ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 13 (2024)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: ΠΡΑΚΤΙΚΑ

Η πλατφόρμα micro:bit ως εργαλείο ανάπτυξης έργου στις Φυσικές Επιστήμες. Προτάσεις για διδακτική αξιοποίηση

Ευφρανσία Τζαγκαράκη, Σταμάτιος Παπαδάκης, Μιχαήλ Καλογιαννάκης

doi: 10.12681/codiste.6982

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 11/03/2026 07:57:53

Η ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ MICRO:BIT ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΕΡΓΟΥ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ

Ευφρανσία Τζαγκαράκη[1], Σταμάτιος Παπαδάκης[2] , Μιχαήλ Καλογιαννάκης[3]

[1]Υποψ. Διδάκτορας ΠΤΠΕ Πανεπιστήμιο Κρήτης, [2]Επίκουρος Καθηγητής, ΠΤΠΕ Πανεπιστήμιο Κρήτης, [3]Αναπληρωτής Καθηγητής ΠΤΕΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

eftzag@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα έρευνα εξετάζει την επίδραση της μάθησης βάσει έργου σε συνδυασμό με το BBC Micro:bit στη διδασκαλία του ηλεκτρισμού και συγκεκριμένα στη λειτουργία ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος σε μαθητές και μαθήτριες της Ε' τάξης. Δημιουργήθηκαν δύο έργα που περιλάμβαναν τη χρήση ακροδεκτών για ακρόαση μουσικής από ακουστικά και την κατασκευή μηχανισμού κίνησης με μοτέρ. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πειραματική ομάδα, που χρησιμοποίησε το Micro:bit, είχε αύξηση στη μέση επίδοση συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Επίσης, διαπιστώθηκε αναδόμηση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών και μαθητριών για τον ηλεκτρισμό και παρατηρήθηκε θετική επίδραση στην εμπλοκή και το ενδιαφέρον τους για τον ηλεκτρισμό. Παρά τη μικρή διαφορά στη βελτίωση της επίδοσης των δύο ομάδων, η παρούσα έρευνα υπογραμμίζει την ανάγκη για την εισαγωγή καινοτόμων εκπαιδευτικών περιβαλλόντων με κατάλληλα εργαλεία και σύγχρονες διδακτικές στρατηγικές.

Λέξεις κλειδιά: φυσικός προγραμματισμός, BBC Micro:bit, μάθηση βάσει έργου.

THE MICRO:BIT PLATFORM AS A PROJECT DEVELOPMENT TOOL IN THE NATURAL SCIENCES. SUGGESTIONS FOR TEACHING USE

Effransia Tzagkaraki[1], Stamatios Papadakis[2], Michail Kalogiannakis[3]

[1]PhD Student, Department of Preschool Education University of Crete,[2]Department of Preschool Education, University of Crete, [3]Department of Special Education, University of Thessaly

eftzag@gmail.com

ABSTRACT

The present research examines the effect of project-based learning in combination with the BBC Micro:bit on the teaching of electricity and specifically on the operation of a simple electrical circuit for students of the 5th grade. Two projects were created, including listening to music through headphones and constructing a motor-driven mechanism. The results showed that the experimental group, which used the Micro:bit, increased average performance compared to the control group. Also, students' alternative perceptions of electricity were reconstructed, and a positive effect on engagement and interest in electricity was observed. Despite the small difference in performance improvement between the two groups, the present study highlights the need to introduce innovative educational environments with appropriate tools and modern teaching strategies.

Keywords: physical computing, BBC Micro:bit, project-based learning.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο φυσικός προγραμματισμός αποτελεί πρόσφατο πεδίο ανάπτυξης στην εκπαίδευση. Πρόκειται για την αλληλεπίδραση μιας υπολογιστικής συσκευής με το περιβάλλον και αξιοποιώντας τη λειτουργία των αισθητήρων οι μαθητές και οι μαθήτριες έχουν ενεργό ρόλο στο σχεδιασμό και την υλοποίηση απτών και ρεαλιστικών τεχνουργημάτων (Hodges et al., 2020). Κεντρική ιδέα είναι ότι η ενασχόληση με το φυσικό προγραμματισμό και η αλληλεπίδραση ανθρώπου-μηχανής είναι ιδιαίτερα ευνοϊκή για την κατανόηση των εννοιών και ενδείκνυται για ποικιλία εφαρμογών σχετικές με τις ΤΠΕ, Internet of Things (IoT), ρομποτική και άλλα. Μέσω του φυσικού προγραμματισμού προωθείται η βαθύτερη κατανόηση (Kastner-Hauler et al., 2022). Αυτό συνάδει με ερευνητικά δεδομένα που υπογραμμίζουν τη σημασία τέτοιων συσκευών, ώστε οι μαθητές και οι μαθήτριες να διδαχθούν ακόμη και σύνθετα θέματα, μέσω πειραματισμού, σε πρακτικές δραστηριότητες, αλλά και την επίδραση σε συναισθηματικές καταστάσεις που σχετίζονται με τη μάθηση όπως κίνητρο, δέσμευση, αύξηση ενδιαφέροντος (Ariza & Baez, 2021). Παράλληλα, αναδύεται η ανάγκη για ειδίκευση των εκπαιδευτικών και συνεχή καθοδήγηση τους με έγκυρα ερευνητικά δεδομένα (Katterfeldt et al., 2018).

