

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

Τόμ. 14, Αρ. 2 (2026)

Πρακτικά 14ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση


## ΠΡΑΚΤΙΚΑ

### 14°

**ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ  
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
και ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ στην ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ**

Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες  
στην Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές

Στην μνήμη της Άννας Σπύριου




12-14 Απριλίου 2025

**ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ  
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ, ΑΠΘ  
ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΑΠΘ**

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,  
Τμήμα Φυσικής, Σχολή Θετικών Επιστημών,  
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

[synedrio2025.enepnet.gr](http://synedrio2025.enepnet.gr)



## Μοντελοποίηση και Μαθησιακές Δεξιότητες 21ου αιώνα: Αποτίμηση Διδακτικής Παρέμβασης στη Διαβροχή

*Ευθυμία Αρβανίτου, Ελένη Πετρίδου*

doi: [10.12681/codiste.9987](https://doi.org/10.12681/codiste.9987)

## Μοντελοποίηση και Μαθησιακές Δεξιότητες 21<sup>ου</sup> αιώνα: Αποτίμηση Διδακτικής Παρέμβασης στη Διαβροχή

Ευθυμία Αρβανίτου<sup>1</sup> και Ελένη Πετρίδου<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ΠΜΣ «Διδακτική της Φυσικής και Εκπαιδευτική Τεχνολογία»,

<sup>2</sup>Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό,

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,

Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

<sup>1</sup>efarvanit@physics.auth.gr, <sup>2</sup>elepet@physics.auth.gr

### Περίληψη

Η παρούσα εργασία διερευνά την κατανόηση που αναπτύσσουν μαθητές της Β' Γυμνασίου για την έννοια και τα χαρακτηριστικά των μοντέλων, καθώς και την επίγνωσή τους για την ενίσχυση των μαθησιακών τους δεξιοτήτων του 21<sup>ου</sup> αιώνα, μετά από την συμμετοχή τους σε διδακτική παρέμβαση βασισμένη σε δραστηριότητες μοντελοποίησης. Οι μαθητές οικοδομούν και χρησιμοποιούν μοντέλα για τη μελέτη φαινομένων διαβροχής, αναπτύσσοντας παράλληλα δεξιότητες κριτικής σκέψης, δημιουργικότητας, συνεργασίας και επικοινωνίας. Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω ερωτηματολογίων που επικεντρώνονται στα μοντέλα και στις μαθησιακές δεξιότητες του 21<sup>ου</sup> αιώνα, τα οποία συμπληρώθηκαν πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Η ανάλυση των δεδομένων αποκαλύπτει σημαντικά ευρήματα.

**Λέξεις κλειδιά:** διαβροχή, μαθησιακές δεξιότητες 21<sup>ου</sup> αιώνα, μοντέλα

## Modeling and 21st-Century Learning Skills: Evaluating a Teaching Intervention on Wetting Phenomena

Efthymia Arvanitou<sup>1</sup> and Eleni Petridou<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Postgraduate Program "Didactics in Physics and Educational Technology",

<sup>2</sup>Laboratory Teaching Staff, Laboratory of Didactics of Physics and Educational Technology

Department of Physics, Aristotle University of Thessaloniki

<sup>1</sup>efarvanit@physics.auth.gr, <sup>2</sup>elepet@physics.auth.gr

### Abstract

This study investigates middle school student's understanding of the concept and the characteristics of scientific models, as well as their awareness of enhancing their 21<sup>st</sup>-century learning skills after participating in a teaching intervention based on modeling activities. During the intervention students constructed and utilized models to explore wetting phenomena, while simultaneously cultivating critical thinking, creativity, collaboration, and communication skills. Data collection was conducted through questionnaires designed to assess students' comprehension of models and their awareness of 21<sup>st</sup>-century learning skills. These questionnaires were administered both before and after the intervention. Data analysis reveals significant findings.

**Keywords:** 21<sup>st</sup>-century learning skills, models, wetting

### Εισαγωγή

Η εξοικείωση των μαθητών με την επιστημονική μεθοδολογία βρίσκεται στο επίκεντρο της εκπαίδευσης σήμερα. Η μοντελοποίηση αποτελεί βασικό μεθοδολογικό εργαλείο της επιστημονικής έρευνας, με τα επιστημονικά μοντέλα να αποτελούν αναπαραστάσεις που

διευκολύνουν την ερμηνεία, πρόβλεψη και μελέτη φαινομένων. Τα μοντέλα μπορούν να είναι φυσικές κατασκευές, εικόνες, μαθηματικά μοντέλα, διαγράμματα ή προσομοιώσεις (Gilbert, 2005). Η μοντελοποίηση περιλαμβάνει τα βήματα που ακολουθούνται για την μελέτη ενός φαινομένου, την ερμηνεία του ή την πρόβλεψή του, με τη χρήση μοντέλων. Οι εκφραστικές δραστηριότητες μοντελοποίησης περιλαμβάνουν οικοδόμηση του μοντέλου από τον ίδιο το μαθητευόμενο, ενώ στις διερευνητικές δραστηριότητες οι μαθητευόμενοι χρησιμοποιούν έτοιμα μοντέλα (Mellar & Bliss, 1994). Μία διδασκαλία μπορεί να χρησιμοποιεί τα μοντέλα αποκλειστικά για την κατανόηση του γνωστικού περιεχομένου ή να είναι έτσι σχεδιασμένη, ώστε να στοχεύει επιπλέον και στην μάθηση για τα μοντέλα (metamodeling knowledge) (Schwarz & White, 2005), εξοικειώνοντας τους μαθητές με επιστημονικές πρακτικές.

