



UNIVERSITY OF
THESSALY

ABSTEAM



Αποθετήριο Καλών Πρακτικών & Δραστηριοτήτων Α/θμιας και Β/θμιας Εκπαίδευσης

Υπό την αιγίδα της επιστημονικής ομάδας SeRI (seri.cs.uth.gr), του
Τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Πανεπιστημίου
Θεσσαλίας

Βαθμίδα: Β/θμια

Εντάσσοντας το STEM και την Υπολογιστική Σκέψη στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Ιατρού Παρασκευή¹, Ψυχάρης Σαράντος²,
Καλοβρέκτης Κωνσταντίνος³ Αποστόλης Ξενάκης³,
vivi.iatrou@gmail.com, spsycharis@gmail.com, kcalovr@uth.gr, axenakis@inf.uth.gr

¹MSc STEM in Education ΑΣΠΑΙΤΕ-Ε³STEM ²Καθηγητής ΑΣΠΑΙΤΕ –Ε³STEM

³Μεταδιδακτορικός Ερευνητής Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας-Ε³STEM

Εντάσσοντας το STEM και την Υπολογιστική Σκέψη στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Ιατρού Παρασκευή¹, Ψυχάρης Σαράντος²,
Καλοβρέκτης Κωνσταντίνος³ Αποστόλης Ξενάκης³,
vivi.iatrou@gmail.com, spsycharis@gmail.com, kkalovr@uth.gr, axenakis@inf.uth.gr
¹MSc STEM in Education ΑΣΠΑΙΤΕ-Ε³STEM ²Καθηγητής ΑΣΠΑΙΤΕ –Ε³STEM
³Μεταδιδακτορικός Ερευνητής Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας-Ε³STEM

Περίληψη

Οι συνήθειες εκπαιδευτικές πρακτικές, οι οποίες κατά κανόνα σχετίζονται με δασκαλοκεντρικές προσεγγίσεις, εστιάζουν συνήθως στη γνωστική ανάπτυξη των μαθητών, παραβλέποντας την ανάπτυξη των δεξιοτήτων, με τις οποίες πρέπει να εφοδιαστούν οι μαθητές, αυριανοί πολίτες, για να μπορούν να διαχειριστούν προβλήματα με τα οποία θα έρθουν αντιμέτωποι όχι μόνο στον εργασιακό τους χώρο αλλά και στη καθημερινή τους ζωή. Στα πλαίσια των ομίλων επιστημών και ρομποτικής που υλοποιούνται στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση είναι δυνατή η εισαγωγή του ολοκληρωμένου STEM σε συνδυασμό με την ανάπτυξη του υπολογιστικού τρόπου σκέψης. Στην παρούσα εργασία, παρουσιάζουμε την εφαρμογή και αναλύουμε εμπειρικά τα αποτελέσματα ενός συνόλου δραστηριοτήτων STEM, στα πλαίσια σχολικού ομίλου μετά από ένα χρόνο εφαρμογής σε γυμνάσιο.

Λέξεις κλειδιά: STEM, Υπολογιστική σκέψη, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

1. Εισαγωγή

Περισσότερα από είκοσι χρόνια έχουν συμπληρωθεί από τις πρώτες αναφορές στην εκπαίδευση STEM (Science, Technology, Engineering & Math) στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και μέχρι σήμερα έχουν γίνει πολλές συζητήσεις διεθνώς για το τι εκφράζει.

Αυτό που θα μπορούσαμε να διακρίνουμε ως κοινό τόπο στο μεγαλύτερο μέρος αυτού του προβληματισμού είναι ότι η STEM εκπαίδευση όχι μόνο βοηθάει τους μαθητές στην καλύτερη κατανόηση των αντικειμένων του STEM αλλά τους βοηθάει να αναπτύξουν δεξιότητες που θα τους χρειαστούν για την μελλοντική τους σταδιοδρομία (Hunt, 2011 ; Moore & Smith, 2014), ιδιαίτερα σε αυτές τις δεξιότητες που χαρακτηρίζονται ως κομβικές για τον 21^ο αιώνα. Με τον όρο κομβικές δεξιότητες εννοούμε όλες τις δεξιότητες που χρειάζεται να αναπτύξει το άτομο τόσο για την ακαδημαϊκή του επιτυχία όσο και για την εύρεση εργασίας (ats2020.eu, 2017).

