ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

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

Τόμ. 13 (2024)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: ΠΡΑΚΤΙΚΑ

Εφαρμογή της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) των προϊόντων σε μαθητές/τριες Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης: Μία προσέγγιση αναφορικά με την εκπαίδευση για την αειφορία

Κυριακή Γρηγορίου, Γεώργιος Μαλανδράκης

doi: 10.12681/codiste.6861

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 08/12/2025 22:21:03

Εφαρμογή της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) των προϊόντων σε μαθητές/τριες Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης: Μια Προσέγγιση αναφορικά με την Εκπαίδευση για την Αειφορία

Κυριακή Γρηγορίου[1], Γεώργιος Μαλανδράκης[2]

Εκπαιδευτικός Α/θμιας Εκπαίδευσης[1], Αναπληρωτής Καθηγητής Π.Τ.Δ.Ε Α.Π.Θ[2]

kiriakigrigoriou2@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα έρευνα διεξήχθη για να μελετήσει την κατανόηση των μαθητών/τριών της Ε' τάξης Δημοτικού, για την Ανάλυση του Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) των προϊόντων και πώς αυτή άλλαξε μετά από σχετική διδακτική παρέμβαση με τη χρήση νέων τεχνολογιών. Για το σκοπό αυτό, αναπτύχθηκε διδακτικό υλικό και δραστηριότητες διάρκειας 6 ωρών και για τη συλλογή δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ένα ειδικά αναπτυγμένο εργαλείο καταγραφής των σταδίων και περιεχομένων του κύκλου ζωής μιας μπλούζας, το οποίο επιδόθηκε πριν και μετά την παρέμβαση. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, υπήρχαν ενθαρρυντικά στοιχεία και σημεία βελτίωσης της κατανόησης των συμμετεχόντων για τον Κύκλο Ζωής των προϊόντων.

Λέξεις κλειδιά: Ανάλυση Κύκλου Ζωής προϊόντων, Εκπαίδευση για την Αειφορία, Μαθητές/τριες Δημοτικού

Application of Life Cycle Analysis (LCA) of products to Primary Education students: An Approach regarding Education for Sustainability

Kyriaki Grigoriou[1], George Malandrakis[2]

[1]Primary Education Teacher, [2]Associate Professor of the Department of Primary Education AUTH

kiriakigrigoriou2@gmail.com

ABSTRACT

The goal of this study was to explore 5th grade students' understanding about the Life Cycle Analysis (LCA) of products and how it changes after a relevant teaching intervention with the use of new technologies. For this end, teaching materials and activities lasting 6 hours were developed and a specially developed tool for recording the stages and contents of the life cycle of a t-shirt was used for data collection, which was delivered before and after the intervention. According to the results obtained, there were encouraging elements and aspects of improvement in the participants' understanding of the Product Life Cycle.

Keywords: Education for Sustainability, Product Life Cycle Analysis, Primary School students

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αναμφίβολα ζούμε σε έναν πολύπλοκο κόσμο όπου πρέπει να αντιληφθούμε και να διαχειριστούμε τα αλληλεξαρτώμενα ζητήματα που αντιμετωπίζουν οι σύγχρονες κοινωνίες (Παπαβασιλείου, 2023). Οι περιβαλλοντικές ανησυχίες επισημαίνουν πως χρειάζεται θεμελιώδης αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο η κοινωνία χρησιμοποιεί τους φυσικούς πόρους και παράγει ενέργεια (Dhahri & Omri, 2018). Σημαντική προσπάθεια γίνεται και από τα πανεπιστήμια σε όλο τον κόσμο, αντιδρώντας στις αυξανόμενες κοινωνικές ανάγκες με την ανάπτυξη προγραμμάτων αειφορίας (Viere et al., 2021).