Η διαβροχή συνιστά ένα ευρύ πεδίο επιστημονικής έρευνας που έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη καινοτόμων προϊόντων και αποτελεί ένα σύγχρονο θέμα προς διδασκαλία. Με τη διαβροχή περιγράφεται η αλληλεπίδραση υγρού, στερεάς και αέριας επιφάνειας, με βασικό χαρακτηριστικό τη γωνία επαφής (ΓΕ). Ως γωνία επαφής ορίζεται η γωνία που σχηματίζει η επαφόμενη στο σημείο επαφής της σταγόνας του υγρού με την επιφάνεια. Οι επιφάνειες ανάλογα με την τιμή της ΓΕ χαρακτηρίζονται υπερυδρόφιλες ( $\theta < 10^\circ$ ), υδρόφιλες ( $10^\circ < \theta < 90^\circ$ ), υδρόφοβες ( $90^\circ < \theta < 150^\circ$ ) ή υπερυδρόφοβες ( $\theta > 150^\circ$ ) (Bormashenko, 2018). Η διαβροχή, ως φαινόμενο που λαμβάνει χώρα στο μικρόκοσμο και δεν μπορεί να εξηγηθεί με παρατήρηση δια γυμνού οφθαλμού, προσφέρεται για διερεύνηση με μοντελοποίηση.

Η ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21<sup>ου</sup> αιώνα αποτελεί βασική προτεραιότητα της σύγχρονης εκπαίδευσης, προκειμένου οι μαθητές να ανταποκρίνονται στις προκλήσεις της εποχής. Η κριτική σκέψη, η δημιουργικότητα, η συνεργασία και η επικοινωνία αποτελούν τις μαθησιακές δεξιότητες του 21<sup>ου</sup> αιώνα, γνωστές ως 4C skills. Η κριτική σκέψη περιλαμβάνει την ανάλυση και αξιολόγηση δεδομένων και ενισχύεται μέσω δραστηριοτήτων που απαιτούν σύνδεση αιτίου – αποτελέσματος και τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων. Η επικοινωνία αναπτύσσεται μέσα από παρουσιάσεις, συζητήσεις και γραπτές εργασίες όπου οι μαθητές καλούνται να εκφράσουν πολύπλοκες ιδέες με σαφήνεια. Η συνεργασία περιλαμβάνει ομαδική εργασία, κατανομή ρόλων και εποικοδομητική αλληλεπίδραση για την επίτευξη κοινού στόχου. Η δημιουργικότητα αφορά την παραγωγή πρωτότυπων ιδεών και ενισχύεται με δραστηριότητες που προάγουν τον πειραματισμό και την εναλλακτική σκέψη (Erdoğan, 2019 · Kelley et al., 2019 · Kruse, 2013).

Στο πλαίσιο αυτό σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε μία διδακτική παρέμβαση βασισμένη στα μοντέλα, στο αντικείμενο της διαβροχής με σκοπό την εισαγωγή των μαθητών στην έννοια και στα χαρακτηριστικά των μοντέλων και την ενίσχυση των μαθησιακών τους δεξιοτήτων του 21<sup>ου</sup> αιώνα. Τα ερευνητικά ερωτήματα είναι: 1. Σε ποιο βαθμό συνέβαλε η παρέμβαση στην κατανόηση της έννοιας και της λειτουργίας του επιστημονικού μοντέλου; 2. Ποια είναι η επίγνωση των μαθητών για τις μαθησιακές δεξιότητες του 21<sup>ου</sup> αιώνα που ανέπτυξαν με τη συμμετοχή τους στη διδακτική παρέμβαση;

## **Μεθοδολογία**

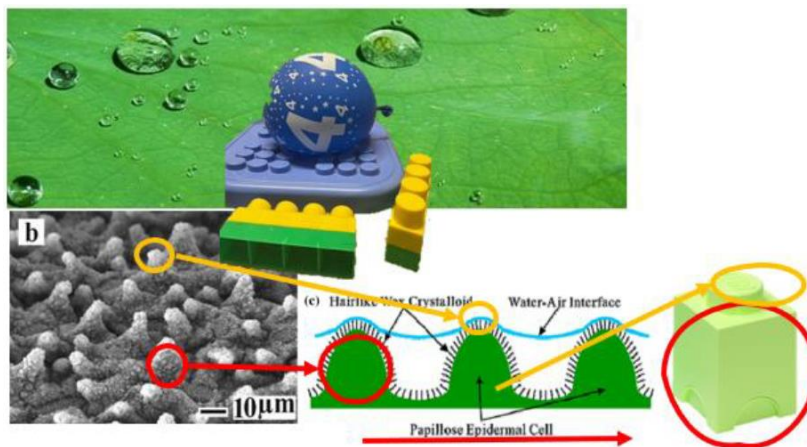
### **Πλαίσιο και δείγμα της έρευνας**

Στην έρευνα πήραν μέρος 17 μαθητές και μαθήτριες της Β' τάξης του Γυμνασίου Προμάχων, στο νομό Πέλλας. Κατά το σχολικό έτος 2023-2024, οι μαθητές συμμετείχαν εθελοντικά σε έναν ειδικό εκπαιδευτικό όμιλο, ο οποίος δημιουργήθηκε για τις ανάγκες της έρευνας. Οι συναντήσεις πραγματοποιούνταν δύο φορές την εβδομάδα, μετά το τέλος του σχολικού ωραρίου, και η διδακτική παρέμβαση διήρκεσε 12 διδακτικές ώρες.

