

Ανάπτυξη και Αξιολόγηση ενός STEM Πρότζεκτ με τις Αρχές της Σχεδίασης της Μηχανικής για ένα Αυτοματοποιημένο Θερμοκήπιο

Χρήστος Δημητρούδης¹ και Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης²

¹Μεταπτυχιακός φοιτητής, ²Καθηγητής,

¹ΠΜΣ Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,

²Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,

Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

¹*chris123dim@yahoo.com*

Περίληψη

Η παρούσα εργασία εστιάζει στην ανάπτυξη και αξιολόγηση ενός STEM πρότζεκτ που αφορά τη δημιουργία ενός αυτοματοποιημένου θερμοκηπίου, το οποίο υλοποιείται με βάση τις αρχές της Σχεδίασης της Μηχανικής (Engineering Design Process - EDP). Στόχος του πρότζεκτ είναι η ενίσχυση της επιστημονικής και τεχνολογικής γνώσης των μαθητών, καθώς και η καλλιέργεια δεξιοτήτων του 21ου αιώνα, όπως η κριτική σκέψη, η συνεργασία και η επίλυση προβλημάτων. Η ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού έγινε στην e-Class ακολουθώντας τις αρχές της ανεστραμμένης τάξης, και η αξιολόγηση του έγινε από εκπαιδευτικούς.

Λέξεις κλειδιά: εκπαίδευση STEM, έξυπνο θερμοκήπιο, δεξιότητες 21ου αιώνα, μάθηση βασισμένη σε έργο

Development and Evaluation of a STEM Project with the Principles of Engineering Design for an Automated Greenhouse

Christos Dimitroudis¹ και Euripides Hatzikraniotis²

¹Graduate student, ²Professor,

¹Program of Graduate Studies in Didactics of Physics & Educational Technology,

²Laboratory of Didactics of Physics & Educational Technology,

School of Physics, Aristotle University of Thessaloniki

¹*chris123dim@yahoo.com*

Abstract

This paper focuses on the development and evaluation of a STEM project about the construction of an automated greenhouse, based on the principles of Engineering Design Process (EDP). The aim of the project is to enhance students' scientific and technological knowledge, as well as the cultivation of 21st century skills, such as critical thinking, collaboration and problem solving. The development of the teaching material was done in e-Class following the flipped classroom principles, and its evaluation was done by teachers.

Keywords: STEM education, smart greenhouse, 21st century skills, project-based learning

Εισαγωγή

Η Εκπαίδευση STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) έχει αναδειχθεί τα τελευταία χρόνια ως βασική παιδαγωγική προσέγγιση για την ανάπτυξη δεξιοτήτων

επίλυσης προβλημάτων, δημιουργικής σκέψης και συνεργασίας (Bybee, 2013). Μέσω της υλοποίησης αυθεντικών προβλημάτων και έργων, οι μαθητές έρχονται σε επαφή με τη βιωματική μάθηση και αποκτούν ουσιαστική κατανόηση των επιστημονικών και τεχνολογικών εννοιών (Kelley & Knowles, 2016).

Η Σχεδίαση Μηχανικής (Engineering Design Process - EDP) αποτελεί μια δομημένη μεθοδολογία που χρησιμοποιείται στη Μηχανική για την επίλυση προβλημάτων και την ανάπτυξη τεχνολογικών λύσεων. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει βήματα όπως ο προσδιορισμός του προβλήματος, η διερεύνηση, η σχεδίαση, η υλοποίηση και η αξιολόγηση της λύσης (Dym et al., 2005). Έρευνες των Fan et al. (2017), έδειξαν πως δραστηριότητες που αξιοποιούν τη μεθοδολογία αυτή, συμβάλλουν στη βελτίωση της μαθησιακής ικανότητας και στην ανάπτυξη υψηλού επιπέδου δεξιοτήτων σκέψης και ικανοτήτων επίλυσης προβλημάτων.

