

Περιβαλλοντική εκπαίδευση. Το θεωρητικό υπόβαθρο ενός εκπαιδευτικού συστήματος προσομοίωσης φυσικού περιβάλλοντος

Πάυλος Κεφαλάκης & Εμμανουήλ Φωκίδης

Περίληψη

Στη σημερινή εποχή τα περιβαλλοντικά ζητήματα που αντιμετωπίζει ο σύγχρονος άνθρωπος πηγάζουν από τον "ιδιαιτερό" τρόπο ζωής και τον τρόπο με τον οποίο διαχειρίζεται το φυσικό περιβάλλον, όπως η ρύπανση, ο υπερκαταναλωτισμός και η αλόγιστη χρήση των φυσικών πόρων. Τα προβλήματα αυτά οδηγούν τελικά στην ανάγκη αναθεώρησης της σχέσης του ανθρώπου με το περιβάλλον. Η περιβαλλοντική εκπαίδευση (ΠΕ) συμβάλλει σημαντικά στην καλλιέργεια οικολογικής συνείδησης και αλλαγής στάσης απέναντι στο περιβάλλον, τόσο μέσα στο επίσημο εκπαιδευτικό σύστημα, όσο και έξω από αυτό. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται μια ιστορική αναδρομή, ο ορισμός, οι αρχές και οι στόχοι της ΠΕ, καθώς και οι διαστάσεις της. Επιπλέον, αναφέρονται οι μορφές της ΠΕ, καθώς και οι τρόποι εφαρμογής της στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Ακόμη, παρουσιάζονται θεματικές ενότητες και σχετικές δραστηριότητες για την επίτευξη των στόχων της ΠΕ. Τέλος, γίνεται αναφορά στην αξιοποίηση της τεχνολογίας στην ΠΕ και πιο συγκεκριμένα παρουσιάζεται ο τρόπος ενσωμάτωσης των χαρακτηριστικών της ΠΕ και η επίτευξη των στόχων σε ένα εκπαιδευτικό σύστημα προσομοίωσης φυσικού περιβάλλοντος.

Abstract

In contemporary times, the environmental issues facing humanity stem from the "particular" lifestyle and the manner in which the natural environment is managed, including pollution, overconsumption, and the reckless usage of natural resources. These challenges ultimately necessitate a reevaluation of humanity's relationship with the environment. Environmental Education (EE) plays a crucial role in fostering ecological awareness and altering attitudes toward the environment, both within and outside the official educational system. This paper presents a historical overview, definition, principles, and objectives of EE, as well as its dimensions. Furthermore, it discusses the various forms of EE and the methods of its implementation at the primary and secondary education levels. Additionally, thematic units and related activities are outlined to achieve the goals of EE. Finally, the paper highlights the integration of technology in EE, specifically illustrating how the characteristics of EE can be incorporated and its objectives met within an educational system simulating a natural environment.

Εισαγωγή

Στη σημερινή εποχή επικρατεί έντονη ανησυχία για τα περιβαλλοντικά προβλήματα σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής είναι ολοένα και πιο εμφανείς. Οι πηγές των προβλημάτων είναι ποικίλες (Αθανασάκης, 1996). Ορισμένες από αυτές είναι οι εξής:

- Ρύπανση
- Υπερκαταναλωτισμός
- Αλόγιστη χρήση φυσικών πόρων
- Οικονομική ανάπτυξη έναντι του περιβάλλοντος

Τα σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα οδηγούν τον άνθρωπο να πάρει αποφάσεις που επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα το φυσικό περιβάλλον. Προκύπτει επομένως η ανάγκη αναθεώρησης της σχέσης του ανθρώπου με το περιβάλλον. Η αναθεώρηση αυτή θα πρέπει να μπορεί να καταστήσει τον άνθρωπο ικανό, ώστε:

- Να αντιλαμβάνεται το περιβαλλοντικά προβλήματα.
- Να σκέφτεται πως μπορεί να βοηθήσει στην επίλυση των προβλημάτων
- Να ενεργεί για την αποτελεσματική επίλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Η εκπαίδευση διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη μετάδοση γνώσεων και την καλλιέργεια συνειδήσεων. Επομένως δεν μπορεί να μείνει απομονωμένη από τα περιβαλλοντικά ζητήματα. Η τυπική εκπαίδευση δεν μπορεί να ανταποκριθεί πλήρως στην αναθεώρηση αυτή, καθώς παραμένει οριοθετημένη σε ένα πολύ συγκεκριμένο πρόγραμμα σπουδών. Προβάλλει επομένως επιτακτική η καθιέρωση ενός νέου εκπαιδευτικού μοντέλου (Starr, 1969· Prabawani et al., 2022). Το μοντέλο αυτό θα περιλαμβάνει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Θα έχει απήχηση σε κάθε ηλικία.
- Θα παρέχει πληρέστερη κατανόηση του περιβάλλοντος και των προβλημάτων που το αφορούν.
- Θα ενισχύει την κατανόηση της αλληλεξάρτησης της κοινωνίας και του περιβάλλοντος.
- Θα παρέχει ευκαιρίες στον κάθε πολίτη για την αποτελεσματική συμβολή στην επίλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση (ΠΕ) είναι αυτό το νέο μοντέλο εκπαίδευσης. Αποτελεί ένα σημαντικό πεδίο που στοχεύει στην ενημέρωση, ευαισθητοποίηση και ενεργή εμπλοκή των ανθρώπων στην αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών ζητημάτων, καθώς και στην πρόληψη νέων προβλημάτων (Καλαφάτη, 2021). Στοχεύει επομένως στην ανάπτυξη περιβαλλοντικά υπεύθυνης συμπεριφοράς και στην προώθηση της αειφόρου ανάπτυξης (Αμπράζης & Παπαδοπούλου, 2021· Γκερμπεσιώτη κ.ά., 2022).

Η ΠΕ αναδεικνύει τη σημαντικότητα της κατανόησης των ποικιλόμορφων οικολογικών προβλημάτων που μας περιβάλλουν σε καθημερινή βάση και της δημιουργίας μιας βιώσιμης και αρμονικής σχέσης με το περιβάλλον γύρω μας. Παράλληλα, προωθεί την ενεργό συμμετοχή και εμπλοκή των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία, ενισχύοντας τη συνείδηση, την ευαισθησία και την ενεργητικότητα τους σε θέματα που αφορούν τον πλανήτη. Αυτή η εκπαίδευση δεν περιορίζεται μόνο στη θεωρία, αλλά ενθαρρύνει και πρακτικές προσεγγίσεις που επιτρέπουν στους μαθητές να γίνουν μέρος της λύσης για ένα πιο βιώσιμο μέλλον (Παπανικολάου, 2023).

Η ΠΕ μπορεί να προωθήσει τις βιωματικές και μαθητοκεντρικές προσεγγίσεις διδασκαλίας για μια διεπιστημονική και διερευνητική προσέγγιση, ενώ παράλληλα μπορεί να ενισχύσει την κατάρτιση και ανάπτυξη των εκπαιδευτικών μέσω της συμμετοχής τους σε περιβαλλοντικά δίκτυα σχολείων (Στυλιανού, 2020). Επιπλέον, η ΠΕ μπορεί να συμβάλει στην καλλιέργεια των κοινωνικών-αειφορικών αξιών (Θεοφανίδου, 2023).