## Η διδακτική παρέμβαση

Η διδακτική παρέμβαση, της οποίας οι σχεδιαστικές αρχές και η δομή περιγράφονται αναλυτικά στην εργασία των Αρβανίτου & Πετρίδου (2024), υιοθετεί τις φάσεις του διερευνητικού μοντέλου 5E (Bybbee et al. 2015) και περιλαμβάνει εκφραστικές δραστηριότητες μοντελοποίησης σε καταστάσεις διαβροχής. Ο μηχανισμός της διαβροχής ερμηνεύεται σε μικροσκοπικό επίπεδο, καθιστώντας σημαντική τη χρήση μοντέλων για την κατανόησή του. Η μοντελοποίηση των δομικών λίθων της λείας ή τραχιάς επιφάνειας γίνεται με τουβλάκια τύπου Lego, ενώ της σταγόνας του υγρού με μπαλόνι γεμάτο νερό, όπως φαίνεται στην εικόνα 1 (Αρβανίτου, 2024; Αρβανίτου et al., 2023). Οι μικρο-προεξοχές της επιφάνειας αντιστοιχούν στο τμήμα εντός του κόκκινου κύκλου, ενώ οι νάνο-προεξοχές στο τμήμα εντός του κίτρινου κύκλου. Όσον αφορά το μέγεθος της σταγόνας, αυτό αναπαρίσταται από το μέγεθος του μπαλονιού, ενώ το υλικό του μπαλονιού (πιο σφιχτό, πιο χαλαρό) αναπαριστά την επιφανειακή τάση, άρα και το είδος του υγρού.

**Εικόνα 1.** Μοντελοποίηση της κατάστασης διαβροχής



Η ρητή διδασκαλία για τη φύση των επιστημονικών μοντέλων ενσωματώθηκε σε όλες τις φάσεις της παρέμβασης, αποτελώντας κεντρικό άξονα. Τα διερευνητικά φύλλα εργασίας, με ρητές αναφορές και στοχευμένες ερωτήσεις για την έννοια και τη λειτουργία των μοντέλων σε συνδυασμό με εστιασμένες αναστοχαστικές συζητήσεις στην τάξη, καθοδηγούν τους μαθητές να οικοδομήσουν μοντέλα για να εξηγήσουν και να προβλέψουν καταστάσεις διαβροχής. Κατά τη διαδικασία μοντελοποίησης, οι μαθητές αναπτύσσουν κριτική σκέψη, καθώς αναλύουν πειραματικά δεδομένα, εντοπίζουν σχέσεις αιτίας – αποτελέσματος, συνδέουν τα μοντέλα-lego με τα στοιχεία των καταστάσεων διαβροχής και τεκμηριώνουν την εγκυρότητα του μοντέλου τους. Η επικοινωνία ενισχύεται μέσω της σαφούς έκφρασης των παραδοχών που κάνουν κατά τη διαδικασία μοντελοποίησης (π.χ. ότι το μοντέλο δεν αναπαριστά επακριβώς την πραγματικότητα), τόσο γραπτά, όσο και προφορικά, στο πλαίσιο παρουσιάσεων και συζητήσεων. Η οικοδόμηση των μοντέλων είναι συλλογική. Οι μαθητές διαμοιράζονται ρόλους, διαπραγματεύονται τις απόψεις τους και συμβάλλουν από κοινού στην ερμηνεία ή την πρόβλεψη του φαινομένου, καλλιεργώντας δεξιότητες συνεργασίας. Κατά την οικοδόμηση των δικών τους μοντέλων οι μαθητές ενισχύουν τη δημιουργικότητά τους, αφού πρόκειται για μια διαδικασία που απαιτεί ευρηματικότητα, πειραματισμό και συνδυαστική σκέψη για την απεικόνιση σύνθετων και αφηρημένων επιστημονικών εννοιών.

## Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας χρησιμοποιήθηκαν δύο ερωτηματολόγια, πριν και μετά την παρέμβαση. Με το πρώτο ερωτηματολόγιο ανιχνεύτηκε η κατανόηση των μαθητών σχετικά με τα μοντέλα, ενώ με το δεύτερο διερευνήθηκε η επίγνωσή τους για τη βελτίωση των μαθησιακών τους δεξιοτήτων μέσω της συμμετοχής τους στη διδακτική παρέμβαση. Το ερωτηματολόγιο που αξιοποιήθηκε για την αποτίμηση της κατανόησης των επιστημονικών

μοντέλων από τους μαθητές, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, καθώς και η ποιοτική του ανάλυση με ιεραρχικό σύστημα ταξινόμησης της επιστημονικής ενημερότητας των μαθητών/τριών για τα μοντέλα, βασίστηκε στη βιβλιογραφία (Κουκιόγλου, 2023· Πετρίδου 2008· Grosslight et al., 1991). Σε αυτό περιλαμβάνονται ερωτήσεις ανοικτού τύπου για τη φύση, τη λειτουργία και τη δυνατότητα αλλαγής των μοντέλων. Για τον έλεγχο στατιστικά σημαντικής διαφοροποίησης χρησιμοποιήθηκε παραμετρικός έλεγχος δύο παραγόντων.

