όλα τα παιχνίδια, οι ημέρες της εβδομάδας θα επέλεγαν να ανέβουν πάνω σε ένα καρουζέλ ή σε μία ρόδα. Κατασκευαστικός στόχος της 1^{ης} ομάδας, επομένως, ήταν η δημιουργία ενός κινούμενου καρουζέλ ενώ κατασκευαστικός στόχος της 2^{ης} ομάδας ήταν η δημιουργία μιας κινούμενης ρόδας.

A. Οριοθέτηση του προβλήματος

Κατανόηση ορίων και περιορισμών

Τα νήπια συγκέντρωσαν πληροφορίες και έφεραν φωτογραφίες για τα carousel και τις ρόδες στο νηπιαγωγείο. Δύο μαθητές έφεραν carousel μινιατούρες, τις οποίες τα νήπια άγγιξαν, μελέτησαν, κίνησαν και κατέληξαν σε συμπεράσματα (Εικ. 13-14).

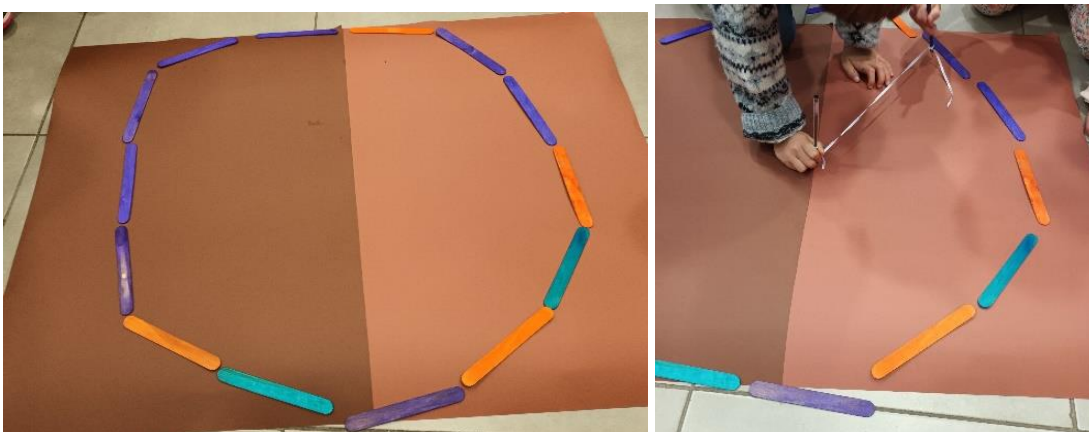


Εικόνες 13-14. Τα νήπια περιεργάζονται τα καρουζέλ - μινιατούρες.

Προβληματίστηκαν για το μέγεθος της κατασκευής. Αν γίνει πολύ μεγάλη δε θα είναι σταθερή. Αν γίνει πολύ μικρή δε θα χωράνε οι μέρες της εβδομάδας. Η πρώτη ομάδα αποφάσισε να χρησιμοποιήσει μια βάση με περίμετρο 14 γλωσσοπίεστρα και ύψος 4 για το καρουζέλ. Τα νήπια την σχεδίασαν με αυτοσχέδιο διαβήτη και την έκοψαν (Εικ. 15-16). Η άλλη ομάδα επέλεξε μια λίγο μικρότερη κυκλική επιφάνεια για τη ρόδα.

Προβληματίστηκαν για τα υλικά κατασκευής, καταλήγοντας ότι θα χρησιμοποιήσουν ό,τι υλικό διαθέτει το νηπιαγωγείο ή μπορούν να φέρουν από το σπίτι τους. Θα προτιμήσουν χαρτιά, χαρτόνια και ρολά χαρτιού, τα οποία μπορούν εύκολα να βάψουν και να κόψουν. Θα χρησιμοποιήσουν, επίσης, τα εξαρτήματα από το σετ γκραναζιών.

Κατά τις παρατηρήσεις τους, συνειδητοποίησαν ότι το καρουζέλ και η ρόδα στηρίζονται σε έναν άξονα. Προβληματίστηκαν, για τρόπο που θα το αναπαραστήσουν. Θα πρέπει να είναι αντικείμενο ψηλό, ελαφρύ και σταθερό.



Εικόνες 15-16. Σχεδίαση κύκλου με ξυλάκια και με αυτοσχέδιο διαβήτη.

