ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2011)

2ο Πανελλήνιο Συνέδριο: «Ένταξη και χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία»

Διδάσκοντας την ατμοσφαιρική ρύπανση με τη χρήση ΤΠΕ

Α. Μανδρίκας, Ά. Χαλκίδης

Βιβλιογραφική αναφορά:

Μανδρίκας Α., & Χαλκίδης Ά. (2023). Διδάσκοντας την ατμοσφαιρική ρύπανση με τη χρήση ΤΠΕ . *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 0485–0496. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/4803

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 21/02/2026 14:05:18

Διδάσκοντας την ατμοσφαιρική ρύπανση με τη χρήση ΤΠΕ

Α. Μανδρίκας[1], Ά. Χαλκίδης[2]

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, ΕΚΠΑ
[1]amandrik@otenet.gr, [2]achalkid@primedu.uoa.gr

Περίληψη

Στόχος της εργασίας είναι η παρουσίαση μιας διδακτικής ακολουθίας για τη διδασκαλία φαινομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης με τη χρήση ΤΠΕ. Η διδασκαλία έγινε κυρίως με τη χρήση σειράς μικρών εφαρμογών εκπαιδευτικού λογισμικού που είτε δημιουργήθηκαν είτε παρέχονται ελεύθερα από το διαδίκτυο. Η διδακτική ακολουθία εφαρμόστηκε στο Εργαστήριο Περιβαλλοντικών Επιστημών στο πλαίσιο του μαθήματος «Φυσικές Επιστήμες και Περιβάλλον – Εργαστηριακή προσέγγιση», το οποίο απευθύνεται στους υποψήφιους εκπαιδευτικούς που φοιτούν στο ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Αθηνών. Ως βασικό αποτέλεσμα της εφαρμογής προέκυψε η βελτίωση του γνωστικού υποβάθρου των φοιτητών και ειδικότερα η βελτίωση της ικανότητας να διακρίνουν τη συμβολή μετεωρολογικών και τοπογραφικών παραμέτρων στη δημιουργία τοπικών φαινομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Λέξεις κλειδιά: *ατμοσφαιρική ρύπανση, υποψήφιοι εκπαιδευτικοί*

1. Εισαγωγή

Οι Περιβαλλοντικές Επιστήμες διδάσκονται ως αυτόνομο αντικείμενο σε πολλά πανεπιστήμια διεθνώς (βλ. για παράδειγμα Brown, 2000) και αποτελούν μια νέα πρόκληση για την εκπαίδευση παγκοσμίως. Τελευταία, γίνονται προτάσεις για την εισαγωγή τους στα προγράμματα σπουδών της Α/θμιας και Β/θμιας εκπαίδευσης σε πολλές χώρες (Edelson, 2007) και μάλιστα με σκοπό την προώθηση της εκπαίδευσης για την αειφορία (UNESCO, 2005). Σε αυτό το πλαίσιο, ιδιαίτερη αξία έχει η επιμόρφωση υποψηφίων και εν ενεργεία εκπαιδευτικών στις Περιβαλλοντικές Επιστήμες (Comeaux & Huber, 2001; Bell et al., 2003).

2. Θεωρητικό υπόβαθρο

Έρευνες σχετικά με τις αντιλήψεις μαθητών και υποψήφιων εκπαιδευτικών σε ποικίλα περιβαλλοντικά θέματα (Boyes et al., 1999; Papadimitriou, 2004) έχουν διαπιστώσει έλλειψη βαθιάς επιστημονικής γνώσης, σύγχυση εννοιών και φαινομένων και σημαντικές παρανοήσεις. Στην ίδια κατεύθυνση, έρευνες σχετικές με τις αντιλήψεις μαθητών και υποψήφιων εκπαιδευτικών για την ατμοσφαιρική ρύπανση, τις μορφές της, τις αιτίες και τις συνέπειές της (Khalid, 2001; Boyes et al., 2007), καταδεικνύουν την ανάγκη να συνεχιστεί και να διευρυνθεί η διδασκαλία περιβαλλοντικών θεμάτων στα προγράμματα σπουδών αρχικής επαγγελματικής κατάρτισης των υποψηφίων εκπαιδευτικών.