Για την αξιολόγηση της επίγνωσης των μαθητών στις μαθησιακές δεξιότητες του 21<sup>ου</sup> αιώνα, χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου, οργανωμένο σε 5βάθμια κλίμακα Likert, το οποίο αναπτύχθηκε αρχικά από τους Hwang et al. (2020), ενώ μεταφράστηκε στα ελληνικά και χρησιμοποιήθηκε σε έρευνα των Kousloglou et al. (2023). Το ερωτηματολόγιο διαρθρώθηκε σε τέσσερις κατηγορίες ερωτήσεων, καθεμία εκ των οποίων αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη μαθησιακή δεξιότητα. Στην αρχή του ερωτηματολογίου οι μαθητές δηλώνουν το βαθμό συμφωνίας τους σε 5βάθμια κλίμακα Likert, που εκτείνεται από τη διατύπωση «δε συμφωνώ καθόλου» έως «συμφωνώ πολύ», σε δηλώσεις σχετικές με τις τέσσερις μαθησιακές δεξιότητες. Η κλίμακα αυτή αποσκοπεί στη μέτρηση της αυτοαντίληψης των μαθητών για κάθε δεξιότητα. Οι δηλώσεις του ερωτηματολογίου που χρησιμοποίησαν οι Kousloglou et al. (2023), επαναδιατυπώθηκαν, ακολουθώντας τη βιβλιογραφική ταξινόμηση, ώστε να είναι πιο σύντομες και κατανοητές για το επίπεδο των μαθητών. Αυτή η προσαρμογή βασίζεται στη βιβλιογραφία, σύμφωνα με την οποία η διατύπωση διαφορετικών αλλά συναφών στοιχείων ενισχύει την αξιοπιστία του ερευνητικού εργαλείου (Browne & Keeley, 1998). Τα αποτελέσματα αποτιμήθηκαν με τη χρήση του δείκτη Hake gain Index, ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο μέτρο στη διδακτική των φυσικών επιστημών, που αξιολογεί τα μαθησιακά οφέλη ανεξάρτητα από τις αρχικές επιδόσεις των μαθητών, με τιμές από -1 έως 1. Η αξιοπιστία του διατηρείται σε ποικίλα εκπαιδευτικά πλαίσια και μικρά δείγματα, διευκολύνοντας τη σύγκριση διαφορετικών διδακτικών μεθόδων (Hake, 1998· Kousloglou et al., 2023· McKagan et al., 2017). Επιπλέον, με βάση την έρευνα των Kelley et al. (2019), προστέθηκαν πέντε δηλώσεις στο ερωτηματολόγιο που δόθηκε μετά την παρέμβαση. Οι δηλώσεις αυτές επικεντρώνονται στην επίγνωση που έχουν οι μαθητές για το ποιες δραστηριότητες της παρέμβασης συνετέλεσαν στην ανάπτυξη συγκεκριμένων μαθησιακών δεξιοτήτων και αποσκοπούν στην καταγραφή των στοιχείων της διδακτικής διαδικασίας που συμβάλλουν στην ανάπτυξη των μαθησιακών δεξιοτήτων του 21<sup>ου</sup> αιώνα. Η συλλογή δεδομένων μέσω των δηλώσεων διευκολύνει την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των δραστηριοτήτων της παρέμβασης στην καλλιέργεια δεξιοτήτων όπως η επικοινωνία, η συνεργασία, η κριτική σκέψη και η δημιουργικότητα. Στον Πίνακα 1 ορίζονται και ταξινομούνται οι δηλώσεις αυτές από τους Kelley et al. (2019).

**Πίνακας 1.** Δηλώσεις ανίχνευσης μαθησιακών δεξιοτήτων 21<sup>ου</sup> αιώνα

α/α	Δήλωση στο ερωτηματολόγιο	Μαθησιακή δεξιότητα που αναπτύσσεται	Αντικείμενο από Kelley et al., (2019)
1	Η κατασκευή των μοντέλων με βοήθησε να δοκιμάσω πρωτότυπες ιδέες μου.	Κριτική σκέψη	create new, unique, surprising products
2	Παρουσιάζοντας στην τάξη τα μοντέλα που κατασκευάσαμε ενίσχυσα την ικανότητά μου να εκφράζω στους συμμαθητές μου τις ιδέες μου.	Επικοινωνία	organize information well
3	Ακούγοντας τις παρουσιάσεις των μοντέλων των συμμαθητών μου μπορώ να ενθαρρύνω περισσότερο έναν συμμαθητή μου να εκφράσει τις ιδέες του.	Συνεργασία	acknowledge and respect other perspectives
4	Πιστεύω ότι μπορώ να εξηγήσω τα διάφορα φαινόμενα διαβροχής σε κάποιον άλλο.	Επικοινωνία	present all information clearly, concisely, and logically
5	Πιστεύω ότι μπορώ να κατασκευάζω μοντέλα για να εξηγήσω τη διαβροχή και άλλα φαινόμενα.	Δημιουργικότητα	elaborate and improve on ideas

## Αποτελέσματα

### Αποτελέσματα για την ενημερότητα των μαθητών για τα επιστημονικά μοντέλα

Από τους 17 μαθητές οι 13 συμπλήρωσαν και τα αρχικά και τα τελικά ερωτηματολόγια. Στην επιστημονική ενημερότητα των μαθητών για τις όψεις των επιστημονικών μοντέλων τα αποτελέσματα ήταν θετικά και για τις τέσσερις όψεις των μοντέλων που διαπραγματεύτηκε η παρέμβαση (φύση, λειτουργία, αλλαγή και πιστότητα αναπαράστασης), όπως κατέδειξαν τα αποτελέσματα του παραμετρικού ελέγχου δύο παραγόντων που παρατίθενται στον Πίνακα 2.

