

**ΟΙ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΟΖΟΝ ΩΣ
ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ**

**ΜΑΝΔΡΙΚΑΣ Α., ΤΑΜΠΑΚΗΣ Κ., ΤΣΙΛΙΔΗΣ Μ., ΧΑΛΚΙΔΗΣ Α.,
ΨΩΜΙΑΔΗΣ Π., ΧΑΛΚΙΑ Κ. και ΣΚΟΡΔΟΥΛΗΣ Κ.**

Εργαστήριο Διδακτικής & Επιστημολογίας Φυσικών Επιστημών και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αθηνών
e-mail: amandrik@otenet.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο πλαίσιο έρευνας με θέμα «Διδακτική προσέγγιση πολύπλοκων – σύνθετων περιβαλλοντικών φαινομένων και διεργασιών. Ανάπτυξη μοντέλου αξιοποίησης εικονικών περιβαλλόντων στην περιβαλλοντική εκπαίδευση», έγινε μεταξύ άλλων επισκόπηση της ελληνικής και διεθνούς βιβλιογραφίας σε θέματα αντιλήψεων των μαθητών για το όζον, με στόχο τη συμβολή στη σχεδίαση εκπαιδευτικού λογισμικού αντίστοιχης θεματολογίας.

Βασικοί στόχοι της επισκόπησης ήταν: ο εντοπισμός προαντιλήψεων των μαθητών/τριών, η μελέτη και τυχόν συγκρότησή τους σε μοντέλα σκέψης, η αναζήτηση της προέλευσης των πιθανών παρανοήσεων, ο εντοπισμός τυχόν μεταφορών και αναλογιών και η γενικότερη καταγραφή του τρόπου με τον οποίο οι μαθητές/τριες αντιλαμβάνονται το πρόβλημα της καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος.

Οι παρατηρήσεις των ερευνητών από διάφορες χώρες ομαδοποιήθηκαν και λήφθηκαν υπόψη κατά το σχεδιασμό εκπαιδευτικού λογισμικού, που θα μπορεί να υποστηρίξει τη διεξαγωγή προγραμμάτων περιβαλλοντικής εκπαίδευσης ανάλογης θεματολογίας.

**MANDRIKAS A., TAMPAKIS K., TSILIDIS M., CHALKIDIS A., PSOMIADIS P.,
HALKIA K. and SKORDOULIS K.**

Laboratory of Science Education & Epistemology and Educational Technology,
Faculty of Primary Education, University of Athens
e-mail: amandrik@otenet.gr

ABSTRACT

As a part of the research on the subject «Instructive approach of complicated – complex environmental phenomena and processes. Development of model of exploitation of virtual environments in environmental education », a review of the Greek and international bibliography on students' perceptions about the ozone was conducted.

Fundamental objectives of the review were: the localisation of students' perceptions, their study and their likely constitution in models of thought, research on the origins of misconceptions and finally the recording of the way by which students conceive the problem of ozone's destruction.

The observations of the researchers from various countries were grouped and were then taken into consideration at the planning of educational software. The software is to support the application of environmental education programs on proportional issues.

Λέξεις κλειδιά: αντιλήψεις μαθητών, όζον, εκπαιδευτικό λογισμικό

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γενικά αποδεκτό σήμερα ότι η αύξηση της θερμοκρασίας της Γης, η υποβάθμιση των φυσικών οικοσυστημάτων, η εξάντληση των φυσικών πόρων, η ρύπανση των υδάτινων πόρων, η ατμοσφαιρική ρύπανση, οι κλιματικές αλλαγές και η αραίωση του στρώματος του στρατοσφαιρικού όζοντος αποτελούν τα σημαντικότερα παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα (UN,1992 και UNEP, 2000). Η αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών συνιστάται να γίνει με άμεσα και μακροπρόθεσμα μέτρα και μάλιστα στο πλαίσιο της «αειφόρου ανάπτυξης» (UNESCO, Η Διακήρυξη της Τιφλίδας, 1977).