Το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχει παγκόσμια, περιφερειακή, εθνική και τοπική διάσταση. Ως συνέπειές του αναφέρονται βλάβες στην ανθρώπινη υγεία, στους βιογεωχημικούς κύκλους, στα βιοτικά και αβιοτικά στοιχεία των φυσικών οικοσυστημάτων και στα μνημεία πολιτισμού (Cunningham & Cunningham, 2008). Οι μορφές της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε τοπική κλίμακα είναι το νέφος αιθαλομίχλης και το φωτοχημικό νέφος, στο σχηματισμό των οποίων παίζουν σημαντικό ρόλο οι μετεωρολογικές συνθήκες και η τοπογραφία (Moussiopoulos et al., 2006).

Η διδακτική προσέγγιση σύνθετων και πολύπλοκων περιβαλλοντικών φαινομένων, είναι δύσκολη χωρίς τη βοήθεια εργαλείων, ικανών να ενισχύουν την αντίληψη και να επαυξάνουν τη δυνατότητα του εκπαιδευομένου να συγκεντρώνει, να συνδυάζει και να ερμηνεύει δεδομένα. Επίσης, είναι δύσκολη λόγω της κλίμακας (χωρικής και χρονικής) των διεργασιών, η οποία απέχει αρκετά από τις δυνατότητες αντίληψης μέσω των ανθρώπινων αισθήσεων. Τις δυσκολίες αυτές καλείται να καλύψει η χρήση των ΤΠΕ, ώστε οι ατμοσφαιρικές διεργασίες να γίνονται πιο προσιτές και επομένως καλύτερα κατανοητές από τους εκπαιδευόμενους (Linn, 1998; Cox, 2000).

3. Διδακτικοί στόχοι – Ερευνητικά ερωτήματα

Λαμβάνοντας υπόψη τα πορίσματα και τις προτάσεις των ερευνητών αναπτύχθηκε μια διδακτική ακολουθία για την εκπαίδευση υποψηφίων εκπαιδευτικών / φοιτητών του ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Αθηνών σχετική με την ατμοσφαιρική ρύπανση και ειδικά με τις τοπικές της μορφές και διεργασίες. Τα κριτήρια επιλογής του συγκεκριμένου θέματος ως διδακτικού αντικειμένου ήταν:

- βρίσκεται στην επικαιρότητα ως παγκόσμιο περιβαλλοντικό πρόβλημα
- παρουσιάζει σημαντικό τοπικό ενδιαφέρον για την Αθήνα
- οι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί θα κληθούν να το διδάξουν ως μέρος των μαθημάτων Φυσικών Επιστημών, Μελέτης Περιβάλλοντος και Γεωγραφίας

Οι διδακτικοί στόχοι για τους υποψήφιους εκπαιδευτικούς ήταν:

- η κατανόηση της δημιουργίας του φαινομένου του ανέμου
- η κατανόηση του φαινομένου της θερμοκρασιακής αναστροφής
- η κατανόηση της συμβολής των μετεωρολογικών παραμέτρων και της τοπογραφίας στην αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- η καλλιέργεια της δεξιότητας εντοπισμού πραγματικών δεδομένων για την ατμοσφαιρική ρύπανση στο λεκανοπέδιο της Αθήνας.

Τα συνακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα ήταν:

- Σε ποιο βαθμό κατανοήθηκε ο μηχανισμός δημιουργίας του ανέμου;
- Σε ποιο βαθμό κατανοήθηκε ο μηχανισμός δημιουργίας του φαινομένου της

θερμοκρασιακής αναστροφής;

- Σε ποιο βαθμό κατανοήθηκε η συμβολή των μετεωρολογικών παραμέτρων και της τοπογραφίας στην αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης;
- Σε ποιο βαθμό καλλιεργήθηκε η δεξιότητα εντοπισμού πραγματικών δεδομένων για την ατμοσφαιρική ρύπανση στο λεκανοπέδιο της Αθήνας;

4. Περιεχόμενο διδακτικής ακολουθίας

Για τη διδασκαλία του θέματος χρησιμοποιήθηκε σειρά δραστηριοτήτων με χρήση πειραματικών προσεγγίσεων και μικρών εφαρμογών λογισμικού που αναπτύχθηκαν για τις συγκεκριμένες ανάγκες ή παρέχονται ελεύθερα μέσω διαδικτύου (βλ. για περισσότερα Μανδρίκας κ.ά., 2009). Οι δραστηριότητες συνοδεύονται από τη συμπλήρωση κατάλληλων φύλλων εργασίας.