Πολλές φορές η συναρμολόγηση υλικού και η σύνταξη του κώδικα για τον προγραμματισμό του μπορεί να είναι αποτρεπτικά για τα παιδιά, ώστε να εμπλακούν σε βάθος με υπολογιστικές και άλλες έννοιες. Συνεπώς, κατάλληλα σχεδιασμένα κιτ που μειώνουν το χρόνο δημιουργίας και αντιμετωπίζουν προβλήματα που σχετίζονται με κακές συνδέσεις ή προβλήματα στη σύνταξη του κώδικα παρέχουν λύση σε τέτοια προβλήματα. Θα πρέπει όμως να επισημανθεί ότι πρόκειται για μια περίπλοκη μαθησιακή διαδικασία (Katterfeldt et al., 2018). Βοηθητικό ωστόσο φαίνεται να είναι η κατάτμηση των διαφόρων έργων σε μικρότερα τμήματα κώδικα, με λιγότερα βήματα ώστε να κατανοούν οι εκπαιδευόμενοι τα αποτελέσματα των εντολών και των διαδικασιών και να προβαίνουν σε συνειδητές επιλογές (Τζαγκαράκη, Παπαδάκης & Καλογιαννάκης, 2022). Παρόμοια ευρήματα δείχνουν ότι είναι κρίσιμο αφενός να γίνονται κατανοητά τα δομικά στοιχεία μιας τεχνολογικής λύσης, αφετέρου να γίνεται κατανοητή η λογική που διέπει τον κώδικα, το πώς ελέγχονται τα δομικά στοιχεία και η ροή των πληροφοριών που καθορίζει τη λειτουργία της λύσης. Η διάκριση όλων αυτών θα βοηθήσει στη γενίκευση αυτής της κατανόησης και σε άλλες περιπτώσεις (Cederqvist, 2020).

Στην περίπτωση του Micro:bit το περιβάλλον ανάπτυξης, το οποίο μπορεί να ελεγχθεί χρησιμοποιώντας μπλοκ της γλώσσας microPython ή Java, επεξεργάζεται σε πολλές γλώσσες, γεγονός που παρέχει ανακούφιση από την ανάγκη μετάφρασης κειμένου και η προσοχή μπορεί να εστιαστεί πλήρως στον προγραμματισμό ή όπου αλλού κρίνεται αναγκαίο (Krnaáč et al., 2020). Και δεδομένων των πλεονεκτημάτων που προσφέρει στην ενίσχυση θετικής στάσης και την ενθάρρυνση για ενασχόληση με πεδία που σχετίζονται και με άλλα γνωστικά αντικείμενα, όπως τα μαθήματα STEM, η χρήση της συγκεκριμένης πλακέτας μπορεί αν θεωρηθεί σημαντικό μαθησιακό και διδακτικό εργαλείο (Papadakis et al., 2024) καθώς αποτελεί μια καινοτόμα εφαρμογή της εκπαιδευτικής ρομποτικής για το δημοτικό σχολείο (Tzagkaraki et al., 2021· Tzagaraki et al., 2022). Ενδιαφέρον παρουσιάζει η έρευνα των Sáez-López et al. (2016) οι οποίοι διαπιστώνουν ότι ο συνδυασμός μιας οπτικής γλώσσας προγραμματισμού με μια μαθητοκεντρική παιδαγωγική προσέγγιση βελτιώνει μαθησιακά στοιχεία ενδυναμώνοντας το κίνητρο, τον ενθουσιασμό και τις επικοινωνιακές δεξιότητες των εμπλεκόμενων.

Με αυτά τα δεδομένα επιχειρήσαμε να συνδυάσουμε τη χρήση εφαρμογών του φυσικού προγραμματισμού και συγκεκριμένα του μικροελεγκτή Micro:bit, με τη διδακτική προσέγγιση της Μάθησης Βάσει Έργου (Project – Base Learning, στο εξής PBL). Ουσιαστικά, πρόκειται για μία ευρέως διαδεδομένη προσέγγιση που στοχεύει στη δημιουργία καταστάσεων που ενθαρρύνουν τη δημιουργικότητα μέσω της επίλυσης

πραγματικών προβλημάτων (Kwon et al., 2021). Η μάθηση βάσει έργου στηρίζεται κυρίως στην εμπειρία των μαθητών και των μαθητριών και καθοδηγείται από το ίδιο το σχέδιο, ενώ υφίσταται λιγότερο συγκεκριμένη δομή και είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός τρόπος διασύνδεσης πολλών διαφορετικών μαθημάτων καθώς και άλλων ενοτήτων ενός μαθήματος. Στην ουσία πρόκειται για μια εκτεταμένη έρευνα όπου οι μαθητές και οι μαθήτριες σε κάθε φάση του σχεδίου χρησιμοποιούν την ερευνητική διαδικασία όντας υπεύθυνοι για τη μάθησή τους μέσω τη βιωματικότητας. Είναι μια ενεργή κατασκευή γνώσεων όπου οι προηγούμενες γνώσεις και εμπειρίες συνδέονται, ανακατασκευάζονται και δίνεται νέο περιεχόμενο μέσω της έρευνας και της βαθύτερης κατανόησης (Salam, 2022).

