

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΑ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Μανδρίκας Αχιλλέας^{1*}, Παρκοσίδης Ιωάννης¹, Στούμπα Αρτεμησία¹ Αντωνοπούλου Μαρία¹, Τσιλίδης Μιχαήλ², Χαλκίδης Άνθιμος³, Σκορδούλης Κων/νος⁴

¹ Υποψήφιος διδάκτορας ΠΤΔΕ Αθηνών, ² Μεταπτυχιακός φοιτητής ΠΤΔΕ Αθηνών
³ Διδάκτορας Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης ΠΤΔΕ Ιωαννίνων, ⁴ Καθηγητής ΠΤΔΕ Αθηνών

Εργαστήριο Διδακτικής & Επιστημολογίας Φυσικών Επιστημών και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αθηνών
Ναυαρίνου 13^Α 10680 Αθήνα, τηλ. 2103688029, fax 2103688034,
e-mail: amandrik@otenet.gr

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: εκπαίδευση εκπαιδευτικών, εργαστήριο περιβαλλοντικών επιστημών, ατμοσφαιρική ρύπανση, φαινόμενο θερμοκηπίου, όξινη βροχή, φωτοχημικό νέφος

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: διδακτική πρόταση εργαστηριακές ασκήσεις

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση μιας διδακτικής πρότασης για τη διδασκαλία φαινομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης μέσω πειραματικών διαδικασιών, με τη βοήθεια του διαδικτύου και με τη χρήση ειδικού εκπαιδευτικού λογισμικού. Η πρόταση εφαρμόστηκε πιλοτικά στο Εργαστήριο Περιβαλλοντικών Επιστημών, το οποίο απευθύνεται στους υποψηφίους δασκάλους που φοιτούν στο ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Αθηνών.

Η πρόταση υιοθετεί τη στρατηγική της δομημένης ανακάλυψης και το πειραματικό της μέρος πραγματοποιείται με την τεχνολογία που προτείνεται από την πρακτική του Microcomputer Based Laboratory (MBL). Η πρωτοτυπία της έγκειται στο συνδυασμό πειραματικής μελέτης και χρήσης λογισμικού και αναμένεται να καλύψει τις ανάγκες διδασκαλίας του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η γνώση των υποψηφίων εκπαιδευτικών για τις αιτίες, τις συνέπειες και τις προτεινόμενες λύσεις του συγκεκριμένου προβλήματος αναμένεται να συμβάλει μακροπρόθεσμα στην ενδυνάμωση της παρεχόμενης περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, στη βελτίωση της ποιότητας ζωής και στη δημιουργία πόλεων με αειφόρο προοπτική.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ: Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί που ασχολούνται σήμερα με την περιβαλλοντική εκπαίδευση σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες δεν είχαν την ευκαιρία να γνωρίσουν το αντικείμενο κατά τη διάρκεια των ακαδημαϊκών σπουδών τους (Φύκαρης 1998), παρότι η απόκτηση στέρεων γνώσεων για το επιστημονικό μέρος των περιβαλλοντικών θεμάτων κατά την αρχική επαγγελματική κατάρτιση των εκπαιδευτικών είναι σημαντική και αναντικατάστατη. Έτσι, από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 άρχισε η εισαγωγή μαθημάτων περιβαλλοντικών επιστημών και περιβαλλοντικής εκπαίδευσης σε όλα τα Παιδαγωγικά Τμήματα των Πανεπιστημίων της χώρας και σε πολλά άλλα «παραγωγικά» τμήματα εκπαιδευτικών της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (Φύκαρης 1998, Σκορδούλης-Σωτηράκου 2005). Ωστόσο, έρευνες σχετικά με τις ιδέες των μαθητών, των δασκάλων και των μελλοντικών δασκάλων σε διάφορα περιβαλλοντικά θέματα διεθνώς αλλά και στην Ελλάδα (Papadimitriou 2004) καταδεικνύουν την ανάγκη να συνεχιστεί και να διευρυνθεί η μελέτη των περιβαλλοντικών θεμάτων στα προγράμματα σπουδών αρχικής επαγγελματικής κατάρτισης των υποψηφίων εκπαιδευτικών.

