ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2009)

1ο Εκπαιδευτικό Συνέδριο «Ένταξη και χρήση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία»

Εκπαιδευτικό Λογισμικό για τη Διδασκαλία του Φαινομένου της Όξινης Βροχής

Α. Στούμπα, Ι. Παρκοσίδης

Βιβλιογραφική αναφορά:

Στούμπα Α., & Παρκοσίδης Ι. (2024). Εκπαιδευτικό Λογισμικό για τη Διδασκαλία του Φαινομένου της Όξινης Βροχής . *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 161–167. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/6427

Εκπαιδευτικό Λογισμικό για τη Διδασκαλία του Φαινομένου της Όξινης Βροχής

Α. Στούμπα[1], **Ι. Παρκοσίδης**[2]
[1]Υπ. Διδάκτορας Παιδ/κού Τμήμ. Δημ/κής Εκπ/σης Παν/μίου Αθηνών
artemis.stoumpa@gmail.com
[2]Δρ. Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας Παιδ/κού Τμήμ. Δημ/κής Εκπ/σης Παν/μίου Αθηνών
iparkosidis@gmail.com

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται το λογισμικό «Όξινη Βροχή», ένα διαδραστικό εκπαιδευτικό υλικό για τη διδασκαλία του φαινομένου της όξινης βροχής, που αναπτύχθηκε στο Εργαστήριο Διδακτικής και Επιστημολογίας Φυσικών Επιστημών και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αθηνών (**www.asel.primedu.uoa.gr**). Η εφαρμογή που εστιάζει στη δημιουργία των όξινων νεφών και των όξινων κατακρημνίσεων και μελετά την εξέλιξη των σημαντικότερων προβλημάτων που προκαλεί η όξινη βροχή αναμένεται να συνεισφέρει σημαντικά στην διδασκαλία του εν λόγω φαινομένου.

Λέξεις κλειδιά: *Όξινη βροχή, σχεδιασμός και ανάπτυξη εκπαιδευτικού λογισμικού.*

1. Εισαγωγή

Ο σχεδιασμός εκπαιδευτικών προγραμμάτων για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση οφείλει να αξιοποιεί τα σύγχρονα τεχνολογικά περιβάλλοντα μάθησης, καθώς η αποτελεσματικότητα της χρήσης μοντέλων, ψηφιακών αναπαραστάσεων, και προσομοιώσεων σε υπολογιστή έχει επανειλημμένα τεκμηριωθεί (Linn 1999, Cox 2000). Με αυτό το σκεπτικό σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε από το Εργαστήριο Διδακτικής και Επιστημολογίας Φυσικών Επιστημών και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αθηνών το εκπαιδευτικό λογισμικό «Όξινη Βροχή»[1] με σκοπό την υποστήριξη των φοιτητών – υποψηφίων δασκάλων στη μελέτη της επιστημονικής βάσης του φαινομένου της όξινης βροχής.

Η όξινη βροχή θεωρείται ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα με διαχρονικές αρνητικές συνέπειες σε πολλές περιοχές του πλανήτη, καθώς είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη για τη βιωσιμότητα οικοσυστημάτων (Harrison 1999, Environmental Protection Agency 2009) και ευθύνεται για μεγάλες καταστροφές της παγκόσμιας πολιτισμικής κληρονομιάς, επειδή διαβρώνει οικοδομικά υλικά, όπως το μάρμαρο, από τα οποία έχουν κατασκευαστεί μερικά από τα σπουδαιότερα μνημεία παγκοσμίως (Harrison, 1999).

Επιπλέον, η εκπαιδευτική έρευνα έχει δείξει ότι οι μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και οι φοιτητές που δεν ειδικεύονται στο πεδίο των Φυσικών Επιστημών αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην κατανόηση βασικών επιστημονικών εννοιών, όπως οξύ, βάση, οξύτητα και pH (Hand 1989, Ouertatani et al. 2007), που είναι στοιχειωδώς απαραίτητα για την κατανόηση του φαινομένου της όξινης βροχής. Ακόμη δυσκολεύονται στη χρήση και διασύνδεση των τριών επιπέδων (μικροσκοπικό, μακροσκοπικό, συμβολικό) απεικόνισης και εξήγησης του φυσικού κόσμου (Dori & Hameiri, 2003) και κατά συνέπεια η πλειοψηφία τους αντιμετωπίσει προβλήματα στην κατανόηση της δημιουργίας και εξέλιξης του συγκεκριμένου φαινομένου (Dove 1996, Khalid 2003).