**Πίνακας 2.** Παραμετρικός έλεγχος δύο παραγόντων για την ενημερότητα των μαθητών για τις όψεις των επιστημονικών μοντέλων

	<b>Φύση</b>	<b>Λειτουργία</b>	<b>Πιστότητα αναπαράστασης</b>	<b>Αλλαγή</b>
<i>Paired T – test</i>	- 6,743** < ,001	- 6,245** < ,001	-3,091* ,009	-3,323* ,006

Όσον αφορά τη φύση του επιστημονικού μοντέλου, πριν την παρέμβαση, τρεις μαθητές δήλωσαν άγνοια ή έδωσαν λανθασμένες απαντήσεις, ενώ δέκα έδωσαν απαντήσεις πρώτου επιπέδου, όπως «κάτι για επιστημονικό σκοπό» ή «μια ανακάλυψη». Μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις πρώτου επιπέδου περιορίστηκαν σε τέσσερις, ενώ εννέα μαθητές ανέφεραν δεύτερου επιπέδου περιγραφές, όπως «εργαλείο για την αναπαράσταση φαινομένων» ή «παράδειγμα για κατανόηση ενός φαινομένου, όπως η διαβροχή». Η επίδραση της παρέμβασης φάνηκε σε πρακτικές αναφορές, π.χ., «φτιάχνουμε μοντέλο με τουβλάκια και μπαλόνι», ενώ καμία απάντηση δεν αναγνώρισε το μοντέλο ως ερευνητικό εργαλείο.

Σε σχέση με τη λειτουργία του επιστημονικού μοντέλου, πριν την παρέμβαση, οι οκτώ απαντήσεις πρώτου επιπέδου αναφέρονταν σε γενικές λειτουργίες, όπως «διευκόλυνση της ανθρωπότητας», «καινοτόμα πράγματα», «ανακάλυψη πλανητών» ή «τελειοποίηση πειραμάτων». Μετά την παρέμβαση, μόνο μία απάντηση παρέμεινε στο πρώτο επίπεδο («διευκολύνει τον επιστήμονα όπως το μικροσκόπιο»), ενώ δύο μαθητές δεν απάντησαν. Οι δέκα απαντήσεις που κατατάχθηκαν στο δεύτερο επίπεδο επικεντρώθηκαν στην αναπαραστατική και επεξηγηματική λειτουργία του μοντέλου, όπως «για την κατανόηση ενός φαινομένου» ή «για την κατανόηση της διαβροχής», διευκρινίζοντας ότι «συνδυάζεται με το πείραμα» και «αναπαριστά φαινόμενα, αλλά χωρίς ακριβείς μετρήσεις». Καμία απάντηση δεν αναφέρθηκε στην πρόβλεψη ή την παραγωγή υποθέσεων.

Σημαντική μετατόπιση των απαντήσεων των μαθητών προς το τρίτο επίπεδο κατανόησης σημειώθηκε σχετικά με την αλλαγή του επιστημονικού μοντέλου. Πριν την παρέμβαση, τρεις μαθητές υποστήριζαν ότι το μοντέλο δεν αλλάζει λόγω συνήθειας ή εμπιστοσύνης, ενώ πέντε απαντήσεις δεύτερου επιπέδου ανέφεραν αλλαγές για βελτίωση και εξέλιξη, ενσωματώνοντας την τεχνολογία (π.χ., «αντικατάσταση παλιού με νέας τεχνολογίας»). Μία μαθήτρια έδωσε απάντηση τρίτου επιπέδου, τονίζοντας τη σημασία της αλλαγής του μοντέλου όταν δεν συμφωνεί με τα πειράματα. Μετά την παρέμβαση, τέσσερις μαθητές παρέμειναν στο πρώτο επίπεδο, θεωρώντας ότι το μοντέλο δεν πρέπει να αλλάζει γιατί είναι «σίγουρο» ή λόγω δυσκολίας στη χρήση νέου. Οι υπόλοιπες εννέα απαντήσεις κατατάχθηκαν στο τρίτο επίπεδο, υπογραμμίζοντας ότι η αλλαγή είναι απαραίτητη για την καλύτερη κατανόηση φαινομένων, τη συμφωνία με τα δεδομένα της πραγματικότητας ή τη βελτίωση του μοντέλου, με έναν μαθητή να αναφέρεται και στην πολλαπλότητα των μοντέλων.