Τα περιβαλλοντικά φαινόμενα θεωρούνται πολύπλοκα και πολυσύνθετα και απαιτούν γνώσεις από διαφορετικούς κλάδους της επιστήμης. Η εκπαίδευση των εκπαιδευτικών οφείλει να περιλαμβάνει τις απαραίτητες επιστημονικές και τεχνολογικές γνώσεις, που επιτρέπουν την πλήρη κατανόηση των αιτιών, των συνεπειών και των προτεινόμενων λύσεων (UNESCO 1997).

Για τους λόγους αυτούς, τελικός σκοπός όλων των προτεινόμενων εργαστηριακών ασκήσεων είναι να αποκτήσουν οι μελλοντικοί δάσκαλοι επιστημονικές γνώσεις και εργαστηριακές δεξιότητες στη διεκπεραίωση περιβαλλοντικών πειραμάτων σε σχολικό περιβάλλον.

Πρωταρχικός γνωστικός στόχος είναι να γνωρίσουν τις κυριότερες μορφές ατμοσφαιρικής ρύπανσης, να διακρίνουν τις πηγές των κυριότερων ατμοσφαιρικών ρύπων και να κατανοήσουν τις συνέπειές τους. Έπειτα, αναμένεται να είναι κοινωνικά ενεργοί πολίτες, όχι μόνο περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένοι αλλά ταυτόχρονα επιστημονικά και τεχνολογικά εγγράμματοι. Τέλος, αυξάνεται η δυνατότητα μέσω της διδασκαλίας να δράσουν πολλαπλασιαστικά προετοιμάζοντας μαθητές με εγκυρότερη γνώση, με νέο αξιακό υπόβαθρο και με διάθεση δράσης και συμμετοχής για την προστασία και βελτίωση του περιβάλλοντος.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να δοθεί στους εκπαιδευτικούς ένα παράδειγμα ολοκληρωμένης προσέγγισης του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ως εφαρμοσμένη διδακτική πρόταση ανοικτή σε κριτική και προτάσεις.

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ: Η μέθοδος με βάση την οποία υλοποιούνται οι εργαστηριακές ασκήσεις και δραστηριότητες είναι η δομημένη ανακάλυψη (structured inquiry) σε περιβάλλον συνεργατικής μάθησης (Βλ. Ματσαγγούρας 1998, Minstrell-Van Zee 2000, Colburn 2000). Από τις μορφές της διερευνητικής μάθησης επιλέξαμε τη δομημένη, κατά την οποία το πρόβλημα, η διαδικασία και τα υλικά παρέχονται από τον εκπαιδευτικό, ο οποίος όμως δεν πληροφορεί τους εκπαιδευόμενους για τα αναμενόμενα αποτελέσματα.

Ωστόσο, έχουμε προχωρήσει και σε μια πρόσθετη μεθοδολογική επιλογή, υιοθετώντας την εργασία σε ομάδες. Η ομαδοσυνεργατική μάθηση εμπλέκει τους εκπαιδευόμενους σε συνεργατικές διαδικασίες μάθησης, αναπτύσσει πλήθος κοινωνικών δεξιοτήτων και συμβάλλει στην καλλιέργεια της κριτικής σκέψης, γεγονός πολύ σημαντικό στη μελέτη των κοινωνικών παραμέτρων των περιβαλλοντικών προβλημάτων (Βλ. Κόκκοτας 2003).

Επιπρόσθετα, οι δραστηριότητες πραγματοποιούνται με τη χρήση νέων τεχνολογιών, δηλαδή του ηλεκτρονικού υπολογιστή, αισθητήρων και οργάνων ψηφιακής συλλογής δεδομένων, όπως επιτάσσει το μοντέλο του Microcomputer Based Laboratory (MBL). Ερευνητικά δεδομένα αποδεικνύουν τα πλεονεκτήματά του, που σχετίζονται με τη χρήση γραφικών παραστάσεων (Ainley-Nardi-Pratt 2000), γενικότερα διδακτικά οφέλη (Laws 2002) και τεχνικής φύσης πλεονεκτήματα (Browne-Laws 2003).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ: Η ατμόσφαιρα είναι το στρώμα αερίων που περιβάλλει τον πλανήτη Γη, χρησιμεύει πολλαπλώς και επιτρέπει την ανάπτυξη ζωής. Η σύνθεση της ατμόσφαιρας έχει μεταβληθεί σημαντικά στη διάρκεια της ιστορίας της γης. Σήμερα αποτελείται κατά 78% από άζωτο (N_2), κατά 21% από οξυγόνο (O_2) και το υπόλοιπο 1% αποτελείται από ευγενή αέρια, μεθάνιο (CH_4), υδρογόνο (H_2) και πολλές άλλες ενώσεις σε ελάχιστες ποσότητες. (Βλ. Βαρώτσος-Καρράς 1997, Miller 1999)