Η εκπαίδευση θεωρείται ότι μπορεί να διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στην υλοποίηση αυτού του στόχου ενημερώνοντας τους μαθητές για τα παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα και ενθαρρύνοντας την ατομική και συλλογική δράση για την αντιμετώπισή τους (UNESCO, Διακήρυξη Θεσσαλονίκης, 1997). Ωστόσο, η κατάλληλη διδακτική παρέμβαση οφείλει να συνυπολογίσει τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών και τις παρανοήσεις των μαθητών στα θέματα επιστημονικής γνώσης που σχετίζονται με τα παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα. Αυτή η καταγραφή των προαντιλήψεων (ιδεών, αναπαραστάσεων, εναλλακτικών απόψεων, παρανοήσεων, διαισθητικών ιδεών, αποκλίσεων κλπ) (Βλ. Driver et al.,1998) αποτελεί σημαντικό εργαλείο για το σχεδιασμό κατάλληλων εκπαιδευτικών και επιμορφωτικών προγραμμάτων και παραγωγής σχετικού εκπαιδευτικού υλικού.

ΣΤΟΧΟΘΕΣΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Επειδή ο τελικός σκοπός μας είναι η ανάπτυξη ενός μοντέλου για τη διδακτική προσέγγιση ενός σύνθετου και πολύπλοκου περιβαλλοντικού θέματος, όπως είναι η καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος, θεωρούμε σωστό να βασιστούμε στα μοντέλα σκέψης των μαθητών 10-16 ετών, όπως αυτά καταγράφονται στη διεθνή βιβλιογραφία. Επομένως, η παρούσα μελέτη έχει τους εξής βασικούς στόχους:

- Να παρουσιάσει στο εκπαιδευτικό κοινό το σημαντικότερο μέρος των προαντιλήψεων των μαθητών, έτσι όπως αποτυπώνεται από έρευνες σε διάφορες χώρες
- Να καταστήσει σαφές με ποιο τρόπο αντιλαμβάνονται το πρόβλημα της καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος οι μαθητές/τριες ηλικίας 10-14 ετών και με ποιους παράγοντες το συσχετίζουν
- Να μελετήσει τις αντιλήψεις των παιδιών και την τυχόν συγκρότησή τους σε μοντέλα σκέψης
- Να εντοπίσει τυχόν μεταφορές και αναλογίες που χρησιμοποιούνται για την κατανόηση και ερμηνεία μηχανισμών και διεργασιών
- Να προσδιορίσει τις συχνότερες παρανοήσεις και την πιθανή προέλευσή τους
- Να υποβοηθήσει το σχεδιασμό κατάλληλων εκπαιδευτικών και επιμορφωτικών προγραμμάτων και παραγωγής σχετικού εκπαιδευτικού υλικού

Η επίτευξη των παραπάνω στόχων θα οδηγήσει την ερευνητική ομάδα στον ακριβέστερο προσδιορισμό των στοιχείων που θα πρέπει να αναδειχθούν στη σχεδιαζόμενη διδακτική παρέμβαση και μάλιστα μέσα από ένα εικονικό περιβάλλον. Με αυτό τον τρόπο θα αρθούν οι πιθανές παρανοήσεις επιστημονικών εννοιών, που δημιουργεί η καθημερινή γλώσσα, ο κοινωνικός περίγυρος ή η λανθασμένη διδασκαλία (Κόκκοτας, 2003). Συγκεκριμένα, η γνώση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών θα συντελέσει στα εξής: α) Η σχεδιαζόμενη διδακτική παρέμβαση θα έχει μεγαλύτερες πιθανότητες να είναι αποτελεσματική β) Θα προσδιοριστούν καλύτερα οι έννοιες στις οποίες θα πρέπει να γίνει εστίαση γ) Θα αποσαφηνιστούν οι γνωστικοί στόχοι της διδασκαλίας δ) Θα καταστεί πιο έγκυρη η αξιολόγηση

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα βασίζονται σε πολύπλοκα φαινόμενα τα οποία περιλαμβάνουν: περίπλοκες φυσικές και χημικές διεργασίες, σύνθετες βιολογικές επιδράσεις, εμπλοκή της τεχνολογίας, εισαγωγή θεμάτων κοινωνικού χαρακτήρα, καθημερινές πρακτικές και συνήθειες με επιπτώσεις σε τοπικό, εθνικό, περιφερειακό και πλανητικό επίπεδο. Μέσα από αυτή