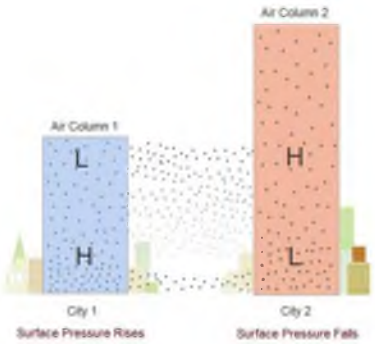
Η 1η δραστηριότητα βασίζεται σε μια πρωτότυπη αλληλεπιδραστική εφαρμογή λογισμικού (εικ. 1), με την οποία ζητείται η ταξινόμηση ορισμένων μετεωρολογικών παραμέτρων ανάλογα με το βαθμό συμβολής τους στη συγκέντρωση ατμοσφαιρικών ρύπων. Η συγκεκριμένη εφαρμογή δημιουργήθηκε με βάση τα εξής κριτήρια: α) μπορεί να λειτουργήσει ως αφετηρία προβληματισμού β) χρησιμεύει στη διατύπωση υποθέσεων γ) έχει τη δυνατότητα ανατροφοδότησης μέσω του ελέγχου των απαντήσεων δ) οδηγεί στη διαπίστωση της ανάγκης πειραματισμού.

Εικόνα 1: *Στιγμιότυπο από την εφαρμογή για τη συσχέτιση μετεωρολογικών παραμέτρων με την ατμοσφαιρική ρύπανση*

Η 2η δραστηριότητα είναι πειραματική και προσπαθεί να προσομοιώσει τον τρόπο δημιουργίας του ανέμου, καθώς ο άνεμος είναι καθοριστική παράμετρος για τη συγκέντρωση ατμοσφαιρικών ρύπων. Κατά τη διάρκεια του πειραματισμού επισημαίνονται βασικές έννοιες των φυσικών επιστημών που εμπλέκονται στο φαινόμενο, όπως η ατμοσφαιρική πίεση, η πυκνότητα και η θερμότητα.

Η 3η δραστηριότητα βασίζεται σε εφαρμογή που παρέχεται από την ιστοσελίδα

http://www.phys.ufl.edu/~matchev/MET1010/notes/ActiveFigures/A_54_files/A_54.swf Πρόκειται για ένα ψηφιακή εφαρμογή σε μορφή flash που αναπαριστά τη δημιουργία του ανέμου (εικ. 2). Η εφαρμογή αναπαριστά δυο γειτονικές πόλεις και τον αέρα πάνω από αυτές με τη μορφή στήλης, ενώ αναγράφεται ότι επικρατεί ίδια πίεση στην επιφάνεια του εδάφους και στις δυο πόλεις. Με την ενεργοποίηση της εφαρμογής γίνονται αλλαγές στην πυκνότητα του αέρα πάνω από τις δυο πόλεις, εμφανίζεται κίνηση αερίων μαζών από τη μια πόλη προς την άλλη και αναγράφονται νέες λεκτικές ενδείξεις για την πίεση σε κάθε πόλη.



Εικόνα 2: *Στιγμιότυπο από την εφαρμογή για το μηχανισμό δημιουργίας του ανέμου*

Η συγκεκριμένη εφαρμογή επιλέχθηκε με βάση τα εξής κριτήρια: α) παρουσιάζει μεγάλες ομοιότητες με τις παρατηρούμενες κινήσεις στο πείραμα που προηγήθηκε β) εισάγει το συμβολικό επίπεδο αναπαράστασης του φαινομένου γ) διακρίνει εμφανώς τις κατακόρυφες από τις οριζόντιες κινήσεις του αέρα δ) αποτελεί εικονογραφημένη μορφή μοντέλου που υπάρχει στη βιβλιογραφία ε) έχει τη λειτουργική δυνατότητα πολλών επαναλήψεων στ) είναι σχετικά απλή στη μορφή και λειτουργία, ώστε οι εκπαιδευόμενοι να επικεντρώνουν το ενδιαφέρον τους στις έννοιες που ερμηνεύουν το φαινόμενο.

Η 4η δραστηριότητα βασίζεται σε πρωτότυπη αλληλεπιδραστική δραστηριότητα και αφορά τη μελέτη του υδρολογικού κύκλου. Οι εκπαιδευόμενοι καλούνται να σύρουν τρεις λέξεις που δείχνουν φυσικές διαδικασίες (εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση) στη σωστή τους θέση στο σχήμα του υδρολογικού κύκλου, με σκοπό να κατανοήσουν το σχηματισμό νεφών ως αποτέλεσμα των απρόσκοπτων ανοδικών κινήσεων του αέρα (εικ. 3).