Σύμφωνα με ερευνητές (Glancy & Moore, 2013), πρωταρχικός στόχος οποιουδήποτε προγράμματος STEM πρέπει να είναι η ανάπτυξη από τους μαθητές του αποδεικτικού τρόπου σκέψης των μαθηματικών, της σχεδιαστικής σκέψης στη μηχανική, της έρευνας στις φυσικές επιστήμες και της υπολογιστικής σκέψης στην τεχνολογία, οι οποίες ενώ είναι ξεχωριστές και ανεξάρτητες προσεγγίσεις συνδέονται και είναι αλληλένδετες, μέσα από την επίλυση προβλημάτων, με βιωματικές εκπαιδευτικές διαδικασίες. Βιβλιογραφικά αναφέρονται δύο τρόποι υλοποίησης του STEM, η ολοκλήρωση πλαισίου (context integration) και η ολοκλήρωση περιεχομένου (content integration).

Στην πρώτη περίπτωση ένα γνωστικό αντικείμενο έχει τον κυρίαρχο ρόλο στην δραστηριότητα ενώ τα υπόλοιπα έχουν επικουρικό ρόλο και απλώς δίνουν το πλαίσιο για την υλοποίηση της δραστηριότητας, ενώ στην δεύτερη περίπτωση οι μαθητές μέσω της δραστηριότητας προσεγγίζουν καινούριες έννοιες και από τα τέσσερα γνωστικά αντικείμενα (Ψυχάρης, και συν., 2018).



Σχήμα 1. Κομβικές Δεξιότητες 21ου Αιώνα

Σε σχέση με το ρόλο της τεχνολογίας στη STEM εκπαίδευση, στην έκθεση του Parliamentary Office of Science and Technology του Ηνωμένου Βασιλείου προτείνεται η εισαγωγή της Υπολογιστικής Επιστήμης ως μετασχηματιστικού παράγοντα για τις ΤΠΕ (τεχνολογίες πληροφόρησης και επικοινωνιών) από βοηθητικό εργαλείο για τα άλλα γνωστικά αντικείμενα του STEM σε γνωστικό εργαλείο (POST, 2013).

Η Υπολογιστική Σκέψη είναι μια διανοητική διαδικασία που εμπλέκεται στην μορφοποίηση ενός προβλήματος και την έκφραση των λύσεων του, με τέτοιο τρόπο ώστε ένας υπολογιστής -άνθρωπος ή μηχανή – να μπορεί να το διεκπεραιώσει αποτελεσματικά (Wing, 2014). Σύμφωνα με ερευνητές (Psycharis & Kotzampasaki, 2019) οι βασικές διαστάσεις της ΥΣ είναι:

- Η Αφαίρεση (Abstraction)
- Ο Αλγόριθμος (Algorithm)
- Η Διάσπαση (Decomposition)
- Η Γενίκευση (Generalization)
- Η Αξιολόγηση (Evaluation)

Ενώ καταγράφεται ότι μέσω του προγραμματισμού η τεχνολογία βοηθάει τους μαθητές στην ανάπτυξη της Υπολογιστικής Σκέψης (ΥΣ).

Ένας άλλος προβληματισμός για την εφαρμογή της STEM εκπαίδευσης αφορά την ένταξη της μηχανικής στην εκπαιδευτική διαδικασία. Η μηχανική μπορεί να εισαχθεί σε μια δραστηριότητα STEM είτε με την ενσωμάτωση πλαισίου (context integration) είτε με την ενσωμάτωση περιεχομένου (content integration).

