ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

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

Τόμ. 14, Αρ. 1 (2025)

14ο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Συνόψεις

Η Εμπλοκή Μικρών Παιδιών με Έννοιες Νανοτεχνολογίας μέσω Ψηφιακών Παιχνιδιών: Η περίπτωση του Καθαρισμού Νερού με Νανοϋλικά

Πανδώρα Δορούκα, Χριστοθέα Παπαδάκη

doi: 10.12681/codiste.7639

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 05/12/2025 18:45:56

Η Εμπλοκή Μικρών Παιδιών με Έννοιες Νανοτεχνολογίας μέσω Ψηφιακών Παιχνιδιών: Η Περίπτωση του Καθαρισμού Νερού με Νανοϋλικά

Πανδώρα Δορούκα[1] και Χριστοθέα Παπαδάκη[2]
[1]Διδάκτορας, Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης
[2]Καθηγήτρια Αγγλικής Γλώσσας, Διευθύντρια 4ουΔημοτικού Σχολείου Αχαρνών
[1]*pdorouka@edc.uoc.gr*

Περίληψη
Δεδομένης της αυξανόμενης διαθεσιμότητας προϊόντων νανοτεχνολογίας υπάρχει αυξανόμενη ανάγκη οι μαθητές να αναπτύξουν ένα επίπεδο νανο-εγγραμματισμού. Ψηφιακά παιχνίδια στα αγγλικά και στα ελληνικά έχουν σχεδιαστεί για να ενθαρρύνουν τα παιδιά να αλληλοεπιδράσουν με έννοιες νανοτεχνολογίας στο πλαίσιο του καθαρισμού του νερού. Η έρευνα σε τρία στάδια έχει στόχο να μετρήσει την αποτελεσματικότητα παιχνιδιών στην κατανόηση στοιχείων εννοιών νανοτεχνολογίας. 53 μαθητές Δ' τάξης δημοτικού αποτελούν την πειραματική ομάδα της έρευνας. Τα δεδομένα συλλέγονται μέσω ερωτηματολογίου που περιέχει ερωτήσεις ανοικτού τύπου και οι απαντήσεις αναλύονται με προσεγγίσεις ποιοτικής ανάλυσης περιεχομένου. Τα αρχικά ευρήματα δείχνουν ότι η παρέμβαση έχει θετικό αντίκτυπο στο νανο-εγγραμματισμό.

Λέξεις κλειδιά: καθαρισμός νερού, νανο-εγγραμματισμός, νανοτεχνολογία, ψηφιακά παιχνίδια

The Engagement of Young Children with Nanotechnology Concepts through Digital Games: The Case of Water Purification with Nanomaterials

Pandora Dorouka[1] and Christothea Papadaki[2]
[1]PhD, Department of Preschool Education, University of Crete
[2]English Language Teacher, Principal of the 4th Primary School of Acharnes
[1]*pdorouka@edc.uoc.gr*

Abstract
With the increasing availability of nanotechnology products, there is a growing need for students to develop nano-literacy. Digital games in English and Greek have been designed to encourage children to engage with nanotechnology concepts in the context of water purification. This three-stage research aims to measure the effectiveness of these games in enhancing understanding of nanotechnology concepts. Fifty-three 4th-grade students constitute the experimental group of the study. Data is collected through a questionnaire containing open-ended questions, with responses analyzed using qualitative content analysis. Initial findings indicate that the intervention has a positive impact on nano-literacy.

Keywords: digital games, nano-literacy, nanotechnology, water purification

Εισαγωγή

Η έλευση της νανοτεχνολογίας εγείρει διλήμματα σχετικά με τα οφέλη και τους κινδύνους για το περιβάλλον, την υγεία και την ασφάλεια των πολιτών που προκύπτουν λόγω της

Αναγνωριστικό ψηφιακής εργασίας: https://doi.org/10.12681/codiste.7639

ενσωμάτωσης των νανοϋλικών στα καθημερινά προϊόντα. Ερωτήματα όπως *«Πώς επηρεάζεται το φυσικό περιβάλλον όταν τα νανοϋλικά καταλήγουν σε φυσικούς πόρους, όπως σε ποτάμια ή σε λίμνες;»* δημιουργούν σε πολλούς ανθρώπους αμφιβολίες ως προς την αποτελεσματικότητα των νανοϋλικών (Jones et al., 2013). Η αυξανόμενη διαθεσιμότητα προϊόντων που βασίζονται στη Νανοεπιστήμη και τη Νανοτεχνολογία (ΝΕΤ), όπως τα νανοφίλτρα νερού, δημιουργεί την ανάγκη οι μαθητές από μικρή ηλικία να αναπτύξουν ένα επίπεδο «νανο-εγγραμματισμού» για να κατανοούν τα καθημερινά ζητήματα που σχετίζονται με τη ΝΕΤ.