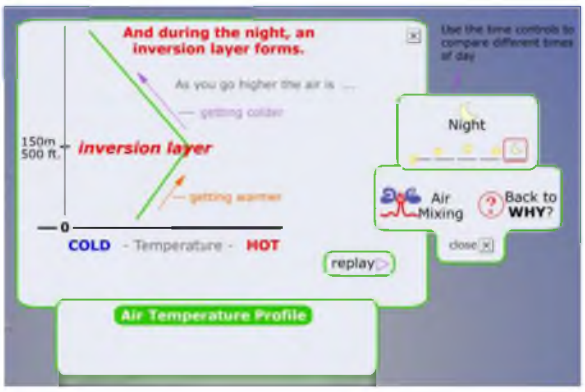
Εικόνα 3: *Η εφαρμογή για τον υδρολογικό κύκλο*

Η συγκεκριμένη εφαρμογή δημιουργήθηκε με βάση τα εξής κριτήρια: α) μπορεί να λειτουργήσει ως αφετηρία προβληματισμού στο θέμα των κατακόρυφων κινήσεων του αέρα β) χρησιμεύει στη διατύπωση υποθέσεων για την περίπτωση που εμποδίζονται οι ανοδικές κινήσεις του αέρα γ) έχει τη δυνατότητα ανατροφοδότησης μέσω του ελέγχου των απαντήσεων δ) οδηγεί στη διαπίστωση της ανάγκης πειραματισμού.

Η 5η δραστηριότητα είναι πειραματική και προσπαθεί να προσομοιώσει τις κατακόρυφες κινήσεις του αέρα. Το πείραμα γίνεται σε δυο μέρη: στο πρώτο μέρος λόγω θερμού εδάφους οι ρύποι από τις καύσεις κινούνται ανεμπόδιστα ανοδικά και διασκορπίζονται, ενώ στο δεύτερο μέρος λόγω ψυχρού εδάφους συγκεντρώνονται πολύ κοντά στο έδαφος. Στη δεύτερη περίπτωση δημιουργείται το μετεωρολογικό φαινόμενο της θερμοκρασιακής αναστροφής, που ευθύνεται για την υπερβολική συγκέντρωση ατμοσφαιρικών ρύπων πολύ κοντά στο έδαφος ειδικά τις ανέφελες χειμωνιάτικες νύχτες. Κατά τη διάρκεια του πειραματισμού ζητούνται προβλέψεις, παρατηρήσεις και ερμηνείες με βάση έννοιες των φυσικών επιστημών.

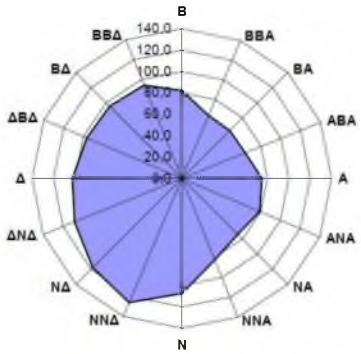
Η 6η δραστηριότητα βασίζεται στην εφαρμογή "CO-City" για τη δημιουργία του φαινομένου της θερμοκρασιακής αναστροφής, που παρέχεται ελεύθερα στο διαδίκτυο στη διεύθυνση http://www.airinfonow.org/html/cocity/coplay.htm. Οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να μετρήσουν τις εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα σε μια πόλη όλες τις ώρες του 24ωρου και να ερμηνεύσουν τη διακύμανση των ρύπων παρακολουθώντας αναπαραστάσεις με την μείξη των αερίων ανάλογα με τη θερμοκρασία του εδάφους. Επίσης, μπορούν να παρακολουθήσουν με τη μορφή μεταβαλλόμενων διαγραμμάτων το φαινόμενο της αναστροφής σε 24ωρη βάση και να εξάγουν συμπεράσματα (εικ. 4).

Η συγκεκριμένη εφαρμογή επιλέχθηκε με βάση τα εξής κριτήρια: α) επεξηγεί σχηματικά το φαινόμενο που παρατηρήθηκε στο προηγούμενο πείραμα β) καλύπτει χρονικά ένα ολόκληρο υποτιθέμενο 24ωρο γ) συνδυάζει εμφανώς τις εκπομπές ρύπων με τη λειτουργία και το μέγεθος της πόλης δ) έχει τη λειτουργική δυνατότητα πολλών επαναλήψεων ε) η χρήση της αγγλικής γλώσσας παραμένει σε απλό επίπεδο που δε δυσκολεύει τους εκπαιδευόμενους.