Η αειφόρος ανάπτυξη είναι μια πρόκληση του 21ου αιώνα και αναγνωρίζεται ως η «ισορροπία μεταξύ των διαθέσιμων τεχνολογιών, των στρατηγικών καινοτομίας και των πολιτικών κυβερνήσεων» (Ortiz et al., 2009, σελ 29). Αποτελεί μια ταχέως αναπτυσσόμενη περιοχή, γεγονός που προκαλεί την αύξηση των εργαλείων αξιολόγησης (Galli et al., 2014). Η *Ανάλυση του Κύκλου Ζωής* (ΑΚΖ) αποτελεί ένα εργαλείο αξιολόγησης της αειφορίας το οποίο αξιολογεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός προϊόντος ή μιας διαδικασίας σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του (Galli κ.ά., 2014). Τα στάδια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος αποτελούν η απόκτηση πρώτων υλών, η παραγωγή/συσκευασία, η χρήση, η απόρριψη, η ανακύκλωση και η μεταφορά (Evans et al., 2008). Οι δραστηριότητες ή διεργασίες από τα στάδια του κύκλου ζωής έχουν ως συνέπεια περιβαλλοντικές επιπτώσεις λόγω της κατανάλωσης των πόρων, των εκπομπών στο φυσικό περιβάλλον, καθώς και των απορριμμάτων που δημιουργούνται (Rebitzer et al., 2004). Η ΑΚΖ, προσδιορίζει πού συμβαίνουν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και πού ενδέχεται να γίνουν οι πιο σημαντικές βελτιώσεις (Harvey et al., 2016).

Η εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία θα πρέπει να επιδιώκει, να εξοπλίσει τους/τις μαθητές/τριες με δεξιότητες που είναι χρήσιμες, ώστε να συμβάλουν στη λήψη μέτρων πολύπλοκων προβλημάτων αειφορίας (Παπαβασιλείου, 2023). Στην παρούσα έρευνα, γίνεται μια προσπάθεια να μελετηθεί η κατανόηση μαθητών/τριών Δ' τάξης σε θέματα αναφορικά με την αειφορία και συγκεκριμένα για την ΑΚΖ των προϊόντων.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με σκοπό να μελετήσει την κατανόηση των συμμετεχόντων/ουσών για την ΑΚΖ των προϊόντων πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Το ερευνητικό ερώτημα που τέθηκε ήταν πώς η κατανόηση αυτή αλλάζει μετά από σχετική διδακτική παρέμβαση με τη χρήση νέων τεχνολογιών. Για το σκοπό της έρευνας, σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε μια διδακτική παρέμβαση με διάφορες δραστηριότητες σε δύο τμήματα Ε΄ Δημοτικού σχολείου της Θεσσαλονίκης. Συνολικά, συμμετείχαν στην έρευνα 29 μαθητές/τριες (13 κορίτσια, 16 αγόρια).

