

## ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΝΤΑΣ ΥΠΟΨΗΦΙΟΥΣ ΔΑΣΚΑΛΟΥΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ STE(A)M: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ

Χαρίλαος Τσιχουρίδης

Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και Κοινωνικής Εργασίας,  
Πανεπιστήμιο Πατρών

[hatsihour@upatras.gr](mailto:hatsihour@upatras.gr)

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία ερευνά την εφαρμογή τεχνικών STE(A)M, με την αξιοποίηση εξατομικευμένης προσέγγισης, από φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος - υποψήφιους εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης - στο πλαίσιο της διδασκαλίας των Πανεπιστημιακών τους Μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών. Εστιάζοντας στο γνωστικό αντικείμενο Εννοιών Αστρονομίας και Επιστημών Γης, 122 υποψήφιοι δάσκαλοι εκπαιδεύτηκαν σε τεχνικές STE(A)M. Με την ενθάρρυνση του εκπαιδευτικού - ερευνητή, δόθηκε η ευκαιρία στους φοιτητές - υποψήφιους δασκάλους – μέσω των τεχνικών STE(A)M, να ολοκληρώσουν το έργο που τους ανατέθηκε, να συγγράψουν σχετική μελέτη/εργασία και να το παρουσιάσουν ρυθμίζοντας οι ίδιοι τους χρόνους ενασχόλησής τους. Οι φοιτητές αξιοποιώντας το πληροφοριακό υλικό που συγκέντρωσαν από διάφορες πηγές, τις μαθηματικές τους γνώσεις για τους απαραίτητους μαθηματικούς υπολογισμούς, τις σχεδιαστικές τους ικανότητες και κυρίως τη δημιουργικότητα και τη φαντασία τους, κατασκεύασαν πρωτότυπα ιδιοκατασκευασμένα μοντέλα για τις έννοιες της Αστρονομίας και Επιστημών Γης. Τα υλοποιημένα μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν από τους ίδιους στην πρακτική άσκησή τους στα σχολεία με ιδιαίτερα θετική ανταπόκριση από τους μικρούς μαθητές των σχολείων. Τα αποτελέσματα της έρευνας ανάδειξαν την δημιουργικότητα των εμπλεκόμενων φοιτητών, στην κατανόηση των επιστημονικών εννοιών στο γνωστικό αντικείμενο-στόχο και κυρίως οδήγησε στην αλλαγή στάσης τους απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες.

**Λέξεις κλειδιά:** STE(A)M, Φυσικές Επιστήμες, έννοιες αστρονομίας, μοντέλα Φυσικών Επιστημών

**Αναφορά:** Τσιχουρίδης, Χ. (2025). Εκπαιδευοντας Υποψηφίους Δασκάλους στις Φυσικές Επιστήμες με την Προσέγγιση STE(A)M: Εφαρμογή στην Πράξη, , στο Κώτσης Κ.Θ. & Στύλος Γ., (Επιμέλεια), Πείραμα και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Επετειακός Τόμος για τα 40 χρόνια του ΠΠΑΕ Ιωαννίνων, Εργαστήριο Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. ISBN: 978-618-82063-5-9

# EDUCATING PROSPECTIVE PRIMARY LEVEL TEACHERS IN SCIENCE CONCEPTS USING THE STE(A)M APPROACH: IMPLEMENTATION IN PRACTICE

Charilaos Tsihouridis

*Assistant Professor, Department of Educational Sciences and Social Work,*

*University of Patras, Greece*

[hatsihour@upatras.gr](mailto:hatsihour@upatras.gr)

## ABSTRACT

*The present research investigates the application of STE(A)M techniques, with the exploitation of a personalized approach, by students of the Pedagogical Department - prospective Primary Education teachers - in the context their University Science Courses teaching. Focusing on the subject of Astronomy and Earth Science Concepts, 122 teacher candidates were trained in STE(A)M techniques. With the encouragement of the teacher-researcher, the students - prospective teachers - through the STE(A)M techniques, were given the opportunity to complete the task assigned to them, write a relevant work and present it by regulating their own working and study mode and time. Using the information material they gathered from various sources, their mathematical knowledge for the necessary mathematical calculations, their design skills and above all their creativity and imagination, the students structured original self-made models for the concepts of Astronomy and Earth Sciences. The implemented models were used by them in their internship in schools with a particularly positive response from the young students of the schools. The results of the research highlighted the creativity of the students involved, in the understanding of scientific concepts in the target subject and mainly led to a change in their attitude towards Natural Sciences.*

**Keywords:** *STE(A)M, Natural Sciences, models Natural Sciences*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σημερινή εποχή χαρακτηρίζεται από ραγδαία και προοδευτική αύξηση της τεχνολογίας και της γνώσης, αλλαγών και προόδου σε όλους τους τομείς των επιστημών, ιδιαίτερα σε σύγκριση με τις προηγούμενες δεκαετίες (Khodabandelou et al., 2019). Τόσο στον χώρο εργασίας όσο και στο χώρο της εκπαίδευσης αλλά και αλλού, εμφανίζονται νέα δεδομένα και νέες ανακαλύψεις ή ερευνητικά ευρήματα. Με

βάση αυτά τα στοιχεία, και προκειμένου οι άνθρωποι να καταστούν παραγωγικοί και ικανοί να ανταπεξέλθουν στις αυξανόμενες ανάγκες και προκλήσεις που αναδύονται, απαιτούνται περαιτέρω γνώσεις αλλά και δεξιότητες οι οποίες θα συνεισφέρουν θετικά και αποτελεσματικά στην αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων (Lane et al., 2019). Αναφορικά με τον χώρο της εκπαίδευσης, τέτοιες δεξιότητες είναι η ανάγκη του να μαθαίνει κανείς «πώς να μαθαίνει», η ικανότητα συνεργασίας, η αλληλεπίδραση και η επικοινωνία μεταξύ των ατόμων και ομάδων, η ομαδική εργασία, η ανάληψη πρωτοβουλιών, η δημιουργικότητα, η αναλυτική σκέψη, η κριτική σκέψη και πολλές άλλες, γνωστές και ως δεξιότητες του 21<sup>ου</sup> αιώνα. Ανάμεσα σε αυτές σημαντική θεωρείται και η αυτορρυθμιζόμενη μάθηση η οποία ορίζεται ως: «μια ενεργή, εποικοδομητική διαδικασία κατά την οποία οι εκπαιδευόμενοι θέτουν στόχους για τη μάθησή τους και στη συνέχεια προσπαθούν να παρακολουθήσουν, να ρυθμίσουν και να ελέγξουν τη γνώση, τα κίνητρα και τη συμπεριφορά τους, καθοδηγούμενοι και περιορισμένοι από τους στόχους τους και τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος» (Pintrich, 2000, όπως αναφ. στους Mammadov & Schroeder, 2023).