ΣΚΟΠΟΣ – ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑ

Η παρούσα έρευνα εξετάζει εάν η μάθηση βάσει έργου σε συνδυασμό με την προτεινόμενη εφαρμογή φυσικού προγραμματισμού μέσω του Micro:bit βελτιώνει τις επιδόσεις των μαθητών και των μαθητριών από την παραδοσιακή διδασκαλία στο μάθημα των Φυσικών για μαθητές και μαθήτριες της Ε΄ τάξης στο Ηράκλειο Κρήτης. Το βασικό ερευνητικό ερώτημα της μελέτης μας όπως διαμορφώθηκε από τη σχετική βιβλιογραφία του πεδίου που αναφέραμε στην εισαγωγή μας καθώς και από τις συνθήκες τις παρούσας έρευνας είναι το ακόλουθο:

Βελτιώνονται οι επιδόσεις των μαθητών και μαθητριών της Ε' τάξης της πειραματικής ομάδας στην κατανόηση των εννοιών και των εφαρμογών του ηλεκτρικού κυκλώματος συνδυάζοντας τη μάθηση βάσει έργου με τη χρήση του Micro:bit, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου;

ΜΕΘΟΔΟΣ

Πραγματοποιήθηκε εκπαιδευτικό πείραμα, από τον Φεβρουάριο έως τον Απρίλιο του 2023, το οποίο υλοποιήθηκε σταδιακά με προ-έλεγχο (pre-test) και μετά-έλεγχο (post-test). Οι μαθητές και μαθήτριες χωρίστηκαν σε δύο ισοδύναμες αριθμητικά ομάδες: Πειραματική και Ελέγχου. Οι ερευνητές ανέπτυξαν δύο έργα και ένα μέλος της ερευνητικής ομάδας που είναι εκπαιδευτικός ανέλαβε τη διεξαγωγή του πειράματος στην τάξη. Το πρώτο μέρος της διαδικασίας αφορούσε την εισαγωγή των μαθητών και μαθητριών στον προγραμματισμό που βασίζεται σε μπλοκ (block-base programming) και το δεύτερο αφορούσε την υλοποίηση έργων στην πράξη. Στο πρώτο μέρος, οι μαθητές και οι μαθήτριες εξερεύνησαν πώς λειτουργεί το MakeCode της Microsoft καθώς χρησιμοποιεί μπλοκ με χρωματική κωδικοποίηση και παρέχει πρόσβαση σε όλες τις δυνατότητες της πλακέτας. Χρησιμοποιήθηκαν η οθόνη προσομοίωσης, η περιοχή των παλετών εντολών και η περιοχή δημιουργίας κώδικα. Από τις βασικές δομές προγραμματισμού χρησιμοποιήθηκε η διαδοχική και η δομή ελέγχου. Στο δεύτερο μέρος, μαθητές και μαθήτριες ανέλαβαν ομαδικά την υλοποίηση δύο διαφορετικών και ανεξάρτητων σεναρίων.

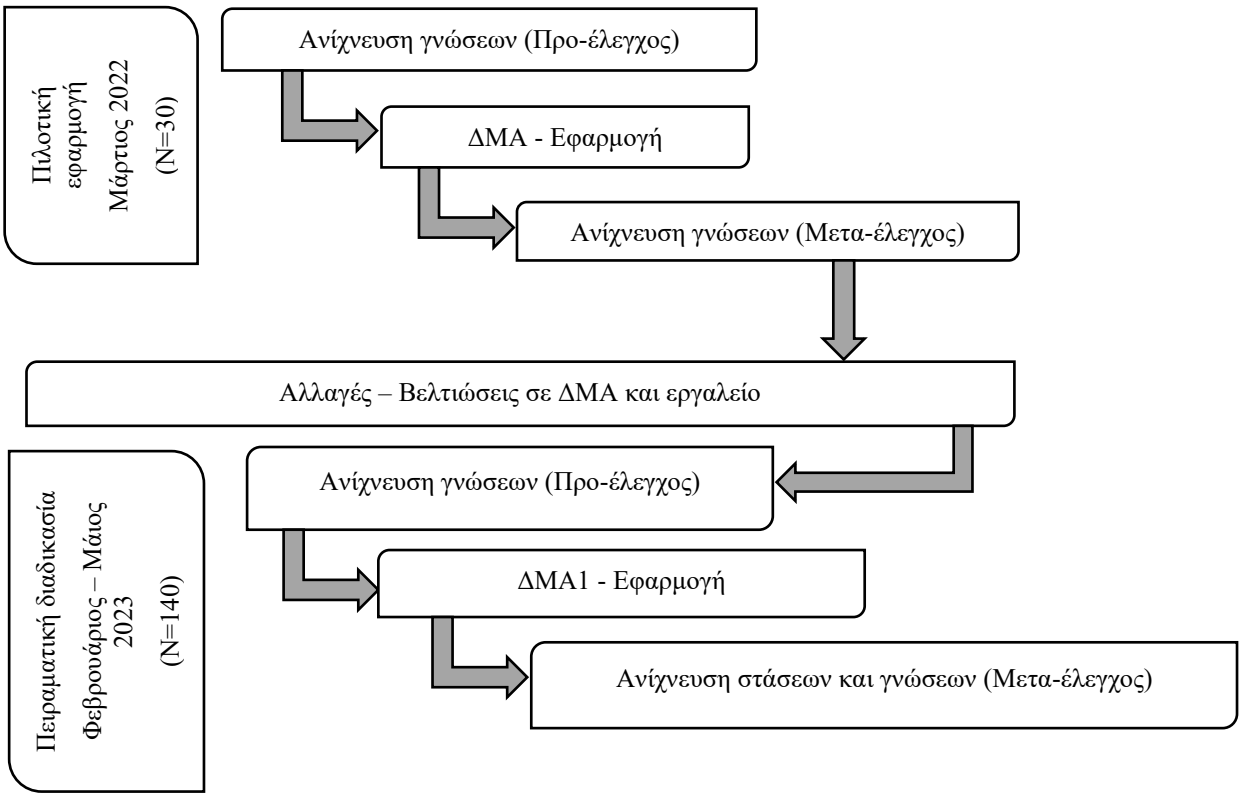
Τα σενάρια αφορούσαν τη χρήση των ακροδεκτών για ακρόαση μουσικής από ακουστικά και την κατασκευή μηχανισμού κίνησης με κινητήρα (servo) και μπορούν να αναζητηθούν στο σύνδεσμο https://drive.google.com/file/d/1WV9fiXkMTIoPkJiG8T6qoVFSuiGmnJXQ/view?usp=drive_link. Με την ολοκλήρωση της παρέμβασης, κάθε ομάδα παρουσίασε το έργο της στις υπόλοιπες ομάδες στην ολομέλεια της τάξης.