Διδακτική παρέμβαση

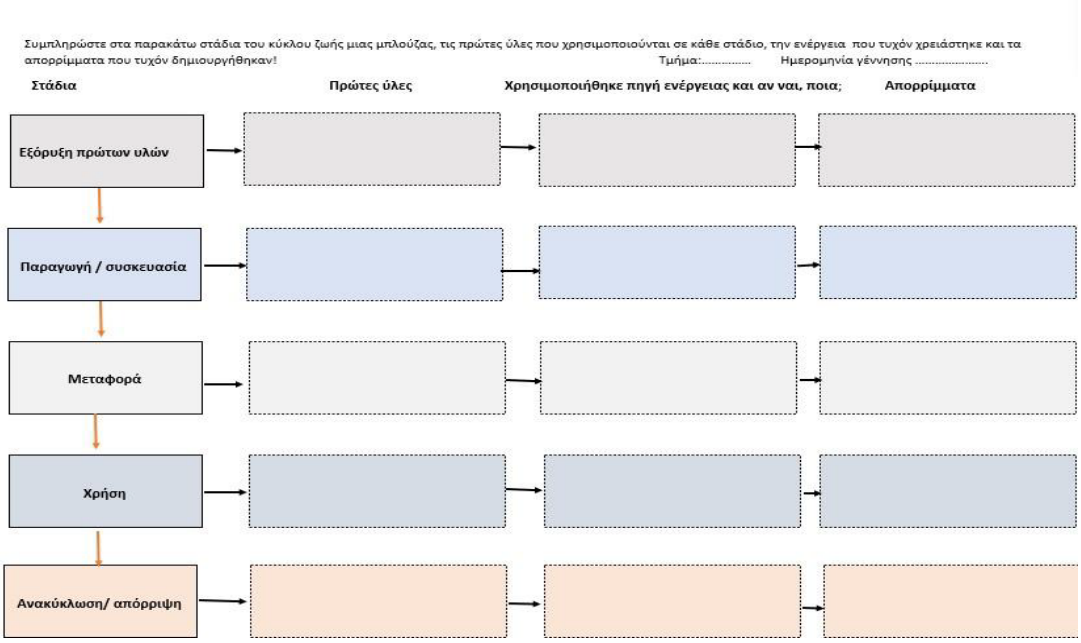
Οι στόχοι που είχαν τεθεί ήταν οι μαθητές και οι μαθήτριες να είναι ικανοί και ικανές να α) διακρίνουν τα κύρια στάδια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος και β) να κατανοήσουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ μιας παραγωγικής δραστηριότητας και του περιβάλλοντος. Η διδακτική παρέμβαση περιλάμβανε δύο μέρη, διάρκειας 3 ωρών το καθένα. Οι δύο φάσεις διδασκαλίας πραγματοποιήθηκαν διαφορετικές ήμερες. Η διδασκαλία του πρώτου μέρους ήταν καθοδηγούμενη, σε αντίθεση με αυτή του δεύτερου μέρους που ήταν ανοιχτή και ομαδοσυνεργατική. Επιπλέον, αφιερώθηκαν δύο ώρες μια βδομάδα πριν τη διδακτική παρέμβαση, για να αξιολογηθούν οι αρχικές γνώσεις των μαθητών/τριών και ακόμη δύο ώρες, μια βδομάδα μετά τη διδακτική παρέμβαση για να αξιολογηθεί η επίδραση της διδασκαλίας.

Αναλυτικότερα, στο πρώτο μέρος της διδασκαλίας, αρχικά προβλήθηκε ένα βίντεο σχετικά με τα στάδια της ΑΚΖ του πλαστικού μπουκαλιού και τις επιπτώσεις που προκαλεί στο περιβάλλον. Έπειτα, ζητήθηκε από τους/τις μαθητές/τριες να συμπληρώσουν ένα φύλλο εργασίας, όπου έπρεπε να βάλουν σε σειρά τα πέντε (5) στάδια του κύκλου ζωής του πλαστικού μπουκαλιού. Στη συνέχεια, έπαιξαν ένα βιωματικό παιχνίδι στο οποίο τους δόθηκαν κάρτες, οι οποίες απεικόνιζαν τα στάδια του κύκλου ζωής για το πλαστικό μπουκάλι και έπρεπε να σχηματίσουν με αυτές τον κύκλο ζωής του προϊόντος. Στην επόμενη δραστηριότητα, τα παιδιά έπρεπε να συμπληρώσουν σε ένα φύλλο εργασίας, τα πέντε (5) στάδια του κύκλου ζωής του πλαστικού μπουκαλιού και για κάθε ένα από τα 5 αυτά στάδια να σημειώσουν: (α) τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται, (β) τις πηγές ενέργειας και (γ) τα απορρίμματα που δημιουργούνται. Επιπλέον, στο ίδιο φύλλο εργασίας το οποίο χρησιμοποιήθηκε και ως εργαλείο αξιολόγησης, για κάθε στάδιο του κύκλου ζωής, οι μαθητές/τριες σημείωσαν προτάσεις βελτίωσης αναφορικά με τις πρώτες ύλες, τις πηγές ενέργειας και τα απορρίμματα. Στην τελευταία δραστηριότητα, τα παιδιά χωρισμένα σε ομάδες, χρησιμοποίησαν το διαδικτυακό λογισμικό Loopy για να σχεδιάσουν τον κύκλο ζωής του πλαστικού μπουκαλιού. Στόχος αυτής της δραστηριότητας ήταν τα παιδιά μέσω του λογισμικού, να παρατηρήσουν τις αλληλεπιδράσεις και τις συνδέσεις μεταξύ των σταδίων, να κατανοήσουν τη διαδικασία του κύκλου ζωής και να αντιληφθούν τις μεταβολές που υφίστανται. Στο δεύτερο μέρος της διδακτικής, αρχικά, τα παιδιά προγραμμάτισαν το εκπαιδευτικό ρομπότ Beebot, ώστε να διαγράψει τον κύκλο ζωής της παραγωγής του μακαρονιού πάνω στο δάπεδο που είχε προετοιμάσει η εκπαιδευτικός. Έπειτα, συμπλήρωσαν σε φύλλο εργασίας έναν εννοιολογικό χάρτη με τα στάδια του κύκλου ζωής της παραγωγής του μακαρονιού. Τέλος, οι μαθητές/τριες σχεδίασαν τον κύκλο ζωής της παραγωγής του μακαρονιού στο λογισμικό Loopy.