Ο ρόλος της μηχανικής ως πλαίσιο είναι επικουρικός για τα άλλα γνωστικά αντικείμενα του STEM, ενώ ο ρόλος της ως περιεχόμενο της δίνει την ίδια βαρύτητα με τα άλλα γνωστικά αντικείμενα. Και στις δύο περιπτώσεις η ένταξη της μηχανικής γίνεται μέσω του μηχανικού σχεδιασμού για την κατανόηση εννοιών από τις επιστήμες των μηχανικών, με απώτερο σκοπό την ανάπτυξη της σχεδιαστικής σκέψης (Moore & Smith, 2014).

Ωστόσο, καταγράφεται ότι οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί, κατά την υλοποίηση STEM δραστηριοτήτων που απαιτούν την άμεση εμπλοκή των μαθητών τους, συναντούν δυσκολίες στο να συνδυάσουν:

- Την ανάπτυξη των δεξιοτήτων για τους μαθητές μέσω της επίλυσης προβλήματος.
- Τη διδασκαλία περιεχομένου.
- Τη σύνδεση των γνωστικών αντικειμένων του STEM.
- Τη σύνδεση με πραγματικές / αυθεντικές καταστάσεις.

(Dare et. al., 2014; Moore et. al., 2014; Ιατρού, Σπηλιωτοπούλου, 2019)

2. Μέθοδος Υλοποίησης

Η εφαρμογή μας έγινε στα πλαίσια ομίλου STEM σε μαθητές γυμνασίου ιδιωτικού σχολείου της Αττικής. Η συμμετοχή των μαθητών στον όμιλο STEM ήταν προαιρετική και αποτελούσε μία από τις επιλογές που είχαν μεταξύ άλλων ομίλων είτε αθλητικού περιεχομένου είτε ρητορικής. Η διάρκεια του μαθήματος ήταν δύο διδακτικές ώρες την εβδομάδα και οι μαθητές φοιτούσαν και στις τρεις τάξεις του γυμνασίου με τις μαθήτριες να αποτελούν μόνο το 20% του συνόλου των μαθητών. Οι δραστηριότητες που υλοποιήθηκαν ήταν:

- Γνωριμία με τη μηχανική, με την κατασκευή σπιτιών και γεφυρών με απλά υλικά.
- Δημιουργία και προγραμματισμός ηλεκτροδοτούμενων φαναριών.
- Δημιουργία και προγραμματισμός ρομποτικών βραχιόνων.
- Δημιουργία και προγραμματισμός Χριστουγεννιάτικων δέντρων.
- Δημιουργία και προγραμματισμός αυτοκινούμενων με ανιχνευτή εμποδίων.
- Δημιουργία και προγραμματισμός ρομπότ.
- Δημιουργία και προγραμματισμός ανεμογεννητριών.

Οι αρχικές ιδέες όλων των δραστηριοτήτων στηρίχθηκαν στο βιβλίο STEM ON (Καλοβρέκτης & Ψυχάρης , 2018).