Συνολικά, 140 μαθητές και μαθήτριες της Ε΄ τάξης συμμετείχαν στην παρούσα μελέτη και οι περισσότεροι/ες είχαν προηγούμενη εμπειρία και γνώσεις του Scratch. Οι ερευνητές/τριες της ομάδας μας ανέπτυξαν μια έντυπη αξιολόγηση 5 δραστηριοτήτων η οποία μπορεί να αναζητηθεί αναλυτικά στο σύνδεσμο που ακολουθεί https://drive.google.com/file/d/1Bb3PCypTZDhwAmXUsHrWWdnl_Sffz_ho/view?usp=drive_link

προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδοση των μαθητών και των μαθητριών. Για τις δραστηριότητες αξιολόγησης λήφθηκε υπόψη το επίσημο αναλυτικό πρόγραμμα για τα Φυσικά του Δημοτικού (Κώτσης κ.α., 2021α) και ο Οδηγός του/ης Εκπαιδευτικού (Κώτσης κ.α., 2021β).

Η έρευνα υλοποιήθηκε σε τρεις φάσεις για κάθε σχολική μονάδα. Στην πρώτη φάση δόθηκε στους μαθητές και στις μαθήτριες ένα ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις ανίχνευσης προηγούμενων γνώσεων (προ-έλεγχος). Στη δεύτερη φάση εφαρμόστηκε η διδακτική παρέμβαση διάρκειας 10 διδακτικών ωρών με την υλοποίηση των προγραμματισμένων δραστηριοτήτων. Μετά την ολοκλήρωση του πειραματικού σχεδιασμού, πραγματοποιήθηκε μετα-έλεγχος. Ουσιαστικά επιδιώξαμε οι μαθητές και οι μαθήτριες, αφενός να κατανοήσουν συναφείς έννοιες με το αντικείμενο του ηλεκτρισμού, αφετέρου να γνωρίσουν και να οικειοποιηθούν το σκεπτικό ότι για ένα ερώτημα που διατυπώνεται, δίδεται απάντηση μέσω της επιστημονικής έρευνας. Οι διαφορές που προέκυψαν ανάμεσα στον προκαταρτικό και το μεταγενέστερο έλεγχο και για τις δύο ομάδες, μας παρείχαν πληροφορίες για την επίδραση της Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ) που υλοποιήθηκε ως παρέμβαση όπως παρουσιάζεται διεξοδικά στο σχήμα 1 που ακολουθεί. Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι για την υλοποίηση της ερευνητική διαδικασίας τηρήθηκαν όλοι οι κανόνες για τη δεοντολογία της έρευνας (Petousi & Sifaki, 2020) και το ερευνητικό πρωτόκολλο έλαβε σχετική έγκριση από την Επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας της Έρευνας (Ε.Η.Δ.Ε) του Πανεπιστημίου Κρήτης σύμφωνα με την απόφαση με αριθμό 197 και ημερομηνία 02.12.2022.

Σχήμα 1. Τα αναλυτικά στάδια της ερευνητικής διαδικασίας



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του IBM SPSS. Η μη παραμετρική δοκιμή Wilcoxon επιλέχθηκε για να προσδιοριστεί εάν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των βαθμολογιών (Z= -10,200, p= 0,000). Τα δεδομένα αυτά υποδεικνύουν ότι οι επιδόσεις κατά τον προ-έλεγχο είναι σημαντικά μικρότερες και υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους.

Οι περισσότεροι/ες από τους συμμετέχοντες/ουσες και των δύο ομάδων είχαν υψηλότερη βαθμολογία στο post-test από το pre-test, όπως φάνηκε από το Wilcoxon Signed Ranks Test (137 μαθητές και μαθήτριες σε σύνολο 140 είχαν καλύτερες επιδόσεις στο post -δοκιμή). Παρατηρώντας τις διαφορές στην απόδοση της πειραματικής ομάδας σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, παρατηρούμε ότι στο pre-test, η ομάδα ελέγχου είχε καλύτερες επιδόσεις από την πειραματική ομάδα κατά 2,04%. Ενώ κατά τη διάρκεια του post-test, η πειραματική ομάδα είχε ελαφρώς καλύτερη απόδοση (0,20%). Βρίσκουμε διαφορά στα ποσοστά βελτίωσης της απόδοσης (27,04% για την ομάδα ελέγχου και 30,28% για την πειραματική ομάδα). Εξετάζοντας τη βελτίωση κάθε ομάδας στα επιμέρους ερωτήματα, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές αν και η πειραματική ομάδα γενικότερα παρουσίασε ελαφρώς καλύτερες επιδόσεις (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Διαφορές στις επιδόσεις των ομάδων.