Εικόνα 4: *Στιγμιότυπο από την εφαρμογή CO City για το φαινόμενο της θερμοκρασιακής αναστροφής*

Η 7η δραστηριότητα βασίζεται στη χρήση του διαδικτύου. Οι εκπαιδευόμενοι καθοδηγούνται να εντοπίσουν στο διαδίκτυο το ημερήσιο δελτίο τιμών ατμοσφαιρικής ρύπανσης που παρέχεται καθημερινά από την ιστοσελίδα του ΥΠΕΚΑ στη διεύθυνση http://www.minenv.gr/1/12/122/12204/g1220400.html. Από το αρχείο μετρήσεων που διατηρείται την ίδια ιστοσελίδα, οι εκπαιδευόμενοι καθοδηγούνται να εντοπίσουν ειδικά γωνιακά διαγράμματα, που αφορούν τη συγκέντρωση ατμοσφαιρικών ρύπων στο λεκανοπέδιο της Αθήνας με βάση τη διεύθυνση των ανέμων (εικ. 5). Με δραστηριότητες συμπλήρωσης πινάκων και παρατήρησης τοπικών χαρτών, οι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί βοηθούνται να διακρίνουν τον ακριβή τρόπο συμβολής της διεύθυνσης του ανέμου και της τοπογραφίας στην αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.



Εικόνα 5: *Παράδειγμα γωνιακού διαγράμματος που συσχετίζει τη διεύθυνση του ανέμου με τις συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων*

Η συγκεκριμένη δραστηριότητα επιλέχθηκε με βάση τα εξής κριτήρια: α) αναφέρεται στην τοπική διάσταση του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης β) συμβάλλει στη διερεύνηση του συσχετισμού της διεύθυνσης του ανέμου και της τοπογραφίας με την αύξηση της συγκέντρωσης ατμοσφαιρικών ρύπων γ) συμβάλλει στην καλλιέργεια της ικανότητας ανάγνωσης διαφόρων μορφών διαγραμμάτων, ικανότητα

σημαντική για υποψήφιους εκπαιδευτικούς δ) συμβάλλει στην καλλιέργεια της ικανότητας προσανατολισμού ε) παρουσιάζει το συνοπτικό αποτέλεσμα μακροχρόνιων επιστημονικών μετρήσεων στ) αποτελεί παράδειγμα χρήσιμης επιστημονικής πληροφορίας που παρέχεται μέσω διαδικτύου.

Η 8η δραστηριότητα βασίζεται στην εφαρμογή λογισμικού «smog-city» που παρέχεται από την ιστοσελίδα http://www.smogcity.com/ του Sacramento Metropolitan Air Quality Management District. Στην εφαρμογή εμφανίζεται μια πόλη σε πλήρη λειτουργία και οι αντίστοιχες εκπομπές όζοντος, που είναι το βασικό συστατικό του φωτοχημικού νέφους (εικ. 6). Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τα επίπεδα πληθυσμού, τα επίπεδα εκπομπών καυσαερίων από διάφορες πηγές. Μπορεί, επίσης, να επιλέξει τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες: θερμοκρασία, ταχύτητα ανέμου, ποσοστό ηλιοφάνειας και ύψος αναστροφής. Με συνεχείς δοκιμές, ελεύθερες ή καθοδηγούμενες, οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να εξάγουν συμπεράσματα για το πόσο καθοριστική είναι κάθε παράμετρος στη συγκέντρωση ατμοσφαιρικών ρύπων, η οποία αποτιμάται με το δείκτη AQI (Air Quality Index) και μεταφράζεται σε συγκεκριμένες συνέπειες για την υγεία των πολιτών.

Η συγκεκριμένη εφαρμογή επιλέχθηκε με βάση τα εξής κριτήρια: α) αναφέρεται σε αστικό περιβάλλον και δίνει ευκαιρίες για αναφορά στο ρόλο των πολιτών β) συνδυάζει μετεωρολογικές παραμέτρους και εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων από διάφορες πηγές γ) δίνει την ευκαιρία για ιδιαίτερη αναφορά στο φωτοχημικό νέφος και για διάκρισή του από το νέφος αιθαλομίχλης, δυο διαφορετικές μορφές τοπικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης δ) κάνει αναφορά στην κατηγοριοποίηση των επιπέδων ρύπανσης και στις αντίστοιχες συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία ε) παρέχει τη δυνατότητα ελέγχου υποθέσεων μέσω του συνυπολογισμού παραμέτρων στ) το μοντέλο που υποστηρίζει την εφαρμογή, έχει προκύψει από επεξεργασία δεδομένων από μακροχρόνιες παρατηρήσεις.