Αυτές οι δεξιότητες συστήνεται να προσεγγίζονται και να διδάσκονται με την αξιοποίηση καινοτόμων διδακτικών μεθοδολογιών και μέσα από διαφορετικές πρακτικές από ότι στο παρελθόν (π.χ., χρησιμοποιώντας ομαδοκεντρική σε αντίθεση με μια δασκολοκεντρική διδακτική προσέγγιση) (Καλαντζής & Τσιχουρίδης, 2019). Επιπλέον, και με βάση τη βιβλιογραφία, υπάρχουν ισχυρισμοί ότι σήμερα η γνώση θεωρείται ενιαία και όχι κατακερματισμένη (Kalantzis et al., 2022). Επομένως, με βάση αυτή την παραδοχή, η γνώση θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως το αποτέλεσμα μιας ολιστικής προσέγγισης στην εκπαίδευση (English & Irving, 2012) και όχι ως ένα σύνολο χωριστών κλάδων ή τομέων οι οποίοι δεν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Αντίθετα, η γνώση που προκύπτει από διάφορους τομείς θα πρέπει να συνυπάρχει και να αξιοποιείται ταυτόχρονα και παράλληλα με σκοπό την ολιστική εκπαίδευση των εκπαιδευόμενων και την αποτελεσματική τους προετοιμασία για τις εκάστοτε εκπαιδευτικές και άλλες σύγχρονες ανάγκες τους (Datnow et al., 2022).

Η παραπάνω φιλοσοφία της ολιστικής εκπαίδευσης και γνώσης υποστηρίζεται από το STE(A)M, έναν όρο που περιλαμβάνει τις λέξεις «επιστήμη, τεχνολογία, μηχανική και μαθηματικά» (Gil-Domenech et al., 2020). Το STE(A)M είναι μια διεπιστημονική και διαθεματική προσέγγιση που στοχεύει στην εκπαίδευση των προαναφερόμενων δεξιοτήτων (Hwang & Tu, 2021). Ο όρος διαθεματικός ορίζεται ως «μια σειρά από εκπαιδευτικές προσεγγίσεις που επιχειρούν την «ενιαιοποίηση» της γνώσης. Μπορούν να πραγματοποιηθούν είτε στο πλαίσιο των διακριτών μαθημάτων του προγράμματος ή να ενσωματωθούν σε ένα διαθεματικό, αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών» (Ματσαγγούρας, 2002, όπως αναφ. στην Χατζημιχαήλ, 2010). Ειδικότερα, η διαθεματικότητα σχετίζεται με την προσέγγιση της γνώσης, η οποία, α) παρέχεται σε ενιαιοποιημένη μορφή και προσφέρει ολιστικές εικόνες της πραγματικότητας, β) συνδέεται με τις εμπειρίες των μαθητών και είναι σχετική με την πραγματικότητα που βιώνουν και γ) προσεγγίζεται με διερευνητικές μεθόδους, ώστε να οικοδομείται σταδιακά από τους ίδιους τους μαθητές (Π.Ι. 2002, όπως αναφ. στην Γρηγοριάδου, 2004).

Από την άλλη, η διεπιστημονική προσέγγιση της γνώσης συνθέτει περισσότερους από έναν επιστημονικούς κλάδους ενισχύοντας τη συλλογικότητα των εκπαιδευτικών δράσεων και ενεργειών, επικεντρώνεται σε ζητήματα που δεν είναι δυνατό να διευθετηθούν μεμονωμένα από τους διακριτούς επιστημονικούς κλάδους αλλά από τη συνολική τους θεώρηση, ενώ στη διδακτική διαδικασία μπορεί να θεωρηθεί και ως ο συσχετισμός μεταξύ των περιεχομένων των μαθημάτων του Αναλυτικού Προγράμματος (Ζαγκότας κ.ά. 2019). Γενικά, και σύμφωνα με τον Ματσαγγούρα, (2012), οι όροι «διεπιστημονική» ή «διαθεματική» προσέγγιση της εκπαίδευσης ορίζονται ως: «η πολύπλευρη εξερεύνηση ενός θέματος με τέτοιο τρόπο ώστε οι εκπαιδευόμενοι να μπορούν να κατανοήσουν τη σύνδεση μεταξύ των επιστημών και τη συμβολή τους σε όλες τις πτυχές της καθημερινής ζωής».

Όπως προαναφέρθηκε, το STE(A)M είναι μια προσέγγιση η οποία αξιοποιεί τη διαθεματική/διεπιστημονική φιλοσοφία της διδασκαλίας στην εκπαίδευση (Gale et al., 2020· Ha et al., 2020·). Ο όρος STE(A)M αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη μέθοδο ή προσέγγιση στην εκπαίδευση στην οποία οι μαθητές διδάσκονται ταυτόχρονα διεπιστημονική γνώση από τους τομείς της επιστήμης (φυσική, χημεία, βιολογία), τεχνολογία, μηχανική και μαθηματικά (Gil-Domenech et al., 2020· Takeuchi et al., 2020· Wahono et al., 2020· Winarti et al., 2021). Η βιβλιογραφία αναφέρεται στο STEM και με άλλους παρεμφερείς όρους, όπως το STE(A)M (όπου το A αντιστοιχεί στο Art (Τέχνη)) (Kang, 2019), το STE-S-A-L-M (με το S να αντιστοιχεί στο Social (Κοινωνικός) και το L στο Language (γλώσσα)), (Τσιχουρίδης κ.ά., 2019· Maguth, 2012) ή STREAM (όπου το R αντιστοιχεί στο Research (Έρευνα) ή στο Reading (Ανάγνωση)), συμπληρώνοντας έτσι την επιστήμη, και προσφέροντας ένα πλούσιο και δημιουργικό εργαλείο για να πραγματοποιηθεί η μάθηση (Sawangmenk, 2019). Σύμφωνα με ερευνητικά αποτελέσματα, το STE(A)M ενθαρρύνει τους μαθητές να είναι οι ίδιοι επιστήμονες, να διεξάγουν τη δική τους έρευνα, να συμμετέχουν σε δραστηριότητες βασισμένες σε παιχνίδια και να είναι δημιουργικοί σε θέματα επιστήμης, μαθηματικών, μηχανικής, τεχνολογίας, τέχνης ή γλωσσών επεκτείνοντας ταυτόχρονα τις κοινωνικές τους δεξιότητες (Sharma & Yarlagadda, 2018· Ozkaya, 2019) οδηγώντας τους σε μια εκπαίδευση ποιότητας (Garcia et al., 2020).