τη συνθετότητα παραμέτρων καταδεικνύεται η ανάγκη ενσωμάτωσης περιβαλλοντικών θεμάτων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με στόχο οι μαθητές/τριες:

- Να αποκτήσουν γνώσεις για το φυσικό περιβάλλον
- Να ευαισθητοποιηθούν σε περιβαλλοντικά θέματα και να παρακινηθούν σε αλλαγή στάσεων και συμπεριφορών
- Να καλλιεργήσουν δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και λήψης απόφασης με γνώμονα όχι μόνο τις προσωπικές τους ανάγκες, αλλά και τις αρχές της κοινωνικής αλληλεγγύης και της ορθολογικής διαχείρισης των φυσικών πόρων
- Να συνδέσουν τις Φυσικές Επιστήμες με προβλήματα της καθημερινής ζωής
- Να αποσαφηνίσουν τη σχέση επιστήμης και τεχνολογίας και να συνειδητοποιήσουν την εμπλοκή τους με θέματα αξιών και ηθικής (Σκορδούλης – Σωτηράκου, 2005)

Η προσέγγιση τέτοιων θεμάτων παγκόσμιου ενδιαφέροντος, όπως η καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος, παρουσιάζει ιδιαίτερο διδακτικό ενδιαφέρον για τους εξής λόγους:

- Αναδεικνύονται οι περιβαλλοντικές, ηθικές και πολιτικές διαστάσεις των θεμάτων, που απαιτούν με τη σειρά τους έντονα πολυεπιστημονική προσέγγιση κατά τη διδασκαλία
- Παρέχεται η δυνατότητα καλλιέργειας υψηλών διδακτικών στόχων, όπως η αναζήτηση αιτιακών σχέσεων, η χρήση μεταφορών και αναλογιών, η ικανότητα ανάλυσης και σύνθεσης
- Δίνεται έμφαση στην αλληλεξάρτηση των ζωντανών οργανισμών με το αβιοτικό περιβάλλον του πλανήτη

Ειδικά το θέμα της καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για δυο επιπλέον λόγους:

- Το φαινόμενο προσεγγίζεται μέσω μιας πληθώρας μεταφορών, αφού ακόμα και η ονομασία «τρύπα όζοντος» είναι μεταφορική, με σκοπό την ερμηνευτική απλοποίησή του
- Οι μηχανισμοί που εμπλέκονται σε αυτό δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμοι, με αποτέλεσμα να επιστρατεύονται απλουστευτικά μοντέλα για την οπτικοποίηση και κατανόησή του

ΜΕΘΟΔΟΣ

Έγινε βιβλιογραφική αναζήτηση σε ηλεκτρονικές βιβλιοθήκες, επιστημονικά / ερευνητικά περιοδικά, επιστημονικά συγγράμματα, πρακτικά συνεδρίων και σχετικές με το θέμα διδακτικές διατριβές σε σχολικές και πανεπιστημιακές βιβλιοθήκες, βιβλιοθήκες εκπαιδευτικών και επιστημονικών οργανισμών και ιστοσελίδες Πανεπιστημιακών ιδρυμάτων και άλλων φορέων. Επίσης, έγινε βιβλιογραφική αναζήτηση στις κυριότερες εκπαιδευτικές βάσεις δεδομένων (Education Resources Information Center - ERIC, Resource Discovery Network - RDN, University Microfilms – UMI, Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης - EKT).

