

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

(2023)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Πρακτικά Εκτεταμένων Συνόψεων των Εργασιών



Βιοσυσσώρευση: Μια πειραματική προσέγγιση

Ελένη Μιχαλάτου, Άννα Φωτιάδου

doi: [10.12681/codiste.5322](https://doi.org/10.12681/codiste.5322)

ΒΙΟΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ: ΜΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Ελένη Μιχαλάτου¹, Άννα Φωτιάδου²

^{1,2}Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης, Συνεργάτης ΕΚΦΕ Κέντρου, ΔΔΕ Ανατολικής Θεσσαλονίκης

helensefer@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε μια διδακτική πρόταση για την εργαστηριακή διδασκαλία της βιοσυσσωρευσης, ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα που χρήζει άμεσης αντιμετώπισης. Προτείνουμε δραστηριότητες προσομοίωσης του φαινομένου, με υλικά καθημερινής χρήσης, μελετώντας υποθετικά υδάτινα οικοσύστημα και προσδιορίζοντας τη συγκέντρωση του τοξικού ρυπαντή σε διαφορετικά τροφικά επίπεδα. Οι δραστηριότητες περιλαμβάνουν ένα πείραμα επίδειξης και δύο εργαστήρια μοντελοποίησης, χρησιμοποιώντας το κλασικό παράδειγμα του DDT. Περιγράφουμε τις δραστηριότητες και τους διδακτικούς στόχους καθεμιάς εξ' αυτών. Οι προσομοιώσεις και οι διαδικασίες στις οποίες θα εμπλακούν οι μαθητές/τριες αναμένεται να συνεισφέρουν με εποπτικό τρόπο στη βαθύτερη κατανόηση του φαινομένου και να βοηθήσουν στην αποσαφήνιση λεπτομερειών που σχετίζονται με τις παραδοχές του σχολικού βιβλίου. Είναι δραστηριότητες που υποστηρίζουν τη διδασκαλία και δεν απαιτούν ειδικό εξοπλισμό.

Λέξεις κλειδιά: βιοσυσσωρευση, ρύπανση νερού, τροφικά επίπεδα

BIOACCUMULATION: AN EXPERIMENTAL APPROACH

Helen, Mihalatou¹, Anna, Fotiadou²

^{1,2} Secondary School teacher, Collaborator of the Laboratory Center of Physical Sciences of Kentrou, Directorate of Secondary Education East Thessaloniki

helensefer@gmail.com

ABSTRACT

In this paper we present lab activities for teaching bioaccumulation, an environmental problem that needs immediate attention. We present activities that simulate the phenomenon, using inexpensive materials, to study hypothetical aquatic ecosystems and determine the concentration of the toxic pollutant at different trophic levels. The activities include a demonstration experiment and two lab projects to model the phenomenon, using the classic example of DDT. We describe the activities and their teaching objectives. The simulations and the procedures that students will undertake are expected to contribute in an illustrative way to a deeper understanding of the phenomenon and help clarify details related to the assumptions of the textbook. These activities support teaching and do not require special equipment.

Keywords: bioaccumulation, water pollution, trophic level

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια αναδिकνύεται όλο και περισσότερο η ανάγκη ευαισθητοποίησης της παγκόσμιας κοινότητας σχετικά με τη Βιώσιμη Ανάπτυξη, ώστε να διαμορφωθούν ενεργοί πολίτες, οι οποίοι θα μπορούν να αναλάβουν δράση απέναντι στα κρίσιμα περιβαλλοντικά προβλήματα που ανακύπτουν. Αυτό σημαίνει ότι εκπαιδευτικοί, μαθητές και γονείς, μεταξύ άλλων, γίνονται όλοι αναπόσπαστο και πολύτιμο κομμάτι μιας παγκόσμιας συλλογικής συνείδησης απέναντι στο μέλλον του πλανήτη και στο δικαίωμα όλων των ανθρώπων να ζήσουν με αξιοπρέπεια, δικαιοσύνη και ισότητα (ΟΗΕ, 2015). Το σχολείο αποτελεί τον πρώτο χώρο επιστημονικού εγγραμματισμού στο κρίσιμο πεδίο γνώσεων της αειφορικής διαχείρισης του περιβάλλοντος.