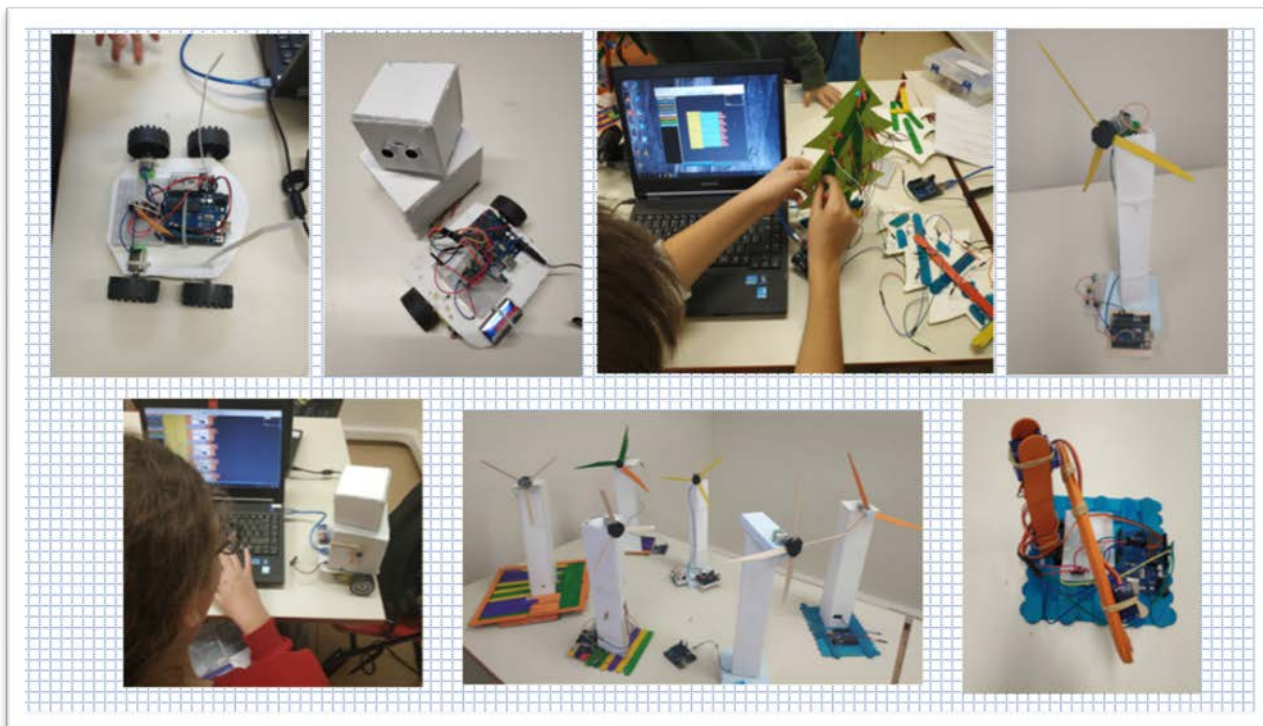
Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για τις κατασκευές ήταν απλά υλικά όπως :

• Ξύλινες σπάτουλες	• Καπάκια διάφορα
• Μακετόχαρτο, χαρτόνια	• Ψαλίδια και κοπίδια
• Δετικά διάφορα	• Πιστόλια σιλικόνης
• Καλαμάκια ξύλινα και πλαστικά	• Κολλητήρια

Οι κατασκευές με τα απλά υλικά συνδέθηκαν οργανικά με ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εξαρτήματα ελεγχόμενα με μικροεπεξεργαστή Arduino συνδεδεμένο με τα παρακάτω:

- Led, και καλώδια
- Κινητήρες DC, Ολοκληρωμένο L293D, και MicroServo
- Αισθητήρες απόστασης Ultrasonic

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε είναι το ανοιχτού κώδικα εργαλείο γραφικού προγραμματισμού ArduBlock, ενώ προγραμματισμός έγινε και στο IDE του Arduino αλλά όχι συστηματικά.



Σχήμα 2.Μερικές από τις κατασκευές του ομίλου STEM.

Σε κάθε ενότητα δίνονταν στους μαθητές ένα σενάριο (μία πρόκληση) που αποτελούσε προσομοίωση ενός πραγματικού προβλήματος. Παραδείγματος χάρη είμαστε μηχανικοί της ομάδας που θέλει να στείλει στον Άρη ένα ρομποτικό όχημα που μπορεί να αναγνωρίζει εμπόδια. Αφού θέταμε τις προδιαγραφές του προβλήματος οι μαθητές μέσω της συζήτησης, της εύρεσης πληροφοριών από το διαδίκτυο και το βιβλίο τους διαμόρφωναν τις πρώτες ιδέες για την κατασκευή τους. Η κάθε ομάδα κατέληγε σε ένα ή περισσότερα αρχικά σχέδια το οποίο και σχεδίαζε. Κατά την υλοποίηση της κατασκευής σχεδόν πάντα έπρεπε να γίνει αναπροσαρμογή του αρχικού σχεδιασμού ή και δημιουργία άλλης κατασκευής από την αρχή.