Εντοπισμός στόχου

Καθώς συγκεντρώνονταν οι πληροφορίες και διατυπώνονταν οι πρώτες ιδέες, άρχισε σιγά σιγά να διαμορφώνεται ο στόχος των νηπίων: η κατασκευή ενός κινούμενου καρουζέλ και μίας ρόδας με συγκεκριμένο μέγεθος και οικεία υλικά. Επάνω τους θα τοποθετήσουν φιγούρες – τις μέρες της εβδομάδας-, τις οποίες θα κινούν με τη χρήση γραναζιών και άλλων εξαρτημάτων.

Εξοικείωση με υλικά

Η εξοικείωση με τα γρανάζια πραγματοποιήθηκε σε δύο διαφορετικές συναντήσεις. Στην πρώτη δόθηκαν στα νήπια γρανάζια και βάσεις ώστε να δημιουργήσουν επίπεδες κατασκευές (Εικ. 17-18). Στη δεύτερη δόθηκαν περισσότερα εξαρτήματα, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν πιο σύνθετες, τρισδιάστατες κατασκευές (Εικ. 19-25). Υπήρξε πολύ μεγάλη ποικιλία κατασκευών: από απλή οριζόντια μεταφορά της κίνησης μέσω 3-4 γραναζιών, έως μεταφορά της κίνησης σε διαφορετικό άξονα. Μέσω συνεργασίας, τα νήπια εντόπιζαν σφάλματα και προχωρούσαν σε πειραματισμό και επίλυσή τους.



Εικόνες 17-18. Επίπεδες κατασκευές και πειραματισμός



Εικόνες 19-20. Τρισδιάστατες απλές κατασκευές, χωρίς μεταφορά κίνησης



Εικόνες 21-23. Τρισδιάστατες σύνθετες κατασκευές με μεταφορά κίνησης



Εικόνες 24-25. Συνδυασμός κάθετων σύνθετων κατασκευών και μεταφορά της κίνησης σε διαφορετικό άξονα

Β. Διατύπωση ιδεών

Οι πρώτες ιδέες που διατυπώθηκαν αφορούσαν τον τρόπο εργασίας, την επιλογή των κατάλληλων υλικών και την οριοθέτηση του μεγέθους της κατασκευής (Εικ. 26). Σταδιακά, καθώς συγκεντρώνονταν πληροφορίες και πραγματοποιούνταν οι πρώτες

κατασκευαστικές δοκιμές, διατυπώνονταν νέες ιδέες σε μια προσπάθεια εκσφαλμάτωσης προβλημάτων που εντοπίζονταν στην κατασκευή. Αφορούσαν κυρίως ζητήματα σταθερότητας και ζητήματα μεταφοράς της κίνησης. Κάθε νήπιο που διατύπωνε μία ιδέα, αναλάμβανε να την κατασκευάσει και να την παρουσιάσει στην υπόλοιπη ομάδα. Γινόταν αξιολόγηση και εντοπισμός τυχόν νέων σφαλμάτων. Κατά την εκσφαλμάτωση, διατυπώνονταν και πάλι νέες ιδέες που οδηγούσαν σε νέες κατασκευαστικές προσπάθειες και εκ νέου αξιολόγηση.



Εικόνα 26. Εννοιολογικός χάρτης κατά τα πρώτα στάδια της διδακτικής παρέμβασης

Γ. Αναπαράσταση ιδεών

Αναφορικά με το καρουζέλ: αφού η κυκλική χάρτινη επιφάνεια που οριοθετεί το μέγεθος του καρουζέλ, τοποθετήθηκε στο κέντρο του χώρου εργασίας των νηπίων, ξεκίνησαν οι πρώτες προσπάθειες αναπαράστασης των ιδεών τους. Ένα ρολό χαρτί τοποθετήθηκε στο κέντρο της κυκλικής επιφάνειας, προκειμένου να