Στην Ελλάδα, οι δραστηριότητες τύπου STEM προτάθηκαν να ενταχθούν στο περιεχόμενο του προγράμματος σπουδών της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση μόλις το 2021 (Πρόγραμμα σπουδών επιπέδου Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, ΦΕΚ 5928/Β/16-12-2021). Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας, ένα μεγάλο ποσοστό των φοιτητών - υποψήφιων εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, που εγγράφονται στο μάθημα «Έννοιες Αστρονομίας και Επιστημών Γης», στο Παιδαγωγικό Τμήμα του Πανεπιστημίου Πάτρας, ήτοι το 82,01%, προέρχεται από θεωρητικού προσανατολισμού Λυκειακές σπουδές, ως μέρος της κατεύθυνσης που απαιτείται για την προετοιμασία τους για τις εισαγωγικές εξετάσεις στο πανεπιστήμιο, χωρίς εστίαση στα μαθήματα θετικών επιστημών. Λόγω αυτού του γεγονότος, η πλειοψηφία αυτών των φοιτητών έχει μάλλον μη θετική στάση απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες και ελλιπή σχετική γνώση. Ωστόσο, ένας σημαντικός αριθμός από αυτούς τους φοιτητές, σχεδόν το 89%, ισχυρίζεται ότι επιθυμεί να

ασχοληθεί πιο ενεργά με τη διδασκαλία και τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών και ότι θα ήθελε να κατανοήσει τις σχετικές έννοιες, αλλά δυσκολεύεται να το κάνει. Ένα άλλο αξιοσημείωτο ζήτημα είναι ότι αυτοί οι φοιτητές διαθέτουν υψηλού επιπέδου δεξιότητες διαδικτυακής αναζήτησης και δεξιοτήτων χρήσης και λειτουργίας των ΤΠΕ (Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών), συγκεκριμένα σε ποσοστό 81,82%. Το γεγονός αυτό θεωρήθηκε σημαντικό να ληφθεί υπόψη και να αξιοποιηθεί στη διδακτική παρέμβαση για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας. Ένα άλλο ζήτημα στο οποίο οι φοιτητές παρουσιάζουν ιδιαίτερες δεξιότητες είναι η ικανότητα χρήσης και χειρισμού εκπαιδευτικών πακέτων όπως το Microsoft Word και το PowerPoint αλλά όχι το Excel, το οποίο είναι ένα μαθηματικό πακέτο.

Λαμβάνοντας υπόψη τις προαναφερθείσες δεξιότητες ΤΠΕ και άλλες δεξιότητες των φοιτητών και το μικρό τους ενδιαφέρον/γνώσεις για τις Φυσικές Επιστήμες αλλά την επιθυμία τους να μάθουν περισσότερα γι' αυτές, αποφασίστηκε η διεξαγωγή της παρούσας έρευνας προκειμένου να διερευνηθεί και να διαπιστωθεί τι θα μπορούσε να γίνει για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος. Ειδικότερα, ο βασικός προβληματισμός αφορούσε στο πώς μπορεί να προκληθεί το ενδιαφέρον των φοιτητών για έννοιες των Φυσικών Επιστημών και με ποιο τρόπο μπορεί να αξιοποιηθεί αυτό το ενδιαφέρον στη διδασκαλία, με σκοπό την ενίσχυση και τη γεφύρωση του χάσματος της γνώσης και εν τέλει την καλύτερη κατανόηση των εννοιών των Φυσικών Επιστημών. Για τους σκοπούς της έρευνας αποφασίστηκε η χρήση και υλοποίηση δραστηριοτήτων STE(A)M και ειδικότερα η δημιουργία και εφαρμογή μοντέλων από τους ίδιους τους φοιτητές, σε έννοιες της Αστρονομίας και των Επιστημών Γης.

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

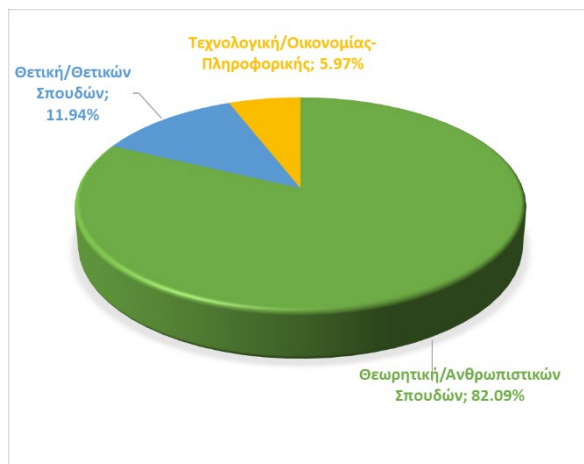
### **Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα**

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να διερευνήσει τον βαθμό στον οποίο οι δραστηριότητες τύπου STE(A)M και τα αυτοδημιούργητα μοντέλα αστρονομίας των φοιτητών μπορούν να ενισχύσουν το γνωστικό επίπεδό τους στις έννοιες των Φυσικών Επιστημών και το ενδιαφέρον τους για αυτές. Για το σκοπό αυτό, τα ερευνητικά ερωτήματα ήταν τα ακόλουθα: 1. Σε ποιο βαθμό η εφαρμογή των αυτοδημιούργητων μοντέλων τύπου STE(A)M για τις Έννοιες της Αστρονομίας μπορούν να ενισχύσουν το γνωστικό επίπεδο των φοιτητών στις έννοιες των Φυσικών Επιστημών; 2. Σε ποιο βαθμό μπορούν αυτές οι δραστηριότητες STE(A)M να ενισχύσουν το ενδιαφέρον τους για τις Φυσικές Επιστήμες;

### **Το δείγμα της έρευνας**

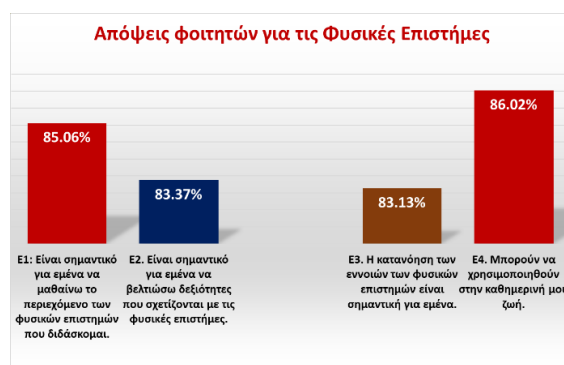
Στην έρευνα συμμετείχαν 122 φοιτητές/τριες προερχόμενοι από τρία συνεχόμενα ακαδημαϊκά έτη (ακαδημαϊκό έτος 2021-2022 συμμετέχοντες 36, ακαδημαϊκό έτος 2022-2023 συμμετέχοντες 56 και 30 το ακαδημαϊκό έτος 2023-2024) που παρακολούθησαν το μάθημα «Έννοιες της Αστρονομίας και των Επιστημών της Γης». Οι συμμετέχοντες στην έρευνα φοιτητές είναι όλοι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Όπως προαναφέρθηκε, η πλειονότητα των φοιτητών είχε

σπουδές θεωρητικού προσανατολισμού στο Λύκειο (κατά την προετοιμασία τους για τις εισαγωγικές εξετάσεις στο πανεπιστήμιο, εστιάζοντας κυρίως σε μαθήματα γλώσσας ή ιστορίας, για παράδειγμα, παρά σε Μαθηματικά, Φυσική ή Χημεία). Λόγω των ανωτέρω, το γνωστικό τους επίπεδο στις Φυσικές Επιστήμες είναι χαμηλό και κατά συνέπεια το ενδιαφέρον τους για αυτές δεν είναι ιδιαίτερο.