Η ΠΕ μπορεί να αξιοποιήσει ποικίλες προσεγγίσεις και μεθόδους, όπως τη χρήση ψηφιακών εργαλείων και του Διαδικτύου (Πούλιος, 2020), την ανάπτυξη περιβαλλοντικών μονοπατιών (Καλαϊτζιδάκη, 2023), τη χρήση παιδικών ταινιών (Βαρσαμά & Δημητρίου, 2022) και τη βιωματική προσέγγιση της φύσης (Τσεβρένη, 2019). Επίσης, τα τρισδιάστατα περιβάλλοντα προσομοίωσης (Κεφαλάκης, 2021) μπορούν να αξιοποιηθούν στην ΠΕ. Οι τεχνολογίες εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας συμβάλλουν στη μάθηση μέσω πειραμάτων, αφού έχουν τη δυνατότητα να εμπλουτίσουν εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, όπου οι μαθητές μπορούν να αλληλεπιδράσουν και να μάθουν με τη βοήθεια των αισθήσεών τους. Η δυνατότητα αυτή δείχνει ακόμη πιο σημαντική στην

ΠΕ, όπου ο μαθητής έρχεται αντιμέτωπος με πλήθος εννοιών που σχετίζονται με το φυσικό οικοσύστημα. Επιπλέον, σημαντικός στόχος του συγκεκριμένου τομέα εκπαίδευσης είναι η ανάπτυξη οικολογικής συνείδησης μέσα από την κατανόηση των αρνητικών επιπτώσεων που επιφέρει η μόλυνση του περιβάλλοντος και η κλιματική αλλαγή (Ketelhut et al., 2010). Η εικονική πραγματικότητα με τα παιγνιώδη στοιχεία, την εμπύθιση, δηλαδή την αίσθηση ότι "υπάρχει" μερικής (μερική εμπύθιση) ή πλήρως (πλήρης εμπύθιση) στον εικονικό κόσμο (Φωκίδης & Ατσικπάση, 2022) και τελικά τη βιωματική μάθηση που παρέχει μπορεί να αξιοποιηθεί για την επίτευξη των επιδιωκόμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων στην ΠΕ.

Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται οι ορισμοί της ΠΕ, οι στόχοι της ΠΕ και οι διαστάσεις της. Ακόμη, γίνεται μνεία στις θεματικές ενότητες της ΠΕ, ενώ παρουσιάζονται μεθοδολογικές προσεγγίσεις για την εφαρμογή της ΠΕ. Τέλος, γίνεται αναφορά στην ενσωμάτωση των χαρακτηριστικών της ΠΕ σε εφαρμογή προσομοίωσης φυσικού περιβάλλοντος.

Ορισμοί

Κατά την εξέλιξη της ΠΕ έχουν παρουσιαστεί ποικίλοι ορισμοί. Η αναγνώριση της σημασίας της ΠΕ και η αποδοχή της από διεθνείς οργανισμούς υπήρξαν καθοριστικές για τη διάχυση και ανάπτυξή της σε πολυάριθμες χώρες. Οι διεθνείς συναντήσεις και διασκέψεις, οι οποίες οργανώθηκαν με πρωτοβουλία φορέων όπως η UNESCO, ο UNEP και το IEEP, συνέβαλαν σταδιακά και με τη συνεργασία των εθνικών επιτροπών των κρατών στη διαμόρφωση της σύγχρονης ταυτότητας της ΠΕ, αναφορικά με το εννοιολογικό, θεωρητικό και μεθοδολογικό πλαίσιο καθώς και τους τρόπους εφαρμογής της σε διάφορα κράτη (Χρόνη, 2013).

Στη διεθνή συνάντηση που πραγματοποιήθηκε στη Νεβάδα (ΗΠΑ) το 1970 διατυπώνεται ο πρώτος ορισμός για την ΠΕ. Σύμφωνα με αυτόν η ΠΕ είναι η διαδικασία αναγνώρισης αξιών και διασαφήνισης εννοιών, ώστε να αναπτυχθούν δεξιότητες και στάσεις αναγκαίες για την κατανόηση και εκτίμηση της αλληλοσυσχέτισης ανθρώπου, πολιτισμού και βιοφυσικού περιβάλλοντος. Απαιτεί πρακτική ενασχόληση με τη λήψη αποφάσεων και τη διαμόρφωση ενός κώδικα συμπεριφοράς για θέματα που αφορούν την ποιότητα του περιβάλλοντος (Κρίβας, 2000). Ένας άλλος ορισμός αναφέρει ότι η ΠΕ είναι η διαδικασία που θα βοηθήσει τους πολίτες να αποκτήσουν γνώση του περιβάλλοντος και πάνω από όλα να γίνουν ικανοί και αποφασισμένοι να έχουν διάθεση να εργαστούν ατομικά και συλλογικά, για την επίτευξη και τη διατήρηση μιας δυναμικής ισορροπίας μεταξύ της ποιότητας ζωής και της ποιότητας του περιβάλλοντος (Hungerford et al., 1980). Ο εν λόγω όρος αρχίζει να γίνεται συνώνυμος με τις έννοιες "Εκπαίδευση για την Αειφορία" ή "Εκπαίδευση για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη", ως απάντηση στο Διεθνές Συνέδριο της UNESCO για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη το 1992 (Καλαϊτζίδης & Ουζούνης, 2000).

Άλλος ορισμός που δόθηκε στη διάσκεψη του Παρισιού το 1988, αναφέρει ότι η Π.Ε. είναι μια διαρκής διαδικασία δια της οποίας τα άτομα και οι κοινωνικές ομάδες θα συνειδητοποιήσουν το περιβάλλον τους και θα αποκτήσουν τις γνώσεις, τις αξίες, τις ικανότητες, την εμπειρία και επίσης τη θέληση που θα τους επιτρέψουν να δράσουν ατομικά και συλλογικά με σκοπό την επίλυση των σημερινών και μελλοντικών προβλημάτων του περιβάλλοντος (Λιαράκου & Γαβριλάκης, 2009).

Ίσως ο πλέον αποδεκτός ορισμός για την ΠΕ σύμφωνα με τη βιβλιογραφία είναι αυτός που υιοθετήθηκε από την UNESCO το 1977 στη διάσκεψη της Τιφλίδας με παρόμοια προβληματική όπως ο πιο σύγχρονος που αναφέρθηκε προηγουμένως. Σύμφωνα με αυτόν, η ΠΕ προωθεί την ανάπτυξη σαφούς αντίληψης και ενδιαφέροντος για την οικονομική, κοινωνική, πολιτική και οικολογική αλληλεξάρτηση σε αστικές και αγροτικές περιοχές. Παρέχει σε κάθε άτομο δυνατότητα απόκτησης

γνώσεων, αξιών, στάσεων, αφοσίωσης και δεξιοτήτων που χρειάζονται για να προστατεύσει και να καλυτερεύσει το περιβάλλον. Συμβάλλει στη δημιουργία νέων προτύπων συμπεριφοράς, ατόμων, ομάδων, κοινωνιών προς το περιβάλλον (Μπότας κ.ά., 2017).

Παρατηρούμε ότι κοινά χαρακτηριστικά των ορισμών της ΠΕ είναι τα εξής:

- Ισορροπία μεταξύ ποιότητας ζωής και ποιότητας περιβάλλοντος.
- Διαμόρφωση φιλικής προς το περιβάλλον στάσης.
- Ενίσχυση περιβαλλοντικά υπεύθυνης συμπεριφοράς.

Οι στόχοι της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης

Οι πέντε κύριοι παιδαγωγικοί στόχοι της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης περιλαμβάνουν:

- Την ανάπτυξη περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και ενσυναίσθησης (Zuhriyah & Astra, 2020· Muñoz-García et al., 2022). Είναι σημαντική η συνειδητοποίηση των προβλημάτων, των αιτιών τους και να ευαισθητοποιηθούν οι πολίτες σε αυτά τα ζητήματα.
- Την απόκτηση γνώσεων και κατανόησης σχετικά με το περιβάλλον (Ibáñez et al., 2020). Αφορά την απόκτηση ποικίλων εμπειριών καθώς και βασική γνώση του περιβάλλοντος και των περιβαλλοντικών προβλημάτων.
- Την ανάπτυξη περιβαλλοντικών δεξιοτήτων και ικανοτήτων (Suarlin & Ali, 2020). Περιλαμβάνει δεξιότητες όπως κριτική σκέψη, λήψη αποφάσεων, επίλυση προβλημάτων και συνεργασία.
- Την υιοθέτηση στάσεων και συμπεριφορών που είναι περιβαλλοντικά υπεύθυνες. Ο στόχος σχετίζεται με την καλλιέργεια σεβασμού, υπευθυνότητας και ενδιαφέροντος για την προστασία του περιβάλλοντος.
- Την ενίσχυση των ατόμων ώστε να δρουν και να συμμετέχουν σε περιβαλλοντικά ζητήματα (Μανάβη, 2016). Αποσκοπεί στο να βοηθήσει τα άτομα και τις κοινωνικές ομάδες να συνειδητοποιήσουν με υπευθυνότητα την επείγουσα κατάσταση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, έτσι ώστε να διασφαλιστούν οι κατάλληλες δράσεις μέσω ενεργού συμμετοχής για την επίλυσή τους.