Με την παρούσα εργασία επιδιώκουμε να διερευνήσουμε πώς η διδασκαλία στοιχείων εννοιών ΝΕΤ, όπως ο καθαρισμός νερού με φίλτρα ΝΕΤ, σε μαθητές δημοτικού σχολείου μπορεί να βελτιώσει την κατανόηση στοιχείων ΝΕΤ. Επιπλέον, η μελέτη διερευνά το ρόλο των ψηφιακών παιχνιδιών ως παιδαγωγικό εργαλείο για την εμπλοκή των μικρών μαθητών με αυτές τις σύνθετες έννοιες.

Θεωρητικό Υπόβαθρο

Η ΝΕΤ παίζει σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση παγκόσμιων προκλήσεων, για παράδειγμα στον τομέα του νερού, προσφέροντας βιώσιμες λύσεις για την παροχή ασφαλούς, καθαρού και επαρκούς πόσιμου νερού (Wang et al., 2018). Αυτό καταδεικνύει την επιτακτική ανάγκη για εκπαιδευτικές παρεμβάσεις στη νανοεπιστήμη στα σχολεία (Dorouka et al., 2021b).

Αξιοποιώντας τις ισχυρές δυνατότητες των ψηφιακών τεχνολογιών, τα μικρά παιδιά μπορούν να εξοικειωθούν με ποιοτικά στοιχεία της πρώτης Μεγάλης Ιδέας (ΜΙ) της ΝΕΤ, δηλαδή το μέγεθος και την κλίμακα (Sakhnini & Blonder, 2015˙ Stevens et al., 2009), να κατανοήσουν βαθύτερα και πιο ουσιαστικά στοιχεία από έννοιες νανο-κλίμακας όπως ο ιός, ώστε να προστατεύονται από αυτόν και να συμβάλλουν ενεργά στον περιορισμό της εξάπλωσής του (Dorouka et al., 2024). Μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένες εκπαιδευτικές εφαρμογές με παιγνιώδη μορφή (Dorouka et al., 2021a), τα παιδιά μπορούν να αναγνωρίζουν τη διαφορετική συμπεριφορά των οντοτήτων στον μακρόκοσμο, τον μικρόκοσμο και τον νανόκοσμο, καθώς και τις διαφορές στο μέγεθός τους χρησιμοποιώντας ποιοτικά κριτήρια.

Η αξιολόγηση του τρόπου με τον οποίο οι οντότητες νανοκλίμακας, όπως οι ιοί, επηρεάζουν τις οντότητες μικροκλίμακας, όπως τα βακτήρια που ζουν μέσα στο νερό - τα οποία μπορεί να είναι ξενιστές για τους βακτηριοφάγους -, και του τρόπου με τον οποίο αυτές οι αλληλεπιδράσεις επηρεάζουν τον μακρόκοσμο, δηλαδή τον άνθρωπο που πίνει από το μολυσμένο νερό και μπορεί να νοσήσει με συμπτώματα όπως πυρετός και βήχας, μπορεί να οδηγήσει ακόμα και τα μικρά παιδιά σε μια βασική κατανόηση της έννοιας του μεγέθους και, κατά συνέπεια, στην εισαγωγή τους στον νανο-εγγραμματισμό (Dorouka et al., 2021b).

Βιβλιογραφική Επισκόπηση

Καινοτόμα είναι η ενσωμάτωση ΝΕΤ στα προγράμματα σπουδών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και περιορισμένη διαθεσιμότητα μελετών που επικεντρώνονται στις ιδέες των μικρών μαθητών σχετικά με τον καθαρισμό νερού με φίλτρα νανοτεχνολογίας (Peikos et al., 2021). Ομοίως, παρόλο που τα ψηφιακά παιχνίδια αναγνωρίζονται ευρέως ως πολύτιμα εργαλεία για την εμπλοκή των μαθητών με σύνθετες επιστημονικές έννοιες, υπάρχει έλλειψη μελετών που να διερευνούν το ρόλο τους ειδικά στο πλαίσιο της διδασκαλίας ΝΕΤ σε μαθητές πρωτοβάθμιας ή δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Dorouka et al, 2024). Η απουσία αυτή υπογραμμίζει την ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση και αναδεικνύει την καινοτόμο πτυχή της παρούσας έρευνας.