Η επιλογή της διδακτικής προσέγγισης του φαινομένου της όξινης βροχής και μέσω εκπαιδευτικού λογισμικού κρίθηκε επιβεβλημένη, δεδομένου ότι είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο που, επειδή σχηματίζεται στην ατμόσφαιρα και επηρεάζει μέχρι και τα βάθη των υδάτινων οικοσυστημάτων, δεν μπορεί να γίνει άμεσα αντιληπτό από τις ανθρώπινες αισθήσεις. Επιπλέον, η εξήγηση της δημιουργίας της όξινης βροχής και η ανάλυση της εξέλιξης των επιπτώσεων στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον από την όξινη ρύπανση απαιτεί τη χρήση εννοιών, μοντέλων και οντοτήτων του μικρόκοσμου. Όλες αυτές οι διαφορετικές κλίμακες απεικόνισης και εξήγησης του φυσικού κόσμου θα πρέπει επιπλέον να συνδέονται μεταξύ τους ώστε η μια να ερμηνεύει την επόμενη, κάτι που μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση κατάλληλα

[1] Το λογισμικό είναι διαθέσιμο στον ιστότοπο www.asel.primedu.uoa.gr

διασυνδεόμενων πολλαπλών αναπαραστάσεων (Crouch et al. 1996, Frear & Hirschbuhl 1999, Kozma 2000, O'Day 2006).

Το προτεινόμενο λογισμικό εφαρμόζεται σε φοιτητές – υποψήφιους δασκάλους δίνοντάς τους την ευκαιρία να διερευνήσουν (α) τη δημιουργία των όξινων νεφών και κατακρημνίσεων, (β) την ανάπτυξη και εξέλιξη των τριών βασικότερων περιβαλλοντικών προβλημάτων που προκαλεί η όξινη βροχή και (γ) τον διττό ρόλο της αντίδρασης οξέος/ασβεστολιθικού πετρώματος για την προστασία των οικοσυστημάτων και την καταστροφή των μνημείων. Καθώς η διδακτική αξιοποίηση του λογισμικού δεν απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις Χημείας, προτείνεται η εφαρμογή του και στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση στο πλαίσιο του γνωστικού αντικειμένου της Περιβαλλοντικής Επιστήμης ή της Χημείας.

2. Σχεδιασμός και Ανάπτυξη του λογισμικού «Όξινη Βροχή»

Το εκπαιδευτικό λογισμικό «Όξινη Βροχή» λειτουργεί ως μοντέλο που οπτικοποιεί το φυσικό φαινόμενο της όξινης βροχής, προσομοιώνοντας το σχηματισμό της και την περιβαλλοντική υποβάθμιση που επιφέρει. Για την άντληση των βασικών δεδομένων σχετικά με την προέλευση και τη χημική σύσταση των όξινων νεφών της όξινης ομίχλης και της όξινης βροχής, χρησιμοποιήθηκε ως μοντέλο – πρότυπο μια βιομηχανική περιοχή στην Κίνα που αντιμετωπίζει πρόβλημα όξινης ρύπανσης λόγω της εργοστασιακής χρήσης άνθρακα με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο (Zhao et al., 1994). Επίσης από την ίδια πηγή αντλήθηκαν τα δεδομένα σχετικά με την περιεκτικότητα του αέρα σε διοξείδιο του θείου σε σχέση με το υψόμετρο. Οι υπόλοιπες τιμές φυσικοχημικών σταθερών και βιολογικών δεικτών, για να είναι αντιπροσωπευτικές των περιπτώσεων που παρουσιάζονται, υπολογίστηκαν σύμφωνα με τα σύγχρονα επιστημονικά δεδομένα, τα οποία έχουν απλοποιηθεί κατάλληλα ώστε να παραχθεί ένα διδακτικό μοντέλο από το «πραγματικό» επιστημονικό.