Αυτοί οι στόχοι αποτελούν οδηγό για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση προγραμμάτων ΠΕ, καθώς προσδιορίζουν τον προσανατολισμό, το περιεχόμενο και τα μαθησιακά αποτελέσματα (Λιαράκου, 2023). Επιπλέον, η ΠΕ λειτουργεί ως σημαντικό εργαλείο για την επίτευξη των στόχων της βιώσιμης ανάπτυξης (Ibáñez et al., 2020). Εν τέλει, το σύνολο των στόχων συντελεί στη δημιουργία περιβαλλοντικά υπεύθυνου πολίτη.

Οι διαστάσεις της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης

Η ΠΕ δομείται από τρεις βασικές διαστάσεις, οι οποίες αλληλοσυμπληρώνονται και δρουν συνδυαστικά (Φλογαΐτη, 2011). Πρόκειται για τις εξής:

- Εκπαίδευση γύρω από το περιβάλλον. Το περιβάλλον θεωρείται αντικείμενο μάθησης. Περιλαμβάνει την απόκτηση γνώσεων σχετικών με το περιβάλλον και τα περιβαλλοντικά προβλήματα. Επιπλέον αποσκοπεί στη δυνατότητα ανάπτυξης των ικανοτήτων διερεύνησης του περιβάλλοντος για αυτόνομη συλλογή σχετικών πληροφοριών.
- Εκπαίδευση από και μέσα στο περιβάλλον. Το περιβάλλον λειτουργεί ως εργαλείο για την απόκτηση γνώσης και την ανάπτυξη ικανοτήτων και δεξιοτήτων, καθώς και ως πηγή μάθησης. Συγκεκριμένα, η γνώση αποκτάται μέσω του περιβάλλοντος, το οποίο αποτελεί πηγή γνώσης

μέσω άμεσων εμπειριών που οικοδομούνται μέσα από δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στο ίδιο το περιβάλλον, σε άμεση επαφή με τα αντικείμενα και τα φαινόμενα, και όχι μέσω δομών και διαδικασιών αποκομμένων από την πραγματικότητα. Ως εκ τούτου, το περιβάλλον αναγνωρίζεται ως μέσο, πεδίο και πηγή μάθησης. Εξασφαλίζεται η βιωματική μάθηση, αφού η γνώση αποκτάται μέσω της εμπειρίας στο πεδίο.

- Εκπαίδευση για το περιβάλλον. Εάν οι δύο προηγούμενες διαστάσεις σχετίζονται με την απόκτηση κατάλληλων γνώσεων και μεθοδολογικών προσεγγίσεων για την κατανόηση του περιβάλλοντος και των περιβαλλοντικών ζητημάτων, η τρίτη διάσταση προσφέρει κοινωνικό και πολιτικό βάθος στην ΠΕ, επισημαίνοντας τη σημασία της έννοιας του πολίτη και τη σχετική ευθύνη του για την ποιότητα του περιβάλλοντος και την ευημερία της ζωής. Το περιβάλλον προσδιορίζεται ως θεμελιώδης στόχος. Η συγκεκριμένη διάσταση ενθαρρύνει τη συμμετοχή στη διαδικασία λήψης αποφάσεων και την ενεργό δράση στο κοινωνικό πεδίο με σκοπό την πρόληψη και την επίλυση των περιβαλλοντικών ζητημάτων, καθώς και τη βιώσιμη διαχείριση των φυσικών πόρων.

Οι τρεις διαστάσεις διαμορφώνουν τη σύγχρονη ΠΕ, δηλαδή μιας εκπαίδευσης που ανταποκρίνεται στις ανάγκες της σύγχρονης εποχής, συμβάλλει στην αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων και δημιουργεί τις προϋποθέσεις ώστε να μην επιτραπεί στο μέλλον η εμφάνιση παρόμοιων φαινομένων. Επίσης, εκφράζει γενικότερα μια πορεία επαναπροσδιορισμού της σχέσης του ανθρώπου με τη φύση (Palmer, 1998).

Θεματικές ενότητες της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης

Η θεματολογία της ΠΕ είναι ευρεία και περιλαμβάνει ποικίλα ζητήματα που σχετίζονται με το περιβάλλον και την αειφόρο ανάπτυξη. Βασικές θεματικές ενότητες είναι οι εξής (Σακκά, 2022):

- Φυσικό περιβάλλον. Περιλαμβάνει θέματα όπως τα δάση, οι λίμνες, οι υγρότοποι, τα απειλούμενα είδη, τα πετρώματα, και τα βότανα.
- Κλιματική αλλαγή. Περιλαμβάνει μελέτη των αιτιών, των συνεπειών και των τρόπων αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής. Κινητοποιεί συζήτηση γύρω από τις παγκόσμιες στρατηγικές για την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και τις πολιτικές βιωσιμότητας.
- Βιοποικιλότητα και οικοσυστήματα. Αφορά την κατανόηση της σημασίας της βιοποικιλότητας για τη διατήρηση των οικοσυστημάτων και την ισορροπία στη φύση. Περιλαμβάνει Ανάλυση των απειλών όπως η αποψίλωση των δασών και η υπεραλίευση.
- Υδατικά συστήματα. Εξετάζει τη διαχείριση και τη διατήρηση των υδάτινων πόρων (θάλασσες, λίμνες, ποτάμια), της ρύπανσης των υδάτων και των συνεπειών της στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.
- Διαχείριση απορριμμάτων και ανακύκλωση. Περιλαμβάνει διδασκαλία που αφορά τις μεθόδους για τη σωστή διαχείριση των αποβλήτων, καθώς και τις τεχνικές ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης υλικών. Επιπλέον, δίνεται έμφαση στη σπουδαιότητα της μείωσης των απορριμμάτων, προκειμένου να προωθηθεί μια βιώσιμη προσέγγιση στην κατανάλωση και την προστασία του περιβάλλοντος.
- Ενέργεια και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ανάλυση των ποικίλων τύπων ενέργειας, της σπουδαιότητας της εξοικονόμησης ενεργειακών πόρων και της ωφέλειας που παρέχουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των ηλιακών και αιολικών πηγών.

- Αειφόρος ανάπτυξη. Περιλαμβάνει λεπτομερή εξέταση των βασικών αρχών της αειφορίας και του τρόπου εφαρμογής τους στις ανθρώπινες δραστηριότητες, με σκοπό την επίτευξη μιας ισορροπίας ανάμεσα στην οικονομική ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος.
- Αστική ανάπτυξη. Επικεντρώνεται στις περιβαλλοντικές προκλήσεις και λύσεις στις πόλεις, όπως η ρύπανση και η βιώσιμη ανάπτυξη. Δίνεται έμφαση στη σπουδαιότητα του πράσινου στις αστικές περιοχές, της επίδρασής του στη μείωση του φαινομένου της θερμικής νησίδας και της ενίσχυσης των βιώσιμων μορφών μεταφοράς και υποδομών.
- Τεχνολογία και περιβάλλον. Περιλαμβάνει την εξέταση του τρόπου αλληλεπίδρασης τεχνολογίας και περιβαλλοντικών ζητημάτων, πώς η καινοτομία μπορεί να συμβάλει στην προστασία του περιβάλλοντος και τι σημαίνει υπεύθυνη τεχνολογική ανάπτυξη.
- Περιβαλλοντική ηθική. Αφορά τη μελέτη της ηθικής διάστασης της σχέσης μεταξύ ανθρώπου και φύσης, καθώς και της σημασίας του σεβασμού και της φροντίδας προς το περιβάλλον.
- Περιβαλλοντική πολιτική και δίκαιο: Αφορά τη συστηματική εξέταση της εθνικής και διεθνούς περιβαλλοντικής νομοθεσίας, καθώς και των πρωτοβουλιών που υλοποιούνται προκειμένου να διασφαλιστεί η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος. Επιπλέον, περιλαμβάνει την εναρμόνιση της ελληνικής εκπαιδευτικής πολιτικής με τις διεθνείς τάσεις (Τίγκας & Φλογαίτη, 2019).