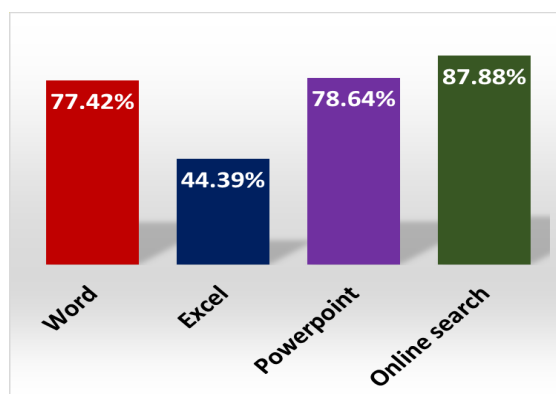


Εικ. 1. Κατεύθυνση Σπουδών των συμμετεχόντων κατά τη Λυκειακή τους βαθμίδα

Ωστόσο, και σε αντίθεση με το μικρό επιστημονικό τους υπόβαθρο, κατά την αξιολόγηση της ψηφιακής τους επάρκειας, οι μαθητές δήλωσαν ότι διαθέτουν υψηλό επίπεδο ικανότητας σε δεξιότητες ΤΠΕ και πακέτα χρήσης λογισμικών. Τα παρακάτω σχήματα απεικονίζουν τις ψηφιακές ικανότητες των φοιτητών και τον προσανατολισμό των σπουδών τους πριν την εισαγωγή τους στο Πανεπιστήμιο (Εικ. 1, 2, 3)



Εικ. 2. Απόψεις φοιτητών για τις Φυσικές Επιστήμες



Εικ. 3. Δεξιότητες συμμετεχόντων σε βασικά εργαλεία ΤΠΕ

## **Μέθοδος και ερευνητικά εργαλεία**

Η μελέτη διεξήχθη με τη χρήση μεικτής μεθόδου (ποιοτικής και ποσοτικής). Συγκεκριμένα, οι τελικές εξετάσεις των φοιτητών συγκρίθηκαν με τις μέσες βαθμολογίες των φοιτητών των προηγούμενων ετών στις τελικές εξετάσεις. Τα τεστ αξιολόγησής τους είχαν την ίδια μορφή, φιλοσοφία και βαρύτητα με αυτά των προηγούμενων ετών αλλά δεν ήταν ακριβώς τα ίδια. Το περιεχόμενο των εξετάσεων προετοιμάστηκε εξ ολοκλήρου από τον ερευνητή που ήταν και ο διδάσκων των συμμετεχόντων στην έρευνα. Όσον αφορά στους φοιτητές, το γνωστικό τους επίπεδο δεν διαφοροποιήθηκε κατά τα εξάμηνα στα τρία έτη της έρευνας, καθώς όλοι εισάγονται στο Πανεπιστήμιο με το ίδιο σχεδόν γνωστικό υπόβαθρο. Πιο συγκεκριμένα, τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων αυτής της παρέμβασης ήταν ίδια με εκείνα των φοιτητών των προηγούμενων ετών, οι οποίοι δεν είχαν διδαχθεί με την προσέγγιση τύπου STE(A)M. Για λόγους τριγωνισμού των αποτελεσμάτων, διεξήχθη επίσης μια συζήτηση σε ομάδα εστίασης με 10 φοιτητές, τυχαία επιλεγμένων, με σκοπό την παροχή απαντήσεων στα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας εργασίας. Για την παροχή λεπτομερέστερων δεδομένων, αξιοποιήθηκαν επίσης σημειώσεις του ερευνητή-διδάσκοντα οι οποίες ελήφθησαν κατά την εφαρμογή της παρέμβασης και όλης της διαδικασίας.

Ταυτόχρονα, υπήρξε αξιολόγηση των φοιτητών από ομοτίμους τους (συμφοιτητές τους) καθώς και ανταλλαγές απόψεων μεταξύ τους, μετά από κάθε παρουσίαση των μοντέλων τους. Τα ημιδομημένα ερωτήματα στη συζήτηση της ομάδας εστίασης ελέγχθηκαν πιλοτικά με τρεις φοιτητές για λόγους εγκυρότητας, διευκρίνισης, αναδιατύπωσης, ακρίβειας ή συνοχής προτού πραγματοποιηθεί η πραγματική συζήτηση της ομάδας εστίασης. Τέλος, τα αποτελέσματα της συζήτησης της ομάδας εστίασης παρουσιάζονται ανώνυμα για δεοντολογικούς λόγους και για το λόγο αυτό, οι απαντήσεις των μαθητών που αναφέρονται στην εργασία εμφανίζονται στην ενότητα αποτελεσμάτων ως Σ1 (συμμετέχων 1), Σ2 (συμμετέχων 2) και ούτω καθεξής.

## **Δεοντολογικά ζητήματα**

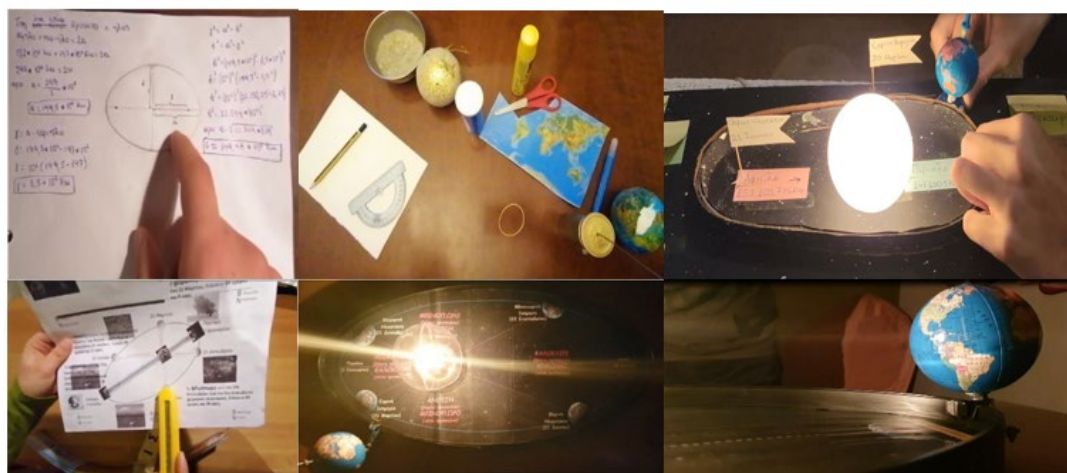
Αν και η έρευνα διεξήχθη στα πλαίσια του μαθήματος «Έννοιες Αστρονομίας και Επιστημών Γης», όπου καθημερινά βασικός στόχος είναι η βελτίωση της μαθησιακής και διδακτικής διαδικασίας και τέτοιες δραστηριότητες αποτελούν συχνή πρακτική, για λόγους δεοντολογίας, οι φοιτητές ενημερώθηκαν ότι οι δραστηριότητες και όλη η παρέμβαση αποτελούν, εκτός από περιεχόμενο των μαθημάτων τους, και μέρος της έρευνας και ζητήθηκε και δόθηκε η συγκατάθεσή τους και η εθελοντική τους συμμετοχή. Οι φοιτητές ενημερώθηκαν ότι η συμμετοχή τους θα είναι ανώνυμη και ότι οποιαδήποτε στιγμή μπορούσαν να αποχωρήσουν από τις διεργασίες.