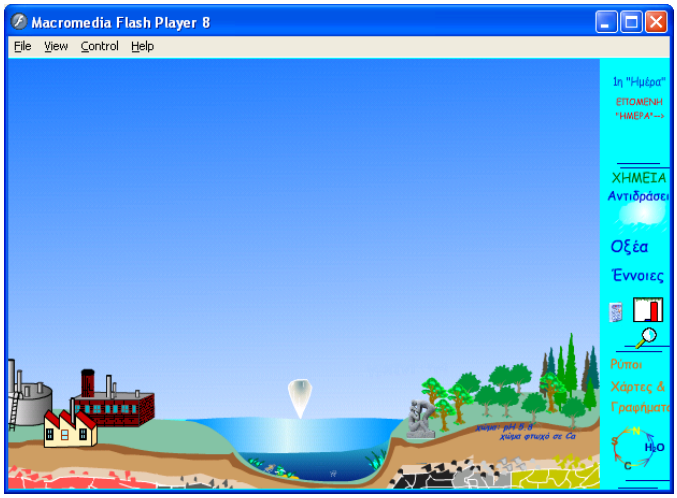
Το εκπαιδευτικό λογισμικό «Όξινη Βροχή» αποτελείται από (α) ένα «τοπίο – μοντέλο», όπου το φαινόμενο προσομοιώνεται και (β) μια κατακόρυφη γραμμή πλοήγησης.

2.1 Παρουσίαση τοπίου-μοντέλου

Το τοπίο-μοντέλο απεικονίζει ένα ημι-φυσικό *(semi-natural)* τοπίο που αποτελείται από ένα δάσος, μια λίμνη και ένα εργοστάσιο (εικ. 1). Ο χρήστης, ήδη από την αρχή του λογισμικού, καλείται να επιλέξει (α) μεταξύ δυο βασικών τύπων πετρωμάτων για να δημιουργήσει το μητρικό πέτρωμα πάνω στο οποίο βρίσκεται το τοπίο-μοντέλο και (β) μεταξύ τριών αγαλμάτων, διαφορετικών ως προς το υλικό κατασκευής. Όταν ο χρήστης κάνει τις επιλογές του, το βασικό τοπίο-μοντέλο σχηματίζεται και εμφανίζεται η κατακόρυφη γραμμή πλοήγησης.

Εικόνα 1: *Το τοπίο - μοντέλο*

Το τοπίο-μοντέλο εξελίσσεται στη διάρκεια 9 χρονικών περιόδων, στις οποίες επικρατούν διαφορετικές καιρικές συνθήκες και συνθήκες ρύπανσης που διαδέχονται η μια την άλλη. Στις πρώτες τέσσερις περιόδους το τοπίο εμφανίζεται σε διαφορετικές καιρικές συνθήκες, ενώ το εργοστάσιο δεν λειτουργεί ακόμα (εικ. 2).



Εικόνα 2: *Το τοπίο-μοντέλο και η κατακόρυφη γραμμή πλοήγησης*

Οι επόμενες τέσσερις οθόνες εμφανίζουν το τοπίο σε διαφορετικές καιρικές συνθήκες, ενώ το εργοστάσιο βρίσκεται σε λειτουργία (εικ. 3).

Εικόνα 3: *Το εργοστάσιο σε λειτουργία*

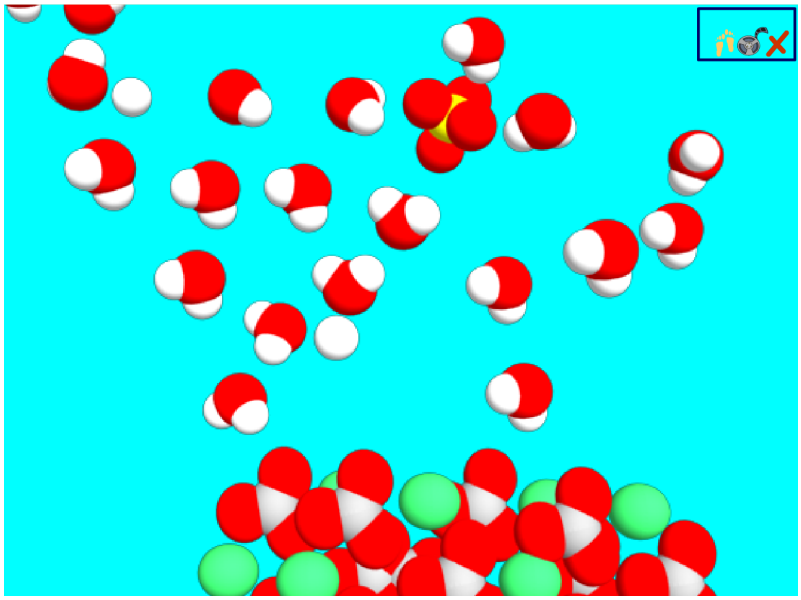
Η τελευταία οθόνη εμφανίζει το τοπίο μετά την παρέλευση πολλών ετών με το εργοστάσιο να εξακολουθεί να λειτουργεί, οπότε το οικοσύστημα έχει μεταβληθεί περισσότερο ή λιγότερο ανάλογα με το είδος του μητρικού πετρώματος που υπάρχει στο υπέδαφος και το άγαλμα έχει διαβρωθεί ανάλογα με την ανθεκτικότητα του υλικού κατασκευής στην όξινη ρύπανση (εικ 4.)