Συνολικά, η θεματολογία της ΠΕ καλύπτει ένα ευρύ φάσμα ζητημάτων που σχετίζονται με την προστασία του περιβάλλοντος, την αειφόρο ανάπτυξη και την ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης και συμπεριφοράς, αξιοποιώντας ποικίλες διδακτικές προσεγγίσεις και μεθόδους.

Στρατηγικές εφαρμογής - Μοντέλα της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης

Η ενσωμάτωση της ΠΕ στις σχολικές δραστηριότητες μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους, οι οποίοι κατατάσσονται σε δύο μεθοδολογικά μοντέλα (Καλοπούλου, 2012):

- Το πολυεπιστημονικό ή ολοκληρωμένο μοντέλο. Βασίζεται στην ολοκλήρωση των απαραίτητων απόψεων των περιβαλλοντικών προβλημάτων μέσα σε κάθε επιστημονικό κλάδο. Τα στοιχεία της ΠΕ ενσωματώνονται στα προϋπάρχοντα αντικείμενα και διαχέονται μέσα στο αναλυτικό πρόγραμμα. Θεωρείται κατάλληλο για κάθε ηλικία. Οι απόψεις των περιβαλλοντικών προβλημάτων εξετάζονται μέσα σε κάθε επιστημονικό κλάδο. Δεν απαιτεί την επιβάρυνση του αναλυτικού προγράμματος με ένα επιπλέον διδακτικό αντικείμενο. Οι εκπαιδευτικοί δεν απαιτείται να έχουν εξειδικευμένες γνώσεις σε μεγάλο βαθμό, όμως θα πρέπει να είναι σε θέση να συντονίσουν το πρόγραμμα, προκειμένου στις ώρες διδασκαλίας να ενσωματωθούν με επιτυχία τα στοιχεία της ΠΕ (Φλογαίτη, 2011). Με την κατάλληλη εφαρμογή επιτυγχάνεται εύκολα εκπαίδευση που στοχεύει στη μμετάδοση γνώσης.
- Το διεπιστημονικό μοντέλο. Οι διάφορες επιστήμες συνδυάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργηθεί ένας νέος τομέας διδασκαλίας (μάθημα), ο οποίος περιέχει αντιλήψεις και προσεγγίσεις που προέρχονται από όλες τις επιστήμες. Είναι ευκολότερο να εφαρμοστεί αφού αφορά τη διδασκαλία ενός ξεχωριστού αντικειμένου, με την προϋπόθεση ότι το επιτρέπουν οι χρονικοί περιορισμοί του προγράμματος σπουδών. Χρειάζεται λιγότερους εκπαιδευτικούς, αλλά με μεγαλύτερο βαθμό κατάρτισης σε θέματα ΠΕ. Είναι ευκολότερο να προσαρμοστεί σε ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα. Όσον αφορά τις ηλικίες ταιριάζει περισσότερο στη δευτεροβάθμια παρά στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Τα παραπάνω πρότυπα αν και εκφράζουν δύο διαφορετικές αντιλήψεις προσέγγισης της ΠΕ στα εκπαιδευτικά συστήματα, θα πρέπει να θεωρηθούν συμπληρωματικά και όχι αλληλοσυγκρουόμενα. Ωστόσο, φαίνεται ότι προτιμάται το πολυεπιστημονικό μοντέλο, καθώς σύμφωνα και με τα όσα

αναφέρθηκαν προσαρμόζεται ευκολότερα στην υπάρχουσα δομή της εκπαίδευσης. Ενσωματώνεται χωρίς ιδιαίτερες δυσκολίες σε διάφορα μαθήματα, όπως Βιολογία, Γεωγραφία, Κοινωνική Αγωγή και είναι επίσης κατάλληλο για όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες και όλες τις ηλικίες (Τσοκαλίδου & Μόγιας, 2017).

Μεθοδολογικές προσεγγίσεις στη διδασκαλία της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης

Η εκπλήρωση των στόχων της ΠΕ μπορεί να επιτευχθεί μέσω πολλών μεθοδολογικών προσεγγίσεων που προάγουν την κατανόηση και την ενεργό συμμετοχή των μαθητών. Ακολουθούν ορισμένες από τις πλέον αποτελεσματικές προσεγγίσεις (Κούσουλας, 2008· Καλοπούλου, 2012):

- Μέθοδος βασισμένη σε σχέδιο εργασίας (Project based). Αυτή η μέθοδος περιλαμβάνει την επιλογή ενός θέματος από τους συμμετέχοντες, οι οποίοι είναι οι μαθητές και ο εκπαιδευτικός, ακολουθούμενη από τη διεξαγωγή έρευνας και την παρουσίαση των ευρημάτων. Συνήθως οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες. Το σχέδιο εργασίας προάγει τη συνεργασία μεταξύ των μελών της ομάδας και συμβάλλει στην απόκτηση δεξιοτήτων που σχετίζονται με την έρευνα και την παρουσίαση. Αποτελεί την πιο ολοκληρωμένη μεθοδολογική προσέγγιση και εφαρμόζεται με επιτυχία στα προγράμματα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης από το σχολικό έτος 1981-82 (Γεωργόπουλος & Τσαλίκη, 2003). Ως μέθοδος Project ορίζεται ως ο τρόπος διδασκαλίας στην οποία συμμετέχουν αποφασιστικά όλοι και η ίδια η διδασκαλία διαμορφώνεται και διεξάγεται από όλους τους συμμετέχοντες (Frey, 1998).
- Επίλυση προβλήματος (Problem-based learning). Αφορά την αντιμετώπιση πραγματικών προβλημάτων. Εφαρμόζεται για τη μελέτη ενός περιβαλλοντικού προβλήματος ή μιας προβληματικής κατάστασης μέσω έρευνας και ανάλυσης. Αυτή η μέθοδος προάγει την κριτική σκέψη καθώς και την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων.
- Μελέτη πεδίου (Field study). Η μελέτη πεδίου αποτελεί μια εκπαιδευτική δραστηριότητα που διεξάγεται από μια ομάδα μαθητών εκτός του σχολικού περιβάλλοντος και αποσκοπεί στην απόκτηση βιωματικών εμπειριών από τους μαθητές. Παραδείγματα αποτελούν εκπαιδευτικές επισκέψεις σε Κέντρα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, εκδρομές σε διάφορα περιβάλλοντα και ανάπτυξη σχολικών κήπων.
- Μελέτες περίπτωσης (Case studies). Οι μαθητές αναλύουν συγκεκριμένες περιπτώσεις περιβαλλοντικών ζητημάτων, όπως η μόλυνση ενός ποταμού ή η διαχείριση απορριμμάτων σε μια πόλη. Η περίπτωση μπορεί να προέκυψε μετά την κινητοποίηση του ενδιαφέροντος των μαθητών με κάποιο άρθρο ή εικόνα. Οι μαθητές συγκροτούνται σε ολιγομελείς ομάδες και διερευνούν την περίπτωση αυτή, κάνουν συγκρίσεις με άλλες παρόμοιες και εξάγουν ένα γενικό συμπέρασμα που αφορά την περίπτωση. Τέλος, στην ολομέλεια, κάθε ομάδα προβαίνει στην παρουσίαση των απόψεών της, ενώ οι συμμετέχοντες εν συνεχεία διεξάγουν διάλογο, συνθέτουν τις προτάσεις και καταλήγουν σε κοινά συμπεράσματα. Οι μελέτες περίπτωσης βοηθούν στην κατανόηση των σύνθετων περιβαλλοντικών προβλημάτων και των πιθανών λύσεων.
- Παιχνίδια ρόλων (Role-playing). Η μέθοδος περιλαμβάνει την ανάληψη ρόλων σε σενάρια που σχετίζονται με περιβαλλοντικά ζητήματα (π.χ. σύνοδοι για το κλίμα, διαπραγματεύσεις για τη βιώσιμη ανάπτυξη). Ο εκπαιδευτικός προβαίνει στην παρουσίαση ενός συνοπτικού σεναρίου. Οι ρόλοι καθορίζονται και περιγράφονται εν συντομία. Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να επιλέξουν τον ρόλο τον οποίο θα αναλάβουν και θα υποστηρίξουν. Είναι απαραίτητο ο εκπαιδευτικός να διαμορφώσει την κατάλληλη ατμόσφαιρα, προκειμένου οι μαθητές να αισθάνονται ελεύθεροι για να εκφράσουν τις απόψεις τους. Μέσω της συμμετοχής σε παιχνίδια ρόλων, οι μαθητές θα βιώσουν την αλληλεξάρτηση και τις συγκρούσεις που προκύπτουν από τους διάφορους ρόλους που εμπλέκονται και θα επιδιώξουν να καταλήξουν σε μια απόφαση η

οποία θα είναι κοινωνικά αποδεκτή και φιλική προς το περιβάλλον. Η συγκεκριμένη προσέγγιση ενισχύει την ενσυναίσθηση και κατανόηση των διαφορετικών προοπτικών γύρω από ένα περιβαλλοντικό ζήτημα.