Στο ερώτημα «Πόσο πιστά πρέπει ένα μοντέλο να αναπαριστά την πραγματικότητα;», παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις στις απαντήσεις πριν και μετά την παρέμβαση. Πριν την παρέμβαση, επτά μαθητές δήλωσαν άγνοια, ενώ έξι απαντήσεις πρώτου επιπέδου ανέφεραν ότι το μοντέλο πρέπει να «αντιγράφει την πραγματικότητα» ή να είναι «ακριβές για ακριβή αποτελέσματα». Μετά την παρέμβαση, δύο μαθητές δήλωσαν «δεν ξέρω», έξι παρέμειναν στο πρώτο επίπεδο, αναφέροντας ότι το μοντέλο πρέπει να αναπαριστά «όσο το δυνατόν πιο

πιστά» ή «100%». Τρεις μαθητές έδωσαν απαντήσεις δεύτερου επιπέδου, σημειώνοντας ότι το μοντέλο πρέπει να αναπαριστά «περίπου το πείραμα» ή «σαν να φαίνεται σε μικροσκόπιο». Δύο απαντήσεις τρίτου επιπέδου υποστήριξαν ότι το μοντέλο δεν απαιτεί ακρίβεια στις μετρήσεις αλλά επαρκεί η αναπαράσταση του φαινομένου, επισημαίνοντας τη δυσκολία ακριβούς αναπαράστασης της πραγματικότητας.

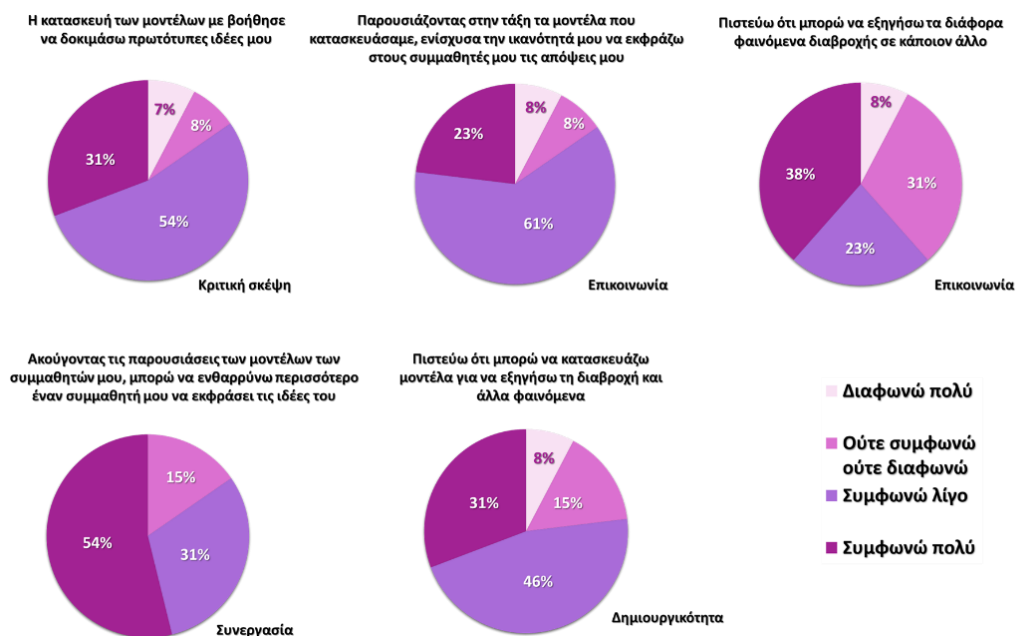
Τα αποτελέσματα ευθυγραμμίζονται με τη βιβλιογραφία που υπογραμμίζει την αναγκαιότητα ρητής διδασκαλίας για τα μοντέλα, προκειμένου να επιτευχθεί η κατανόησή τους. Εντούτοις, το γεγονός ότι τα μοντέλα δεν αναγνωρίστηκαν ως εργαλεία για πρόβλεψη και η μικρή μετατόπιση προς το τρίτο επίπεδο για το πόσο πιστή απεικόνιση της πραγματικότητας αποτελούν, φανερώνει την ανθεκτικότητα αυτών των αντιλήψεων (Πετρίδου, 2008 · Cullin & Crawford, 2004 · Grosslight et al., 1991).

### Αποτελέσματα για την επίγνωση των μαθητών στην ανάπτυξη μαθησιακών δεξιοτήτων

Όσον αφορά το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, μετά την υλοποίηση της παρέμβασης, σημειώθηκε μικρή βελτίωση στις μαθησιακές δεξιότητες συνεργασίας, επικοινωνίας, κριτικής σκέψης και δημιουργικότητας (4C's), όπως αυτές διερευνήθηκαν από τις γενικές δηλώσεις του ερωτηματολογίου. Ο δείκτης Hg για τη συνεργασία ήταν μικρότερος του 0,3, υποδηλώνοντας περιορισμένο όφελος, ενώ για την επικοινωνία, την κριτική σκέψη και τη δημιουργικότητα ήταν οριακά μεγαλύτερος του 0,3, καταδεικνύοντας μέτρια βελτίωση. Το αποτέλεσμα αυτό ήταν αναμενόμενο, αφού τα αρχικά σκορ στις σχετικές ερωτήσεις παρουσίαζαν υψηλές τιμές.