## **Στάδια της έρευνας**

Ουσιαστικά, η έρευνα ξεκίνησε το ακαδημαϊκό έτος 2021-2022, επαναλήφθηκε το ακαδημαϊκό έτος 2022-2023 και ολοκληρώθηκε το έτος 2023-2024. Σε κάθε ακαδημαϊκό έτος, και την τρίτη εβδομάδα του εαρινού ακαδημαϊκού εξαμήνου προτεινόταν στους εκπαιδευόμενους πέντε διαφορετικά θέματα αστρονομίας

επιστημών γης (1. Περιφορά της Γης - Οι Εποχές - Ισημερίες και Ηλιοστάσια, 2. Έκλειψη Ηλίου και Έκλειψη Σελήνης - Φάσεις Σελήνης, 3. Ο άξονας και περιστροφή της Γης - Ημέρα και Νύχτα (ηλιακή - αστρική - σεληνιακή ημέρα, 4. Το ηλιακό σύστημα, 5. Το σχήμα και οι κινήσεις της Γης - Μετάβαση - δόνηση) και έξι διαφορετικά που αφορούν τις επιστήμες Γης (1. Κύκλος Νερού, 2. Σεισμοί, 3. Ηφαιστεια, 4. Γεωγραφικές συντεταγμένες-ωριαίες άτρακτοι, 5. Ατμόσφαιρα Γης και 6. Δομή Γης). Κάθε θέμα δίνονταν σε τουλάχιστον πέντε διαφορετικούς φοιτητές και η εργασία ήταν υποχρεωτική. Τα θέματα ανατέθηκαν είτε μεμονωμένα σε ένα άτομο είτε σε ομάδες (2 ατόμων) για όσους/ες επιθυμούσαν να συνεργαστούν με άλλους. Από κάθε φοιτητή/φοιτήτρια ή (ομάδα) ζητήθηκε, ακολουθώντας την προσέγγιση STE(A)M, να κάνει κάποια έρευνα γύρω από το θέμα του, να βρει πληροφορίες, να δημιουργήσει ένα μοντέλο σχετικά με το θέμα της αστρονομίας και επιστημών γης που του/της ανατέθηκε. Τα έργα, τα οποία ακολούθησαν τη φιλοσοφία της προσέγγισης STE(A)M, έπρεπε να παρουσιαστούν στην αίθουσα, σε μια ειδική για το σκοπό αυτό διδακτική συνάντηση, ακολουθούμενη από μια επεξηγηματική παρουσίαση των φοιτητών με τη χρήση PowerPoint. Σε όλους τους φοιτητές δόθηκαν κάποιες οδηγίες υλοποίησης πριν από την εργασία τους για τα έργα τους, αλλά μπορούσαν επίσης να κάνουν οποιεσδήποτε διευκρινιστικές ερωτήσεις, σε περίπτωση που ήταν απαραίτητο.

Οι φοιτητές είχαν μια περίοδο έξι εβδομάδων για να ολοκληρώσουν τις εργασίες τους και ήταν ελεύθεροι να χρησιμοποιήσουν τη δημιουργικότητα και τη φαντασία τους καθώς και τις ψηφιακές ή άλλες δεξιότητες τους χρησιμοποιώντας καθημερινά και απλά υλικά, να σχεδιάσουν, να χρησιμοποιήσουν πλαστελίνη κ.λπ.. Στην αρχή, υπήρχαν φοιτητές που ένιωθαν μάλλον διστακτικοί και έθεταν διάφορες ερωτήσεις σχετικά με το πώς να προχωρήσουν με τα έργα τους.



Εικ. 4. Εικόνες από τις δραστηριότητες των συμμετεχόντων

Ωστόσο, ήταν ενδιαφέρον το γεγονός ότι πολλοί από αυτούς είχαν ήδη ολοκληρώσει την εργασία τους μέσα σε λιγότερο από τέσσερις εβδομάδες. Στην πραγματικότητα, ήταν πολύ ενθουσιώδεις και συμμετείχαν ενεργά, ενώ αποτέλεσε έκπληξη το γεγονός



ότι ζητούσαν περισσότερα θέματα για τη δημιουργία και περαιτέρω μοντέλων. Έτσι, αποφασίστηκε να ανατεθούν και επιπρόσθετα θέματα σε όσους επιθυμούσαν, αλλά αυτή η εργασία και η κατασκευή μοντέλου δεν ήταν υποχρεωτικά αυτή τη φορά. Τα θέματα αυτής της μη υποχρεωτικής δραστηριότητας ήταν σεισμοί – Ηφαίστεια, υδρολογικός κύκλος (κύκλος νερού), παλίρροιες, διαστρωμάτωση της ατμόσφαιρας, δομή της γης. Ένα ποσοστό 65% των μαθητών εργάστηκε επάνω σε αυτά τα θέματα δημιουργώντας νέα μοντέλα. Αυτές οι δημιουργίες παρουσιάστηκαν σε συμφοιτητές τους σε συνάντηση, που πραγματοποιήθηκε για ενημέρωση και διάδοση καλών πρακτικών. Στην εικ.4 δίνονται εικόνες από τις δραστηριότητες των συμμετεχόντων.

## **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Τα ευρήματα της έρευνας αποκάλυψαν ότι υπήρξε αλλαγή στη στάση των φοιτητών απέναντι στις έννοιες των Φυσικών Επιστημών, καθώς ασχολήθηκαν ενεργά και με έντονο ενδιαφέρον με όλα τα θέματα που τους ανατέθηκαν, υλοποιώντας τα αντίστοιχα μοντέλα. Αξίζει να αναφερθεί ότι υπήρξε μεγάλη διαφοροποίηση των μοντέλων/δημιουργιών των φοιτητών, καθώς από τα πέντε θέματα που προτάθηκαν, το ένα θέμα μπορούσε να αξιοποιηθεί από περίπου δέκα φοιτητές κάθε φορά, μεμονωμένους ή σε μικρές ομάδες. Αυτό θεωρήθηκε σημαντικό για την πολλαπλότητα των αναπαραστάσεων τους καθώς οι φοιτητές είχαν τη δυνατότητα, για το ίδιο θέμα, να βλέπουν διαφορετικά μοντέλα εφαρμοσμένα με βάση τις εξατομικευμένες δεξιότητες του κάθε φοιτητή/φοιτήτριας που το υλοποιούσε. Από την έρευνα, φάνηκε ότι οι φοιτητές αξιοποίησαν πολλές και διαφορετικές δεξιότητες και ικανότητες, καθώς άλλοι έδιναν έμφαση στο μηχανικό/δομικό μέρος του μοντέλου τους, άλλοι στο καλλιτεχνικό μέρος της εργασίας τους και άλλοι στους μαθηματικούς υπολογισμούς. Έτσι, κάθε φοιτητής/φοιτήτρια εστίασε στις ατομικές του/της εξατομικευμένες δεξιότητες ή/και προτιμήσεις. Με βάση τα σχόλια των συμμετεχόντων κατά τις παρατηρήσεις αξιολόγησης από τους ομοτίμους τους, τη διαδικασία λήψης σημειώσεων και τα μοντέλα/δημιουργίες των μαθητών, ήταν προφανές ότι το STE(A)M έκανε τη διαφορά στη στάση τους απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες γενικά και διευκόλυνε την κατανόηση των εννοιών.