Στο πλαίσιο αυτό, η ανάπτυξη ενός αυτοματοποιημένου θερμοκηπίου αποτελεί ένα εξαιρετικό παράδειγμα STEM πρότζεκτ, καθώς συνδυάζει αρχές φυσικών επιστημών, προγραμματισμού και μηχανικής. Οι μαθητές καλούνται να σχεδιάσουν και να υλοποιήσουν ένα σύστημα ελέγχου θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτισμού, χρησιμοποιώντας αισθητήρες, μικρό-ελεγκτές Arduino, και τεχνικές αυτοματοποίησης. Μέσω αυτής της διαδικασίας, αναπτύσσουν δεξιότητες στον προγραμματισμό και τη χρήση εργαλείων τεχνολογίας (Krajcik & Delen, 2017), ενώ παράλληλα καλλιεργούν δεξιότητες του 21ου αιώνα, όπως η συνεργασία και η επίλυση προβλημάτων (National Research Council [NRC], 2012).

Η ανάπτυξη ενός αυτοματοποιημένου θερμοκηπίου με τη χρήση των αρχών της Σχεδίασης της Μηχανικής προσφέρει μια εξαιρετική ευκαιρία για τη σύνδεση της θεωρίας με την πράξη στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Μέσω αυτής της διαδικασίας, οι μαθητές αναπτύσσουν τεχνικές δεξιότητες και ενδυναμώνουν τη συνεργασία, ενώ ταυτόχρονα κατανοούν τις επιστημονικές έννοιες, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και ο φωτισμός, στον πραγματικό κόσμο. Αυτή η διαθεματική προσέγγιση ενισχύει την περιβαλλοντική συνείδηση και προάγει τη χρήση της τεχνολογίας στην αειφορία, προετοιμάζοντας τους μαθητές για τις μελλοντικές προκλήσεις.

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στην παρουσίαση και αξιολόγηση ενός STEM πρότζεκτ για ένα αυτοματοποιημένο θερμοκήπιο, το οποίο σχεδιάστηκε σύμφωνα με τις αρχές της Σχεδίασης της Μηχανικής (EDP). Το πρότζεκτ σχεδιάστηκε για να εφαρμοστεί σε μαθητικό εκπαιδευτικό όμιλο και αξιολογήθηκε από εκπαιδευτικούς με στόχο τη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της προσέγγισης.

Θεωρητικό Υπόβαθρο

Το θεωρητικό υπόβαθρο της παρούσας εργασίας στηρίζεται στη σύζευξη διάφορων τομέων: της Σχεδίασης της Μηχανικής, τη Μάθηση μέσω Έργου και της Ανεστραμμένης Τάξης.

Η *Σχεδίαση Μηχανικής* (Engineering Design Process) εξετάζεται ως μια διαδικασία που προάγει την επίλυση προβλημάτων, την κριτική σκέψη και τη δημιουργικότητα, ενώ παράλληλα καλλιεργεί δεξιότητες του 21ου αιώνα. Στην περίπτωση του αυτοματοποιημένου θερμοκηπίου, οι μαθητές καλούνται να ενσωματώσουν αρχές φυσικής, όπως η θερμοδυναμική για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας, και τεχνολογικές δεξιότητες, όπως ο προγραμματισμός μικρό-ελεγκτών για τον έλεγχο αισθητήρων και ενεργοποιητών.

Στη *Μάθηση μέσω Έργου* (Πρότζεκτ-based Learning) οι μαθητές καλούνται, με τη βοήθεια του υλικού που έχει σχεδιαστεί και αναρτηθεί στην ηλεκτρονική τάξη (e-class), να κατασκευάσουν ένα ενεργειακά αυτόνομο θερμοκήπιο το οποίο θα χρησιμοποιεί την προστατευόμενη καλλιέργεια, δηλαδή θα ελέγχει τη θερμοκρασία, την υγρασία και το επίπεδο φωτός στο εσωτερικό του.

Η παιδαγωγική προσέγγιση της *Ανεστραμμένης Τάξης* (Flipped Classroom) μετασχηματίζει τη διδακτική εμπειρία, επιτρέποντας στους μαθητές να αποκτήσουν βασικές θεωρητικές γνώσεις εκτός τάξης, ενώ ο χρόνος εντός τάξης αφιερώνεται στην εφαρμογή τους μέσω πειραμάτων και πρακτικών δραστηριοτήτων. Αυτή η μέθοδος προάγει τη βαθύτερη

κατανόηση της θεωρίας μέσω βιωματικής μάθησης, ενώ καλλιεργεί δεξιότητες συνεργασίας, κριτικής σκέψης και επίλυσης προβλημάτων. Η έρευνα δείχνει ότι η Ανεστραμμένη Τάξη είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στη STEM εκπαίδευση, ενισχύοντας τη μαθησιακή αυτονομία και την εμπάθυνση στη γνώση (Bishop & Verleger, 2013).