	Ομάδα ελέγχου	Πειραματική ομάδα	Διαφορά επίδοσης
Προ-έλεγχος	57,50%	55,46%	-2,04%
Μετα-έλεγχος	85,54%	85,74%	0,20%
Βελτίωση επίδοσης	28,04%	30,28%	2,24%

Εντοπίζεται στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση των δύο μεθόδων μέσω t - test Εξαρτημένων Δειγμάτων και άρα φαίνεται αποτελεσματική η προτεινόμενη μέθοδος, καθώς η επίδοση των παιδιών βελτιώθηκε στο μετα-έλεγχο. Από τον έλεγχο Τ προκύπτει διαφορά πριν και μετά την παρέμβαση (M= - 29,19 SD= 15,93) με μέγεθος επίδρασης $t(139)= -21,68$, $p < 0,05$ ($p= 0,00$), 95% CI [-31,85, -26,53] (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Έλεγχος υποθέσεων Τ για εξαρτημένα δείγματα

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Αρχικές επιδόσεις	56,45	140,00	16,64	1,41
Τελικές επιδόσεις	85,64	140,00	12,47	1,05

Εξετάζοντας τα στατιστικά αποτελέσματα για κάθε ομάδα παρατηρούμε ότι στον προέλεγχο η τιμή της διακύμανσης είναι μεγάλη υποδεικνύοντας αστάθεια και ανομοιογένεια στις επιδόσεις των παιδιών. Στο μετα-έλεγχο η μικρότερη τιμή της διακύμανσης δείχνει περισσότερη ομοιογένεια ως προς την επίδοση ανάμεσα στα μέλη και των δύο ομάδων μετά την εφαρμογή του πειράματος. Κατά τον μετα-έλεγχο ειδικά για την πειραματική ομάδα φαίνεται ότι η προτεινόμενη παρέμβαση επιδρά θετικά στην ομοιογένεια των αποτελεσμάτων. Εξετάζοντας τις τυπικές αποκλίσεις (SD) των δύο ομάδων επιβεβαιώνεται επίσης η διαφορά στις διακυμάνσεις, αλλά και η ανομοιογένεια των επιδόσεων των μελών τους. Για την ομάδα ελέγχου η τυπική απόκλιση διαφέρει από τον προ-έλεγχο κατά 3,15. Για την πειραματική ομάδα η αντίστοιχη διαφορά είναι 5,08.Η μείωση του τυπικού σφάλματος (Standard Error of Mean) και στις δύο ομάδες υποδηλώνει βελτίωση του ελέγχου της αβεβαιότητας για τη μέση επίδοση των μελών τους σε σχέση με τον προ-έλεγχο. Η αλλαγή αυτή ενδεχομένως να σχετίζεται με την υλοποίηση του πειράματος (Πίνακας 3).

Πίνακας 3. Στατιστικά στοιχεία των επιδόσεων κάθε ομάδας της έρευνας.

			Αρχικές επιδόσεις (Προ-έλεγχος)	Τελικές επιδόσεις (Μετα-έλεγχος)
Ομάδα	Ελέγχου	M	57,50	85,54
		Max	90,00	100,00
		Min	26,67	43,33
		Var.	251,87	161,73
		Std. Error	1,92	1,54
		SD	15,87	12,72
		N	68	68
	Πειραματική	M	55,46	85,74
		Max	86,67	100,00
		Min	16,67	53,33
		Var.	302,13	151,56
		Std. Error	2,05	1,45
		SD	17,38	12,31
		N	72	72

Για όλες τις Δραστηριότητες η μέγιστη επίδοση είναι 6 και η ελάχιστη 0. Πιο συγκεκριμένα:

Στη *Δραστηριότητα 1* η μέση επίδοση για την ομάδα ελέγχου διαφέρει κατά 1,34 (αύξηση 22,30%) μετά την παρέμβαση, ενώ για την πειραματική ομάδα η αντίστοιχη διαφορά είναι 1,80 (αύξηση 30,09%), αν και παρουσιάζει μεγαλύτερη ανομοιογένεια στις επιδόσεις των μελών της. Στη συγκεκριμένη δραστηριότητα συνολικά η ομάδα ελέγχου παρουσίασε μεγαλύτερες επιδόσεις τόσο πριν όσο και μετά την παρέμβαση.

Για τη *Δραστηριότητα 2* η μέση επίδοση για την ομάδα ελέγχου διαφέρει κατά 1,21 (αύξηση 20,09%) μετά την παρέμβαση, ενώ για την πειραματική η αντίστοιχη διαφορά είναι 1,90 (αύξηση 31,71%). Ειδικά για την πειραματική ομάδα η μεγαλύτερη μείωση της τυπικής απόκλισης συνιστά σημαντική μείωση για τη διακύμανση και ένδειξη πιο σταθερής απόδοσης των παρατηρούμενων δεδομένων. Στη συγκεκριμένη δραστηριότητα η πειραματική ομάδα παρουσίασε μεγαλύτερες επιδόσεις μετά την παρέμβαση.

Για τη *Δραστηριότητα 3* η μέση επίδοση αυξήθηκε μετά την παρέμβαση και για τις δύο ομάδες. Για την ομάδα ελέγχου κατά 55,15%, ενώ για την πειραματική ομάδα κατά 55,55%. Ειδικά για την πειραματική ομάδα σχεδόν το σύνολο του δείγματος πέτυχε τη μέγιστη επίδοση.