- Εκπαιδευτικά προγράμματα-σεμινάρια. Η μέθοδος αυτή παρέχει τη δυνατότητα συμμετοχής σε εκπαιδευτικά προγράμματα που προσφέρουν εκτενείς γνώσεις και ικανότητες στους μαθητές και εκπαιδευτικούς, μέσω εργαστηρίων και διαλέξεων από ειδικούς. Έχουν αναπτυχθεί διάφορα εκπαιδευτικά προγράμματα και σεμινάρια στην περιβαλλοντική εκπαίδευση. Τα προγράμματα αυτά στοχεύουν στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης και συμπεριφοράς των μαθητών και εκπαιδευτικών μέσω βιωματικών εμπειριών (Ntanos et al., 2018).
- Χρήση τεχνολογίας. Η τεχνολογία μπορεί να βοηθήσει στην αύξηση της περιβαλλοντικής συνειδητοποίησης και των περιβαλλοντικών στάσεων των μαθητών (Yang et al., 2022). Η προσέγγιση αυτή περιλαμβάνει την αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων, εφαρμογών και διαδικτυακών πλατφορμών για τη διερεύνηση και παρουσίαση περιβαλλοντικών θεμάτων. Ορισμένες από τις τεχνολογίες που μπορούν να αξιοποιηθούν είναι οι εξής:
 - Εφαρμογές προσομοίωσης, όπως το ECOMUVE (Ketelhut et al., 2010).
 - Πολυμεσικές εφαρμογές, όπως προβολή σχετικών βίντεο, αναπαραστάσεων και άλλων σχετικών εφαρμογών (Μήττα, 2014).
 - Δικτυακοί τόποι σχετικοί με την ΠΕ.
 - Εικονική/Επαυξημένη πραγματικότητα. Η χρήση εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει την αποτελεσματικότητα της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης (Ducasse, 2020· Ruan, 2022).
 - Εφαρμογές παρακολούθησης και καταγραφής δεδομένων. Για παράδειγμα η αξιοποίηση αισθητήρων για τη συνεχή παρακολούθηση περιβαλλοντικών παραμέτρων, όπως η ποιότητα του αέρα, του νερού, του εδάφους κ.ά., μπορεί να ενσωματωθεί στην εκπαιδευτική διαδικασία (Wang, 2023). Αυτή η πρακτική επιτρέπει στους μαθητές να παρακολουθούν και να αναλύουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, ενισχύοντας την κατανόηση τους απέναντι στις περιβαλλοντικές προκλήσεις (Fernández et al., 2019).

Η αξιοποίηση της τεχνολογίας καθιστά την ΠΕ πιο προσβάσιμη και ελκυστική, ενώ παράλληλα ενισχύει την τεχνολογική επάρκεια των μαθητών.

Ενσωμάτωση χαρακτηριστικών Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης σε εφαρμογή προσομοίωσης φυσικού περιβάλλοντος

Στα πλαίσια της διατριβής αναπτύσσεται εφαρμογή προσομοίωσης οικοσυστήματος. Η υλοποίηση της εφαρμογής έγινε στο περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών Unity (<https://unity.com/>). Θεωρείται ένα ισχυρό περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών και παιχνιδιών με δισδιάστατα και τρισδιάστατα γραφικά. Παρέχεται η δυνατότητα η εφαρμογή να εξαχθεί σε μορφή κατάλληλη για εκτέλεση σε ποικίλες πλατφόρμες, όπως σε σταθερούς και φορητούς υπολογιστές, σε κινητές συσκευές (κινητά τηλέφωνα και tablet) και εκτέλεση στον παγκόσμιο ιστό (web) μέσω ενός φυλλομετρητή (browser). Υποστηρίζει ακόμη τη δημιουργία εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας με πλήρη εμπύθιση.

Καταβάλλεται προσπάθεια για την ενσωμάτωση των χαρακτηριστικών της ΠΕ όπως παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες ενότητες, καθώς και προσαρμογή στις τρεις διαστάσεις της ΠΕ. Από μεθοδολογικής προσέγγισης, ανήκει στην κατηγορία εφαρμογών επιτραπέζιας εικονικής πραγματικότητας (ΕΠ) προσομοίωσης φυσικού περιβάλλοντος. Στην επιτραπέζια ΕΠ το περιβάλλον παρουσιάζεται σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή με τη μορφή τρισδιάστατων γραφικών υψηλής ανάλυσης και ο χρήστης πλοηγείται σε αυτό είτε μέσω προβολής πρώτου ή τρίτου προσώπου. Στη

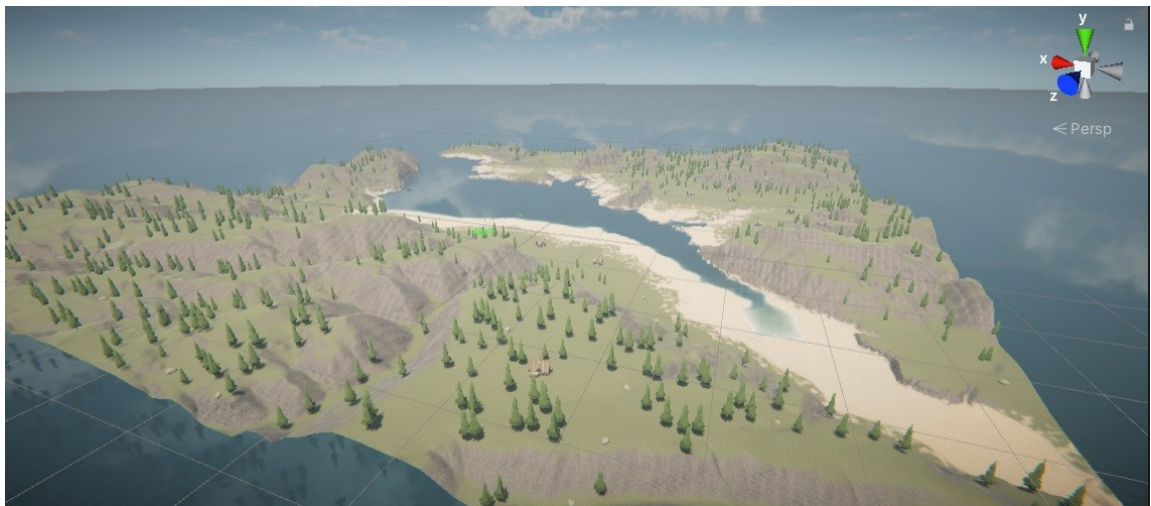
συγκεκριμένη εφαρμογή δόθηκε έμφαση στη υψηλή ποιότητα των γραφικών, αφού τα ελκυστικά γραφικά συμβάλλουν στην επίτευξη των μαθησιακών στόχων, καθώς διατηρούν το ενδιαφέρον των μαθητών (Dede et al., 2011).

Τα οικοσυστήματα της εφαρμογής

Η εφαρμογή παρέχει τη δυνατότητα επιλογής ανάμεσα σε δύο εικονικά οικοσυστήματα:

- Οικοσύστημα δάσος-λίμνη. Πρόκειται για ένα μεγάλης έκτασης οικοσύστημα που αποτελείται από τις εξής μορφολογικές περιοχές:
 - Δάσος
 - Ποτάμι και λίμνη
 - Λόφοι
 - Σπίτια

Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται μια πανοραμική απεικόνιση του οικοσυστήματος αυτού μέσα από το Unity.