Εργαλεία συλλογής των δεδομένων

Για τη συλλογή των δεδομένων σχεδιάστηκε ένα εργαλείο (εικόνα 1) που στηρίχτηκε στην θεωρία της ΑΚΖ και δόθηκε πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Στο συγκεκριμένο εργαλείο τα παιδιά έπρεπε να σημειώσουν για κάθε στάδιο παραγωγής της μπλούζας (α) τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν, (β) τις πηγές ενέργειας που καταναλώθηκαν και (γ) τα απορρίμματα που δημιουργήθηκαν**.** Επίσης, μετά τη διδακτική παρέμβαση, τα παιδιά έπρεπε να σημειώσουν και τα στάδια παραγωγής της μπλούζας, τα οποία, πριν τη διδακτική παρέμβαση δινόντουσαν εξαρχής, καθώς τότε για αυτούς θεωρήθηκε ότι ήταν άγνωστα. Επιπλέον, αξιολογήθηκαν και οι προτάσεις των συμμετεχόντων/ουσών που ανέφεραν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, για τυχόν βελτιώσεις στην όλη διαδικασία, οι οποίες θα μπορούσαν να μειώσουν τις επιβλαβείς επιπτώσεις που προκαλεί στο περιβάλλον η παραγωγή του πλαστικού μπουκαλιού.

Εικόνα 1: Εργαλείο αξιολόγησης πριν τη διδακτική παρέμβαση



Ανάλυση Δεδομένων

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν αναλύθηκαν με τη μέθοδο ανάλυσης περιεχομένου. Η ανάλυση περιεχομένου «μετατρέπει υλικό ποιοτικής φύσης σε μορφή ποσοτικών δεδομένων» (Κυριαζή, 1998, σ. 282). Μονάδα ανάλυσης είναι η μονάδα νοήματος, δηλαδή οι λέξεις – φράσεις που διατύπωσαν οι συμμετέχοντες στα εργαλεία αξιολόγησης, και οι οποίες εξέφραζαν παρόμοιο νόημα. Στη συνέχεια, με βάση τη μονάδα νοήματος δημιουργήθηκαν κατηγορίες (Κυριαζή, 1998). Μετέπειτα, ανάλογα με την καταλληλόλητα των κατηγοριών, αυτές τροποποιούνταν ή οριστικοποιούνταν. Η μορφή μέτρησης είναι η απουσία ή η παρουσία, στις απαντήσεις κάθε μαθητή/τριας, της κάθε κατηγορίας που αναπτύχθηκε. Επίσης, οι μετρήσεις σχετίζονται με τη συχνότητα με την οποία εμφανίζονται οι κατηγορίες. Τα συμπεράσματα εξάγονται με βάση τις κατηγορίες που έχουν διαμορφωθεί (Κυριαζή, 1998). Αναλυτικότερα, οι μονάδες νοήματος προέκυψαν από τις προτάσεις βελτίωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που διατύπωσαν οι συμμετέχοντες/ουσες κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, και από τα στάδια που ανέφεραν μετά τη διδακτική παρέμβαση. Οι μονάδες νοήματος καταγράφηκαν σε 29 φύλλα excel, όσοι και οι συμμετέχοντες. Στη συνέχεια, οι όμοιες μονάδες νοήματος ομαδοποιήθηκαν με σκοπό τη δημιουργία του γραφήματος και του πίνακα και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