Τα βήματα που είχαν τεθεί ύστερα από κοινή απόφαση όλων ήταν:

- Δημιουργία ομάδων.
- Διαβάζω τις προδιαγραφές για να κατανοήσω το πρόβλημα.
- Σκέφτομαι μια λύση και τη συζητώ με τα άλλα μέλη της ομάδας μου.
- Αποφασίζουμε και σχεδιάζουμε τη λύση στο χαρτί.
- Δημιουργούμε την κατασκευή προσαρμόζοντας τη λύση μας.

3. Αποτελέσματα

Οι μαθητές δούλευαν για πρώτη φορά ομαδοσυνεργατικά και οι ομάδες δεν παρέμεναν σταθερές ως προς την σύνθεση και ως προς τον αριθμό των μελών τους κατά την διάρκεια λειτουργίας του ομίλου. Επειδή ο εκπαιδευτικός δεν γνώριζε τους μαθητές, δεν ήξερε τις δεξιότητες και τις ικανότητες κάθε μαθητή αλλά και τις σχέσεις μεταξύ τους ώστε να ακολουθήσει κάποιο πρωτόκολλο για τη σύνθεση των ομάδων. Με αποτέλεσμα, ο αρχικός χωρισμός των ομάδων να γίνει με βάση τις επιθυμίες των μαθητών. Όπως φάνηκε οι μαθητές έφτιαξαν τις ομάδες τους με βάση τις φιλίες που υπήρχαν μεταξύ τους. Από την πρώτη δραστηριότητα η οποία εστίαζε στη χρήση απλών υλικών και εργαλείων για την δημιουργία της κατασκευής οι μαθητές διαπίστωσαν ότι δεν είχε νόημα να συνεργάζονται με το φίλο τους όταν έχουν έλλειψη των ίδιων δεξιοτήτων. Αυθόρμητα, στην επόμενη δραστηριότητα, η οποία εκτός από την δημιουργία της κατασκευής περιλάμβανε τη δημιουργία ηλεκτρονικού κυκλώματος και το προγραμματισμό του, αρκετές ομάδες άλλαξαν τη σύνθεσή τους και υπήρξε εξισορρόπηση.

Αρχικά, οι ομάδες αποτελούνταν από δύο άτομα, όταν όμως οι κατασκευές έγιναν πιο σύνθετες και οι μαθητές έπρεπε να βρουν λύσεις σε προβλήματα που σχετιζόνταν και με τα τέσσερα γνωστικά αντικείμενα του STEM, πάλι αβίαστα, μεγάλωσαν τις ομάδες φτάνοντας μέχρι τέσσερα άτομα σε κάθε ομάδα. Όλες οι ομάδες δεν δούλεψαν το ίδιο αποδοτικά όπως ήταν και το αναμενόμενο. Κάποιες ομάδες δεν κατάφεραν πάντα να φτάσουν τους στόχους που είχαν τεθεί για τις κατασκευές ωστόσο, υπήρχαν και περιπτώσεις που τους ξεπερνούσαν. Π.χ. στην κατασκευή ρομποτικών βραχιόνων ο στόχος ήταν να κατασκευαστούν ρομποτικοί βραχίονες με δύο βαθμούς ελευθερίας, χρησιμοποιώντας και προγραμματίζοντας δύο σερβοκινητήρες. Μία ομάδα κατασκεύασε και προγραμμάτισε τον ρομποτικό της βραχίονα με τρεις βαθμούς ελευθερίας, ενώ μία άλλη δεν κατάφερε να ολοκληρώσει την κατασκευή και έμεινε μόνο στην κατανόηση λειτουργίας και στο προγραμματισμό του σερβοκινητήρα.