Για τη *Δραστηριότητα 4* η μέση επίδοση για την ομάδα ελέγχου διαφέρει κατά 1,50 (αύξηση 24,99%) μετά την παρέμβαση, ενώ για την Πειραματική ομάδα η αντίστοιχη διαφορά είναι 1,38 (αύξηση 23,14%). Κατά τον προ-έλεγχο τόσο για την ομάδα ελέγχου όσο και για την πειραματική, το μεγαλύτερο ποσοστό των παιδιών (27,9 % και 30,60% αντίστοιχα) βαθμολογήθηκε με 6 μονάδες. Στο μετα-έλεγχο παρατηρείται και στις δύο ομάδες το μεγαλύτερο ποσοστό των παιδιών να επιτυγχάνει τη μέγιστη βαθμολογία (61,8% για την ομάδα ελέγχου και 70,8% για την πειραματική.

Για τη *Δραστηριότητα 5* η μέση επίδοση για την ομάδα ελέγχου διαφέρει κατά 1,06 (αύξηση 17,65%) μετά την παρέμβαση, ενώ για την πειραματική ομάδα η αντίστοιχη διαφορά είναι 0,65 (αύξηση 10,88%). Στο μετα-έλεγχο παρατηρείται και στις δύο ομάδες τα μεγαλύτερα ποσοστά των παιδιών να βαθμολογούνται είτε με 4 (σε ποσοστό 42,6%) είτε με 6 μονάδες (σε ποσοστό 50,0%) για την ομάδα ελέγχου και για την πειραματική με 4 μονάδες (ποσοστό 44,4%) και με 6 μονάδες (ποσοστό 41,7%).

Επίσης, διαφορές εντοπίστηκαν μεταξύ αγοριών και κοριτσιών των δύο ομάδων, με τα κορίτσια της πειραματικής ομάδας να έχουν μεγαλύτερη βελτίωση στο post-test (Πίνακας 4).

Πίνακας 4. Αναλυτικά αποτελέσματα ανά φύλο.

	Αγόρια			Κορίτσια		
	Ομάδα ελέγχου	Πειραματική ομάδα	Διαφορά ομάδας	Ομάδα ελέγχου	Πειραματική ομάδα	Διαφορά ομάδας
Προ-έλεγχος	55,38%	57,06%	1,68%	59,28%	54,04%	-5,24%
Μετα-έλεγχος	83,33%	85,39%	2,06%	87,39%	86,05%	-1,33%
Βελτίωση	27,96%	28,33%	0,38%	28,11%	32,02%	3,91%

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα μελέτη εξετάσαμε εάν η επίδοση των μαθητών και των μαθητριών βελτιώθηκε όσον αφορά την κατανόηση εννοιών για το μοντέλο ενός απλού διπολικού ηλεκτρικού κυκλώματος που αποτελείται από μια λάμπα, μπαταρία, καλώδια, βάση λαμπτήρα και διακόπτη και τον ρόλο των υλικών που χρησιμοποιούμε για να ελέγξουμε τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος (αγωγοί ή μονωτές). Παρατηρήθηκε ότι όλα τα παιδιά, ανεξαρτήτως ομάδας, βελτίωσαν τις επιδόσεις τους στις εξεταζόμενες έννοιες, στοιχείο κρίσιμο για τη χρήση της προτεινόμενης προσέγγισης, επιβεβαιώνοντας ότι η μάθηση βάσει έργου βελτιώνει τη μάθηση (Kastner-Hauler et al., 2022).

Στην πειραματική ομάδα, οι μαθητές και οι μαθήτριες εργάστηκαν με τη συσκευή Micro: bit. Ωστόσο, η διαφορά που παρατηρήθηκε στο post-test μεταξύ της πειραματικής και της ομάδας ελέγχου είναι μικρή (2,24%). Ωστόσο, η πειραματική ομάδα είχε χαμηλότερη απόδοση στο pre-test (55,46%) από την ομάδα ελέγχου (57,50%), επομένως η βελτίωση είναι ελαφρώς καλύτερη για την πειραματική ομάδα στο post-test. Η προηγούμενη γνώση θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη κατά την ανάπτυξη της διαδικασίας διδασκαλίας και μάθησης.

Μέσω της παρέμβασης φάνηκαν να βελτιώνονται οι επιδόσεις και η κατανόηση σχετικά με έννοιες του ηλεκτρισμού και τη λειτουργία του απλού κλειστού ηλεκτρικού κυκλώματος. Ειδικά η πειραματική ομάδα παρουσίασε καλύτερα αποτελέσματα συγκριτικά με την Ομάδα ελέγχου. Κατά τον προέλεγχο και λόγω της έλλειψης σαφούς εννοιολογικού μοντέλου παρατηρήθηκαν εννοιολογικά προβλήματα και διαπιστώθηκαν αρκετές παρανοήσεις όμοιες με αυτές που προέκυψαν από την ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας (Jelovica et al., 2024). Κρίνοντας ωστόσο από τα αποτελέσματα κατά το μεταέλεγχο θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε πως σε μεγάλο βαθμό μετατοπίστηκαν οι εναλλακτικές αντιλήψεις που αφορούσαν την έννοια του ηλεκτρικού ρεύματος ως προσανατολισμένη κίνηση ελεύθερων ηλεκτρονίων, από τον αρνητικό προς το θετικό πόλο της μπαταρίας. Επίσης αναλύθηκε το ηλεκτρικό κύκλωμα ως διαδρομή όπου ρέει το ρεύμα, στην οποία συνδέεται μπαταρία ως πηγή ενέργειας, μεταλλικά σύρματα ως αγωγοί, εξαρτήματα όπως η λάμπα όπου χρησιμοποιούν το ρεύμα για να λειτουργήσουν και πιθανόν ένας διακόπτης ώστε να ελέγχεται η ροή του ρεύματος.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι μαθητές και οι μαθήτριες με υψηλότερες επιδόσεις στο pre-test είχαν επίσης υψηλότερες επιδόσεις στο post-test (Kwon, et al., 2021). Επίσης, τα αποτελέσματα για όλους τους μαθητές και τις μαθήτριες ήταν πολύ υψηλά (85,54% για την ομάδα ελέγχου και 85,74% για την πειραματική ομάδα), δείχνοντας υψηλή κατανόηση ανεξάρτητα από τα μέσα χρησιμοποιήθηκαν. Πολλά από τα λάθη τους φαίνεται να προκλήθηκαν από τη σύγχυση σχετικά με κάποιους όρους όπως τον λεκτικό όρο του ανοίγματος και του κλεισίματος ενός κυκλώματος που είναι αντίθετος με τον σωστό όρο στη φυσική («άνοιξε το φως» σημαίνει κλείσιμο του διακόπτη. Γενικά, παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση της χρήσης του Micro:bit στη συμπεριφορά των παιδιών προς το θέμα ακόμη κι αν αυτό δε φάνηκε τόσο έντονα στην επίδοση τους. Ένα εύρημα που επιβεβαιώνει ότι προκύπτουν διάφορα μαθησιακά αποτελέσματα, όπως η βελτίωση της απόδοσης και των τεχνικών δεξιοτήτων των μαθητών και των μαθητριών, αλλά και συναισθηματικά αποτελέσματα που