Εικόνα 27. Τοποθέτηση πλαστικών πλακιδίων

λειτουργήσει ως κεντρικός άξονας του καρουζέλ. Τα νήπια επέλεξαν να χρησιμοποιήσουν πλαστικά πλακίδια, προκειμένου να δημιουργήσουν ένα κυκλικό δακτύλιο γύρω από τον κεντρικό άξονα (Εικ. 27). Επάνω τοποθέτησαν γρανάζια, εφαιπόμενα μεταξύ τους (Εικ. 28). Παρόλο που τα γρανάζια κινούνταν με επιτυχία, τα νήπια δεν κατάφεραν να τα τοποθετήσουν σε κύκλο. Η κατασκευή τους έμοιαζε περισσότερο με τετράγωνο. Αποφάσισαν να αφαιρέσουν τα πλαστικά πλακίδια που βρίσκονται στις γωνίες του τετραγώνου. Το αποτέλεσμα ήταν να δημιουργήσουν ένα πιο μικρό τετράγωνο. Εγκατέλειψαν προσωρινά την προσπάθεια.



Κατά τη διάρκεια των δοκιμών, το ρολό χαρτί που ήταν τοποθετημένο στο κέντρο του κύκλου, έπεφτε. Ένα νήπιο αποφάσισε να το σταθεροποιήσει τοποθετώντας το σε μία βάση.

Τα νήπια τοποθέτησαν δοκιμαστικά φιγούρες ραγτοβιλ πάνω στα γρανάζια. Καθώς τα γυρνούσαν, οι φιγούρες έφευγαν από την κατασκευή. Επομένως, συμφώνησαν ότι τις φιγούρες -ημέρες- θα τις κατασκευάσουν με χαρτί και θα τις κολλήσουν πάνω στα γρανάζια για να είναι

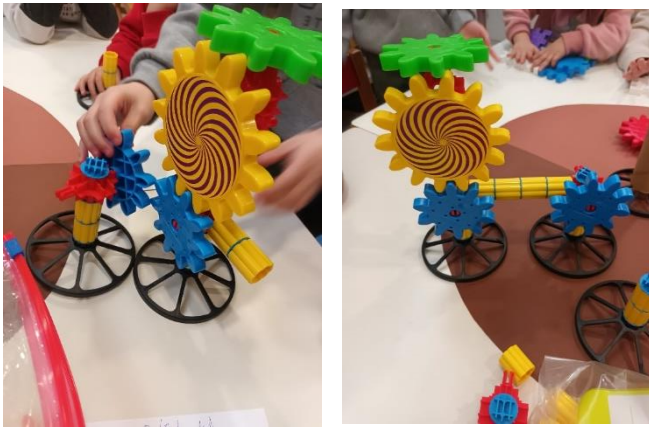
Εικόνα 28. Τοποθέτηση γραναζιών



Εικόνες 29α και β. Δοκιμή ισορροπίας κυλίνδρων πάνω στα κινούμενα γρανάζια.

σταθερές. Έπειτα θυμήθηκαν ότι οι φιγούρες στο καρουζέλ στέκονται πάνω σε κάθετους άξονες. Αποφάσισαν να τους κατασκευάσουν με πλαστικούς (κίτρινους) κυλίνδρους. Αφού κατασκεύασαν μερικούς, έλεγξαν αν ισορροπούν πάνω στα κινούμενα γρανάζια. Οι κύλινδροι έφευγαν από τη θέση τους (Εικ. 29α). Τοποθέτησαν βάσεις αλλά συνέχισαν να αντιμετωπίζουν το ίδιο πρόβλημα (Εικ. 29β).

Αποφάσισαν να αφαιρέσουν τα πλαστικά πλακίδια από την κατασκευή και να μεταφέρουν τη κίνηση σε γρανάζια πάνω στις βάσεις. Πειραματίστηκαν πάνω σε τρόπους μεταφοράς της κίνησης των γραναζιών (Εικ. 30-31). Επιζητούσαν σύνθετες κατασκευές αλλά συνειδητοποίησαν ότι δεν τους έφτανε το υλικό και για τις επτά ημέρες της εβδομάδας. Φτιάξαν ένα μικρό μοντέλο και αποφάσισαν να το αντιγράψουν άλλες 6 φορές (Εικ. 32).