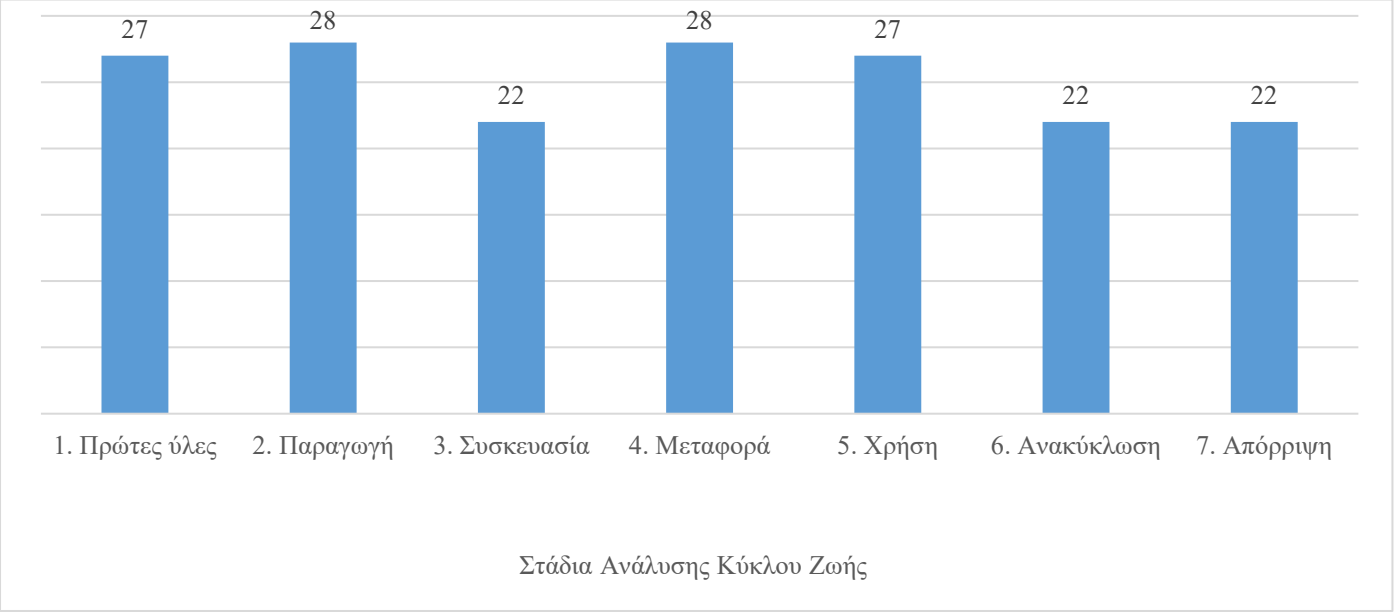
Σύμφωνα με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τα εργαλεία αξιολόγησης, όσον αφορά τις προτάσεις των συμμετεχόντων για τη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση του πλαστικού υπήρχαν ενθαρρυντικά στοιχεία. Πιο αναλυτικά, οι μαθητές/τριες κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης ανέφεραν ότι για το στάδιο της «εξόρυξης πρώτων υλών» δεν πρέπει να γίνεται η χρήση του πετρελαίου, για την «παραγωγή/συσκευασία» 15 μαθητές/τριες ανέφεραν ότι θα πρέπει να χρησιμοποιούμε βιοδιασπώμενα υλικά. Για το στάδιο της «μεταφοράς», 24 σημείωσαν ότι πρέπει να αγοράζουμε τοπικά προϊόντα, ώστε να μειωθούν τα καύσιμα. Για το στάδιο της «χρήσης» 23 μαθητές/τριες ανέφεραν ότι πρέπει να χρησιμοποιούμε παγούρια και για την «ανακύκλωση/απόρριψη» 15 σημείωσαν ότι πρέπει να κάνουμε σωστή ανακύκλωση.

