

Μοντελοποίηση και Μαθησιακές Δεξιότητες 21^{ου} αιώνα: Αποτίμηση Διδακτικής Παρέμβασης στη Διαβροχή

Ευθυμία Αρβανίτου¹ και Ελένη Πετρίδου²

¹ΠΜΣ «Διδακτική της Φυσικής και Εκπαιδευτική Τεχνολογία»,

²Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό,

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,

Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

¹*efarvanit@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^{ου} 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^{ου} αιώνα, τα οποία συμπληρώθηκαν πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Η ανάλυση των δεδομένων αποκαλύπτει σημαντικά ευρήματα.

Λέξεις κλειδιά: διαβροχή, μαθησιακές δεξιότητες 21^{ου} αιώνα, μοντέλα

Modeling and 21st-Century Learning Skills: Assessment of a Teaching Intervention on Wetting

Efthymia Arvanitou¹ and Eleni Petridou²

¹PGS "Didactics of Physics and Educational Technology",

²Laboratory Teaching Staff, Laboratory of Didactics of Physics and Educational Technology,

School of Physics, Aristotle University of Thessaloniki

¹*efarvanit@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 21st-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 21st-century learning skills. These questionnaires were administered both before and after the intervention. Data analysis reveals significant findings.

Keywords: 21st-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), εξοικειώνοντάς τους με επιστημονικές πρακτικές.

Η διαβροχή συνιστά ένα ευρύ πεδίο επιστημονικής έρευνας που έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη καινοτόμων προϊόντων και αποτελεί ένα από τα σύγχρονα θέματα 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 εφαιπτόμενη 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 ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21^{ου} αιώνα αποτελεί προτεραιότητα στην εκπαίδευση σήμερα προκειμένου οι μαθητές να είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις της σύγχρονης κοινωνίας. Η κριτική σκέψη, η δημιουργικότητα, η συνεργασία και η επικοινωνία αποτελούν τις μαθησιακές δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα, γνωστές ως 4C skills. Η κριτική σκέψη αφορά την ανάλυση πληροφοριών, την αξιολόγηση δεδομένων και την εξαγωγή τεκμηριωμένων συμπερασμάτων. Ενισχύεται μέσω δραστηριοτήτων που απαιτούν σύνδεση αιτίου και αποτελέσματος και λήψη αποφάσεων βάσει στοιχείων. Η επικοινωνία αφορά την αποτελεσματική έκφραση ιδεών, προφορικά και γραπτά. Αναπτύσσεται μέσω συνεργατικών δραστηριοτήτων, παρουσιάσεων και συζητήσεων, όπου οι μαθητές μεταφέρουν πολύπλοκες έννοιες με σαφήνεια. Η συνεργασία αξιοποιεί την ομαδική εργασία για την επίτευξη ενός κοινού στόχου, μέσω της οποίας, οι μαθητές μαθαίνουν να διαχειρίζονται ρόλους, να επιλύουν συγκρούσεις και να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Η δημιουργικότητα συνδέεται με την ανάπτυξη πρωτότυπων ιδεών και καινοτόμων λύσεων, ενώ καλλιεργείται με δραστηριότητες που προάγουν τον πειραματισμό και την εναλλακτική σκέψη (Kelley et al., 2019).

Στο πλαίσιο αυτό σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε 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^{ου} 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^{ου} αιώνα που ανέπτυξαν;

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 διήρκησε 12 διδακτικές ώρες.

Η Διδακτική Παρέμβαση.

Η διδακτική παρέμβαση, της οποίας οι σχεδιαστικές αρχές και η δομή περιγράφονται αναλυτικά στην εργασία των Αρβανίτου και Πετρίδου (2024), περιλαμβάνει 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 μπαλόني γεμάτο νερό (Arvanitou et al., 2023).

Την παρέμβαση διατρέχει ρητή διδασκαλία για τη φύση και τη λειτουργία των επιστημονικών μοντέλων. Με αφορμή το φαινόμενο της διαβροχής, το οποίο είναι άγνωστο στους μαθητές, προκαλείται συζήτηση για το γεγονός ότι τα επιστημονικά μοντέλα αποτελούν σημαντικό εργαλείο της επιστημονικής μεθόδου, καθώς χρησιμοποιούνται για την κατανόηση, ερμηνεία ή πρόβλεψη ενός φαινομένου. Οι μαθητές, καθοδηγούμενοι από διερευνητικά φύλλα εργασίας, καλούνται να οικοδομήσουν τα δικά τους μοντέλα για να εξηγήσουν και να προβλέψουν τη διαβροχή σε διαφορετικές επιφάνειες και με διαφορετικά υγρά. Κατά την εξέλιξη της παρέμβασης, δίνεται έμφαση, ρητά με συζητήσεις στην ολομέλεια, στο γεγονός ότι τα επιστημονικά μοντέλα δεν αναπαριστούν πιστή αντιγραφή της πραγματικότητας και ότι αναπροσαρμόζονται ανάλογα με τα πειραματικά δεδομένα. Τόσο κατά τη διάρκεια των συζητήσεων στην ολομέλεια όσο και μέσω των φύλλων εργασίας, με ερωτήσεις όπως «ποια στοιχεία του μοντέλου σας βοήθησαν να εξηγήσετε/προβλέψετε το φαινόμενο;» ή «πιστεύετε ότι το μοντέλο σας αναπαριστά ακριβώς την πραγματικότητα;» οι μαθητές ενθαρρύνονται να προβληματιστούν και να αναστοχαστούν σχετικά με τη φύση των μοντέλων και τη λειτουργία τους. Η ενεργή εμπλοκή των μαθητών σε δραστηριότητες μοντελοποίησης αναπτύσσει τη δημιουργικότητα και την κριτική τους σκέψη, ενώ συνεργαζόμενοι μεταξύ τους και ανακοινώνοντας τα αποτελέσματα της μοντελοποίησής τους στην τάξη, ενισχύουν τις δεξιότητες της συνεργασίας και της επικοινωνίας.