Εικόνες 30-31. Πειραματισμός ως προς τη μεταφορά της κίνησης



Εικόνα 32. Κατασκευή 7 όμοιων μοντέλων

Τοποθέτησαν τα μοντέλα δίπλα δίπλα ώστε να ενωθούν τα δόντια των μεγάλων γραναζιών. Η κατασκευή φάνηκε να δουλεύει! Θέλησαν, ωστόσο, να αντικαταστήσουν τα μικρά οριζόντια (κόκκινα) γρανάζια με άλλα μεγαλύτερα ώστε να είναι πιο εντυπωσιακά. Δυστυχώς, η κατασκευή δε μπορούσε να λειτουργήσει σωστά γιατί τα μεγαλύτερα οριζόντια γρανάζια δεν εφάπτονταν κατάλληλα στα κάθετα (Εικ. 33). Ως αποτέλεσμα, επέστρεψαν στη πρώτη τους επιλογή, δηλαδή στη χρήση μικρών γραναζιών.



Εικόνα 33. Αντικατάσταση οριζόντιων γραναζιών και δοκιμή

Ξαφνικά, τα νήπια συνειδητοποίησαν ότι, παρόλο που τα γρανάζια περιστρέφονταν, το καρουζέλ δε περιστρεφόταν γύρω από τον εαυτό του. Έβαλαν στην άκρη την υπάρχουσα κατασκευή και άρχισαν να ψάχνουν τρόπους για να περιστραφεί το καρουζέλ. Τοποθέτησαν το χαρτόνι πάνω σε ένα μεγάλο γρανάζι. Δημιούργησαν μια ακολουθία γραναζιών ώστε να κινούν από απόσταση το καρουζέλ. Ωστόσο, όταν τοποθετούσαν τις υπόλοιπες κατασκευές πάνω στο χαρτόνι, αυτό λύγιζε. Χρειάζοντουσαν ένα υλικό σκληρό και ελαφρύ. Πειραματίστηκαν με πιάτα, με ξύλο και κατέληξαν σε χαρτόνι χαρτόκουτας (Εικ. 34-36).

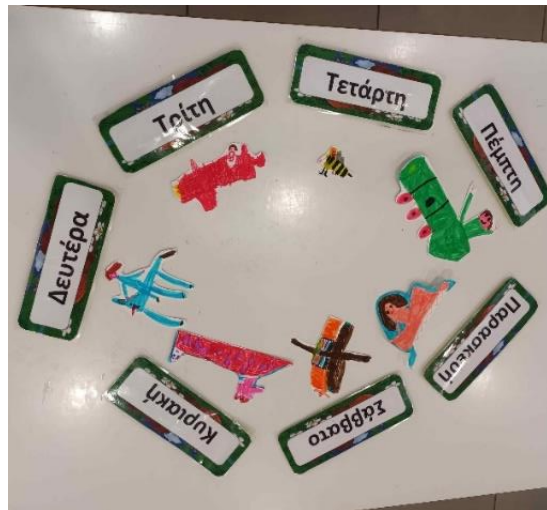


Εικόνες 34-36. Ακολουθία γραναζιών και πειραματισμοί με το υλικό της βάσης



Εικόνα 37. Ζωγραφιές για τις ημέρες της εβδομάδας

Δουλεύοντας σε ομάδες, ζωγράφι-σαν τις ημέρες της εβδομάδας, όπως περιγράφονται στο τραγούδι. Καθώς υπήρξαν περισσότερες από μία ζωγραφιές για κάθε ημέρα, χρειάστηκε να προχωρήσουν σε ψηφοφορία για το ποια ζωγραφιά ήταν καταλληλότερη για τη συγκεκριμένη κατασκευή (Εικ. 37-39).



Εικόνες 38-39. Ψηφοφορία για την καταλληλότερη ζωγραφιά και τελική αντιστοίχιση ημερών-εικόννας



Εικόνες 40-43. Κατασκευή και τοποθέτηση τέντας καρουζέλ

Ταυτόχρονα, μια άλλη ομάδα ασχολήθηκε με τη δημιουργία της τέντας του καρουζέλ και την τοποθέτησή της με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι σταθερή (Εικ. 40-43).

Το καρουζέλ είναι πλέον έτοιμο. Λειτουργεί με δύο τρόπους. Σύμφωνα με τον πρώτο, οι μέρες της εβδομάδας κινούνται γύρω από τον εαυτό τους, με τη βοήθεια ενός μοχλού τοποθετημένου στο εσωτερικό μέρος της κατασκευής. Σύμφωνα με τον δεύτερο, ολόκληρο το καρουζέλ περιστρέφεται τοποθετημένο πάνω σε γρανάζι.