Οι έρευνες στον τομέα της ΝΕΤ δείχνουν ότι οι σχετικές εκπαιδευτικές πρωτοβουλίες ενισχύουν σημαντικά την κατανόηση εννοιών ΝΕΤ από τους μαθητές (Saidi & Sigauke, 2017). Ωστόσο, πρέπει να αντιμετωπιστούν διάφορες προκλήσεις για να διασφαλιστεί η αποτελεσματική διδασκαλία της ΝΕΤ. Ένα βασικό ζήτημα είναι η ικανότητα των μαθητών να αντιλαμβάνονται το πραγματικό μέγεθος και την κλίμακα των αντικειμένων (Lin et al., 2015). Οι μικροί μαθητές συνήθως δυσκολεύονται να διακρίνουν μεταξύ διαστάσεων μικροκλίμακας

και νανοκλίμακας, ομαδοποιώντας συχνά όλα τα αόρατα με γυμνό μάτι αντικείμενα στην ίδια κατηγορία μεγέθους (Jones et al., 2013).

Συνοψίζοντας, με μια κατάλληλα δομημένη εκπαιδευτική προσέγγιση, η κατανόηση της ΝΕΤ από τους μικρούς μαθητές μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά. Με βάση αυτό το θεμέλιο, η παρούσα μελέτη εξετάζει την ακόλουθη υπόθεση:

Η1: Η διδασκαλία στοιχείων εννοιών ΝΕΤ με ψηφιακά παιχνίδια σε μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης βελτιώνει αποτελεσματικά την κατανόηση της ΝΕΤ.

Μεθοδολογία

Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στην αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της ψηφιακά παιχνιδοποιημένης εκπαίδευσης στη ΝΕΤ για μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, χρησιμοποιώντας έναν πειραματικό σχεδιασμό μονής ομάδας pretest-posttest χωρίς ομάδα ελέγχου. Η απουσία ομάδας ελέγχου δικαιολογείται από (α) την έλλειψη συγκρίσιμου εκπαιδευτικού περιεχομένου ΝΕΤ, και (β) την καινοτομία των δραστηριοτήτων ΝΕΤ στο ελληνικό πρόγραμμα.

Στη μελέτη συμμετέχουν 53 μαθητές της Δ΄ τάξης από δημόσια σχολεία της Αττικής, ηλικίας 9-10 ετών, με ισορροπημένη κατανομή των φύλων. Η ανάλυση G*Power προσδιόρισε το μέγεθος του δείγματος με βάση ένα αναμενόμενο μεσαίο μέγεθος επίδρασης (d = 0,5), α = 0,05 και ισχύ (1-b) = 0,80.

Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα, το οποίο αποτελεί μέρος ενός ευρύτερου ερευνητικού εκπαιδευτικού προγράμματος διδασκαλίας ΝΕΤ, περιλαμβάνει παιχνιδοποιημένες ψηφιακές δραστηριότητες που επικεντρώνονται στο ρόλο της νανοτεχνολογίας στον καθαρισμό του νερού. Οι δραστηριότητες σχεδιάστηκαν με τη βοήθεια στοιχείων από τις ΜΙ από την εκπαίδευση στη ΝΕΤ (Sakhnini & Blonder, 2015) δίνοντας έμφαση στις ιδιότητες της νανοκλίμακας, στις νανοπορώδεις μεμβράνες και στην εφαρμογή τους στη διήθηση του νερού. Το ψηφιακό πρόγραμμα ενσωματώνει στοιχεία όπως ανταμοιβές, προκλήσεις και διαδραστική αφήγηση ιστοριών για την προώθηση της εμπλοκής και της ενεργητικής μάθησης.

Οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο TENANO+ τόσο πριν όσο και μετά την παρέμβαση για τη μέτρηση του νανο-γραμματισμού τους. Το ερωτηματολόγιο TENANO+, το οποίο αναπτύχθηκε με βάση τα υφιστάμενα εκπαιδευτικά πλαίσια ΝΕΤ (Dorouka & Kalogiannakis, 2023˙ Mandrikas et al., 2020˙ Peikos et al., 2021˙ Saidi & Sigauke, 2017), αξιολογεί την κατανόηση των μαθητών για έννοιες ΝΕΤ, με τη συμπερίληψη του μεγέθους και της κλίμακας και των εφαρμογών ΝΕΤ. Η εγκυρότητα και η αξιοπιστία του ερωτηματολογίου επιβεβαιώθηκαν μέσω πιλοτικών δοκιμών.

Αποτελέσματα

Τα δεδομένα της έρευνας που βρίσκονται στο στάδιο της αρχικής ανάλυσης αποκαλύπτουν σημαντικές βελτιώσεις στην κατανόηση των βασικών στοιχείων εννοιών ΝΕΤ από τους μαθητές μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση. Συγκεκριμένα, παρατηρείται αξιοσημείωτη βελτίωση της ικανότητας των μαθητών να αναγνωρίζουν ιδιότητες της νανοκλίμακας, όπως η αναγνώριση υλικών και διεργασιών που λειτουργούν σε επίπεδο νανοκλίμακας. Επιπλέον, οι μαθητές επιδεικνύουν βελτιωμένη κατανόηση των διαφορών μεταξύ των οντοτήτων μακρο-, μικρο- και νανοκλίμακας και την ικανότητά τους να εφαρμόζουν τις αρχές της σειροθέτησης και της ομαδοποίησης.