Εικόνα 1. Οικοσύστημα δάσος-λίμνη

- Οικοσύστημα ποτάμι Κρεμαστής. Πρόκειται για ένα οικοσύστημα που κατασκευάστηκε με βάση πραγματικά τοπογραφικά δεδομένα, ώστε να αποτυπώνει την περιοχή της Κρεμαστής Ρόδου και πιο συγκεκριμένα την βορειοδυτική περιοχή του νησιού που περιλαμβάνει το ποτάμι της Κρεμαστής μέχρι την εκβολή του στη θάλασσα.

Τα δυο εικονικά περιβάλλοντα είναι εμπλουτισμένα με ποικίλα ζώα που συναντάμε στα αντίστοιχα οικοσυστήματα, όπως πάπιες, ψάρια, ελάφια και άλλα θηλαστικά. Εντός των οικοσυστημάτων, ο χρήστης πλοηγείται στις δασικές εκτάσεις, κατά μήκος των ακτών του ποταμιού και αλληλεπιδρά με ζώα. Επιπλέον, κατά την εξέλιξη του οικοσυστήματος εκτυλίσσονται γεγονότα, όπως μόλυνση από απορρίμματα με σκοπό την παρατήρηση των συνεπειών και την ευαισθητοποίηση του χρήστη. Αναλυτικότερα θα αναφερθούν στη συνέχεια στοιχεία συσχέτισης με τις διαστάσεις της ΠΕ.

Τα χαρακτηριστικά της εφαρμογής

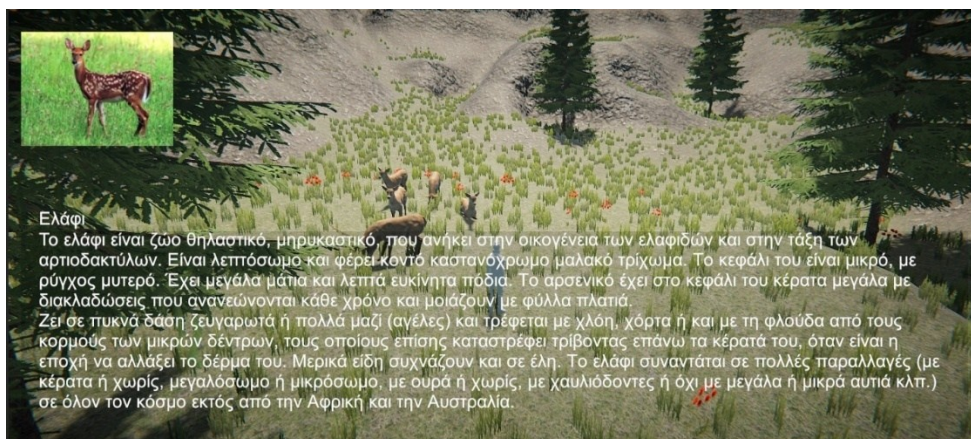
Η εφαρμογή αναπτύσσεται με στόχο να είναι δυνατή η αξιοποίησή της στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Για την επίτευξη αυτού του στόχου οι πληροφορίες για το

προσομοιωμένο οικοσύστημα όσον αφορά την πανίδα και σχετικές έννοιες με το φυσικό περιβάλλον δίνονται με απλό και σαφή τρόπο, ώστε να είναι κατανοητές από τους μαθητές των αντίστοιχων βαθμίδων.

Ελήφθησαν υπόψη οι τρεις διαστάσεις της ΠΕ (Cook & Berrenberg, 1981· Hungerford & Volk, 1990· Stern, 2000· Φλογαΐτη, 2011) για τον καθορισμό των στόχων της εφαρμογής:

- Εκπαίδευση γύρω από το περιβάλλον. Η εφαρμογή σχεδιάστηκε ώστε να συμβάλει στην επίτευξη των μαθησιακών στόχων όσον αφορά τις γνώσεις για τα είδη πανίδας που μπορεί κανείς να συναντήσει σε ένα φυσικό περιβάλλον που περιλαμβάνει δάσος, λόφους και ποτάμι. Ο χρήστης μπορεί να περιηγηθεί και να αλληλεπιδράσει με τα είδη πανίδας, οπότε και εμφανίζονται σχετικές πληροφορίες. Επιπλέον, στόχος είναι να γίνει κατανοητή η ισορροπία σε ένα οικοσύστημα που σχετίζεται με τους πληθυσμούς των διαφόρων ειδών που συμβιώνουν μέσα σε αυτό.
- Εκπαίδευση από και μέσα από το περιβάλλον. Στους στόχους της εφαρμογής είναι η ευαισθητοποίηση των μαθητών σχετικά με τους κινδύνους που αντιμετωπίζει το φυσικό περιβάλλον ως αποτέλεσμα ενεργειών των ανθρώπων, όπως η μόλυνση από απορρίμματα, ο ευτροφισμός των υδάτων, η αλόγιστη χρήση των φυσικών πόρων (π.χ. του νερού) και η εκδήλωση πυρκαγιών. Από σχετικές εφαρμογές που έχουν μελετηθεί (Hsu et al., 2018), προκύπτει ότι για την ευαισθητοποίηση ενός ατόμου σε περιβαλλοντικά ζητήματα είναι σημαντικό να βιώνει μια σχετική κατάσταση μέσα από το εικονικό περιβάλλον, να έχει την αντίστοιχη ανατροφοδότηση (π.χ. να βλέπει τη μείωση του διαθέσιμου νερού από τον υδροφόρο ορίζοντα λόγω της υπερκατανάλωσής του). Επομένως, κρίθηκε σκόπιμο η εφαρμογή να εμπλουτιστεί με τέτοια στοιχεία με σκοπό τη συμβολή στα συναισθήματα και την καλλιέργεια οικολογικής συνείδησης.
- Εκπαίδευση για το περιβάλλον. Η εφαρμογή επιδιώκει την αλλαγή στάσεων των μαθητών όσον αφορά οικολογικά ζητήματα μέσω καλλιέργειας ενεργειών προς το περιβάλλον. Αυτό επιτυγχάνεται μετά την ευαισθητοποίηση των μαθητών για τους πιθανούς κινδύνους που αντιμετωπίζει το περιβάλλον, όπως αναφέρθηκε στην πιο πάνω. Ο μαθητής έχοντας βιώσει τις δυσάρεστες συνέπειες των πράξεων των ανθρώπων μέσα στο εικονικό περιβάλλον, συνειδητοποιεί τις ενέργειες που καλείται να εκτελέσει πλέον για την προστασία του φυσικού οικοσυστήματος. Επίσης, η βιωματική εμπειρία εντός του προσομοιωμένου οικοσυστήματος ενισχύει την κατανόηση των αλληλεπιδράσεων των παραγόντων που συμμετέχουν στη λειτουργία του οικοσυστήματος.

Στην Εικόνα 2 παρουσιάζεται στιγμιότυπο της εφαρμογής από την αλληλεπίδραση με αντικείμενα ζώων. Μέσω της αλληλεπίδρασης με τα ζώα υλοποιείται η διάσταση "Εκπαίδευση γύρω από το περιβάλλον", αφού ο χρήστης αποκτά γνώσεις σχετικές με το περιβάλλον (τα είδη πανίδας). Επιπλέον, μέσω της πλοήγησης στο εικονικό περιβάλλον αναπτύσσεται η ικανότητα διερεύνησης του περιβάλλοντος και η συλλογή πληροφοριών.