Μεθοδολογία

Το διδακτικό υλικό

Η δικτυακή οργάνωση του υλικού υλοποιείται σύμφωνα με τις αρχές της Ανεστραμμένης Τάξης και της Σχεδίασης της Μηχανικής στην πλατφόρμα της e-class. Συγκεκριμένα, το υλικό σχεδιάστηκε να έχει διάρκεια 15 συναντήσεων, 7 στο σπίτι όπου οι μαθητές αναζητούν πληροφορίες στο διαδίκτυο και μελετούν το υλικό που απαιτείται και 8 συναντήσεις στην τάξη όπου εκτελούν σχετικές δραστηριότητες. Σε κάθε συνάντηση στην e-class υπάρχει ένδειξη που υποδεικνύει σε ποιο στάδιο της Σχεδίασης της Μηχανικής βρίσκεται ο μαθητής.

Ο εξοπλισμός

Για τις ανάγκες του πρότζεκτ χρησιμοποιήθηκε το Grove Beginner Kit for Arduino. Η διάταξη περιλαμβάνει μία πλακέτα συμβατή με Arduino και 10 πρόσθετους αισθητήρες Arduino, όλα σε μια ενιαία πλακέτα PCB. Οι αισθητήρες είναι είτε προ-συνδεδεμένοι με τον μικρό-ελεγκτή, είτε αποσπώνται από την πλακέτα και συνδέονται με καλώδια. Για την εξοικείωση με τον προγραμματισμό των αισθητήρων, χρησιμοποιήθηκε ο προσομοιωτής Arduino, Wokwi.

Η διδακτική σειρά

Η διδακτική σειρά διακρίνεται σε δύο φάσεις. Η πρώτη αφορά την ανάπτυξη του πρωτοτύπου και η δεύτερη την αξιοποίησή του σε εμπορικό προϊόν. Για την ανάπτυξη του πρωτοτύπου, η σειρά ακολουθεί τα βήματα της Σχεδίασης της Μηχανικής. Στη φάση της βελτίωσης του πρωτοτύπου υλοποιούνται τα βήματα της σύνθεσης του τελικού προϊόντος, του συνολικού ελέγχου του πρωτοτύπου, ο επανασχεδιασμός και στο τέλος σχεδιάζεται από της μαθητές η τελική παρουσίαση (κοινοποίηση της λύσης).

Η εν λόγω διδακτική σειρά ακολουθεί τη δομή επτά ενοτήτων για την καλύτερη οργάνωση και πρόσβαση στο υλικό που έχει σχεδιαστεί. Με αυτόν τον τρόπο ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να μεταβεί άμεσα και εύκολα στην εκάστοτε ενότητα που τον ενδιαφέρει. Στην πρώτη ενότητα αναφέρονται τα περιεχόμενα της σειράς. Στην δεύτερη ενότητα οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να κρατήσουν τις δικές τους επιγραμματικές σημειώσεις με τη χρήση του πίνακα Scrum. Η τρίτη ενότητα είναι η αφετηρία ολόκληρου του διδακτικού σεναρίου όπου και δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη της πλατφόρμας να ενημερωθεί για το πρόβλημα το οποίο καλείται να αντιμετωπίσει καθώς και για τις παραμέτρους που το διέπουν. Οι επόμενες τέσσερις ενότητες περιέχουν το υλικό που έχει αναπτυχθεί για τις τέσσερις ομάδες μαθητών που πρόκειται να δημιουργηθούν. Στη διδακτική σειρά, οι μαθητές αναλαμβάνουν ρόλους, που παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.

Σχήμα 1. Σχηματική αναπαράσταση των 4 ομάδων



Οι 4 ομάδες είναι: η ομάδα των κατασκευαστών που ασχολείται με την σχεδίαση & την ανάπτυξη του θερμοκηπίου, η ομάδα των προγραμματιστών που ασχολείται με την σχεδίαση & τον προγραμματισμό των αυτοματισμών, η ομάδα των οικολόγων που ασχολείται με την σχεδίαση & την υλοποίηση της ενεργειακής αυτονομίας του θερμοκηπίου, και η ομάδα των καλλιεργητών που ασχολείται με την διερεύνηση της απόδοσης του θερμοκηπίου στην καλλιέργεια φυτών. Οι ομάδες είναι αλληλεξαρτώμενες για την επιτυχία του τελικού πρότζεκτ, και το υλικό στην e-Class είναι προσαρμοσμένο ώστε αφ' ενός να διευκολύνει τη δουλειά της κάθε ομάδας, και αφ' ετέρου να προωθεί τη συνεργασία μεταξύ των ομάδων.