Όπως υποστήριζαν οι φοιτητές, αυτό επιτεύχθηκε ιδιαίτερα μέσω της παρακολούθησης των πολλαπλών και διαφορετικών μοντέλων, για το ίδιο θέμα. Αυτή η διαφοροποίηση των τρόπων κατασκευής ενός μοντέλου και της απεικόνισης του τρόπου με τον οποίο λειτουργεί μέσα από την οπτική γωνία του κάθε φοιτητή/φοιτήτριας, ενίσχυσε την αντίληψή τους και τους έδωσε τη δυνατότητα να είναι θετικοί στην επιστημονική σκέψη. Σύμφωνα με τους συμμετέχοντες, οι δραστηριότητες STE(A)M –δημιουργίες μοντέλων– θεωρήθηκαν μια καινοτόμος διαδικασία, διασκεδαστική, έκανε τα μαθήματα ενδιαφέροντα, τις διδακτικές συναντήσεις πιο ευχάριστες, αύξησε την παρουσία τους στην αίθουσα και τη συμμετοχή τους στα μαθήματα και τους βοήθησε να μάθουν με ευχάριστο αλλά εποικοδομητικό και δημιουργικό τρόπο. Οι δραστηριότητες και οι δημιουργίες μοντέλων STE(A)M είχαν επίσης θετικό αποτέλεσμα στη γνωστική τους διαδικασία. Αυτό φάνηκε από τα αποτελέσματα των

εξετάσεων του τελευταίου εξαμήνου με βάση τα οποία η απόδοση των φοιτητών βελτιώθηκε από 6,64 (μέσος όρος) σε 7,75 για φοιτητές που έκαναν ένα έργο (βελτίωση 14,3%). Υπήρξε επίσης βελτίωση στο 8,88 (μέσος όρος) για όσους έκαναν και τα δύο έργα (σύνολο 33,74%)

Τα προαναφερθέντα αποτελέσματα ενισχύονται και από τα ευρήματα της συζήτησης στην ομάδα εστίασης. Σύμφωνα με τις απαντήσεις των φοιτητών, οι δραστηριότητες τύπου STE(A)M τους επέτρεψαν να δουν την επιστήμη διαφορετικά, να είναι θετικοί και να αυξήσουν το ενδιαφέρον τους. Τους έδωσαν επίσης την ευκαιρία να μάθουν και να κατανοήσουν τις έννοιες που θεωρούσαν ότι ήταν δύσκολο να κατανοηθούν που ως εκ τούτου τους αποθάρρυναν πολύ να προσπαθήσουν. Με βάση τους φοιτητές, αυτή η διαδικασία αύξησε τη ενεργό τους συμμετοχή αλλά και τη δημιουργικότητα και τη φαντασία τους. Όπως ισχυρίστηκαν, η διαδικασία τους βοήθησε να συνειδητοποιήσουν τις δεξιότητές τους στη δημιουργία, αλλά και να πιστέψουν στις ικανότητές τους, ενισχύοντας έτσι την αυτοπεποίθησή τους.

Γενικά, η συζήτηση και τα σχόλια που ελήφθησαν από τους συμμετέχοντες έδειξαν τον πλήρη ενθουσιασμό τους για μια χρονοβόρο αλλά ευχάριστη διαδικασία. Κάποιοι φοιτητές αξιοποίησαν περαιτέρω τα αυτοδημιούργητα μοντέλα τους στις πτυχιακές τους εργασίες, ενώ άλλοι τα ενσωμάτωσαν σε σενάρια διδασκαλίας που πρότειναν, προκειμένου να αναδείξουν την παιδαγωγική τους χρήση. Αυτά τα σενάρια χρησιμοποιήθηκαν στη διαδικασία της πρακτικής τους άσκησης, στη διδασκαλία τους σε σχολεία. Σύμφωνα με τους φοιτητές, οι μαθητές των Δημοτικών σχολείων στα οποία δίδαξαν ως υποψήφιοι δάσκαλοι, έδειξαν μεγάλο ενθουσιασμό. Τον ίδιο ενθουσιασμό κατέθεσαν και οι πραγματικοί δάσκαλοι των τάξεων στο Δημοτικό Σχολείο που δίδαξαν, οι οποίοι τους παρατηρούσαν κατά τη διδασκαλία, στο πλαίσιο της διαδικασίας της πρακτικής τους άσκησης. Μετά τη θετική ανατροφοδότηση των φοιτητών, η προσέγγιση STE(A)M επαναλήφθηκε και σε άλλα γνωστικά αντικείμενα των Φυσικών Επιστημών (Χημεία, Φυσική, Διδακτική της Φυσικής) με την θετική ανταπόκριση των φοιτητών.

## **ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

Η παρούσα έρευνα είχε στόχο να διερευνήσει τον βαθμό στον οποίο οι δραστηριότητες τύπου STE(A)M και τα αυτοδημιούργητα μοντέλα Αστρονομίας των φοιτητών μπορούν να ενισχύσουν το γνωστικό τους επίπεδο στις έννοιες των Φυσικών Επιστημών και το ενδιαφέρον τους για αυτές. Τα ευρήματα της έρευνας αποκάλυψαν θετικά σχόλια από τους συμμετέχοντες. Φάνηκε ότι οι εργασίες τύπου STE(A)M βελτίωσαν το γνωστικό επίπεδο των φοιτητών, ενίσχυσαν το ενδιαφέρον τους για τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών, ενώ ακόμη και ο αριθμός των παρακολουθούντων στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών αυξάνεται ιδιαίτερα κάθε έτος. Αξιοσημείωτο είναι ότι οι φοιτητές άλλαξαν τη στάση τους απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες, κυρίως διότι η πλειοψηφία τους είχε θεωρητικό υπόβαθρο. Ακόμη και οι φοιτητές που πίστευαν ότι οι δημιουργίες τους δεν ήταν σημαντικές, έλαβαν θετικά σχόλια από τους

συμφοιτητές τους, γεγονός που τους ενθάρρυνε για τις ικανότητές τους και αύξησε την αυτοεκτίμησή τους. Γενικά, οι δραστηριότητες τύπου STE(A)M είχαν θετικό αντίκτυπο στους εκπαιδευόμενους και τη μάθησή τους, αύξησαν τη συμμετοχή, και την αλληλεπίδραση μεταξύ τους, διευκόλυναν την κατανόηση των επιστημονικών εννοιών και βελτίωσαν τις γνώσεις τους. Τα ευρήματα αυτά συμφωνούν με τα ευρήματα της βιβλιογραφίας σύμφωνα με την οποία οι δραστηριότητες STE(A)M έχουν θετικό αντίκτυπο στη μάθηση (Allen et al., 2016· Hsu et al, 2019· Sawangmenk, 2019· Sharma & Yarlagadda, 2018), ενώ ενισχύουν την ανάπτυξη σύγχρονων δεξιοτήτων (Dragogiannis, 2017· Hwang & Tu, 2021).