Οι κύριοι άξονες της βιβλιογραφικής αναζήτησης ήταν:

- οι αντιλήψεις των μαθητών για την ατμοσφαιρική ρύπανση
- οι αντιλήψεις των μαθητών για το στρώμα του στρατοσφαιρικού όζοντος

Από την αναζήτηση εντοπίστηκαν 367 επιστημονικές δημοσιεύσεις με τη μορφή άρθρων σε επιστημονικά περιοδικά από τα οποία 27 για την ατμοσφαιρική ρύπανση, 26 για το όζον, 90 για τις κλιματικές αλλαγές, 15 για την ατμόσφαιρα και 45 για τις αντιλήψεις των μαθητών για διάφορα θέματα ρύπανσης (φαινόμενο θερμοκηπίου, όξινη βροχή, φωτοχημικό νέφος, συγκεκριμένοι ρύποι κλπ). Καταγράφηκαν, επίσης, 90 επιστημονικά συγγράμματα από τα οποία 5 αφορούσαν το όζον, για το οποίο μελετήθηκαν στοιχεία και σε 40 τουλάχιστον εξειδικευμένες ιστοσελίδες.

Ακολούθως έγινε διεξοδική μελέτη των άρθρων που αφορούσαν έρευνες των αντιλήψεων των μαθητών για την ατμοσφαιρική ρύπανση, το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τη διαταραχή του και την καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος στην Ελλάδα και σε άλλες χώρες. Η καταγραφή των αντιλήψεων αυτών δεν έγινε ξεχωριστά κατά άρθρο/έρευνα αλλά ορίσαμε άξονες/κριτήρια, με βάση τους οποίους έγινε ομαδοποίηση των ερευνητικών ευρημάτων. Οι άξονες αυτοί ήταν:

- γενική αντίληψη των μαθητών για το στρώμα του όζοντος

- γενική εντύπωση για τη μείωση ή αύξηση του όζοντος
- ρόλος του στρατοσφαιρικού όζοντος
- αιτίες μείωσης του στρατοσφαιρικού όζοντος
- επιπτώσεις της μείωσης του στρατοσφαιρικού όζοντος
- πηγές πληροφόρησης για το όζον και τη δράση του
- μέτρα προστασίας από τη μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος

Τέλος, τα συμπεράσματα που ομαδοποιήθηκαν με βάση τα παραπάνω κριτήρια, λήφθηκαν υπόψη στο σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός εκπαιδευτικού λογισμικού για τη μελέτη του προβλήματος της καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα συμπεράσματα της εργασίας μας μπορούν να ομαδοποιηθούν με κριτήριο τους προαναφερθέντες άξονες και με βάση τα κοινά σημεία των διαφόρων ερευνών ως εξής:

- Το όζον περιγράφεται από τα παιδιά 11-16 ετών με τη χρήση μεταφορών και αναλογιών: «ασπίδα», «κάλυμμα», «κάτι σαν καθρέφτης» και «μηχανισμός προστασίας της γης» (Plunkett-Skamp,1994). Παρατηρείται ότι στη μεγάλη τους πλειοψηφία οι Έλληνες μαθητές/τριες γνωρίζουν ότι το όζον είναι αέριο και βρίσκεται «ψηλά στην ατμόσφαιρα» (Boyes et al.,1999), χωρίς αυτό να συμβαδίζει με τα ευρήματα όλων των ερευνών διεθνώς, ενώ ελάχιστες είναι οι αναφορές στη σύσταση του όζοντος.
- Τα παιδιά παραδέχονται ότι το όζον μειώνεται είτε επειδή το έχουν ακούσει είτε επειδή αυτό τους υποβάλλεται κατά τη διάρκεια των ερευνών (Andersson-Wallin, 2000). Μάλιστα σε μερικές περιπτώσεις πιστεύουν ότι μειώνεται πολύ γρήγορα (Cordero, 2002), πράγμα που δεν αληθεύει. Ωστόσο, σε μεγάλα ποσοστά δέχονται την ύπαρξή του ως φυσικό φαινόμενο, που υπήρχε πριν την ανθρώπινη εμπλοκή (Pekel-Ozay, 2005).
- Μεγάλα ποσοστά μαθητών αναφέρουν ότι το όζον προστατεύει τη γη. Διαφοροποιήσεις παρατηρήθηκαν ως προς το τι είναι εκείνο από το οποίο το όζον προστατεύει τη γη. Τα μικρότερα παιδιά απλώς αναφέρουν τις ακτίνες του ήλιου και μόνο από την ηλικία των 13-14 ετών αναφέρουν συγκεκριμένα «τις υπεριώδεις ακτίνες» (Plunkett-Skamp,1994). Γενικά με την αύξηση της ηλικίας καταγράφονται όροι με μεγαλύτερη ακρίβεια, από τις λέξεις «ήλιος» και «ηλιακό φως», ακολουθεί η λέξη «ακτινοβολία» για να φθάσουμε στην αναφορά της λέξης «υπεριώδης ή UV ακτινοβολία» (Andersson-Wallin, 2000).