Εικόνα 4: *Οι επιπτώσεις της ρύπανσης*

Όλες οι οθόνες περιέχουν κίνηση και είναι διαδραστικές. Με το πέρασμα του ποντικιού πάνω από τα διαφορετικά στοιχεία που συνθέτουν το μοντέλο παρέχονται στο χρήστη πληροφορίες για την κατάστασή τους, ενώ με κλικ του ποντικιού πάνω τους ο χρήστης μπορεί να μετρήσει τιμές φυσικοχημικών ιδιοτήτων. Για παράδειγμα, επιλέγοντας το μετεωρολογικό μπαλόνι, αυτό απογειώνεται μετρώντας την περιεκτικότητα του αέρα σε διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου και διοξείδιο του άνθρακα σε τρία διαφορετικά χαρακτηριστικά ύψη από την επιφάνεια της λίμνης. Με το πέρασμα του ποντικιού πάνω από τον καπνό του εργοστασίου εμφανίζεται η χημική του σύσταση, ενώ ανάλογες πληροφορίες εμφανίζονται στην οθόνη σε κάθε περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει κάποιο από τα υπόλοιπα στοιχεία του τοπίου. Έτσι, με mouse over στα δέντρα του δάσους εμφανίζεται μια στοιχειώδης πληροφορία για την καλή ή κακή κατάστασή του, ενώ με επιλογή (κλικ) κάποιου δέντρου παρουσιάζεται ένα φύλλο του σε μεγέθυνση. Με mouse over στα σύννεφα και την βροχή ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να μετρήσει το pH τους, ενώ επιλέγοντάς τα βλέπει τη χημική τους σύσταση. Με mouse over στη λίμνη εμφανίζεται το pH του νερού της, ενώ με επιλογή της λίμνης δίνεται μια σύντομη εξήγηση αυτής της τιμής. Αντίστοιχα, με mouse over στο έδαφος ο χρήστης μετράει το pH του εδάφους, ενώ με επιλογή του αγάλματος αυτό μεγεθύνεται ώστε να μπορεί να παρατηρηθεί με μεγαλύτερη λεπτομέρεια.

2.2 Η κατακόρυφη γραμμή πλοήγησης

Η κατακόρυφη γραμμή πλοήγησης περιλαμβάνει τις ενότητες «Χρόνος», «Χημεία», και «Ολοκλήρωση». Στην ενότητα «Χρόνος» ο χρήστης μπορεί να προχωρά στην χρονική περίοδο που επιθυμεί πηγαίνοντας μπρος ή και πίσω στο χρόνο. Η ενότητα «Χημεία» περιέχει τις βασικές υποενότητες «αντιδράσεις», «οξέα» και «έννοιες». Στην υποενότητα «αντιδράσεις» αναπαρίστανται οι βασικές αντιδράσεις που οδηγούν στο σχηματισμό των οξέων από τους πρωτογενείς όξινους ρύπους (οξείδια του θείου και του αζώτου) και η αντίδραση της γυψοποίησης του μαρμάρου που οδηγεί στη διάβρωση των μαρμάρινων μνημείων (εικ. 5).



Εικόνα 5: *Η διαδικασία διάβρωσης του μαρμάρου*

Η υποενότητα «οξέα», που ανοίγει σε ξεχωριστό παράθυρο στην οθόνη επιτρέποντας την παράλληλη χρήση του με το υπόλοιπο λογισμικό, περιέχει δεκατέσσερις κάρτες, στις οποίες οπτικοποιούνται και εξηγούνται με συνοπτικό τρόπο έννοιες και χημικές διεργασίες που θεωρούνται βασικές και απαραίτητες για την κατανόηση του φαινομένου (εικ. 6).