Πίνακας 1: Απαντήσεις των συμμετεχόντων/ουσών, για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στα επτά κύρια στάδια της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής του πλαστικού μπουκαλιού

Πιθανές προτάσεις για βελτίωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση του πλαστικού μπουκαλιού, σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του	
Αριθμός απαντήσεων	Στάδια
	1ο Πρώτες ύλες
1	Χρήση ηλεκτρικών φορτηγών
1	Μη χρήση πετρελαίου
1	Μη χρήση πλαστικού
1	Χρήση βιοδιασπώμενων υλικών
1	Μη αγορά εμφιαλωμένων νερών ώστε να σταματήσουν τα εργοστάσια να ρυπαίνουν το περιβάλλον
	2ο Παραγωγή/ Συσκευασία
15	Παραγωγή βιοδιασπώμενων υλικών
3	Παραγωγή φυτικών υλικών
3	Παραγωγή παγουριού
1	Χρήση οικολογικών σακουλιών
1	Γυάλινα μπουκάλια
1	Μη χρήση συσκευασίας
1	Μεγάλες κούτες για την εξοικονόμηση χαρτιού και χρώματος
	3ο Μεταφορά
24	Αγορά τοπικών προϊόντων
2	Χρήση ηλεκτρικών φορτηγών
1	Χρήση λεωφορείων
1	Περπάτημα σε κοντινές αποστάσεις για αγορά προϊόντος
1	Κοντινές μεταφορές
1	Χρήση αλόγων
	4ο Χρήση
23	Χρήση παγουριού
2	Βιοδιασπώμενα υλικά
1	Χρήση χάρτινου μπουκαλιού
1	Επαναχρησιμοποιούμενα υλικά
1	Διαχωρισμός μπουκαλιού, καπάκι και συσκευασίας για ανακύκλωση
	5ο Ανακύκλωση/ Απόρριψη
15	Σωστή ανακύκλωση
5	Καλύτερη λύση η ανακύκλωση
3	Μη πέταγμα σκουπιδιών
2	Περισσότερη ανακύκλωση

Ως προς τα στάδια που ανέφεραν οι μαθητές/τριες μετά τη διδακτική παρέμβαση, παρατηρήθηκε ότι οι περισσότεροι συμμετέχοντες/ουσες ανέφεραν όλα τα στάδια παραγωγής της μπλούζας (Γράφημα 1). Αναλυτικότερα, 22 συμμετέχοντες ανέφεραν όλα τα στάδια της ΑΚΖ και 7 δεν σημείωσαν τα στάδια της «συσκευασίας», «ανακύκλωσης» και «απόρριψης».

Γράφημα 1: Απεικονίζεται ο αριθμός των συμμετεχόντων/ουσών οι οποίοι αναφέρθηκαν, μετά τη διδακτική παρέμβαση, σε καθένα από τα στάδια της ΑΚΖ (N=29).