Η αξιολόγηση της σειράς

Η σειρά αξιολογήθηκε σε τρεις φάσεις: Η πρώτη φάση είχε ως στόχο την αποτίμηση της φιλοσοφίας προσέγγισης της σειράς και αξιολογήθηκε από 8 εκπαιδευτικούς. Η δεύτερη φάση είχε ως στόχο την αποτίμηση του υλικού της e-Class και αξιολογήθηκε από 16 εκπαιδευτικούς, στους οποίους έγινε σύντομη εισαγωγή στο θέμα και παρουσιάστηκε αναλυτικά το υλικό. Η τρίτη φάση είχε ως στόχο την αποτίμηση των δραστηριοτήτων και αξιολογήθηκε από 7 εκπαιδευτικούς, οι οποίοι κατασκεύασαν μια μακέτα θερμοκηπίου και προγραμματίσαν τους αισθητήρες φωτός, υγρασίας, θερμοκρασίας.

Αποτελέσματα & Συμπεράσματα

Η διδακτική σειρά αξιολογήθηκε από εκπαιδευτικούς διαφόρων ειδικοτήτων και τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά. Ενδεικτικά, σχεδόν ολόκληρο το δείγμα συμφώνησε πως το γνωστικό περιεχόμενο της e-class είναι πολύ υψηλό. Επιπρόσθετα, βρήκαν τον αριθμό των χρησιμοποιούμενων μέσων και των εργαλείων πολύ επαρκή. Έμειναν πολύ ευχαριστημένοι από τη δομή της πλατφόρμας της ηλεκτρονικής τάξης, από την ευκολία προσβασιμότητάς της καθώς και βρήκαν όλες τις χρησιμοποιούμενες μεθοδολογίες πολύ ενδιαφέρουσες. Αναλυτικότερα τα συμπεράσματα θα παρουσιαστούν στο συνέδριο.

Συμπερασματικά, το αυτοματοποιημένο θερμοκήπιο αποτελεί ένα αποτελεσματικό STEM πρότζεκτ για την εφαρμογή αυτοματισμών και τεχνολογιών αιχμής (αισθητήρες, μικρό-ελεγκτές). Το πρότζεκτ συνδέει τη θεωρία με την πράξη, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη εμπειρία μάθησης με τη χρήση των αρχών της Σχεδίασης της Μηχανικής (EDP). Καινοτομία του πρότζεκτ αποτελεί ο χωρισμός των μαθητών σε αλληλεξαρτώμενες ομάδες με συγκεκριμένους ρόλους, που δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να εμβαθύνουν στο ρόλο της κάθε ομάδας και να συνεργαστούν τόσο εντός της ομάδας, όσο και μεταξύ των ομάδων. Η υιοθέτηση τέτοιων πρότζεκτ που προάγουν τη δημιουργικότητα και την ομαδική εργασία μπορεί να ενισχύσει σημαντικά την ποιότητα της εκπαίδευσης STEM και να εμπνεύσει τους μαθητές για μελλοντική ενασχόληση με τα πεδία των θετικών επιστημών και της τεχνολογίας.

Βιβλιογραφία

- Bishop, J. L., & Verleger, M. A. (2013). The flipped classroom: A survey of the research. Στο ASEE National Conference Proceedings. <https://doi.org/10.18260/1-2--22585>
- Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. NSTA Press.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103-120. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x>
- Fan, S. C., & Yu, K. C. (2017). How an integrative STEM curriculum can benefit students in engineering design practices. *International Journal of Technology and Design Education*, 27, 107-129. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9328-x>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Krajcik, J., & Delen, I. (2017). Engaging Learners in STEM Education. *Eesti Haridusteaduste Ajakiri. Estonian Journal of Education*, 5(1), 35-58. <https://doi.org/10.12697/eha.2017.5.1.02b>
- National Research Council (NRC) (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>