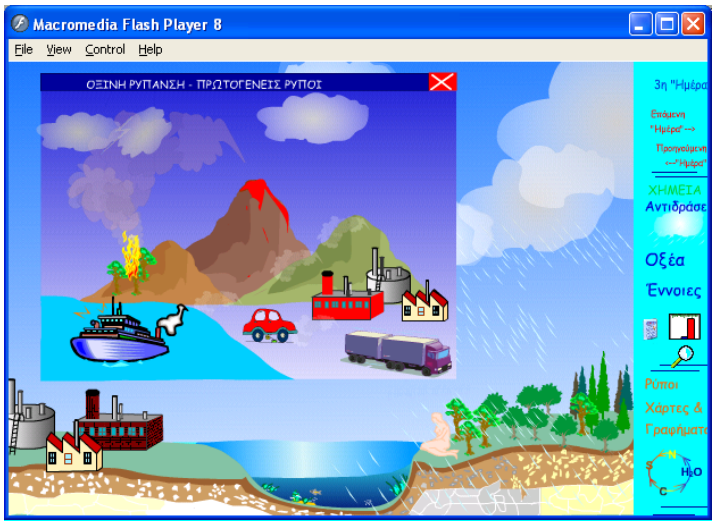
Εικόνα 6: *Οπτικοποίηση εννοιών και διεργασιών*

Παρόμοια, η υποενότητα «έννοιες», που επίσης ανοίγει σε ξεχωριστό παράθυρο, περιέχει δέκα κάρτες, στις οποίες εξηγούνται οι έννοιες του γραμμομορίου *(mol)*, της συγκέντρωσης και της μοριακότητας *(molarity)*. Σε αυτή την υποενότητα περιέχονται επίσης και δυο ακόμη κάρτες, στις οποίες επεξηγείται και οπτικοποιείται η «ξηρή απόθεση όξινων ρύπων» καθώς και ο όρος «όξινη βροχή».

Η ενότητα «Χημεία» παρέχει στο χρήστη τρία επιπλέον εργαλεία, που είναι ο υπολογιστής-μετατροπέας «*Molarity-pH*», το γράφημα αντιστοίχισης οξύτητας pH και ένας φακός «εστίασης» στην μοριακή κλίμακα. Ο μετατροπέας είναι ένας υπολογιστής που μετατρέπει συγκεντρώσεις υδρογονοκατιόντων σε τιμές pH και αντιστρόφως, δίνοντας έτσι την ευκαιρία στους εκπαιδευόμενους να μελετήσουν και να κατανοήσουν την πραγματική σημασία των διαφορών στην λογαριθμική κλίμακα του pH. Το γράφημα οξύτητας pH οπτικοποιεί την αντιστοιχία μεταξύ τιμών pH και πραγματικής οξύτητας. Ο φακός εστίασης σε μοριακή κλίμακα είναι ένα εργαλείο που φανερώνει τις χημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στο τοπίο και την χημική σύσταση των κυριότερων στοιχείων που απαρτίζουν το τοπίο - μοντέλο, όπως τα σύννεφα, η βροχή, το άγαλμα, το αποσαθρωμένο πέτρωμα σε μικρο- (μοριακή) κλίμακα.

Η ενότητα «Ολοκλήρωση» περιλαμβάνει τις υποενότητες «Ρύποι», «Χάρτες και Γραφήματα», «Κύκλοι». Αυτές ανοίγουν σε ανεξάρτητα παράθυρα και οπτικοποιούν τις πηγές όξινης ρύπανσης (φυσικές και ανθρωπογενείς), την εξάπλωση και εξέλιξη του προβλήματος της όξινης ρύπανσης στον πλανήτη, δίνοντας

ιδιαίτερη έμφαση στην Ευρώπη και την Ασία, και τους κύκλους του άνθρακα, του νερού, του θείου και του αζώτου (εικ. 7).