Παρανοήσεις είναι παρούσες στο θέμα της δράσης του όζοντος, καθώς το 35% των Ελλήνων μαθητών πιστεύει επίσης ότι κρατά τη γη θερμή και προστατεύει από την όξινη βροχή (Boyes et al.,1999), ενώ τα αντίστοιχα ποσοστά σε έρευνα για Τούρκους μαθητές Β/θμιας Εκπ/σης είναι 16% και 67% (Pekel-Ozay, 2005).

Παρατηρείται σύγχυση των όρων «χλωροφθοράνθρακας» και «διοξείδιο του άνθρακα» προφανώς λόγω της ομοιότητας στους γλωσσικούς όρους. Έτσι, συχνά αναφέρεται από μαθητές ότι και οι δυο αυτοί αέριοι ρύποι καταστρέφουν το όζον και με τον τρόπο αυτό συμβάλλουν στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου (Rye et al., 1994). Γενικά οι όροι «χλωροφθοράνθρακες» και «όζον» έχουν για τα παιδιά αρνητική χροιά και τείνουν να τους συσχετίσουν με κάθε περιβαλλοντικό πρόβλημα (Boyes-Stanisstreet,1993).

Γενικά παρατηρείται μια σύγχυση μεταξύ του φαινομένου της μείωσης του όζοντος και του φαινομένου του θερμοκηπίου (Koulaidis-Christidou, 1999 και Fisher,1998). Τα παιδιά θεωρούν πως έχουν κοινές αιτίες, όπως η χρήση σπρέι, πετρελαίου, βενζίνης, κάρβουνου ή γενικά η ατμοσφαιρική ρύπανση (Francis et al.,1993). Ειδικά τα μικρότερα παιδιά τείνουν σε μια ενοποιημένη θεώρηση των δυο αυτών φαινομένων τα οποία θεωρούν ότι έχουν και κοινές συνέπειες, επειδή έχουν ταυτόσημη προέλευση και κοινά χαρακτηριστικά (Boyes-Stanisstreet,1993). Στα νοητικά μοντέλα που χρησιμοποιούν οι μαθητές για να περιγράψουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου εμπλέκονται με πολλούς

τρόπους στοιχεία από την καταστροφή του όζοντος (Andersson-Wallin, 2000 και Koulaïdis-Christidou, 1999 και Leighton-Bisanz, 2003). Για παράδειγμα, οι μαθητές αναφέρονται σε ομοιόμορφη κατανομή των θερμοκηπικών αερίων στα πρότυπα του στρατοσφαιρικού όζοντος, θεωρούν ότι η «τρύπα όζοντος» επιτρέπει την είσοδο περισσότερης ηλιακής ακτινοβολίας ή παγιδεύει τις υπεριώδεις ακτινοβολίες που περνούν διαμέσου της ατμόσφαιρας (Koulaïdis-Christidou, 1999). Έτσι, η τρύπα (ή οι πολλές τρύπες) του όζοντος θεωρείται ο κύριος υπεύθυνος για τη δημιουργία ή την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου (Koulaïdis-Christidou, 1999). Το 75% των μαθητών όλων των ηλικιακών ομάδων συμφωνούν ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη θα επιφέρει αύξηση των κρουσμάτων καρκίνου του δέρματος. Αυτή η σύγχυση μπορεί να αποδοθεί στο ότι τα δυο περιβαλλοντικά προβλήματα α) είναι παγκόσμια β) δεν γίνονται άμεσα αντιληπτά γ) αποτελούν συνέπεια της εκβιομηχάνισης και του άκρατου καταναλωτισμού δ) προβάλλονται παράλληλα από τα MME (Boyes-Stanisstreet, 1993). Πάντως, μερικοί ερευνητές διαπιστώνουν ότι η γνώση των μαθητών για την «τρύπα» του όζοντος έχει μεγαλύτερο επιστημονικό βάθος από τη γνώση τους για το φαινόμενο του θερμοκηπίου (Fisher, 1998).