Ένα από τα σοβαρά προβλήματα που σχετίζονται με την ανθρώπινη δραστηριότητα είναι και η ρύπανση εδάφους, νερού και αέρα (Αδαμαντιάδου κ.ά., 2013). Σε ό,τι αφορά τα υδάτινα οικοσυστήματα, ως ρύπανση ορίζεται ή κάθε φυσική, χημική ή βιολογική μεταβολή που τα καθιστά ακατάλληλα για τους οργανισμούς οι οποίοι ζουν σ' αυτά ή τα χρησιμοποιούν. Οι πιο τοξικοί ρύποι (π.χ. διάφορα παρασιτοκτόνα και εντομοκτόνα) δε διασπώνται από τους οργανισμούς (μη βιοδιασπώμενες ουσίες) με αποτέλεσμα, ακόμη και αν βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις, να συσσωρεύονται στους κορυφαίους καταναλωτές προκαλώντας το φαινόμενο της βιοσυσσωρεύσης (Αδαμαντιάδου κ.ά., 2013). Οι ουσίες αυτές είναι συνήθως λιποδιαλυτές και, σε αντίθεση με τις υδατοδιαλυτές ουσίες οι οποίες απεκκρίνονται, παραμένουν στους ιστούς και στα όργανα των οργανισμών και μεταφέρονται αναλλοίωτες στους θηρευτές τους. Η συσσωρευση μη βιοδιασπώμενων ουσιών αφορά και τον ίδιο τον άνθρωπο καθώς αυτός αποτελεί, συνήθως, τον τελευταίο κρίκο σε πολλές τροφικές αλυσίδες.

Η παρούσα διδακτική πρόταση προτείνεται ως μια σειρά πειραματικών δραστηριοτήτων προσομοίωσης του φαινομένου της βιοσυσσωρεύσης με υλικά υλικά καθημερινής χρήσης για την υποστήριξη της διδασκαλίας σε μαθητές/τριες της Β' Λυκείου. Μελετώνται υποθετικά υδάτινα οικοσυστήματα και προσδιορίζεται σε κάθε τροφικό επίπεδο η επιβάρυνση από τον τοξικό ρυπαντή. Οι δραστηριότητες αποτελούν προσαρμογή σχετικού υλικού που αντλήθηκε από τη βιβλιογραφία (eScience Labs, 2010· Shuskey, 2012· Wells, 2009).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η προτεινόμενη διδακτική πρόταση περιλαμβάνει ένα πείραμα επίδειξης και δύο εργαστήρια μοντελοποίησης του φαινομένου της βιοσυσσωρεύσης, χρησιμοποιώντας το κλασσικό παράδειγμα του DDT, διάρκειας 3 διδακτικών ωρών. Το πείραμα επίδειξης μπορεί να παρουσιαστεί από τον εκπαιδευτικό μέσα στην τάξη ως εφόρμηση για την εισαγωγή στο φαινόμενο. Οι μαθητές/τριες συγκροτούνται σε ομάδες 3-4 ατόμων και ακολουθούν τις οδηγίες που παρουσιάζονται αναλυτικά στα 3 αντίστοιχα φύλλα εργασίας (Φ.Ε.) στα οποία αποτυπώνεται η ροή της διδακτικής πορείας. Καλούνται να εκτελέσουν 2 πειράματα χρησιμοποιώντας απλά υλικά για την μοντελοποίηση του φαινομένου και να προβληματιστούν πάνω στις παραδοχές των μοντέλων αλλά και στις παραδοχές του σχολικού βιβλίου. Η κάθε διδακτική ώρα ολοκληρώνεται με συζήτηση των αποτελεσμάτων των ομάδων στην ολομέλεια της τάξης.

Με τις εν λόγω δραστηριότητες αναμένεται οι μαθητές/τριες να: α) κατανοήσουν με εποπτικό τρόπο την έννοια της βιοσυσσωρεύσης, β) συσχετίσουν το φαινόμενο με συγκεκριμένη κατηγορία ρύπων, γ) συνδέσουν το φαινόμενο με θέματα της καθημερινής ζωής, δ) συνειδητοποιήσουν ότι η βιοσυσσωρευση αποτελεί ένα σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα με επεκτάσεις στην υγεία του ανθρώπου ως κορυφαίου θηρευτή, ε) υπολογίσουν συγκεντρώσεις, στ) εκτελέσουν πειράματα και να εξάγουν συμπεράσματα, ζ) διακρίνουν/ανακαλύψουν τις παραδοχές του σχολικού βιβλίου και να συνειδητοποιήσουν ότι αποτελούν συμβάσεις προκειμένου να μελετηθεί το φαινόμενο, η) ενισχύσουν τον επιστημονικό τους εγγραμματισμό.