Ατμοσφαιρική ρύπανση λέγεται η παρουσία οποιασδήποτε ξένης ουσίας ως προς τα φυσιολογικά συστατικά της ατμόσφαιρας καθώς και η αυξημένη ή μειωμένη ποσότητα των φυσιολογικών συστατικών της, που επηρεάζει δυσμενώς την ανθρώπινη υγεία, τους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς, τα μνημεία πολιτισμού και γενικότερα την ύλη και τις συνθήκες διαβίωσης (Miller 1999, ΥΠΕΧΩΔΕ 2006). Η ατμοσφαιρική ρύπανση σε μια μεγάλη πόλη εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, ανάμεσα στους οποίους και οι μετεωρολογικές συνθήκες. (Βλ. Θεοχαράτος 1998, Μουσιόπουλος 1999, Μελανίτης 2005, ΥΠΕΧΩΔΕ 2006)

Οι ρυπαντές της ατμόσφαιρας ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες, τους πρωτογενείς και τους δευτερογενείς. Η συσσώρευση των ουσιών αυτών στην ατμόσφαιρα έχει δημιουργήσει περιβαλλοντικά προβλήματα, τα κυριότερα των οποίων είναι: α) η ελάττωση της πυκνότητας του στρατοσφαιρικού όζοντος β) Η διαταραχή του φαινομένου του θερμοκηπίου και οι γενικότερες κλιματικές αλλαγές σε παγκόσμια κλίμακα γ) το νέφος αιθαλομίχλης ή καπνομίχλης (smog) δ) το φωτοχημικό νέφος ε) η «όξινη βροχή» (Βλ. Cunningham - Saigo 1998, Mason-Hughes 2001)

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ: Για την αποδοτικότερη διδασκαλία του θέματος έχει αναπτυχθεί από την ερευνητική ομάδα σειρά πειραματικών προσεγγίσεων και πρωτότυπο εκπαιδευτικό λογισμικό, ενώ έχουν αξιοποιηθεί εφαρμογές που παρέχονται στο διαδίκτυο. Η διδακτική πρόταση λαμβάνει υπόψη τις καταγεγραμμένες αντιλήψεις των μαθητών/φοιτητών/δασκάλων για τα μελετώμενα θέματα (π.χ. Dove 1996, Koulaidis-Christidou 1999, Khalid 2003, Myers-Boyes-Stanisstreet 2004), υλοποιείται μέσω εξειδικευμένων φύλλων εργασίας και αξιολογείται μέσω φύλλων αξιολόγησης.

A. Το πειραματικό μέρος της άσκησης περιλαμβάνει τις εξής δραστηριότητες:

- πείραμα ανίχνευσης του όζοντος (O_3) ως ρύπου στην ατμόσφαιρα
- δραστηριότητα διάκρισης του τροποσφαιρικού από το στρατοσφαιρικό όζον
- πείραμα ανίχνευσης του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2)
- πείραμα για το ρόλο του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στη διαταραχή του «φαινομένου του θερμοκηπίου»
- καταγραφή μετεωρολογικών παραμέτρων (θερμοκρασία, υγρασία, κατεύθυνση & ταχύτητα ανέμου, ατμοσφαιρική πίεση).

B. Η άσκηση με τη χρήση του διαδικτύου περιλαμβάνει:

- αναζήτηση μετεωρολογικού δελτίου και μετεωρολογικών προβλέψεων
- αναζήτηση ημερήσιου δελτίου τιμών ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- αναζήτηση και μελέτη διαγραμμάτων ατμοσφαιρικών ρύπων
- μελέτη «τριαντάφυλλων» ρύπανσης.