Ένα άλλο χαρακτηριστικό της σκέψης των παιδιών είναι η ελλιπής διάκριση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η ηλιακή ακτινοβολία δεν διακρίνεται από την υπεριώδη ούτε πολύ περισσότερο από την υπέρυθη (Boyes-Stanisstreet, 1998). Οι μαθητές πιστεύουν ότι η θερμοκρασία και το κλίμα της γης εξαρτάται από την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία, την οποία παγιδεύουν τα θερμοκηπικά αέρια και θερμαίνουν τη γη (Koulaïdis-Christidou, 1999). Μεγάλο μέρος των μαθητών σε σχετικές έρευνες πιστεύει ότι ο πλανήτης υπερθερμαίνεται επειδή τα αέρια του θερμοκηπίου απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία (Rye et al., 1994). Άλλοι μαθητές πιστεύουν ότι η ηλιακή ακτινοβολία «αδυνατίζει», καθώς διαπερνά την ατμόσφαιρα και αφού φτάσει στη γη και επιστρέφει προς το διάστημα έχει γίνει τόσο αδύνατη, που δεν μπορεί να ξεφύγει και παγιδεύεται από τα θερμοκηπικά αέρια (Koulaïdis-Christidou, 1999).

Στις σχετικές έρευνες έχουν καταγραφεί αρκετές προσπάθειες για την κατάταξη των ιδεών των μαθητών για τη μείωση του όζοντος σε περιγραφικά ή αιτιακά μοντέλα. Στη Σουηδία (Leighton-Bisanz, 2003) ερευνητές κατέταξαν τις απαντήσεις των μαθητών σε ανοικτές ερωτήσεις για τις αιτίες και τις συνέπειες της καταστροφής του στρώματος του όζοντος σε τέσσερις κατηγορίες: α) Γεωλογικό/Φυσικό μοντέλο, που υιοθετήθηκε από μικρότερα παιδιά και θεωρούσε ότι το στρώμα όζοντος είναι στο έδαφος και η «τρύπα» δημιουργείται σε αυτό από κάποιο φυσικό αντικείμενο β) Ατμοσφαιρικό/Φυσικό μοντέλο, σύμφωνα με το οποίο η «τρύπα» δημιουργήθηκε από ένα φυσικό αντικείμενο που έσκισε ή τρύπησε το στρώμα του όζοντος στην ατμόσφαιρα γ) το Ατμοσφαιρικό/Ρυπαντικό μοντέλο, που θεωρεί ότι κάθε μορφή ρύπανσης επηρεάζει το στρώμα του όζοντος στην ατμόσφαιρα, το οποίο εξαλείφεται ή λεπταίνει δ) το Ατμοσφαιρικό /Χημικό μοντέλο σύμφωνα με το οποίο ανθρωπογενείς χημικές ουσίες όπως τα CFCs προκαλούν την «τρύπα» του όζοντος. Παρόμοια απόπειρα στην Ελλάδα (Koulaïdis-Christidou, 1999) για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, κατέληξε στην καταγραφή επτά διαφορετικών μοντέλων σκέψης με κριτήρια: τη θέση και κατανομή των αερίων, τις συνδέσεις με την τρύπα του όζοντος και τους τύπους της ακτινοβολίας που ανέφεραν οι μαθητές στις σχετικές ερωτήσεις. Ίδια έρευνα στη Σουηδία (Andersson-Wallin, 2000) κατέταξε τις απαντήσεις των μαθητών σε πέντε κατηγορίες-μοντέλα με κριτήρια: τα συστήματα που επηρεάζονται (άνθρωπος, άλλα είδη, γη), το μηχανισμό επίδρασης (ήλιος, ακτινοβολία, υπεριώδης ακτινοβολία) και τον τύπο της επίδρασης (βλαβερό, επικίνδυνο, εγκαύματα, προκαλεί καρκίνο, γεωφυσικές επιδράσεις), μέσα στα οποία υπήρχαν πολλές παρανοήσεις και για τη μείωση του όζοντος. Τέλος, έρευνα στην Τουρκία κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι μαθητές έτειναν να υιοθετούν απλουστευτικά νοητικά μοντέλα, όταν αντιμετώπιζαν πολύπλοκα δεδομένα, θέλοντας να ερμηνεύσουν αιτιώδεις σχέσεις και συνδέσεις ανάμεσα σε διαφορετικά περιβαλλοντικά θέματα (Pekel-Ozay, 2005).