Συζήτηση-Συμπεράσματα

Τα υπό ανάλυση δεδομένα της έρευνας αποκαλύπτουν σημαντικές βελτιώσεις στην κατανόηση των βασικών εννοιών ΝΕΤ από τους μαθητές μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση.

Συγκεκριμένα, παρατηρείται σημαντική βελτίωση της ικανότητας των μαθητών να διαφοροποιούν τις διαστάσεις της νανοκλίμακας, της μικροκλίμακας και της μακροκλίμακας. Οι μαθητές δείχνουν επίσης βελτιωμένη κατανόηση των αρχών της ομαδοποίησης και της σειροθέτησης, δύο βασικών στοιχείων εννοιών NET (Dorouka et al, 2024). Η παρέμβαση βελτιώνει σημαντικά την ικανότητα των μαθητών να συνδέουν τις θεωρητικές αρχές της NET με πραγματικές εφαρμογές, όπως ο καθαρισμός του νερού με νανοϋλικά. Για παράδειγμα, πολλοί μαθητές περιγράφουν με ακρίβεια πώς λειτουργούν οι νανοπορώδεις μεμβράνες για να φιλτράρουν τους ρύπους, αποδεικνύοντας την ικανότητά τους να συνδέουν αυτές τις διαδικασίες με φαινόμενα νανοκλίμακας.

Βιβλιογραφία

Dorouka, P., & Kalogiannakis, M. (2023). Teaching nanotechnology concepts in early-primary education: An experimental study using digital games. *International Journal of Science Education*, *46*(13), 1311-1338. https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2286299

Dorouka, P., Kalogiannakis, M., & Blonder, R. (2024). Tablets and apps for promoting nanoliteracy in early childhood education: Results from an experimental study. *Journal of Science Education and Technology, 33*(6), 910–927. https://doi.org/10.1007/s10956-024-10132-w

Dorouka, P., Papadakis, S., & Kalogiannakis, M. (2021a). Nanotechnology and mobile learning: Perspectives and opportunities in young children's education. *International Journal of Technology Enhanced Learning, 13*(3), 237–252. https://doi.org/10.1504/IJTEL.2021.115975

Dorouka, P., Papadakis, S., & Kalogiannakis, M. (2021b). The contribution of the health crisis to young children's nano-literacy through STEAM education. *Hellenic Journal of STEM Education, 2*(1), 1–7. https://doi.org/10.51724/hjstemed.v2i1.18

Jones, G. M., Gardner, G. E., Falvo, M., & Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and nanoscale science: Educational challenges. *International Journal of Science Education, 35*(9), 1490–1512. https://doi.org/10.1080/09500693.2013.771828

Lin, S. Y., Wu, M. T., Cho, Y. I., & Chen, H. H. (2015). The effectiveness of a popular science promotion program on nanotechnology for elementary school students in I-Lan City. *Research in Science & Technological Education, 33*(1), 22–37. https://doi.org/10.1080/02635143.2014.971733

Mandrikas, A., Michailidi, E., & Stavrou, D. (2020). Teaching nanotechnology in primary education. *Research in Science & Technological Education, 38*(4), 377–395. https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1631783

Peikos, G., Spyrtou, A., Pnevmatikos, D., & Papadopoulou, P. (2021). Primary school students' preconceptions about the term nanotechnology and the water nano-filters. Στο *New perspectives in science education–Proceedings of the 10th International Conference New Perspectives in Science Education,* σ. 227–282. Ανακτήθηκε στις 18 Φεβρουαρίου 2025 από: https://conference.pixel-online.net/files/npse/ed0010/FP/6989-PPED4920-FP-NPSE10.pdf

Saidi, T., & Sigauke, E. (2017). The use of museum-based science centers to expose primary school students in developing countries to abstract and complex concepts of nanoscience and nanotechnology. *Journal of Science Education and Technology, 26*(5), 470–480. https://www.jstor.org/stable/45151230

Sakhnini, S., & Blonder, R. (2015). Essential concepts of nanoscale science and technology for high school students based on a Delphi study by the expert community. *International Journal of Science Education, 37*(11), 1699–1738. https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1035687

Stevens, S., Sutherland, L., & Krajcik, J. S. (2009). *The big ideas of nanoscale science & engineering: A guidebook for secondary teachers*. NSTA Press. ISBN 978-1-935155-07-2

Wang, Z., Wu, A., Colombi Ciacchi, L., & Wei, G. (2018). Recent advances in nanoporous membranes for water purification. *Nanomaterials, 8*(2), 1–19. https://doi.org/10.3390/nano8020065