Γ. Το περιεχόμενο της εργαστηριακής άσκησης με τη χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού για τη μελέτη του φαινομένου της όξινης βροχής περιλαμβάνει:

- μακροσκοπική παρατήρηση ενός τοπίου – μοντέλου
- καταγραφή χημικών μεταβλητών σε συνάρτηση με το χρόνο και τις καιρικές συνθήκες
- μαθηματικούς υπολογισμούς συγκέντρωσης ατμοσφαιρικών ρύπων
- κατανόηση της κλίμακας οξύτητας (pH)
- συμπλήρωση χημικών αντιδράσεων για την κατανόηση διαδικασιών
- παρατήρηση, καταγραφή και συζήτηση για τις επιπτώσεις της όξινης βροχής.

Δ. Το περιεχόμενο της εργαστηριακής άσκησης με τη χρήση ηλεκτρονικών προσομοιώσεων στη διδασκαλία του σχηματισμού του φωτοχημικού νέφους περιλαμβάνει:

- δυναμικό μετασχηματισμό δεδομένων σε προσομοιώσεις
- παρακολούθηση ηλεκτρονικών αναπαραστάσεων και εξαγωγή συμπερασμάτων για την επίδραση διαφόρων παραμέτρων στη δημιουργία φωτοχημικού νέφους.

E. Στο περιεχόμενο της εργαστηριακής άσκησης με τη χρήση λογισμικού πολλαπλών αναπαραστάσεων για το φαινόμενο του θερμοκηπίου περιλαμβάνονται:

- παρατήρηση προσομοιώσεων και μελέτη εικονογραφημένων εννοιολογικών χαρτών σχετικά με τον τρόπο σχηματισμού του φαινομένου του θερμοκηπίου και των παραγόντων που το ενισχύουν
- μελέτη πινάκων και δημιουργία διαγραμμάτων σχετικών με την αύξηση εκπομπής των θερμοκηπικών αερίων από τις ανθρώπινες δραστηριότητες που ευθύνονται για την όξυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου
- υπολογισμός εκπομπής θερμοκηπικών αερίων σε ατομικό επίπεδο.

ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Η πιλοτική εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης έγινε κατά το χειμερινό εξάμηνο σπουδών του ακαδημαϊκού έτους 2006-2007 στο ΠΤΔΕ Αθηνών. Διατέθηκε χρόνος μιάμισης ώρας για καθεμιά από τις πέντε ενότητες, τις οποίες οι φοιτητές υλοποίησαν σε ομάδες τεσσάρων ατόμων στο πειραματικό μέρος και δυο ατόμων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η αποτελεσματικότητα αξιολογήθηκε από τις παρατηρήσεις των εκπαιδευτών, από τις παρατηρήσεις του υπεύθυνου καθηγητή, από τη μελέτη των φύλλων αξιολόγησης των φοιτητών και από τη σύγκρισή τους με τα φύλλα ανάδειξης προϋπαρχουσών γνώσεων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ: Τα πρώτα συμπεράσματα της αξιολόγησης είναι ενθαρρυντικά: οι προϋπάρχουσες γνώσεις που ήταν σύμφωνες με το επιστημονικό πρότυπο ενισχύθηκαν, οι παρανοήσεις γενικά μειώθηκαν, η επιστημονική ορολογία μετά την παρέμβαση έγινε ακριβέστερη, οι εφαρμογές κράτησαν αμείωτο το ενδιαφέρον των φοιτητών. Επιπλέον, η μορφή των μικρών ομάδων εργασίας ήταν αρκετά αποδοτική. Ωστόσο, παρανοήσεις, επικαλύψεις θεμάτων και δυσκολίες που σχετίζονται με χωροταξικά ή χρονικά ζητήματα επιβάλλουν συνεχή εγρήγορση για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της διδακτικής πρότασης στο σύνολό της.