Κάποιοι ερευνητές προσπάθησαν να εμβαθύνουν στις αιτίες των παρανοήσεων που διαπίστωσαν να έχουν οι μαθητές και επισήμαναν έτσι το ρόλο της γλώσσας στη

διαμόρφωσή τους. Για παράδειγμα η λέξη «καταλύτης», που στην καθημερινή ζωή χρησιμοποιείται σε θέματα που αφορούν τα αυτοκίνητα, οδήγησε κάποιους μαθητές να συνδέσουν την καταλυτική δράση των χλωροφθορανθράκων με τα αυτοκίνητα. Ή λέξεις που συνηθίζονται σε δυο θέματα, όπως η «ακτινοβολία» στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και στη μείωση του όζοντος, οδηγούν σε γενικές και αυθαίρετες συνδέσεις μεταξύ των δυο θεμάτων (Osterlind, 2005).

- Ως αιτία μείωσης του όζοντος τα παιδιά θεωρούν γενικά την ατμοσφαιρική ρύπανση (Myers et al, 2004). Σε μερικές περιπτώσεις αναφέρονται και οι χλωροφθορανθρακες (CFCs) μεταξύ άλλων αερίων, ενώ οι περισσότεροι μαθητές θεωρούν κυρίως υπεύθυνο το διοξείδιο του άνθρακα ή «τη ρύπανση από τα αυτοκίνητα», «τον καπνό» ή γενικά «τα καυσαέρια» (Plunkett-Skamp, 1994 και Fisher, 1998). Τα αυτοκίνητα ενοχοποιούνται εύκολα από τους μαθητές σε παρόμοιες έρευνες σε πολλές χώρες (Dove, 1996 και Boyes et al.,1999 και Cordero, 2002 και Pekel-Ozay, 2005). Παιδιά 10 ετών προσθέτουν στις αιτίες καταστροφής του όζοντος την πρόσκρουση μετεωριτών στο στρώμα του ή την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας «που ανοίγει τρύπες σε αυτό» (Plunkett-Skamp, 1994). Σε ό,τι αφορά τους Έλληνες μαθητές Β/θμιας Εκπ/σης, θεωρούν ως πρώτη αιτία μείωσης του όζοντος τα αέρια από τα σπρέι (70%), ενώ ονομάζουν τους χλωροφθορανθρακες σε ποσοστό 44%. Ωστόσο, διατηρούν σημαντικές παρανοήσεις, καθώς σε ποσοστό 80% πιστεύουν ότι οι καπνοί από τα εργοστάσια και τα αυτοκίνητα καταστρέφουν το όζον, ενώ το ίδιο προκαλεί και η ραδιενέργεια (ποσοστό 70%) (Boyes et al.,1999). Το εύρημα αυτό συμβαδίζει με αυτά ερευνών άλλων χωρών, όπου ως αιτίες προστίθενται η όξινη βροχή, η μείωση των δασών και η ρύπανση της θάλασσας (Pekel-Ozay, 2005).
- Ως πρώτη συνέπεια της εισόδου «περισσότερων ακτίνων του ήλιου» από την «τρύπα» ή τις «τρύπες» του όζοντος οι μαθητές αναφέρουν τα προβλήματα υγείας του ανθρώπου με αναφορές σε εγκαύματα και καρκίνο του δέρματος (Andersson-Wallin, 2000 και Pekel-Ozay, 2005). Οι Έλληνες μαθητές αναφέρουν την πρόκληση καρκίνου του δέρματος σε ποσοστό 90% και τις παθήσεις των ματιών σε ποσοστό 70% (Boyes et al.,1999). Ειδικά στην Αυστραλία οι μαθητές έχουν την εντύπωση ότι παρουσιάζονται υψηλά ποσοστά καρκίνου του