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα υπήρχαν ενθαρρυντικά στοιχεία, όσον αφορά την κατανόηση της ΑΚΖ. Τα στάδια της ΑΚΖ θεωρήθηκαν αρχικά άγνωστα για τους/τις μαθητές/τριες, διότι δεν είχαν ασχοληθεί ξανά με την έννοια αυτή. Τα παιδιά μετά τη διδακτική παρέμβαση φάνηκε ότι μπορούν να διακρίνουν τα στάδια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος. Λίγοι συμμετέχοντες ήταν αυτοί που δεν ανέφεραν τα στάδια της «ανακύκλωσης» και της «απόρριψης», ίσως γιατί δεν έχουν αντιληφθεί ακόμα τις επιπτώσεις που προκαλεί το προϊόν μετά τη χρήση. Επίσης, φάνηκαν αρκετά ενδιαφέρουσες και αποτελεσματικές λύσεις οι προτάσεις των συμμετεχόντων για τη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν σε όλο τον κύκλο ζωής των προϊόντων. Τα παιδιά έδειξαν να κατανοούν τις επιδράσεις που προκαλούν όλα τα στάδια των προϊόντων στο περιβάλλον και να είναι σε θέση να προτείνουν λύσεις, κάτι το οποίο αποτελεί θετική ένδειξη ουσιαστικής μάθησης. Η ΑΚΖ επομένως, ενδέχεται να συνεισφέρει στην κατανόηση των επιπτώσεων που προκαλεί ο κύκλος ζωής ενός προϊόντος στο περιβάλλον. Όπως έχει αναφερθεί και από τον Haque το 2020, ο αντίκτυπος στο περιβάλλον μπορεί να εξακριβωθεί, λαμβάνοντας υπόψη τους πόρους, την ενέργεια που καταναλώνονται και τα απόβλητα που δημιουργούνται σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, και να ληφθούν μέτρα για τη βελτίωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον.

Συμπερασματικά, προέκυψαν αρκετά ενθαρρυντικά στοιχεία σχετικά με τη δυνατότητα κατανόησης της έννοιας της ΑΚΖ, από τα παιδιά και της χρήσης της στην εκπαίδευση για την αειφορία. Η εισαγωγή της ΑΚΖ στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, ενδέχεται να παρακινήσει τις επόμενες γενιές να διερευνήσουν θέματα που σχετίζονται με το περιβάλλον και την αειφορία. Ωστόσο, κρίνεται απαραίτητη η περαιτέρω έρευνα και εμβάθυνση, όσον αφορά την κατανόηση της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής των προϊόντων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κυριαζή, Ν. (1998). *Η κοινωνιολογική Έρευνα*: Κριτική επισκόπηση των μεθόδων και των τεχνικών. Αθήνα: Ελληνικές Επιστημονικές Εκδόσεις.

Παπαβασιλείου, Β. (2023). Η πολυπλοκότητα των περιβαλλοντικών προβλημάτων και η αναγκαιότητα καλλιέργειας της συστημικής σκέψης στο πλαίσιο της Εκπαίδευσης για το Περιβάλλον και την Αειφορία. *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση για την Αειφορία*, *5*(1), 95-107. https://doi.org/10.12681/ees.35765

Dhahri, S., & Omri, A. (2018). Entrepreneurship contribution to the three pillars of sustainable development: What does the evidence really say? *World Development*, *106*, 64-77. Ανακτήθηκε στις 5/5/2023, από: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305750X18300184

Evans, G. M., Galvin, K. P., & Doroodchi, E. (2008). Introducing quantitative life cycle analysis into the chemical engineering curriculum. *Education for chemical engineers, 3*(1), e57-e65. Ανακτήθηκε στις 5/5/2023, από: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1749772808000079

Galli, A., Wackernagel, M., Iha, K., & Lazarus, E. (2014). Ecological footprint: Implications for biodiversity. *Biological Conservation*, *173*, 121-132. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.10.018079

Harvey, J., Meijer, J., Ozer, H., Al-Qadi, I. L., Saboori, A., & Kendall, A. (2016). *Pavement life cycle assessment framework* (No. FHWA-HIF-16-014). United States. Federal Highway Administration. Ανακτήθηκε στις 5/5/2023, από: https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/38470/dot_38470_DS1.pdf

Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T., ... & Pennington, D. W. (2004). Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. *Environment international*, *30*(5), 701-720. Ανακτήθηκε στις 5/5/2023, από: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0160412003002459

Viere, T., Amor, B., Berger, N., Fanous, R. D., Arduin, R. H., Keller, R., ... & Sonnemann, G. (2021). Teaching life cycle assessment in higher education. The International Journal of Life Cycle Assessment, *26*(3), 511-527. Ανακτήθηκε στις 5/5/2023, από: https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-020-01844-3