Σε κάθε ενότητα ο εκπαιδευτικός παρουσίαζε την δραστηριότητα και συζητούσε με τους μαθητές τις προτεινόμενες κατασκευές παραμένοντας ανοιχτός στις προτάσεις και επιλογές των μαθητών, ενώ όταν οι μαθητές εργάζονταν στις ομάδες ο ρόλος του ήταν συντονιστικός και υποστηρικτικός, με παρεμβάσεις όταν χρειαζόνταν. Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι αρχικά η βοήθεια και η επέμβαση του εκπαιδευτικού ήταν μεγαλύτερη και με την πάροδο του χρόνου

συνεχώς μειωνόταν. Υπήρχαν και μαθητές στον όμιλο, με ιδιαίτερες δεξιότητες, οι οποίοι εργάζονταν σε μεγάλο βαθμό αυτόνομα στα πλαίσια των ομάδων τους. Ένας παράγοντας που βοήθησε πολύ για την ισορροπία της τάξης ήταν οι ρόλοι που ανατέθηκαν σε συγκεκριμένους μαθητές μετά τον τρίτο μήνα του μαθήματος. Ανάλογα με τις δεξιότητες που είχαν ή ανέπτυξαν οι μαθητές /ήτρες ορίστηκαν υπεύθυνοι:

- μηχανικής,
- πληροφορικής,
- ηλεκτρονικών κυκλωμάτων,
- βοηθός του μαθήματος

οι οποίοι υποστήριζαν και τους συμμαθητές τους, ενώ ο βοηθός του μαθήματος υποστήριζε την παρουσίαση του μαθήματος.

Οι μαθητές, βιωματικά, μέσω του πειράματος, με διερευνητικές διαδικασίες και με τον άμεσο έλεγχο των αποτελεσμάτων τους, αποφάσιζαν πως θα συνεχίσουν την κατασκευή τους. Αν αυτό που κατασκεύαζαν δεν λειτουργούσε ή δεν ικανοποιούσε τις προδιαγραφές που είχαν τεθεί ή ήθελαν να βελτιώσουν την κατασκευή τους, έπρεπε να βρουν λύση και να κάνουν τις κατάλληλες μετατροπές. Η λύση δεν δινόταν άμεσα από τον εκπαιδευτικό αλλά προέκυπτε είτε με συζήτηση μεταξύ των μελών των ομάδων, είτε προσαρμόζοντας στην κατασκευή τους λύσεις που είχαν χρησιμοποιηθεί σε άλλες κατασκευές. Με αυτό τον τρόπο οι μαθητές προσέγγισαν έννοιες και από τα τέσσερα γνωστικά αντικείμενα του STEM. Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε :

- Από τη μηχανική και τη φυσική τις έννοιες της ισορροπίας, της δομικής αντοχής, της τριβής, του κέντρου βάρους, της ροπής, της μέσης ταχύτητας, της ανάκλασης, των υπερήχων, της δομής των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, της διαφοράς δυναμικού, της μηχανικής και της ηλεκτρικής ενέργειας, των αρχών λειτουργίας των κινητήρων συνεχούς ρεύματος και των γεννητριών.
- Από τα μαθηματικά τις έννοιες της γωνίας, της μεταβλητής, των διαγραμμάτων και της στερεομετρίας.
- Από την Τεχνολογία μέσω του προγραμματισμού, τις δομές επιλογής, επανάληψης, τις έννοιες της μεταβλητής, των τελεστών και του υποπρογράμματος.

Οι μαθητές, επειδή δεν φοιτούσαν στην ίδια τάξη, δεν είχαν διδαχθεί τις ίδιες έννοιες, έτσι υπήρχαν μαθητές που προσέγγιζαν έννοιες των γνωστικών αντικειμένων για πρώτη φορά και άλλοι όχι.

Αξιοσημείωτο είναι ότι οι μαθητές στον όμιλο STEM χρησιμοποίησαν διάφορα υλικά και μάθανε να χειρίζονται εργαλεία τα οποία δεν χρησιμοποιούν στο σχολείο. Επίσης, μέσω του προγραμματισμού προσέγγισαν τον αλγοριθμικό τρόπο σκέψης, την διάσπαση του προβλήματος και την αναγνώριση μοτίβων.