Εικόνα 2. Πλαίσιο διαλόγου από την αλληλεπίδραση με αντικείμενο ελαφιού

Η ευαισθητοποίηση του χρήστη στα πλαίσια της διάστασης "Εκπαίδευση από και μέσα από το περιβάλλον" επιτυγχάνεται, καθώς σε άλλα σημεία, για παράδειγμα, κοντά στην ακτή εντοπίζονται μαζικά νεκρά ζώα (ελάφια, λαγούς και πάπιες) με τα σχετικά μηνύματα προβληματισμού για τους πιθανούς λόγους αυτού του δυσάρεστου γεγονότος (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Νεκρά ζώα κοντά στην ακτή

Μετά την ευαισθητοποίηση του μαθητή μέσω των απορριμμάτων και των νεκρών ζώων που συναντάει ακολουθεί η διάσταση "Εκπαίδευση για το περιβάλλον". Σκοπός είναι η συνειδητοποίηση των ενεργειών που πρέπει να εκτελούνται για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος. Κατά την περιήγησή του ο χρήστης στην περιοχή κοντά στα απορρίμματα συναντάει κάδους απορριμμάτων. Πατώντας στα αντικείμενα των κάδων εμφανίζεται ένα πλαίσιο διαλόγου με σχετικό μήνυμα για την τοποθέτηση των απορριμμάτων μέσα σε αυτούς και ένα κουμπί για αλληλεπίδραση (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Προβληματισμός και Ενεργοποίηση για την αντιμετώπιση της μόλυνσης από απορρίματα

Επόμενα βήματα

Στην παρούσα εργασία έγινε αναφορά σε μια εφαρμογή εικονικού περιβάλλοντος προσομοίωσης οικοσυστήματος που εκπονήθηκε και συγκεκριμένα τα βασικά της χαρακτηριστικά και ο τρόπος ενσωμάτωσης των ιδιοτήτων και υλοποίησης των διαστάσεων της ΠΕ. Η εφαρμογή επιδέχεται επεκτάσεων και βελτιώσεων και συγκεκριμένα:

- Ολοκλήρωση των λειτουργιών:
 - Δυνατότητα μέτρησης παραμέτρων, όπως θερμοκρασίας και χημικών ιδιοτήτων του νερού.
 - Εμπλουτισμός με γεγονότα πρόκλησης προβλήματος στο οικοσύστημα, όπως πυρκαγιά και υπερτροφισμός υδάτων.
 - Μεταβολή παραμέτρων οικοσυστήματος, όπως πληθυσμών θηρευτών-θηραμάτων, θερμοκρασίας ή άλλων χαρακτηριστικών, όπως η ποιότητα (καθαρότητα) του νερού.
 - Ολική αφαίρεση ενός οργανισμού από το οικοσύστημα.
 - Δόμηση οικοσυστήματος με μορφολογικές προτιμήσεις του χρήστη, π.χ. λίμνες στις περιοχές που επιθυμεί.
 - Δυνατότητα αποστολών – quests για τη διατήρηση του ενδιαφέροντος του μαθητή και τη βελτίωση των γνώσεών του μέσα από το εικονικό περιβάλλον.

Σε όλες τις λειτουργίες ο χρήστης θα μπορεί να παρατηρεί τις επιπτώσεις αυτών των αλλαγών (Διάσταση ΠΕ "Εκπαίδευση από και μέσα από το περιβάλλον").

- Δοκιμές ελέγχου. Κατά το στάδιο αυτό η εφαρμογή θα δοκιμαστεί για την ορθή λειτουργία της. Θα εντοπιστούν τυχόν αδυναμίες και θα διορθωθούν.
- Πιλοτική εφαρμογή. Η εφαρμογή θα αξιοποιηθεί σε περιορισμένης κλίμακας μαθητικό πληθυσμό, ώστε να διαπιστωθεί το επίπεδο σωστής αξιοποίησής της.
- Κανονική εφαρμογή. Στο στάδιο αυτό η εφαρμογή θεωρείται πλέον έτοιμη για αξιοποίηση σε μεγαλύτερης κλίμακας μαθητικό πληθυσμό.
- Αξιολόγηση της εφαρμογής. Είναι σημαντική η ανατροφοδότηση από την αξιοποίηση της εφαρμογής και την εμπειρία χρήστη, ώστε να εντοπιστούν τα δυνατά της σημεία, αλλά και αυτά που χρήζουν βελτίωσης.
- Συντήρηση – Επέκταση. Στο στάδιο αυτό θα αξιοποιηθούν τα ευρήματα από τη διαδικασία της αξιολόγησης, ώστε να δρομολογηθούν βελτιώσεις και μελλοντικές επεκτάσεις.

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

- Αθανασάκης, Α. 1996. *Οικοπεριβαλλοντική παιδαγωγική*. Δαρδανός.
- Αμπράζης, Α., & Παπαδοπούλου, Π. (2021). Η περιβαλλοντική εκπαίδευση ως πλαίσιο αντιμετώπισης του φαινομένου "τυφλότητα απέναντι στα φυτά". *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση για την Αειφορία*, 3(1), 38. <https://doi.org/10.12681/ees.26284>
- Βαρσαμά, Μ., & Δημητρίου, Α. (2022). Παιδαγωγική αξιοποίηση παιδικών ταινιών στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης στο νηπιαγωγείο. *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση για την Αειφορία*, 4(1), 1-17. <https://doi.org/10.12681/ees.28735>
- Γεωργόπουλος, Α., & Τσαλίκη, Ε. (1993). *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση*. Gutenberg.
- Γκερμπεσιώτη, Γ., Τσιρούκης, Α., Κύδρος, Δ., & Μπλάνας, Γ. (2022). Κρίσιμοι παράγοντες ανάληψης περιβαλλοντικών δράσεων στα σχολεία. *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση για την Αειφορία*, 3(2), 22. <https://doi.org/10.12681/ees.26818>
- Θεοφανίδου, Ελένη & Παπαδοπούλου, Πηνελόπη. (2023). Καλλιέργεια των κοινωνικών-αιθροικών αξιών στην περιβαλλοντική εκπαίδευση/εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη μέσα από επίμαχα τοπικά ζητήματα. Η περίπτωση της απολιγνιτοποίησης στη Δυτική Μακεδονία. *Πρακτικά 13ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. <https://doi.org/10.12681/codiste.5373>
- Kalaitzidakī, Marianna & Μπουλάκη, Νικολέττα. (2023). Ανάπτυξη, εφαρμογή και αξιολόγηση περιβαλλοντικού μονοπατιού με χρήση QR στον Δημοτικό κήπο Χανίων. *Πρακτικά 13ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. <https://doi.org/10.12681/codiste.5446>
- Καλαϊτζίδης, Δ., & Ουζούνης, Κ., (2000). *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Θεωρία και πράξη*. Εκδόσεις Σπανίση.
- Καλαφάτη, Μ. (2021). Ανιχνεύοντας τις ενδείξεις δημιουργικότητας των παιδιών του νηπιαγωγείου στο πλαίσιο της προσχολικής εκπαίδευσης για την αειφορία. *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση για την Αειφορία*, 3(1), 17. <https://doi.org/10.12681/ees.25542>
- Καλοπούλου, Γ. (2012). Μεθοδολογικές προσεγγίσεις και διδακτικές στρατηγικές. για την *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση*, 1(46).
- Κεφαλάκης, Π. (2021). Η μελέτη περίπτωσης του εκπαιδευτικού τρισδιάστατου περιβάλλοντος πολλών χρηστών προσομοίωσης οικολογικών συστημάτων ecomune και η αξιοποίησή του στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση. *Πρακτικά 1ου Διεθνούς Διαδικτυακού Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Από Τον 20ο Στον 21ο Αιώνα Μέσα Σε 15 Ημέρες*, (1), 177. <https://doi.org/10.12681/online-edu.3225>
- Κούσουλας, Γ. (2008), "Προσέγγιση στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση", Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών - Ινστιτούτο Αστικής και Αγροτικής Κοινωνιολογίας, Ομάδα Περιβάλλοντος <https://www.ekke.gr/projects/estia/>
- Κρίβας, Σ. (2000). *Περιβαλλοντική Αγωγή, εγχειρίδιο για εκπαιδευτικούς*. ΥΠΕΠΘ/ΕΠΕΑΕΚ: Πρόγραμμα επιμόρφωσης εκπ/κών στην Περιβαλλοντική Αγωγή.