Εικόνα 6: *Η γενική μορφή του λογισμικού smogcity για το φωτοχημικό νέφος*

5. Εφαρμογή – Ερευνητική μεθοδολογία

Η παραπάνω περιγραφείσα διδακτική ακολουθία εφαρμόστηκε κατά το χειμερινό εξάμηνο του ακαδημαϊκού έτους 2009-2010 σε ογδόντα (80) φοιτητές του ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Αθηνών, οι οποίοι παρακολουθούν το Εργαστήριο Περιβαλλοντικών

Επιστημών στο πλαίσιο του μαθήματος «Φυσικές Επιστήμες και Περιβάλλον – Εργαστηριακή προσέγγιση». Ο χρόνος εφαρμογής ήταν τρεις (3) ώρες σε πραγματικές συνθήκες εργαστηριακού μαθήματος. Η αποτελεσματικότητα της ακολουθίας αξιολογήθηκε με ερευνητικά εργαλεία τα ερωτηματολόγια που συμπλήρωσαν οι φοιτητές πριν και μετά τη διδασκαλία αλλά και με στοιχεία προερχόμενα από τα φύλλα εργασίας τους.

6. Αποτελέσματα και συζήτηση

Ως προς το πρώτο ερευνητικό ερώτημα, η διδακτική ακολουθία βελτίωσε τις γνώσεις των εκπαιδευομένων. Ο μηχανισμός δημιουργίας του ανέμου, ενώ αρχικά ήταν κατανοητός μόνο από το 2% των φοιτητών, στο τέλος εξηγείται με απόλυτη επιστημονική επάρκεια από το 37% του δείγματος σε ανοικτή ερώτηση. Επίσης, ενώ αρχικά το 65% των φοιτητών είχε δηλώσει πλήρη άγνοια για το θέμα, στο τέλος το ποσοστό αυτό περιορίζεται στο 13%. Γενικά, το 75% των φοιτητών βελτίωσαν τις απαντήσεις τους μετά τη διδασκαλία και η διαφορά των σωστών απαντήσεων πριν και μετά τη διδασκαλία ήταν στατιστικά σημαντική ($Z=-5,718$, $p= ,000$).

Το σημαντικότερο ήταν ότι η χρήση της εφαρμογής λογισμικού της τρίτης δραστηριότητας, μάς έδωσε την ευκαιρία να εντοπίσουμε επακριβώς τα σημεία που εμπόδιζαν τους φοιτητές να κατανοήσουν τη δημιουργία του ανέμου α) η αντίληψη ότι η θερμοκρασία του αέρα παίζει ρόλο στην κίνησή του β) η παρανόηση ότι ο αέρας κινείται από τη χαμηλή ατμοσφαιρική πίεση προς την υψηλή ατμοσφαιρική πίεση γ) η αμφιβολία για το αν η κατακόρυφη κίνηση του αέρα προκαλεί διαφορά πίεσης ή το αντίθετο δ) η έλλειψη διάκρισης ανάμεσα στις κατακόρυφες και στις οριζόντιες κινήσεις του αέρα ε) η δυσκολία ταύτισης του ανέμου με την οριζόντια επιφανειακή κίνηση του αέρα. Η οπτικοποίηση των κινήσεων του αέρα βοήθησε σημαντικά στην κατανόηση του φαινομένου, παρά τη γενικότερη δυσκολία διαχείρισης εννοιών από τις φυσικές επιστήμες, που διαπιστώθηκε στους φοιτητές.

Ως προς το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, η διδακτική ακολουθία βελτίωσε σημαντικά τις γνώσεις των εκπαιδευομένων. Ενώ στο αρχικό ερωτηματολόγιο μόνο το 3% έδωσε ορθή απάντηση για τον τρόπο σχηματισμού του φαινομένου της θερμοκρασιακής αναστροφής και το 73% των φοιτητών απάντησε «δεν γνωρίζω», στο τελικό ερωτηματολόγιο το 52% του δείγματος φαίνεται να προσδιορίζει τις αιτίες του φαινομένου και το 87% τις συνέπειές του. Συνολικά, το 93% των φοιτητών βελτίωσαν τις απαντήσεις τους μετά τη διδασκαλία και η διαφορά των σωστών απαντήσεων πριν και μετά τη διδασκαλία ήταν στατιστικά σημαντική ($Z=-6,608$, $p= ,000$). Η συνέργεια της πειραματικής προσέγγισης με την εφαρμογή λογισμικού φαίνεται ότι υπήρξε κατάλληλη επιλογή. Με το πείραμα αφενός οι φοιτητές παρατήρησαν από κοντά τον καπνό να συσσωρεύεται πολύ χαμηλά κοντά στο έδαφος και με το λογισμικό αφετέρου είδαν οπτικοποιημένα τα αίτια του φαινομένου.