Επιπλέον, η παρέμβαση, βασισμένη στις δραστηριότητες των αυτοδημιούργητων μοντέλων των φοιτητών μεταμόρφωσε, υπό μια έννοια, τις βαρετές διαλέξεις, μετατρέποντάς τις σε ενδιαφέρουσες γνωστικές διαδικασίες κατά τις οποίες οι μαθητές αλληλεπιδρούσαν μεταξύ τους αλλά και με τον εκπαιδευτικό. Η ενσωμάτωση των έργων STE(A)M και τα κοινωνικά χαρακτηριστικά τους προέτρεψαν τους φοιτητές να έχουν θετική στάση απέναντι στα μαθήματα φυσικών επιστημών, και οδήγησαν στην επιθυμία τους να τα παρακολουθούν μέχρι την ολοκλήρωσή τους, να συμμετείχαν με αμείωτο ενδιαφέρον, να θέτουν ερωτήσεις ή να καταθέτουν γόνιμες απορίες. Η παρέμβαση επίσης αύξησε ιδιαίτερα την δημιουργικότητα των συμμετεχόντων καθώς μέσω των προσωπικών τους έργων κατατέθηκε πλήθος διαφοροποιημένων μοντέλων. Επιπλέον, οι επιδόσεις των φοιτητών ήταν υψηλότερες με σημαντικό αριθμό βαθμών Α στις τελικές εξετάσεις σε αντίθεση με τα προηγούμενα έτη. Τέλος, οι φοιτητές επέμειναν στην εφαρμογή της ίδιας προσέγγισης STE(A)M και σε άλλα μαθήματα Φυσικών Επιστημών, κάτι που όντως πραγματοποιήθηκε.

Σύμφωνα με τους εκπαιδευόμενους-υποψήφιους δασκάλους, η εκπαίδευση στις τεχνικές STE(A)M ήταν όχι μόνο αποτελεσματική, διασκεδαστική, και εντυπωσιακά δημιουργική διαδικασία αλλά και ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα καθώς οι υποψήφιοι δάσκαλοι αναζητούσαν στο διαδίκτυο τις απαραίτητες πληροφορίες για τα έργα τους. Ταυτόχρονα εφαρμόστηκε η αυτορρυθμιζόμενη (προσαρμοστική) μάθηση, η οποία επέτρεψε στους φοιτητές να είναι αυτόνομοι, αναφορικά με τον σχεδιασμό, τη δημιουργία και το αποτέλεσμα του μοντέλου τους. Πολλοί από συμμετέχοντες δημιούργησαν βίντεο στα οποία απεικονίζονται τα βήματα υλοποίησης της προσωπικής και μοναδικής τους δημιουργίας. Τα συγκεκριμένα βίντεο βρίσκονται στην ιστοσελίδα της ηλεκτρονικής τάξης του πανεπιστημιακού μαθήματος, με σκοπό τη διάχυση της γνώσης και την ανατροφοδότηση από τους υπόλοιπους φοιτητές.

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Οι εκπαιδευτικοί γνωρίζουν καλά ότι πολλές έννοιες των φυσικών επιστημών, όπως η φυσική, είναι δύσκολο να διδαχθούν (Yusuf and Widyaningsih, 2019), ειδικά όταν η ύλη που πρέπει να καλυφθεί είναι συντριπτική, καθιστώντας αποθαρρυντική τη μάθηση. Ωστόσο, η επιστήμη βασίζεται πολύ στον πειραματισμό και στην προσπάθεια και λιγότερο στη θεωρία, η οποία αποθαρρύνει και συχνά απογοητεύει τους

εκπαιδευόμενους. Η συνεργατική μάθηση των επιστημών που συνυπάρχει με τη μηχανική, τα μαθηματικά και την τεχνολογία, γνωστή ως προσέγγιση STEM ή STE(A)M, μπορεί να αποτελέσει αποτελεσματικό σύνδεσμο της επιστημονικής γνώσης με την ενεργό συμμετοχή και την ανακάλυψη γνώσης από τους φοιτητές. Είναι επίσης σημαντικό οι εκπαιδευτικοί να έχουν υπόψη ότι οι φοιτητές έχουν την ικανότητα να είναι δημιουργικοί, παρουσιάζουν αυξημένη φαντασία τις περισσότερες φορές, μπορούν να αξιοποιήσουν τις δικές τους προσωπικές δεξιότητες και ικανότητες, είναι πολύ εξοικειωμένοι με την τεχνολογία και είναι ικανοί να ανταπεξέλθουν σε πολλά περισσότερα μαθησιακά καθήκοντα από ότι πιστεύεται. Το μόνο που χρειάζεται είναι οι εκπαιδευτικοί να δίνουν ευκαιρίες τόσο στους ίδιους όσοι και στους φοιτητές τους, προσφέροντάς τους το ανάλογο κίνητρο για τη μάθηση και την απόλαυση της γνώσης. Άλλωστε, όπως είπε κάποτε και ο Feiman (2014) «Πρέπει να σταματήσουμε να «σκοτώνουμε» την απόδοση και το ενδιαφέρον των φοιτητών για την επιστήμη κάνοντας συνεχώς βαρετές διαλέξεις, αντί να τους βοηθάμε να σκέφτονται σαν επιστήμονες. Άλλωστε, οι καλοί εκπαιδευτικοί δεν τους «παραδίδουν έτοιμη γνώση», αλλά τους ξυπνούν, τους βοηθούν να σταθούν στα πόδια τους και τραβούν την καρέκλα μακριά από αυτούς για να ισορροπήσουν μόνοι τους».