Τέλος, δεν θα πρέπει να αφήσουμε ασχολίαστες τις δυσκολίες της όλης εφαρμογής του ομίλου STEM. Οι μαθητές δεν είχαν ξανά εργασθεί σε ομάδες για αυτό και δυσκολεύτηκαν πολύ για να συνεργαστούν. Δεν μπορούσαν αρχικά να συνειδητοποιήσουν ότι μόνοι τους δεν μπορούν να τα καταφέρουν και ότι η συνεργασία ήταν απαραίτητη. Επίσης, για να εμπλακούν οι μαθητές σε μια καινούρια δραστηριότητα χρειαζόνταν μια ώθηση ώστε να δραστηριοποιηθούν, άλλοι λιγότερο και άλλοι περισσότερο. Δεν πρέπει να μείνει ασχολίαστο ότι από το σύνολο της ομάδας ένας μαθητής παρά τις προσπάθειες και την παρότρυνση του εκπαιδευτικού δεν μπόρεσε να ενταχθεί και να δραστηριοποιηθεί καθ' όλη την διάρκεια ομίλου.

Κλείνοντας, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι οι μαθητές που παρακολούθησαν τον όμιλο STEM θα μπορούσαμε να πούμε ότι προσέγγιζαν τα δύο άκρα, δηλαδή αυτοί οι οποίοι στα μαθήματα του σχολείου αξιολογούνται ως «άριστοι» και αυτοί που θεωρούνται ότι έχουν δυσκολίες. Διαπιστώσαμε ότι μέσω του ομίλου, σχεδόν όλοι οι μαθητές άλλοι περισσότερο και άλλοι λιγότερο ενεργοποιήθηκαν και μπόρεσαν να αξιοποιήσουν τις δεξιότητες και τις ικανότητες τους, κάτι το οποίο δεν μπορεί να γίνει στη καθ' έδρας διδασκαλία. Πρέπει να σημειωθεί ότι υπήρχαν μαθητές που ανυπομονούσαν να χτυπήσει το κουδούνι για να φύγουν από την τάξη όπως, υπήρχαν και μαθητές οι οποίοι δεν έβγαιναν έξω στο διάλλειμα ή δεν έφευγαν όταν είχε τελειώσει το μάθημα για να ολοκληρώσουν την κατασκευή τους. Επίσης, σημειώτέο είναι ότι το 40% των μαθητών είχε μαθησιακές δυσκολίες στοιχείο που δεν τους δυσκόλεψε και δεν ήταν εμφανές στην τάξη.

4. Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια εμπειρική καταγραφή των στοιχείων μετά από ενός έτους εφαρμογή στην τάξη μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης STEM, στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση στη χώρα μας. Από τα αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι μέσω του ομίλου STEM οι μαθητές:

- Ανέπτυξαν συνεργατικές και επικοινωνιακές δεξιότητες.
- Ασκήθηκαν στον επιστημονικό τρόπο σκέψης.
- Ανέπτυξαν τον υπολογιστικό τρόπο σκέψης.
- Ανέπτυξαν την δημιουργική και την κριτική τους σκέψη.
- Ανέλαβαν πρωτοβουλίες, και έλαβαν αποφάσεις, μέσω της επίλυσης προβλημάτων, διερευνώντας τις επιλογές τους.
- Ανέπτυξαν δεξιότητες αυτόνομης μάθησης, μέσω της ενεργής εμπλοκής τους και της διαμορφωτικής αξιολόγησης.