Εικόνα 7: *Οι πηγές της όξινης ρύπανσης*

3. Προτεινόμενη Διδακτική Εφαρμογή

Το εκπαιδευτικό λογισμικό «Όξινη Βροχή» εφαρμόζεται σε ένα συνεργατικό περιβάλλον μάθησης στο πλαίσιο της κοινωνικο-πολιτισμικής προσέγγισης της επιστήμης, σύμφωνα με το οποίο η επιστήμη είναι μια γλώσσα, «μια εργαλειοθήκη» που παρέχει τρόπους συνεννόησης και γνώσης και χρησιμοποιείται από την επιστημονική κοινότητα ώστε να μπορεί να περιγράφει, να εξηγεί και να προβλέπει τα φυσικά φαινόμενα. Η επιστήμη ως γλώσσα εφοδιάζει την κοινότητα με πλήθος εργαλείων, όπως έννοιες, μοντέλα, σύμβολα, γραφήματα και απεικονίσεις, που όμως ελέγχονται και «περιορίζονται από την απαίτηση να ανταποκρίνονται στις μετρήσεις και παρατηρήσεις του πραγματικού κόσμου» (Leach & Scott, 2005).

Αντίστοιχα, κατά την εφαρμογή του λογισμικού «Όξινη Βροχή», ο εκπαιδευτικός αφηγείται μια ιστορία που παρουσιάζει το φαινόμενο της όξινης βροχής στη φυσική του διάσταση με τα εκφραστικά και επεξηγηματικά μέσα-εργαλεία που οι Φυσικές Επιστήμες παρέχουν και παροτρύνει τους φοιτητές να εξερευνήσουν το φαινόμενο με τη βοήθεια των εργαλείων που έχουν ενσωματωθεί στο λογισμικό. Καθώς ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει και αναπτύσσει αυτή την ιστορία στο κοινωνικό πλαίσιο της τάξης, διευκολύνει παράλληλα τις προσπάθειες των εκπαιδευόμενων να εσωτερικεύσουν την ιστορία και να ιδιοποιηθούν, μέσω του λογισμικού, τα εργαλεία που χρησιμοποιούν, όπως είναι οι επιστημονικές έννοιες και τα μοντέλα. Με τον τρόπο αυτό οι φοιτητές, καθώς διερευνούν το σενάριο που αναπτύσσεται περαιτέρω, εξοικειώνονται σταδιακά με τη γλώσσα της επιστήμης και γίνονται ικανοί να την χρησιμοποιούν μόνοι τους, ανεξαρτητοποιούμενοι από την διαμεσολάβηση και την καθοδήγηση του δασκάλου.

Το λογισμικό συνοδεύεται από φύλλα εργασίας που δίνονται στους φοιτητές έτσι ώστε αυτοί να παρακινούνται: (α) να μετρούν και να καταγράφουν τις μεταβολές φυσικών και χημικών ιδιοτήτων που λαμβάνουν χώρα στο εικονικό τοπίο-μοντέλο κατά την εξέλιξη του φαινομένου, (β) να ανακαλύπτουν την πηγή του προβλήματος και τον τρόπο που αυτό εξελίσσεται, συνδυάζοντας κατάλληλα τις μεταβολές στη συγκέντρωση των οξειδίων στην ατμόσφαιρα και τις αλλαγές στη σύσταση του νερού της βροχής, των νεφών, της ομίχλης και (γ) να ανακαλύπτουν με ποιο τρόπο οι αλλαγές αυτές επηρεάζουν τα όμορα οικοσυστήματα.

4. Συμπερασματικά

Το εκπαιδευτικό λογισμικό «Όξινη Βροχή» σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε με βασικό γνώμονα το συσχετισμό της κουλτούρας της καθημερινής ζωής των μαθητών-φοιτητών με αυτήν της επιστήμης. Αποτελεί δε μια καινοτόμα προσπάθεια ανάλυσης του περιβαλλοντικού προβλήματος της όξινης βροχής μέσω ψηφιακά διαμεσολαβούμενων εικονικών περιβαλλόντων που προάγουν την περιέργεια και ενθαρρύνουν την επιθυμία των εκπαιδευόμενων για διερεύνηση και ανακάλυψη των μηχανισμών που οδηγούν στην ανάπτυξη και εξέλιξη των φυσικών φαινομένων.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από ενδιάμεσες πιλοτικές εφαρμογές διαμορφωτικής αξιολόγησης του εκπαιδευτικού λογισμικού «Όξινη Βροχή» σε ομάδες φοιτητών-υποψήφιων δασκάλων στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αθηνών (Στούμπα κ.ά. 2007, Στούμπα & Σκορδούλης 2008) είναι ενθαρρυντικά ως προς τη δυνατότητα των φοιτητών να ερμηνεύουν, με την βοήθεια των οπτικοποιήσεων του μικρόκοσμου που περιέχονται στο λογισμικό, το ρόλο των χημικών διεργασιών στην δημιουργία και εξέλιξη του φαινομένου και μάλιστα να κατανοούν τον διπλό ρόλο της αντίδρασης της γυψοποίησης τόσο στην καταστροφή των ανθρώπινων κατασκευών όσο και στην προστασία του φυσικού περιβάλλοντος.