Η κύρια ερευνητική μελέτη αξιολόγησης της διδακτικής πρότασης, που θα πραγματοποιηθεί μετά τις αναγκαίες διορθωτικές παρεμβάσεις, αναμένεται να επιβεβαιώσει τα ευρήματα της πιλοτικής έρευνας ως προς α) την αρτιότητα εκπαιδευτικού σχεδιασμού, οργάνωσης και υλοποίησης και β) τη μαθησιακή ωφελιμότητά της.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ainley J., Nardi E., Pratt D. (2000), The construction of meanings for trend in active graphing, *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, V. 5, n. 2, pp. 85-114.
- Βαρώτσος Κ., Καρράς Γ. (1997), *Σημειώσεις Εισαγωγής στη Φυσική της Ατμόσφαιρας*, Πανεπιστήμιο Αθηνών-Τομέας Φυσικών Εφαρμογών, Αθήνα.
- Browne K. P., Laws P. (2003), *Exploring the greenhouse effect through physics-oriented activities*, *Physics Education*, 38, 2, 115-122.
- Colburn A. (2000), An Inquiry Primer, *Science Scope*, vol. 23, n. 6, pp. 42-44.
- Cunningham W. P., Saigo B. W. (1998), *Environmental Science: A Global Concern*, W.C. Brown Publ., Dubuque, IA.
- Dove J. (1996), Student Teacher Understanding of the Greenhouse Effect, Ozone Layer Depletion and Acid Rain, *Environmental-Education-Research*; vol. 2 no 1 p. 89-100.
- Θεοχαράτος Γ. Α. (1998), *Μαθήματα Φυσικής Κλιματολογίας*, Αθήνα.
- Khalid T. (2003), Pre-service High School Teachers' Perceptions of Three Environmental Phenomena, *Environmental Education Research*, v9 n1 p. 35-50.
- Κόκκοτας Π. (2003), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Μέρος II*, Αθήνα.
- Koulaïdis V., Christidou V. (1999), Models of students' thinking concerning the greenhouse effect and teaching implications, *Science Education*, 83, 559-576
- Laws P. (2002), Reforming science and mathematics teaching, *Change*, 34-5, 28-35
- Mason N., Hughes P. (2001), *Introduction to Environmental Physics – Planet Earth, Life and Climate*, Taylor & Francis, London and New York
- Ματσαγγούρας Η. (1998), *Στρατηγικές Διδασκαλίας – Η Κριτική Σκέψη στη Διδακτική Πράξη*, Gutenberg, Αθήνα.
- Miller G.T. Jr. (1999), *Βιώνοντας στο Περιβάλλον I – Αρχές Περιβαλλοντικών Επιστημών*, ΙΩΝ, Αθήνα.
- Μελανίτης Γ. Ι. (2005), *Ο καιρός και τα μυστικά του*, Εστία, Αθήνα.
- Minstrell J., Van Zee E. H. (eds). (2000), *Inquiring into Inquiry Learning and teaching in Science*, American Association for the Advancement of Science, Washington, DC.
- Μουσιόπουλος Ν. (επιμ.) (1999), *Μαθηματικά μοντέλα ατμοσφαιρικής ρύπανσης*, Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Myers G., Boyes E., Stanisstreet M. (2004), School students' ideas about air pollution Knowledge and attitudes, *Research in Science and Technological Education*, Vol. 22, No 2, p. 133-152.
- Papadimitriou V. (2004), Prospective Primary Teachers' Understanding of Climate Change, Greenhouse Effect, and Ozone Layer Depletion, *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 13 (2), pp. 299-307.
- UNESCO (1997), Διακήρυξη Θεσσαλονίκης, Πανεπιστήμιο Αθηνών – MIO-ECSDE, Θεσσαλονίκη.
- Σκορδούλης Κ., Σωτηράκου Μ. (2005), *Περιβάλλον: Επιστήμη και Εκπαίδευση*, Leader Books, Αθήνα.
- Φύκαρης Ι. (1998), *Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στην εκπαίδευση εκπαιδευτικών στην Ελλάδα*,

Θεωρητική και εμπειρική προσέγγιση, Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.
ΥΠΕΧΩΔΕ - Γεν. Δ/νση Περιβάλλοντος, Δ/νση ΕΑΡΘ, Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας (2006), *Η*
ατμοσφαιρική ρύπανση στην Αθήνα - Έκθεση 2005, Αθήνα.