Διαφάνεται ωστόσο ότι, τα θετικά αποτελέσματα της εφαρμογής μας στον όμιλο STEM, δεν είναι αντίστοιχα με αποτελέσματα που είχαμε σε εφαρμογή δραστηριοτήτων STEM στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Πατρινόπουλος & Ιατρού, 2019). Οι μαθητές που είχαν τη μεγαλύτερη δραστηριοποίηση και ανέλαβαν υπεύθυνους ρόλους στον όμιλο STEM είχαν ασχοληθεί και εξωσχολικά με ομίλους ρομποτικής και μηχανικής έχοντας κερδίσει και διακρίσεις. Αυτό συνάδει με τα αποτελέσματα αντίστοιχης έρευνας (Bottia, et. al., 2018) στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής στην οποία καταγράφετε ότι: «... ίσως ακόμα πιο σημαντικός παράγοντας για την επιλογή σπουδών σχετικών

με το STEM και τα γνωστικά του αντικείμενα είναι οι εμπειρίες στην τυπική ή στην άτυπη εκπαίδευση που είχε ο φοιτητής πριν από την είσοδό του στο γυμνάσιο».

Άρα το θέμα της ιδανικής ηλικίας για την αρχική εισαγωγή του STEM στην εκπαιδευτική διαδικασία φαίνεται να είναι ανοιχτό και να κλείνει προς το μέρος των ηλικιών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και όχι της δευτεροβάθμιας.

Αναφορές

- Psycharis, S., & Kotzampasaki, E. (2019). The Impact of a STEM Inquiry Game Learning Scenario on Computational Thinking and Computer Self-confidence. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(4). ats2020.eu. (2017). *Assessment of Transversal Skills 2020*. Ανάκτηση 2017, από ats2020.eu: <http://ats2020.eu>
- Bottia, M., Stearns, E., Mickelson, R., & Moller, S. (2018). Boosting the numbers of STEM majors? The role of high schools with a STEM program. *Science Education*, 102(1), σσ. 85-107.
- Dare, E. A., Ellis, J. A., & Roehrig, G. H. (2014). Driven by beliefs: Understanding challenges physical science teachers face when integrating engineering and physics. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 4(2), σσ. 47-61.
- Glancy, A. W., & Moore, T. J. (2013). Theoretical Foundations for Effective STEM Learning Environments.
- Hunt, C. (2011). *National strategy for higher education to 2030*.
- Moore, T. J., & Smith, K. A. (2014). Advancing the State of the Art of STEM Integration. *Journal of STEM Education: Innovation and Research*, 15(1).
- Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. Στο *Engineering in pre-college settings: Synthesizing research, policy, and practices*. Purdue University Press.
- POST. (2013). *STEM education for 14-19 year olds*. Parliamentary Office of Science and Tehnology.
- Wing, J. (2014). Computational Thinking Benefits Society. *Social issues in computing*. Ανάκτηση από <http://socialissues.cs.toronto.edu>.
- Ιατρού , Π., & Σπηλιωτοπούλου, Β. (2019). STEM και ενοποίηση επιστημών στο Δημοτικό σχολείο: Αντιλήψεις εκπαιδευτικών με εμπειρίες σε καινοτόμες δράσεις. *Πρακτικά 11ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση*. Φλώρινα: ΕΝΕΦΕΤ.
- Καλοβρέκτης, Κ., & Ψυχάρης , Σ. (2018). *STEM ON*. Πειραιάς: Βαρβαρήγου.
- Πατρινόπουλος, Μ., & Ιατρού , Π. (2019). Παράδειγμα εφαρμογής προσεγγίσεων STEM στην εκπαιδευτική πρακτική της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. *Πρακτικά 11ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση*. Φλώρινα: ΕΝΕΦΕΤ.
- Ψυχάρης, Σ., Καλοβρέκτης, Κ., Κοτζαμπασάκη , Ε., Ιατρού , Π., Μοσχονησιώτης, Σ., Παλιούρας, Α., Σταυρόπουλος, Π., Μουρκάκος, Π. (2018). Υπολογιστική Παιδαγωγική: Μια πρόταση εισαγωγής του STEM στην εκπαίδευση για την Διδακτική Μαθημάτων Ειδικότητας και την Παιδαγωγική επάρκεια στις Επιστήμες των Μηχανικών και τις Θετικές Επιστήμες. *Πανελλήνιο συνέδριο Scientix για την εκπαίδευση STEM*. Αθήνα: Scientix.