Αναφορικά με τη ρόδα, τα νήπια, χωρισμένα σε ομάδες, ζωγράρισαν έκοψαν και τοποθέτησαν τις ημέρες της εβδομάδας πάνω στο κυκλικό χαρτόνι, το οποίο στερέωσαν πάνω σε ένα μεγάλο γρανάζι (Εικ. 44). Το γρανάζι αυτό το τοποθέτησαν κάθετα πάνω σε μία βάση, την οποία δημιούργησαν με σχετική ευκολία, υπολογίζοντας το ύψος της ώστε να μην ακουμπάει η ρόδα στο έδαφος, καθώς γυρνάει. Έπειτα, ξεκίνησαν να την περιστρέφουν.

Ένας μαθητής ανέφερε ότι ο υπάλληλος στο λούνα παρκ δεν ανεβαίνει πάνω στη ρόδα για να τη βάλει σε λειτουργία, αλλά τη θέτει σε λειτουργία από απόσταση, στρέφοντας το ενδιαφέρον των νηπίων προς αυτήν την κατεύθυνση. Σκέφτηκαν ότι αν είχαν σκοινί, θα μπορούσαν να περιστρέψουν τη ρόδα, τραβώντας το από μακριά. Έψαξαν το υλικό των γριναζιών και ανακάλυψαν μια πλαστική αλυσίδα. Θυμήθηκαν ότι παρόμοια υπάρχει στα ποδήλατά τους και προσπάθησαν να τη συνδέσουν με τη ρόδα (Εικ. 45).

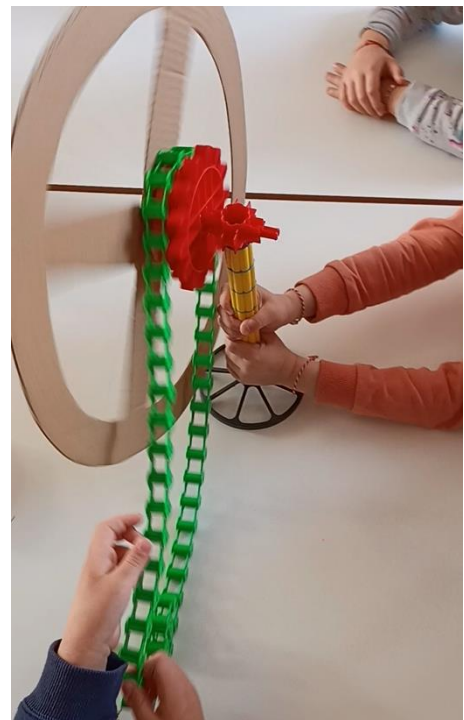
Αρχικά την περιέστρεφαν με τα χέρια τους (Εικ. 46), μέχρι που αποφάσισαν να τοποθετήσουν ένα γριναζί στο σημείο αυτό (Εικ. 47). Ακολούθησε πρόταση να δημιουργηθεί βάση που να κρατάει το γριναζί (Εικ. 48). Μετά από πολλές δοκιμές, η βάση απέκτησε τις ίδιες διαστάσεις με τη βάση της ρόδας (Εικ. 49). Τέλος προστέθηκε και ο μοχλός και η ρόδα τέθηκε σε λειτουργία (Εικ. 50).



Εικόνα 44. Κυκλικό χαρτόνι για τη ρόδα



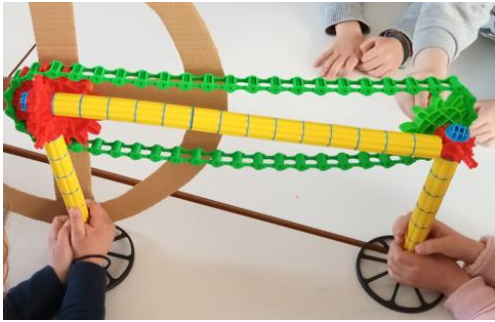
Εικόνα 45. Ενσωμάτωση αλυσίδας στο γριναζί



Εικόνα 46. Κίνηση αλυσίδας με τα χέρια



Εικόνα 47. Ενσωμάτωση 2ου γριναζιού στην αλυσίδα



Εικόνες 48-49. Τοποθέτηση βάσης στο 2ο γρανάζι και πειραματισμός με το ύψος της βάσης