Τα ευρήματα της παρέμβασης, ωστόσο, είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά όσον αφορά την επίγνωση των μαθητών για την ανάπτυξη μαθησιακών δεξιοτήτων από τις δραστηριότητες στις οποίες συμμετείχαν. Συγκεκριμένα, οι μαθητές αναγνώρισαν την ουσιαστική συμβολή της οικοδόμησης μοντέλων στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης, αναδεικνύοντας τη συμβολή της συγκεκριμένης δραστηριότητας στην ενίσχυση της ικανότητάς τους να αναλύουν δεδομένα και να τα αναπαριστούν στα μοντέλα που οικοδόμησαν. Παράλληλα, παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στη δεξιότητα της επικοινωνίας, με της μαθητές να δηλώνουν ότι ενισχύθηκαν οι ικανότητές τους να μεταφέρουν τις γνώσεις τους και να εκφράζουν τις ιδέες τους με σαφήνεια, τόσο προφορικά όσο και γραπτά. Η συνεργασία αναδείχθηκε ως μια δεξιότητα που καλλιεργήθηκε αποτελεσματικά, με τη συμμετοχή σε ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες να βοηθά τους μαθητές να ενθαρρύνουν και να αξιοποιούν τις ιδέες των συμμαθητών τους.

**Σχήμα 2.** Δηλώσεις των μαθητών για την ενίσχυση των μαθησιακών τους δεξιοτήτων από τις δραστηριότητες της παρέμβασης



Τέλος, φαίνεται ότι ενισχύθηκε η δημιουργικότητα, με τους μαθητές να δηλώνουν αυξημένη ικανότητα στην κατασκευή και χρήση μοντέλων για την ερμηνεία φυσικών φαινομένων, όπως αυτό της διαβροχής. Συγκεντρωτικά, η ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών φαίνεται στο Σχήμα 2.

Συνολικά, τα αποτελέσματα δείχνουν θετική επίδραση της παρέμβασης σε όλο το φάσμα των μαθησιακών δεξιοτήτων. Η πλειονότητα των μαθητών συμφώνησε σε υψηλό βαθμό σχετικά με την αποτελεσματικότητα της διδακτικής παρέμβασης στην ανάπτυξη των μαθησιακών δεξιοτήτων, με τη συνεργασία και την κριτική σκέψη να αναδεικνύονται ως οι δεξιότητες που καλλιεργήθηκαν περισσότερο με ποσοστό συμφωνίας 85%. Τα ευρήματα αυτά εναρμονίζονται με τη σχετική βιβλιογραφία, που υποστηρίζει ότι οι δραστηριότητες μοντελοποίησης συμβάλλουν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων ανώτερης σκέψης, δημιουργικότητας και συνεργασίας (Manou et al., 2019· Melgarejo-Torralba et al., 2022).

### Συμπεράσματα - Συζήτηση

Συμπερασματικά, όσον αφορά το πρώτο ερευνητικό ερώτημα, τα αποτελέσματα υποδεικνύουν σημαντική βελτίωση στην κατανόηση των μαθητών σχετικά με τη φύση και τη λειτουργία των επιστημονικών μοντέλων. Οι μαθητές αναγνώρισαν τα επιστημονικά μοντέλα ως δυναμικά εργαλεία προσαρμοσίμα και τροποποιήσιμα σε νέα δεδομένα, που συμβάλλουν στην κατανόηση και ερμηνεία φαινομένων. Τα ευρήματα αυτά αναδεικνύουν τη σημασία της ρητής διδασκαλίας για την ευελιξία και την προσαρμοστικότητα των επιστημονικών μοντέλων, και τη συμβολή της στην κατανόηση της φύσης τους. Ωστόσο, παρατηρήθηκε αδυναμία στην αναγνώριση της προβλεπτικής λειτουργίας των μοντέλων, παρά τη σχετική έμφαση στην παρέμβαση. Το συγκεκριμένο εύρημα συνάδει με προηγούμενες έρευνες (Πετρίδου, 2008· Crawford & Cullin, 2004), οι οποίες καταδεικνύουν της δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην ενσωμάτωσης της προβλεπτικής ικανότητας των επιστημονικών μοντέλων.

Αναφορικά με το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, από τα αποτελέσματα αναδείχθηκαν ενδιαφέρουσες τάσεις ως προς την ενίσχυση της επίγνωσης των μαθητών για τις μαθησιακές τους δεξιότητες. Οι απαντήσεις στις γενικές ερωτήσεις, που χορηγήθηκαν πριν και μετά την παρέμβαση, έδειξαν οριακή βελτίωση, πιθανώς λόγω της αρχικά υψηλής αυτοεκτίμησης των μαθητών, γεγονός που περιόρισε τα περιθώρια σημαντικής αλλαγής. Αντίθετα στις εστιασμένες ερωτήσεις που σχετίζονταν με συγκεκριμένες δραστηριότητες της παρέμβασης, τα αποτελέσματα ήταν σαφώς πιο θετικά. Η θετική ανατροφοδότηση στις εστιασμένες ερωτήσεις καταδεικνύει ότι οι μαθητές αντιλήφθηκαν πρόοδο στις μαθησιακές τους δεξιότητες, υπογραμμίζοντας τη σημασία της χρήσης προσαρμοσμένων ερωτήσεων στις δραστηριότητες μιας διδασκαλίας, σε ένα εργαλείο μέτρησης μαθησιακών δεξιοτήτων.