Ως προς το τρίτο ερευνητικό ερώτημα, η διδακτική ακολουθία βελτίωσε την ικανότητα των εκπαιδευομένων να διαβάζουν και να ερμηνεύουν γωνιακά διαγράμματα. Κατά την πρώτη επαφή με τα γωνιακά διαγράμματα μόνο το 3% των

φοιτητών μπορούσε να αποδώσει σωστά τη σημασία τους, ενώ στο τέλος το ποσοστό αυτό φτάνει το 32%. Όσον αφορά το συσχετισμό τοπογραφίας και συγκέντρωσης ατμοσφαιρικών ρύπων, το 80% των φοιτητών εντόπισε ως χαρακτηριστικό του λεκανοπεδίου της Αθήνας την παρουσία ορεινών όγκων γύρω από την πόλη και το 55% περιέγραψε τη συμβολή της τοπογραφίας με ορθό τρόπο μετά τη διδασκαλία. Το 78% των φοιτητών φαίνεται ότι συνειδητοποιεί το ρόλο της οροσειράς της Πίνδου στη διαμόρφωση του καιρού και του κλίματος της ηπειρωτικής Ελλάδας. Συνολικά, το 45% των φοιτητών βελτίωσαν τις απαντήσεις τους μετά τη διδασκαλία και η διαφορά των σωστών απαντήσεων πριν και μετά τη διδασκαλία είναι στατιστικά σημαντική (Z=-4,599, p=,000).

Ερευνητικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι παρανοήσεις που διαπιστώθηκαν σε μερίδα φοιτητών, όπως ότι συγχέουν τα γεωγραφικά σημεία του λεκανοπεδίου στο γωνιακό διάγραμμα με τα σημεία προέλευσης των ανέμων. Ως συμπέρασμα εξάγουν ότι στα ΝΔ του λεκανοπεδίου υπάρχει μεγάλη ρύπανση και στα ΒΑ μικρή ρύπανση, αντί του ορθού ότι οι ΝΔ άνεμοι αυξάνουν τη ρύπανση, ενώ οι ΒΑ άνεμοι τη μειώνουν. Αυτό ενδεχομένως να εντείνεται από δυσκολίες προσανατολισμού, όπως διαφαίνεται και από τη συνεχή χρήση των όρων «δεξιά», «αριστερά», «πάνω», «κάτω» αντί των αντίστοιχων ορθών «ανατολικά», «δυτικά», «βόρεια», «νότια».

Ως προς το τέταρτο ερευνητικό ερώτημα, η διδακτική ακολουθία βελτίωσε την ικανότητα των εκπαιδευομένων να βρίσκουν μέσω διαδικτύου και να αξιολογούν πραγματικά δεδομένα, που να αναφέρονται σε μετρήσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο λεκανοπέδιο της Αθήνας. Το 20% των φοιτητών, που δήλωσε αρχικά ότι θα ενημερωθεί από εξειδικευμένη ιστοσελίδα χωρίς να την κατονομάζει, αυξήθηκε τελικά σε 92% βελτιώνοντας παράλληλα την ακρίβεια των ιστοσελίδων, των μεθοδολογικών βημάτων και των αναζητούμενων πληροφοριών. Επίσης, το 75% των φοιτητών κατέστησαν ικανοί να διερευνούν και να επιλύουν επιτυχώς μικρά καθημερινά προβλήματα σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση, που βασίζονται στον εντοπισμό των χαρακτηριστικών του ανέμου μέσα από συγκεκριμένα ειδικά διαγράμματα και πραγματικά δεδομένα. Συνολικά, το 70% των φοιτητών βελτίωσαν τις απαντήσεις τους μετά τη διδασκαλία και η διαφορά των σωστών απαντήσεων πριν και μετά τη διδασκαλία ήταν στατιστικά σημαντική (Z=-5,132, p= ,000). Συμπερασματικά, φαίνεται ότι καλλιεργήθηκε σε σημαντικό βαθμό η ικανότητα των φοιτητών να λαμβάνουν αποφάσεις, που βασίζονται σε τεκμήρια, τα οποία απέκτησαν τη δεξιότητα και να τα εντοπίζουν και να τα αξιολογούν.