Εικόνα 50. Τελικό αποτέλεσμα

Δ. Αξιολόγηση σχεδίου

Τα νήπια κατάφεραν να δημιουργήσουν ένα κινούμενο καρουζέλ και μία ρόδα, σύμφωνα με τον αρχικό τους στόχο, παρόλο που προχώρησαν σε αρκετές τροποποιήσεις σε σχέση με τα αρχικά τους σχέδια. Τροποποιήσεις που αφορούσαν το μέγεθος, την επιλογή και τη χρήση των υλικών. Τροποποιήσεις που οφείλονταν σε συνεχείς δοκιμές για την αντιμετώπιση αστοχιών, έλλειψη υλικού και όμορφες πρωτοβουλίες.

Λίγο πριν την ολοκλήρωση της 5^{ης} διδακτικής ώρας, τα νήπια αξιολόγησαν τις κατασκευές τους. Μετά από διεξοδική συζήτηση, η ομάδα του καρουζέλ κατέληξε ότι η κατασκευή τους ήταν ιδιαίτερα επιτυχημένη ως προς τη συνολική εικόνα, το μέγεθος και τα χρώματα. Ήταν σίγουρα πιο όμορφη από κάθε άλλο καρουζέλ που είχαν δει σε φωτογραφία.

Ως προς την κίνηση του καρουζέλ, τα νήπια συμφώνησαν ότι ο στόχος τους δεν επιτεύχθηκε πλήρως. Οι ημέρες της εβδομάδας περιστρέφονταν με μεγάλη δυσκολία γύρω από τον εαυτό τους. Κατά την άποψή τους αυτό οφείλονταν, στο μεγάλο μέγεθος της κατασκευής και στο ότι τα γρανάζια δεν συμπλέκονταν κατάλληλα μεταξύ τους (Εικ. 51).

Επιπλέον, όταν τα νήπια κινούσαν τον μοχλό για να περιστρέψουν ολόκληρο το καρουζέλ, παρατήρησαν ότι χρειαζόνταν αρκετή δύναμη. Αυτό το απέδωσαν στο μεγάλο μέγεθος του καρουζέλ και στο βάρος του (Εικ. 52). Ταυτόχρονα, το καρουζέλ δεν ισορροπούσε απόλυτα πάνω στο γρανάζι αλλά συχνά έγερνε δεξιά και αριστερά (Εικ. 53). Συνειδητοποίησαν ότι αυτό θα το είχαν διορθώσει αν είχαν ένα μεγαλύτερο γρανάζι για να τοποθετήσουν το καρουζέλ επάνω.



Εικόνα 51. Δοκιμές πάνω στην περιστροφή των γραναζιών- ημερών.



Εικόνα 52. Δοκιμές πάνω στην περιστροφή ολόκληρου του καρουζέλ



Εικόνα 53. Το καρουζέλ δεν ισορροπεί κατάλληλα πάνω στο γρανάζι.

Σε γενικές γραμμές, κατέληξαν ότι κατασκεύασαν μια όμορφη κατασκευή, πρωτότυπη, η οποία είχε ορισμένες δυσκολίες ως προς την κίνηση και την περιστροφή της.

Διαφορετική ήταν η αξιολόγηση για τη ρόδα του λούνα παρκ. Εδώ τα νήπια κατέληξαν ότι η κατασκευή ανταποκρίνεται κατάλληλα στις απαιτήσεις τους. Παρόλα αυτά, προβληματίστηκαν για το μέγεθος του γριναζιού- οδηγού. Το αντικατέστησαν με ένα μικρότερο αλλά παρατήρησαν ότι η ρόδα γυρίζει πιο αργά και με μεγαλύτερη δυσκολία. Το αντικατέστησαν με μεγαλύτερο και η κατασκευή ανταποκρίθηκε καλύτερα στην κίνηση (Εικ. 54).

Υπήρξε και μία ιδέα για τοποθέτηση επιπλέον γριναζιού ενδιάμεσα στα δύο ακριανά γριναζία. Τα νήπια πειραματίστηκαν με ένα και δύο γριναζία αλλά σύντομα εγκατέλειψαν την ιδέα (Εικ. 55).



Εικόνα 54. Αντικατάσταση του γραναζιού- οδηγού με μεγαλύτερο γρανάτζι



Εικόνα 55. Πειραματισμός με τρίτο γρανάτζι