σχετίζονται με την ενίσχυση του ενδιαφέροντος, των κινήτρων και της εμπλοκής (Ariza & Baez, 2021).Εξετάζοντας τα αποτελέσματα για το φύλο, μπορούμε να δούμε ότι τα κορίτσια της πειραματικής ομάδας είχαν τη σημαντικότερη βελτίωση. Ουσιαστικά η διαφορά στη βελτίωση της πειραματικής ομάδας συνολικά οφείλεται στις επιδόσεις των κοριτσιών.

Η μικρή διαφορά στη βελτίωση της απόδοσης των δύο ομάδων δείχνει την αναγκαιότητα διαμόρφωσης νέων εκπαιδευτικών περιβαλλόντων, εμπλουτισμένων, ωστόσο, με τα κατάλληλα εργαλεία ή συνδυασμό εργαλείων. Ο Salam (2022) δηλώνει ότι παρά τα πλεονεκτήματά της, η μάθηση βάσει έργου και η σχετική έρευνα σχετικά με τη συμπερίληψή της στη διαδικασία διδασκαλίας και μάθησης πρέπει να εμπλουτιστούν με την παροχή ουσιαστικών κατευθύνσεων. Επίσης, τα τυπικά γνωστικά μαθησιακά αποτελέσματα που προκύπτουν έχουν να κάνουν με τη βελτίωση των βαθμών και των τεχνικών δεξιοτήτων των μαθητών και των μαθητριών. Όσον αφορά τα συναισθηματικά μαθησιακά αποτελέσματα, η αύξηση του ενδιαφέροντος, των κινήτρων και της δέσμευσης είναι εμπειρικά αποδεικτικά στοιχεία που χρειάζονται περισσότερη διερεύνηση (Kalogiannakis et al., 2021).

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Θα είχε ενδιαφέρον να μελετηθούν οι στάσεις των μαθητών και μαθητριών και οι αλλαγές στις απόψεις τους για την εκμάθηση και άλλων συγκεκριμένων εννοιών από το χώρο των φυσικών επιστημών. Η μελέτη των αντιλήψεών τους θα μας έδινε πληροφορίες για τα κίνητρά τους και εάν η χρήση του φυσικού προγραμματισμού και των αντίστοιχων συσκευών έχει κάποια επίδραση σε αυτά. Ως προς τη χρήση της συγκεκριμένης πλακέτας αξιοποιήθηκε μόνο ένα μικρό μέρος των δυνατοτήτων του Micro: bit, κυρίως λόγω της ηλικίας των μαθητών και μαθητριών και του αντικειμένου της μελέτης μας. Σε παιδιά μεγαλύτερης ηλικίας, θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε πολλές άλλες συναρτήσεις/εντολές για να τους βοηθήσουμε να κατανοήσουν και πιο πολύπλοκα θέματα.

Οι περισσότερες σχετικές έρευνες με παρόμοια μεθοδολογική προσέγγιση επικεντρώνονται στη διερεύνηση των δεξιοτήτων υπολογιστικής σκέψης και κωδικοποίησης, όμως στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας εστιάσαμε στην εννοιολογική κατανόηση, η οποία θα ήταν ενδιαφέρον να αξιολογηθεί για παράδειγμα χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα scratch καθώς και κινητές συσκευές (Kanaki et al., 2022). Επιπρόσθετα, ένας συνδυασμός μεθόδων αξιολόγησης, όπως η παρατήρηση και η συνέντευξη, θα μπορούσε να καταγράψει βαθύτερες πτυχές του εξεταζόμενου θέματος, καθώς και στοιχεία που δεν είναι εύκολο να προσεγγιστούν μόνο από την ποσοτική προσέγγιση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κώτσης, Κ., Αποστολάκης, Ε., Γκικοπούλου, Ο., Μιτζήθρας, Κ., & Πατρινόπουλος, Μ. (2021α). *Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικά Δημοτικού*. Αθήνα: Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής.

Κώτσης, Κ., Αποστολάκης, Ε., Γκικοπούλου, Ο., Μιτζήθρας, Κ., & Πατρινόπουλος, Μ. (2021β). *Οδηγός εκπαιδευτικού Φυσικά Δημοτικού.* (2η Έκδοση). Αθήνα: Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής.