- Λιαράκου, Γ. και Γαβριλάκης Κ. (2009). Η συμβολή των ΤΠΕ στην Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη. Στο: Ε. Αυγερινός (επ.), *Η συνεισφορά των Νέων Τεχνολογιών σε μια Ποιοτική Πανεπιστημιακή Εκπαίδευση*, Πανεπιστήμιο Αιγαίου – ΠΤΔΕ, 60-71.
- Λιαράκου, Γ. (2023). Οι παιδαγωγικοί στόχοι της εκπαίδευσης για το περιβάλλον και την αειφορία. *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση για την Αειφορία*, 5(1), 34-47. <https://doi.org/10.12681/ees.35759>
- Μανάβη, Χ. (2016). Η περιβαλλοντική εκπαίδευση και η μέθοδος project ως πλαίσιο εφαρμογής μετασχηματιστικής μάθησης: εμπειρίες από το χώρο της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών. *Επιστημονική Επετηρίδα Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών Πανεπιστημίου Ιωαννίνων*, 9(2), 144. <https://doi.org/10.12681/jret.8686>
- Μήττα, Α. (2014). Βιβλιογραφική ανασκόπηση των τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. *Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Ημαθίας "Αξιοποίηση των ΤΠΕ στη διδακτική πράξη"*, 330-342.
- Μπότας Α., Ανυφαντής Ι., & Κουτής, Β. (2017). Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση ως εργαλείο ευαισθητοποίησης και κινητοποίησης σχολικών κοινοτήτων και τοπικών κοινωνιών στην κατεύθυνση της αειφορίας. Διαθέσιμο στο <http://www.pedthessalias4clima.gr/media/pdf/%CE%9C%CF%80%CF%8C%CF%84%CE%B1%CF%82%20%CE%95%CE%99%CE%A3%CE%97%CE%93%CE%97%CE%A3%CE%97.pdf>
- Παπανικολάου, Α. (2023). Κριτική σκέψη και εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία: μια άρρηκτη σχέση. *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση για την Αειφορία*, 5(1), 108-123. <https://doi.org/10.12681/ees.35771>
- Πούλιος, Ι. (2020). Η περιβαλλοντική εκπαίδευση στην εποχή της εξ αποστάσεως μάθησης. *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση για την Αειφορία*, 2(2), 56. <https://doi.org/10.12681/ees.23355>
- Σακκά, Η. (2022). Ο ρόλος των μέσων στην ευαισθητοποίηση των πολιτών για την κλιματική αλλαγή. *Open Journal of Animation, Film and Interactive Media in Education and Culture [AFIMinEC]*, 3(3). <https://doi.org/10.12681/afinmec.31750>
- Στυλιανού, Π. (2020). Οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τα δίκτυα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης των ΚΠΕ. *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση για την Αειφορία*, 2(2), 19. <https://doi.org/10.12681/ees.23196>
- Τίγκας, Ι., & Φλογαΐτη, Ε.. (2019). Η ελληνική εκπαιδευτική πολιτική για τη μετάβαση από την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στην Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη, 1, 44-58. <https://doi.org/10.12681/ees.19550>
- Τσεβρένη, Ι. (2019). Εκπαιδεύοντας τους θορώ των πόλεων: μία εμπειρία βιωματικής προσέγγισης της μη ανθρώπινης φύσης στο πλαίσιο της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης. *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση για την Αειφορία*, 1(1), 14. <https://doi.org/10.12681/ees.16963>
- Φλογαΐτη, Ε. (1998). *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση*. Ελληνικά Γράμματα.
- Φλογαΐτη, Ε. (2011). *Εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία*. Πεδίο.
- Φωκίδης, Ε., & Ατσικπάση, Π. (2022). *(Πλήρως Εμβυθισμένη) Εικονική Πραγματικότητα, μάθηση και εκπαίδευση*. Εκδόσεις Ζυγός
- Χρόνη, Μ. (2013). *Η Προσέγγιση της Έννοιας του Περιβάλλοντος μέσα από τα Βιβλία της Μελέτης Περιβάλλοντος*.

Ξενόγλωσση

- Cook, S., & Berrenberg, J. L. (1981). Approaches to encouraging conservation behavior: A review and conceptual framework. *Journal of Social Issues*, 37(2), 73-107.
- Ducasse, J. (2020). Augmented reality for outdoor environmental education. *Springer Series on Cultural Computing*, 329-352. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42156-4_17
- Fernández, A. H., Camargo, C. d. B., & Nascimento, M. S. L. D. (2019). Technologies and environmental education: A beneficial relationship. *Research in Social Sciences and Technology*, 4(2), 13-30. <https://doi.org/10.46303/ressat.04.02.2>
- Frey, K. (1998), *Η μέθοδος Project* (μτφρ. Κλ. Μάλλιου). Αφοί Κυριακίδη.
- Hsu, W.-C., Tseng, C.-M., & Kang, S. -C. (2018). Using exaggerated feedback in a virtual reality environment to enhance behavior intention of water-conservation. *Educational Technology & Society*, 21 (4), 187-203.
- Hungerford, H., Peyton, R. B., & Wilke, R. J. (1980). Goals for Curriculum Development in Environmental Education. *The Journal of Environmental Education*, 11(3), 42-47. <https://doi.org/10.1080/00958964.1980.9941381>
- SHungerford, H., & Volk, T. (1990). Changing learner behavior through environmental education. *The Journal of Environmental Education*, 21(3), 8-22.
- Ibáñez, M., Cid, I., Muñoz, L., & Claros, F. (2020). Environmental education, an essential instrument to implement the sustainable development goals in the university context. *Sustainability*, 12(19), 7883. <https://doi.org/10.3390/su12197883>
- Ketelhut, D. J., Nelson, B. C., Clarke, J. E., & Dede, C. (2010). A multi-user virtual environment for building and assessing higher order inquiry skills in science. *British Journal of Education Technology*, 41(1), 56-68. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01036.x>
- Levin, M. F. (2011). Can virtual reality offer enriched environments for rehabilitation? *Expert Review of Neurotherapeutics*, 11(2), 153-155.
- McLellan, H. (1996): Virtual realities. In D. Jonassen (Ed.), *Handbook of research for educational communications and technology* (pp. 457-487). Kluwer-Nijhoff Publishing.
- Muñoz-García, I., Alcántara-Manzanares, J., & Quintana, S. (2022). Key aspects of adolescents' environmental attitudes with a view to transformative education. *Education Sciences*, 12(9), 591. <https://doi.org/10.3390/educsci12090591>
- Ntanos, S., Kyriakopoulos, G. L., Arabatzis, G., Palios, V., & Chalikias, M. (2018). Environmental behavior of secondary education students: a case study at central Greece. *Sustainability*, 10(5), 1663. <https://doi.org/10.3390/su10051663>
- Palmer, J.A. (1998). *Environmental education in the 21st century. Theory, practice, progress and promise*. Routledge.
- Prabawani, B., Hadi, S.P., Zen, I.S., Hapsari, N.R., Ainuddin, I. (2022) Systems thinking and leadership of teachers in education for sustainable development: A scale development. *Sustainability*, 14(6), 3151. <https://doi.org/10.3390/su14063151>

- Ruan, B. (2022). VR-assisted environmental education for undergraduates. *Advances in Multimedia*, 2022, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2022/3721301>
- Stapp, W.B. (1969). Concept of environmental education. *The Journal of Environmental Education* 1, 30-31.
- Suarlin, S. and Ali, M. (2020). The effect of environmental education learning on students at university. *International Journal of Environment Engineering and Education*, 2(3), 49-56. <https://doi.org/10.55151/ijeedu.v2i3.39>
- Stern, P. (2000). Toward a coherent theory of environmentally significant behavior. *Journal of Social Issues*, 56(3), 407.
- Wang, P. (2023). Under the background of industry-education integration--real-time environmental inspection--exploration and practice of teaching mode. *Journal of Education and Educational Research*, 5(1), 174-177. <https://doi.org/10.54097/jeer.v5i1.11960>
- Yang, B., Wu, N., Tong, Z., & Sun, Y. (2022). Narrative-based environmental education improves environmental awareness and environmental attitudes in children aged 6-8. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(11), 6483. <https://doi.org/10.3390/ijerph19116483>
- Zuhriyah, A., & Astra, I. M. (2020). Collaborative learning model with problem solving approach to improving student environment sensitivity. *KnE Social Sciences*, 65-73. <https://goi.otg/10.18502/kss.v4i14.7859>