### Βιβλιογραφία

- Αρβανίτου, Ε. Α. (2024). *Ανάπτυξη και Εφαρμογή Διδακτικής Παρέμβασης για την Εισαγωγή Μαθητών στις Καταστάσεις Διαβροχής και στη Μοντελοποίηση* (Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης). <https://doi.org/10.26262/heal.auth.ir.357222>
- Αρβανίτου, Ε., & Πετρίδου, Ε. (2024). Ανάπτυξη διδακτικής παρέμβασης για την εισαγωγή μαθητών στις καταστάσεις διαβροχής και στη μοντελοποίηση. Στο Κ.Θ. Κώτσης, Γ. Στύλος, Ε. Τσιούρη, Ε. Γκαλτέμη, Κ. Γεωργόπουλος, Λ. Γαβρίλας, Δ. Πανάγου, Κ. Τσουμάνης, & Γ. Βακάρου (Επιμ.). *Πρακτικά Εκτεταμένων Συνόψεων Εργασιών του 13<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση «Νέες Τάσεις και Έρευνα στη Μάθηση, τη Διδασκαλία και τις Τεχνολογίες στις Φυσικές Επιστήμες»*, σ. 288-296, Ιωάννινα, ΕΚΤ, ISBN: 978-618-82063-2-8. <https://doi.org/10.12681/codiste.6931>
- Κουκιόγλου, Σ. Α. (2023). *Μελέτη της κατανόησης των επιστημονικών μοντέλων και των διαδικασιών μοντελοποίησης από μαθητές της υποχρεωτικής εκπαίδευσης* [Αδημοσίευτη Διδακτορική διατριβή], Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. IKEE. <https://ikee.lib.auth.gr/record/345045>

- Πετρίδου, Ε. (2008). *Ανάπτυξη, εφαρμογή και διερεύνηση προσομοιωμένων μοντέλων στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών* [Αδημοσίευτη Διδακτορική διατριβή], Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. IKEE. <https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/18857>
- Arvanitou, E., Tsaousidi, M., & Hatzikraniotis, E. (2023). Design & Development of teaching materials for Introducing Wetting Models in Science Club. Στο 11<sup>th</sup> International Conference of the Balkan Physical Union, 254. <https://doi.org/10.22323/1.427.0254>
- Bormashenko, E. Y. (2018). *Wetting of real surfaces*. Berlin, Boston: De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110258790>
- Browne, M. N., & Keeley, S. M. (1998). *Asking the right questions. A guide to critical thinking*. Upper Saddle River. N.-Y. ISBN: 0-13-220304-9
- Crawford, B., & Cullin, M. (2005). Dynamic Assessments of Preservice Teachers' Knowledge of Models and Modelling. Στο K. Boersma, M. Goedhart, O. de Jong, & H. Eijkelhof (Επιμ.), *Research and the Quality of Science Education*, 309–323. Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/1-4020-3673-6\\_25](https://doi.org/10.1007/1-4020-3673-6_25)
- Erdoğan, V. (2019). Integrating 4C skills of 21<sup>st</sup> century into 4 language skills in EFL classes. *International Journal of Education and Research*, 7(11), 113-124.
- Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A Metacognitive Skill in Science and Science Education. Στο J. K. Gilbert (Επιμ.), *Visualization in Science Education. Models and Modeling in Science Education*, τ. 1, 9–27. Springer Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2\\_2](https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2_2)
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. & Smith, C. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822. <https://doi.org/10.1002/tea.3660280907>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics*, 6(1), 64-74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hwang, G. J., Li, K. C., & Lai, C. L. (2020). Trends and strategies for conducting effective STEM research and applications: A mobile and ubiquitous learning perspective. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 14(2), 161-183. <https://doi.org/10.1504/IJMLO.2020.106166>
- Kelley, T. R., Knowles, J. G., Han, J., & Sung, E. (2019). Creating a 21<sup>st</sup> century skills survey instrument for high school students. *American Journal of Educational Research*, 7(8), 583-590. <http://dx.doi.org/10.12691/education-7-8-7>
- Kousioglou, M., Petridou, E., Molohidis, A., & Hatzikraniotis, E. (2023). Assessing students' awareness of 4cs skills after mobile-technology-supported inquiry-based learning. *Sustainability*, 15(8), 6725. <https://doi.org/10.3390/su15086725>
- Manou, L., Spyrtou, A., Hatzikraniotis, E., & Kariotoglou, P. (2019). A nanoscale science and technology training course: Primary teachers' learning on the lotus and gecko effects. Στο *Electronic proceedings of the ESERA 2019 conference. The beauty and pleasure of understanding: Engaging with contemporary challenges through science education, part 1*, τ. 14, 1698-1704. <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1076/1/012006>
- McKagan, S., Sayre, E., & Madsen, A. (2017). Normalized gain: What is it and when and how should I use it. Ανακτήθηκε στις 15/12/2024 από: <https://www.physport.org/recommendations/Entry.cfm?ID=93334>
- Melgarejo-Torralba, M., Parras-Burgos, D., & Fernández-Pacheco, D. G. (2022). Hand-developed creative prototyping. Methodological proposal and experimentation. *Thinking Skills and Creativity*, 44, 101025. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101025>
- Mellar, H., & Bliss, J. (1994). Introduction: Modelling and Education. Στο H. Mellar, R. Boohan, J. Bliss, J. Ogbornand C. Tompsett (Επιμ.), *Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum*. The Falmer Press. <https://doi.org/10.4324/9781315043081>
- Schwarz, V. C., & White. Y. B. (2005). Metamodeling Knowledge: Developing Students' Understanding of Scientific Modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165–205. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci2302\\_1](https://doi.org/10.1207/s1532690xci2302_1)