1η Δραστηριότητα: Πείραμα επίδειξης

Σε κάθε ομάδα δίνεται το Φ.Ε. στο οποίο, αρχικά, γίνεται εισαγωγή στο εν λόγω φαινόμενο και κατόπιν παρουσιάζεται από τον εκπαιδευτικό το πείραμα επίδειξης. Χρησιμοποιούνται 3 ογκομετρικοί κύλινδροι οι οποίοι αντιστοιχούν σε 3 τροφικά επίπεδα ενός υποθετικού οικοσυστήματος. Στον 1ο κύλινδρο (1ο τροφικό επίπεδο), συγκεκριμένη ποσότητα νερού προσομοιώνει τη βιομάζα των οργανισμών και συγκεκριμένη ποσότητα λαδιού προσομοιώνει το μη βιοδιασπώμενο ρύπο (λιποδιαλυτή ουσία). Η αδιαλυτότητά του ρύπου στο νερό αντιπροσωπεύει την αντοχή του στη βιολογική αποικοδόμηση και τον μεταβολισμό. Για την προσομοίωση της ροής ενέργειας μεταφέρεται συγκεκριμένη ποσότητα μίγματος (10%) από τον 1ο κύλινδρο στον 2ο και ομοίως από τον 2ο στον 3ο. Οι φάσεις του μίγματος που δημιουργούνται στους κυλίνδρους δίνουν τη δυνατότητα οπτικοποίησης του φαινομένου μιας και κατά τη μεταφορά αυξάνεται η συγκέντρωση του λαδιού στο μίγμα (Σχήμα 1). Οι μαθητές/τριες συμπληρώνουν στο Φ.Ε. τις συγκεντρώσεις του ρύπου σε κάθε τροφικό επίπεδο και συζητούν τους περιορισμούς και τις παραδοχές του μοντέλου.

Σχήμα 1. Προσομοίωση της ροής ενέργειας σε ένα υποθετικό οικοσύστημα στο πείραμα επίδειξης.



2η Δραστηριότητα: Υπολογισμός της ποσότητας του ρύπου ανά άτομο

Σε κάθε ομάδα δίνεται το Φ.Ε και τα υλικά: φασόλια (λευκά και μαυρομάτικα), ποτηράκια με την ένδειξη "ζωοπλαγκτόν", ποτηράκια με την ένδειξη "αθερίνα" και ποτήρι με την ένδειξη "ψαροπούλι". Τα φασόλια προσομοιώνουν τον πληθυσμό των παραγωγών ενός υποτιθέμενου οικοσυστήματος με 4 τροφικά επίπεδα, με τα μαύρα να αντιπροσωπεύουν τους παραγωγούς εκείνους που έχουν απορροφήσει συγκεκριμένη ποσότητα DDT. Κάθε ποτηράκι αντιστοιχεί σε ένα άτομο καταναλωτή. Για την προσομοίωση της ροής ενέργειας από το 1ο στο 2ο επίπεδο μεταφέρεται με τυχαίο τρόπο συγκεκριμένος αριθμός φασολιών σε καθένα από τα ποτηράκια του "ζωοπλαγκτόν". Με ανάλογο τρόπο γίνεται η προσομοίωση της ροής ενέργειας για τα επόμενα επίπεδα (Σχήμα 2). Οι μαθητές/τριες καλούνται να υπολογίσουν την ποσότητα του DDT που καταλήγει σε κάθε θηρευτή κάθε τροφικού επιπέδου. Η όλη διαδικασία επαναλαμβάνεται τρεις φορές (1η, 2η, 3η δοκιμή) και υπολογίζεται ο μέσος όρος της ποσότητας του ρύπου ανά άτομο, ώστε να διαπιστωθεί η αύξηση του ρύπου στους οργανισμούς των ανώτερων τροφικών επιπέδων. Οι μαθητές/τριες συμπληρώνουν το Φ.Ε. και συζητούν για τους περιορισμούς και τις παραδοχές του μοντέλου καθώς και για τις αντίστοιχες του σχολικού βιβλίου.

Σχήμα 2. Προσομοίωση της ροής ενέργειας σε ένα υποθετικό οικοσύστημα της 2ης δραστηριότητας.