Η κύρια έρευνα που βρίσκεται σε εξέλιξη, αναμένεται να παρέχει έγκυρη και αξιόπιστη ανατροφοδότηση σχετικά με την αποτελεσματικότητα του λογισμικού «Όξινη Βροχή» στη διδασκαλία του φαινομένου της όξινης βροχής.

Βιβλιογραφία

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

Crouch, D., Holden, M., Samet, C. (1996). CAChe Molecular Modeling: A Visualization Tool Early in the Undergraduate Chemistry Curriculum. *Journal of Chemical Education*,73, 916-917.

Dori, Y., & Hameiri, M. (2003). Multidimensional Analysis System for Quantitative Chemistry Problems. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 278-302.

Dove, J. (1996). Student teacher understanding of the greenhouse Effect, Ozone Layer depletion and Acid rain. *Environmental Education Research*, 2, 89-100.

Environmental Protection Agency (2009). *Acid Rain*. http://www.epa.gov/acidrain (τελευταία προσπέλαση: 27-3-2009)

Frear, V., & Hirschbuhl, J. (1999). Does interactive multimedia promote achievement and higher level thinking skills for today's science students?. *British Journal of Educational Technology*, 30, 323-329.

Hand, B. (1989). Student understandings of acids and bases: a two year study. *Research in Science Education*, 19, 133 – 144.

Harrison, R., (1999). *Understanding our environment. An Introduction to Environmental Chemistry and Pollution,* Third Edition; Royal Society of Chemistry: Cambridge, 67.

Khalid, T. (2003). Pre-service High School Teachers Perceptions of Three Environmental Phenomena. *Environmental Education Research*, 9, 36-50.

Kozma, R.B. (2000). The use of multiple representations and the social construction of understanding in chemistry. In M. Jacobson & R. Kozma (Eds.), *Innovations in science and mathematics education: Advanced designs for technologies of learning* (pp. 11-46). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Leach, J., Scott, Ph. (2005). *Perspectives on designing and evaluating science teaching. Pedagogy - Learning for Teaching.* Tomilson P., Dockrell J., Wine Ph. BJEP Monograph Series II, 3. The British Psycological Society Leicester LEI 7DR, UK pp. 175

Linn, M. C. (1999). The Impact of technology on Science Instruction: historical trends and current opportunities, *International Handbook of Science Education (Ed Fraser and Tobin).* Kluwer Academic Publishers, 265-294.

O'Day, D. (2006). Animated Cell Biology: A Quick and Easy Method for Making Effective, High-Quality Teaching Animations. *CBE Life Science Education*, 5, 255–263.

Ouertatani, L., Dumon, A., Trabelsi, M., Soudani, M. (2007). Acids and bases: the appropriation of the Arrhenius model by tunisian grade 10 students. *International Journal of Science and Mathematics Education,* 5, 483-506

Zhao, D., Seip, H., Dianwu, Z., Dongbao, Z. (1994**).** Pattern and cause of acidic deposition in the Chongqing region, Sichuan Province, China. *Water, Air and Soil Pollution*, 77, 27-48.

Στούμπα, Α, Σκορδούλης, Κ. (2008). Μια Ολοκληρωμένη Διδακτική Προσέγγιση της Όξινης Βροχή, 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Π.Ε.ΕΚ.Π.Ε., Ναύπλιο, 12-14/12

Στούμπα, Α., Χαλκίδης, Α. Σκορδούλης, Κ. (2007). Σχεδιασμός εκπαιδευτικού λογισμικού για την όξινη βροχή. *Πρακτικά του 5ου πανελλήνιου συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση»*, τ. Γ΄, σ. 1214-1224, Ιωάννινα, 15-18/3