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Γρηγοριάδου, Π. (2004). *Η Διεπιστημονική-Διαθεματική προσέγγιση της γνώσης*, Μεταπτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Φλώρινα.
- Ζαγκότας, Β., Μπίμπα, Μ. & Φύκαρης, Ι. (2019). Σύγχρονες τάσεις και πολιτικές, επιστημονικές έρευνες και πρακτικές. Οι δυνατότητες της διεπιστημονικότητας στη διδακτική διαδικασία την εποχή της μετανεωτερικότητας: μύθος ή πραγματικότητα; Μια αποδεικτική προσπάθεια μέσω της παρουσίας διδακτικού παραδείγματος. Στο: Σ.Χ. Πανταζής, Ε.Π. Μαράκη, Γ.Ε. Στριλιγκάς, Ε. Μπελαδάκης, Ι.Α. Τζωρτζάκης, Χ.Ε. Αρβανίτης, Ε.Ε. Ψαλάκη & Χ.Σ. Ντρουμπογιάννης (Επιμ.), *Η διεπιστημονικότητα ως γνωστική, εκπαιδευτική και κοινωνική πρόκληση*, Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Διεθνούς Ι.Α.Κ.Ε. Ελληνικού Επιστημονικού Συνεδρίου, Τόμος Α, (104-115), Ηράκλειο, 2019.
- Καλαντζής, Γ. & Τσιχουρίδης, Χ. (2019). Το S.T.E.M. στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση ως πιθανός παράγοντας οικονομικής ανάπτυξης: Διεθνής βιβλιογραφική επισκόπηση. Πρακτικά του 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ελλάδα-Ευρώπη 2020: Εκπαίδευση, Δια βίου Μάθηση, Έρευνα, Νέες Τεχνολογίες, Καινοτομία και Οικονομία» (σελ. 118-125), Σεπτέμβριος 28-30, 2018, Λαμία.
- Ματσαγγούρας, Ι. (2012). *Η διαθεματικότητα στη σχολική γνώση*, Αθήνα: ΓΡΗΓΟΡΗ.
- ΦΕΚ 5928/Β/16-12-2021, Πρόγραμμα σπουδών επιπέδου Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, Ανακτήθηκε Ιούνιος 8, 2024 από <https://t.ly/94Yc>.

- Χατζημιχαήλ, Μ.Α. (2010). Η εφαρμογή και η αποτελεσματικότητα της διαθεματικής προσέγγισης στη διδακτική πρακτική, *Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων*, τεύχος 16, Σεπτέμβριος 2020, 212-225.
- Datnow, A., Park, V., Peurach, D.J. & Spillane, J.P. (2022). Transforming Education for Holistic Student Development. *Report: Learning from Education System (Re) Building Around the World*, Center for Universal Education, Brookings, Washington D.C.
- English, L.M. & Irving, C.J. (2012). Women and Transformative Learning. In: E.W. Taylor & P. Cranton and Associates (eds). *The Handbook of Transformative Learning. Theory, Research and Practice*, Part Three: Transformative Learning: Culture, Positionality, and International Perspectives, (pp. 231-245), Jossey-Bass.
- Gale, J., Alemdar, M., Lingle, J., & Newton, S. (2020). Exploring critical components of an integrated STEM curriculum: an application of the innovation implementation framework [Article]. *International Journal of STEM Education*, 7(1), Article 5. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-0204-1>
- García, E. G., Magaña, E. C., & Ariza, A. C. (2020). Quality education as a sustainable development goal in the context of 2030 agenda: Bibliometric approach, *Sustainability* 12(15), Article 5884. <https://doi.org/10.3390/SU12155884>
- Gil-Doménech, D., Berbegal-Mirabent, J., & Merigó, J. M. (2018). STEM education: A bibliometric overview [Conference Paper]. *International Conference on Modelling and Simulation in Management Sciences*, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-15413-4\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-15413-4_15)
- Ha, C. T., Thao, T. T. P., Trung, N. T., Huong, L. T. T., Dinh, N. V., & Trung, T. (2020). A Bibliometric Review of Research on STEM Education in ASEAN: Science Mapping the Literature in Scopus Database, 2000 to 2019 [Article]. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(10), Article em1889. <https://doi.org/10.29333/ejmste/8500>
- Hwang, G. J., & Tu, Y. F. (2021). Roles and research trends of artificial intelligence in mathematics education: A bibliometric mapping analysis and systematic review. *Mathematics*, 9(6), Article 584. <https://doi.org/10.3390/math9060584>
- Kalantzis, G., Tsihouridis, Ch., Batsila, M. & Vavougiotis, D. (2022). Use of Specially Designed Simple Experimental Device Based on Raspberry Pi by Students for the Conceptual Understanding of Rotational Motion, In: M. E. Auer et al. (Eds), *Mobility for Smart Cities and Regional Development – Challenges for Higher Education*, (pp753-763), Springer Nature Switzerland AG 2022, [https://doi.org/10.1007/978-3-030-93907-6\\_82](https://doi.org/10.1007/978-3-030-93907-6_82).
- Kang, N.-H. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) education in South Korea. *Asia-Pacific Science Education*, 5(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s41029-019-0034-y>

- Khodabandelou, R., Ale Ebrahim, N., Amoozegar, A., & Mehran, G. (2019). Revisiting Three Decades of Educational Research In Iran: A Bibliometric Analysis. *Iranian Journal of Comparative Education*, 2(1), 1-21. <https://doi.org/10.22034/ijce.2019.187779.1002>
- Lane, A. K., Skvoretz, J., Ziker, J. P., Couch, B. A., Earl, B., Lewis, J. E., McAlpin, J. D., Prevost, L. B., Shadle, S. E., & Stains, M. (2019). Investigating how faculty social networks and peer influence relate to knowledge and use of evidence-based teaching practices. *International Journal of STEM Education*, 6(1), Article 28. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0182-3>
- Maguth, B.M. (2012). In Defense of the Social Studies: Social Studies Programs in STEM Education, *Social Studies Research and Practice*, 7(2), pp. 65-90.
- Mammadov, S. & Schroeder, K. (2023). A meta-analytic review of the relationships between autonomy support and positive learning outcomes, *Contemporary Educational Psychology*, 75, 1-25.
- Ozkaya, A. (2019). Bibliometric analysis of the publications made in STEM education area. *Bartın University Journal of Faculty of Education*, 8(2), 590–628. <https://doi.org/10.14686/buefad.450825>
- Sawangmek, S. (2019). Trends and issues on STEM and STEAM education in early childhood. *Training and Practice*, 17(3–4), 97–106. <https://doi.org/10.17165/TP.2019.3-4.8>
- Takeuchi, M. A., Sengupta, P., Shanahan, M.-C., Adams, J. D., & Hachem, M. (2020). Transdisciplinarity in STEM education: A critical review. *Studies in Science Education*, 56(2), 213–253. <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1755802>
- Tsihouridis, Ch., Batsila, M. & Vavougiou, D. (2019). Expanding STEM to the Suggestion of STE-SAL-M; A Cross-Curricular Approach to Primary Education Science Teaching and Learning, *Proceedings of the 22nd International Conference on Interactive Collaborative Learning, "The Impact of the 4th Industrial Revolution on Engineering Education"*, pp. 843-855, September 25-28 2019, Bangkok, Thailand.
- Wahono, B., Lin, P. L. & Chang, C. Y. (2020). Evidence of STEM enactment effectiveness in Asian student learning outcomes. *International Journal of STEM Education*, 7(36), <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00236-1>
- Winarti, W, Sulisworo, D. & Kaliappen, N. (2021). Evaluation of STEM-Based Physics Learning on Students' Critical Thinking Skills: A Systematic Literature Review. *Indonesian Review of Physics (IRiP)*, 4(2), 61-69.
- Yusuf, I. & Widyaningsih, S.W. (2018). HOTS profile of physics education students in STEM-based classes using PhET media, *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1157* (2019) 032021, 1-5, doi:10.1088/1742-6596/1157/3/032021.