3η Δραστηριότητα: Υπολογισμός της συγκέντρωσης του ρύπου ανά τροφικό επίπεδο

Σε κάθε ομάδα δίνεται το Φ.Ε και τα υλικά: 1 μεγάλο πλαστικό μπουκάλι νερού (βαθμονομημένο στα 200 ml) με την ένδειξη "φυτοπλαγκτόν" στο οποίο περιέχονται 1000 ml νερό και 30 κομμάτια επιπλέοντος πλαστικού, 1 μεγάλο πλαστικό μπουκάλι νερού με την ένδειξη "ζωοπλαγκτόν" (βαθμονομημένο στα 20 και 100 ml), 1 μικρό πλαστικό μπουκάλι νερού με την ένδειξη "ψάρια" (βαθμονομημένο στα 2 και 10 ml), 1 μικρό πλαστικό μπουκάλι νερού με την ένδειξη "ψαροπούλια" (βαθμονομημένο στο 1 ml), 1 χωνί, 1 μικρό κομμάτι τούλι, λαστιγάκι, 1 λεκανάκι απόρριψης υγρών. Τα κομμάτια του πλαστικού αντιστοιχούν στην ποσότητα του τοξικού ρυπαντή (λιποδιαλυτή ουσία) που περιέχεται στη συνολική βιομάζα των παραγωγών (που προσομοιώνεται με τα 1000 ml νερού), ενός υποτιθέμενου οικοσυστήματος με 4 τροφικά επίπεδα. Η ροή ενέργειας από το 1ο στο 2ο τροφικό επίπεδο γίνεται με μεταφορά συγκεκριμένης ποσότητας νερού (800 ml), η οποία παρασύρει και τα επιπλέοντα κομμάτια πλαστικού, από το 1ο στο 2ο "μπουκάλι". Για την προσομοίωση των απωλειών ενέργειας, συγκεκριμένη ποσότητα νερού από το 2ο "μπουκάλι" (700 ml) μεταφέρεται στο λεκανάκι απόρριψης, αφού πρώτα καλυφθεί το στόμιό του με το τούλι ώστε να μην παρασυρθούν τα επιπλέοντα κομμάτια πλαστικού. Ο όγκος του νερού που παραμένει στο 2ο μπουκάλι (100 ml) αντιπροσωπεύει, τελικά, τη βιομάζα των καταναλωτών 1^{ης} τάξης. Κατόπιν, υπολογίζονται οι συγκεντρώσεις του ρύπου στο 1ο και στο 2ο τροφικό επίπεδο. Με ανάλογο τρόπο προσομοιώνεται η ροή ενέργειας και μεταξύ των υπόλοιπων τροφικών επιπέδων (Σχήμα 3) και υπολογίζονται οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις του ρύπου για να διαπιστωθεί η κατά 10% αύξηση από το ένα επίπεδο στο αμέσως επόμενο. Οι μαθητές/τριες συμπληρώνουν το Φ.Ε. και συζητούν τους λόγους για τους οποίους δεν μεταφέρθηκε όλη η ποσότητα του νερού από το κάθε μπουκάλι στο επόμενο, τους λόγους για τους οποίους χάνεται το 90% της βιομάζας κάθε επιπέδου καθώς και τους περιορισμούς και τις παραδοχές του συγκεκριμένου μοντέλου που συμπίπτουν με αυτές του σχολικού βιβλίου.

Σχήμα 3. Προσομοίωση της ροής ενέργειας στο υποθετικό οικοσύστημα της 3^{ης} δραστηριότητας.



ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Αδαμαντιάδου ΣΜ., Γεωργάτου Μ., Γιαπιτζάκης Χ., Λάκκα Α., Νοταράς Δ., Φλωρεντίν Ν. & Χατζηγεωργίου Γ. (2013). Βιολογία Γ' Λυκείου. ΙΤΥΕ Διόφαντος.
- ΟΗΕ. (2015). Ατζέντα 2030 για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη: 17 Στόχοι για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη. Retrieved from: [https://unric.org/el/17 Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης](https://unric.org/el/17%20Στόχοι%20Βιώσιμης%20Ανάπτυξης)
- eScience Labs. (2010). Lab Manual Introductory Biology (Version 4.4): Lab 10: Ecological Interactions. Retrieved from: <https://www.yumpu.com/en/document/read/39634505/lab-manual-escience-labs>
- Shuskey, T. (2012). Biomagnification Lab. Retrieved from: Cornell Institute for Biology Teachers <https://blogs.cornell.edu/cibt/labs-activities/labs/biomagnification-lab-todd-shuskey/>
- Wells, E. (2009). Lab Manual for Environmental Science: Biomagnification Through a Food Chain. Retrieved from: <https://www.fairmontstate.edu/esspassport/sites/default/files/u4/Biomagnification%20Activity%20Earth%20Science%20Version.docx>