7. Συμπεράσματα

Η χρήση των δυνατοτήτων που προσφέρουν οι ΤΠΕ φαίνεται ότι συνέβαλε στην ενίσχυση των γνώσεων των φοιτητών, έδωσε ευκαιρία ανάδειξης παρανοήσεων και συνεισέφερε στην πλήρη διάκριση της συμβολής μετεωρολογικών και τοπογραφικών παραμέτρων στη δημιουργία τοπικών φαινομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Παρότι η χρήση των ΤΠΕ δεν μπόρεσε να αντιμετωπίσει πλήρως γενικότερα προβλήματα των υποψήφιων εκπαιδευτικών ως προς τη διαχείριση εννοιών των φυσικών

επιστημών, θεωρούμε ότι αναδείχθηκε επαρκώς η χρησιμότητά τους στην επίτευξη των συγκεκριμένων διδακτικών στόχων.

Βιβλιογραφία

Bell, C., Shepardson, D., Harbor, J., Klagges, H., Burgess, W., Meyer, J. & Leuenberger, T. (2003). Enhancing teachers' knowledge and use of inquiry through environmental science education. *Journal of Science Teacher Education, 14,* 1, 49-71.

Boyes, E., Stanisstreet, M., & Spiliotopoulou-Papantoniou, V. (1999). The Ideas of Greek High School Students about the "Ozone Layer". *Science Education, 83*, 6, 724-737.

Boyes, E., Myers, G., Skamp, K., Stanisstreet, M. & Yeung, S. (2007). Air quality: a comparison of students' conceptions and attitudes across the continents. *Compare: A journal of comparative education, 37*, 4, 425-445.

Brown, F. (2000). The Effect of an Inquiry-Oriented Environmental Science Course on Preservice Elementary Teachers' Attitudes about Science. *Journal of Elementary Science Education, 12*, 2, 1-6.

Comeaux, P. & Huber, R. (2001). Students as Scientists: Using Interactive Technologies and Collaborative Inquiry in an Environmental Science Project for Teachers and Their Students. *Journal of Science Teacher Education, 12*, 4, 235-252.

Cox, M. J. (2000). Information and Communications Technologies: their role and value for science Education. In Monk M. & Osborne J. (eds), *Good Practice in Science Education: What research has to say*. Buckingham: Open University Press.

Cunningham, W.P. & Cunningham, M.A. (2008). *Environmental Science: A Global Concern.* 10th Edition, New York, McGraw-Hill, USA.

Edelson, D. C. (2007). Environmental Science for All? Considering Environmental Science for Inclusion in the High School Core Curriculum. *Science Educator, 16*, 1, 42-56.

Khalid, T. (2001). Pre-service Teachers' Misconceptions Regarding Three Environmental Issues. *Canadian Journal of Environmental Education, 6*, 102-120.

Linn, M. C. (1998). The Impact of technology on Science Instruction: historical trends and current opportunities. In Fraser B.J & Tobin K.G (eds), *International Handbook of Science Education* (1, 265-294). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Μανδρίκας, Α., Χαλκίδης, Ά. & Σαριδάκη, Ά. (2009). Ένα παράδειγμα συμβολής των ΤΠΕ στη διδασκαλία Περιβαλλοντικών Επιστημών: διερευνητικές

δραστηριότητες για τη διδασκαλία του ανέμου. *Πρακτικά 1ου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου με θέμα «Ένταξη και χρήση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία» (Π. Πολίτης επιμ.),* Βόλος, ΕΤΠΕ - ΠΤΔΕ Παν. Θεσσαλίας, σελ. 332-338

Moussiopoulos, N., Papalexiou, S. & Sahm, P. (2006). Wind flow and photochemical air pollution in Thessaloniki, Greece. Part I: Simulations with the European Zooming Mode. *Environmental Modelling & Software, 21*, 1741-1751.

Papadimitriou, V. (2004). Prospective Primary Teachers' Understanding of Climate Change, Greenhouse Effect, and Ozone Layer Depletion. *Journal of Science Education and Technology, 13,* 2, 299-307.

UNESCO, (2005). *UN Decade of Education for Sustainable Development 2005-2014, Draft International Implementation Scheme*. Paris, UNESCO, ED/2005/PI/H/1.