Τζαγκαράκη, Ε., Παπαδάκης, Στ., & Καλογιαννάκης, Μ. (2022). Η Πλακέτα BBC Micro:bit ως Εκπαιδευτικό Εργαλείο. Μια Πιλοτική Εφαρμογή για τα Φυσικά Ε΄ Δημοτικού. Στο Ν. Αλεξανδρής, Χ. Δουληγέρης, Ι. Καρύδης, Σπ. Δουκάκης, Β. Μπελεσιώτης, & Θ. Καρβουνίδης (Επιμ.), *Πρακτικά 14th Conference on Informatics in Education - Η Πληροφορική στην εκπαίδευση (14th CIE 2020)*, 281-291, Διαδικτυακά, 4-6 Νοεμβρίου 2022.

Ariza, J. Á., & Baez, H. (2022). Understanding the role of single-board computers in engineering and computer science education: A systematic literature review. *ArXiv*. https://doi.org/10.1002/cae.22439

Cederqvist, A.M. (2020a). Pupils' ways of understanding programmed technological solutions when analysing structure and function. *Educ Inf Technol*, 25, 1039–1065. https://doi.org/10.1007/s10639-019-10006-4

Hodges, S., Sentance, S., Finney, J., & Ball, T. (2020). Physical Computing: A Key Element of Modern Computer Science Education. *Computer, 53*, 20-30.

Jelovica, L., Erceg, N., Mešić, V., & Aviani, I. (2024). Students' understanding of microscopic models of electrical and thermal conductivity: Findings within the development of a multiple-choice concept inventory. *Education Sciences*, *14*(3), 275. https://doi.org/10.3390/educsci14030275

Kalogiannakis, M. Tzagkaraki, E., & Papadakis, St. (2021). A Systematic Review of the Use of BBC Micro:bit in Primary School. In Proceedings of the *10th Virtual Edition of the International Conference New Perspectives in Science Education*, 18-19, 379-384. https://doi.org/10.26352/F318_2384-9509

Kanaki, K., Kalogiannakis, M., Poulakis, E., & Politis, P. (2022). Investigating the Association between Algorithmic Thinking and Performance in Environmental Study, *Sustainability 2022, 14*, 10672, https://doi.org/10.3390/su141710672

Krnaáč, R., Cápay, M., & Koprda, Š. (2020). Education with physical device BBC micro:bit. In 2020 *18th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)* (pp. 352-357). Košice, Slovenia. https://doi.org/10.1109/ICETA51985.2020.9379166

Kastner-Hauler, O., Tengler, K., Sabitzer, B. & Lavicza, Z., (2022). Combined Effects of Block-Based Programming and Physical Computing on Primary Students' Computational Thinking Skills. *Front. Psychol*, *13*, 875382. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.875382

Katterfeldt, E. S., Cukurova, M., Spikol, D., & Cuartielles, D. (2018). Physical computing with plug-and-play toolkits: Key recommendations for collaborative learning implementations. *International Journal of Child-Computer Interaction*, *17*, 72-82. https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.03.002

Kwon, K., Ottenbreit-Leftwich, A.T., Brush, T.A., Jeon, M., & Yan, G. (2021). Integration of problem-based learning in elementary computer science education: effects on computational thinking and attitudes. *Educational Technology Research and Development*, *69*, 2761 – 2787, http://dx.doi.org/10.1007/s11423-021-10034-3

Papadakis, S., Tzagkaraki, E., Kalogiannakis, M. (2024). Teaching Electricity Topics with Project-Based Learning and Physical Computing to Enhance Primary School Students in Science Education. An Educational Experiment with BBC Micro:bit Board. In: Auer, M.E., Cukierman, U.R., Vendrell Vidal, E., Tovar Caro, E. (eds) *Towards a Hybrid, Flexible and Socially Engaged Higher Education*. ICL 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 900. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52667-1_31

Petousi, V., & Sifaki, E. (2020). Contextualizing harm in the framework of research misconduct. Findings from a discourse analysis of scientific publications, *International Journal of Sustainable Development, 23*(3/4), 149-174, https://doi.org/10.1504/IJSD.2020.10037655

Sáez-López, J., Román-González, M., & Vázquez-Cano, E. (2016). Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school: A two year case study using "Scratch" in five schools. *Computers & Education*, *97*, 129-141. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.003

Salam, S. (2022). A systemic review of Problem-Based Learning (PBL) and Computational Thinking (CT) in teaching and learning. International *Journal of Humanities and Innovation (IJHI)*, *5*(2), 46–52. https://doi.org/10.33750/ijhi.v5i2.145

Tzagkaraki, E., Papadakis, St., & Kalogiannakis, M. (2021). Exploring the Use of Educational Robotics in primary school and its possible place in the curricula. In M. Malvezzi, D. Alimisis, & M. Moro (Eds). *Education in & with Robotics to Foster 21st Century Skills. Proceedings of EDUROBOTICS 2020*, Online Conference February 25-26, 2021, 216-229, Switzerland, Cham: Springer, https://doi.org/10.1007/978-3-030-77022-8_19

Tzagaraki, E., Papadakis, S., & Kalogiannakis, M. (2022). Teachers' attitudes on the use of educational robotics in primary school. In S. Papadakis & M. Kalogiannakis (Eds.), *STEM, robotics, mobile apps in early childhood and primary education: Technology to promote teaching and learning* (pp. 257-283). Switzerland, Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-19-0568-1_13