Συλλογή και Ανάλυση Δεδομένων.

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 (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^{ου} 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). Για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας εισήχθησαν στο ερωτηματολόγιο που δόθηκε μετά την παρέμβαση, επιπλέον πέντε δηλώσεις, που συνδέονται με τις δραστηριότητες της παρέμβασης και εστιάζουν στην εκτίμηση της ανάπτυξης δεξιοτήτων, σύμφωνα με τους Kelley et al. (2019).

Αποτελέσματα – Συζήτηση

Όσον αφορά το πρώτο ερευνητικό ερώτημα, ο παραμετρικός έλεγχος δύο παραγόντων που πραγματοποιήθηκε κατέδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά σε όλες τις όψεις των μοντέλων που διαπραγματεύτηκε η παρέμβαση. Αυτά τα αποτελέσματα ευθυγραμμίζονται με τη βιβλιογραφία που υπογραμμίζει την αναγκαιότητα ρητής διδασκαλίας σχετικά με τα μοντέλα, προκειμένου να επιτευχθεί η κατανόηση της φύσης και της λειτουργίας 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).

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 αυτοαξιολόγησης. Το εύρημα αυτό ήταν αναμενόμενο, δεδομένου ότι οι αρχικές τους βαθμολογίες στις δεξιότητες των 4Cs ήταν ήδη υψηλές. Τα ευρήματα, ωστόσο, είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά όσον αφορά την επίγνωση των μαθητών για την ανάπτυξη μαθησιακών δεξιοτήτων από τις δραστηριότητες στις οποίες συμμετείχαν. Συγκεκριμένα, η

πλειονότητα των μαθητών αξιολόγησε θετικά την αποτελεσματικότητα της διδακτικής παρέμβασης στην ανάπτυξη των μαθησιακών τους δεξιοτήτων, με έμφαση στη συνεργασία και την κριτική σκέψη, οι οποίες καταγράφηκαν ως οι πλέον ενισχυμένες δεξιότητες με ποσοστό συμφωνίας 85%. Η κατανομή των απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο μετά την παρέμβαση ανέδειξε μια σαφή τάση θετικής αποτίμησης της επίδρασης των δραστηριοτήτων μοντελοποίησης.

Η φύση των μαθησιακών δεξιοτήτων, οι οποίες εμπλέκουν πολυδιάστατες πτυχές μάθησης και συνεργασίας, καθιστά δύσκολη τη μοντελοποίησή τους μέσω μιας μονοπαραγοντικής σχέσης με τη βελτίωση στην κατανόηση των επιστημονικών μοντέλων. Παρόλα αυτά, η ανάλυση της κατανομής των απαντήσεων δείχνει ότι οι μαθητές αντιλήφθηκαν υποκειμενικά τη θετική επίδραση της παρέμβασης στην ανάπτυξη αυτών των δεξιοτήτων. Τα ευρήματα αυτά συνάδουν με τη βιβλιογραφία, που υπογραμμίζει τον θετικό ρόλο των δραστηριοτήτων μοντελοποίησης στην ανάπτυξη δεξιοτήτων (Melgarejo-Torralla et al., 2022).

Βιβλιογραφία

- 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, Α. Γαβρίλας, Δ. Πανάγου, Κ. Τσουμάνης, & Γ. Βακάρου (Επιμ.). *Πρακτικά Εκτεταμένων Συνόψεων Εργασιών του 13^{ου} 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>
- 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 *11th International Conference of the Balkan Physical Union* (σ. 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>
- 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, vol 1*, σ. 9–27. Springer Dordrecht. 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>
- 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 21st 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>
- Kousoglou, 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>
- Mellar, H., & Bliss, J. (1994). Introduction: Modelling and Education. Στο H. Mellar, R. Boohan, J. Bliss, J. Ogborn and C. Tompsett (Επιμ.), *Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum*. The Falmer Press. <https://doi.org/10.4324/9781315043081>
- Melgarejo-Torralla, 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>
- 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