δέρματος εξαιτίας της γειννίας με την Ανταρκτική, ενώ δε λείπει και η παρανόηση (σε ποσοστό 80%) ότι η «τρύπα όζοντος» βρίσκεται πάνω από την Αυστραλία (Cordero, 2001). Ως δεύτερη συνέπεια αναφέρουν την υπερθέρμανση της γης (Cordero, 2002), η οποία θα έχει ως αποτέλεσμα το λιώσιμο των πάγων (Fisher, 1998) και την εξαφάνιση πολλών φυτικών και ζωικών ειδών (Plunkett-Skamp, 1994). Σε ορισμένες περιπτώσεις τα παιδιά πιστεύουν ότι υπάρχουν στην ατμόσφαιρα «πράγματα που κάνουν τρύπα στο όζον, που κάνει τα ζώα να ζεσταίνονται και να πεθαίνουν» (Thornber et al., 1999). Άλλες συνήθεις παρανοήσεις που καταγράφονται είναι ότι η μείωση του όζοντος θα επιφέρει περισσότερα καρδιακά επεισόδια στους ανθρώπους, δηλητηρίαση των ψαριών στα ποτάμια, θα αυξήσει τις πλημμύρες, θα επιτρέψει στον αέρα να φύγει στο διάστημα, θα προκαλέσει το φαινόμενο του θερμοκηπίου (Boyes et al.,1999), θα δηλητηριάσει τους θαλάσσιους οργανισμούς και θα μειώσει τα αποθέματα νερού (Pekel-Ozay, 2005).
- Η πληροφόρηση που έχουν οι μαθητές για την καταστροφή του όζοντος και τους συνεπαγόμενους κινδύνους προέρχεται κυρίως (σε ποσοστά έως και 85%) από τα ΜΜΕ (εφημερίδες, τηλεόραση, ραδιόφωνο), πράγμα που συχνά τους οδηγεί να συγχέουν τα αίτια με τις συνέπειες των διαφόρων περιβαλλοντικών προβλημάτων (Cordero, 2001). Συχνά προβληματίζονται στο θέμα της καταστροφής του όζοντος από τα δελτία καιρού, που αναφέρουν το χρόνο μέγιστης επιτρεπόμενης παραμονής στον ήλιο ειδικά το καλοκαίρι (Boyes-Stanisstreet,1998). Ενδεικτική αυτής της στρεβλής επιρροής είναι η πεποίθηση που καταγράφεται σε ποσοστό 97 % μεταξύ των Αυστραλών μαθητών και φοιτητών ότι η τρύπα όζοντος είναι μεγαλύτερη το καλοκαίρι (Cordero, 2001 και Cordero, 2002). Σε χώρες όπως η Σουηδία μεγάλα ποσοστά παιδιών αλλά και ενηλίκων δηλώνουν ότι δεν γνωρίζουν πώς να προστατευτούν από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία, προφανώς γιατί λόγω γεωγραφικής θέσης τα ΜΜΕ δεν αναφέρονται συχνά σε παρόμοια θέματα (Leighton-Bisanz, 2003).

- Σε θέματα μέτρων προστασίας του όζοντος οι μαθητές σχεδόν στο σύνολό τους πιστεύουν ότι τίποτα δεν μπορεί να γίνει για την εξάλειψη της «τρύπας του όζοντος». Πιστεύουν ωστόσο ότι αν σταματούσε η ρύπανση «η τρύπα θα έπαυε να μεγαλώνει» (Plunkett-Skamp, 1994). Μερικοί μαθητές προτείνουν δένδροφυτεύσεις για την καταπολέμηση του προβλήματος, άλλοι αύξηση της ανακύκλωσης και άλλοι χρήση αμόλυβδης βενζίνης (Fisher, 1998), προδίδοντας απλώς τις παρανοήσεις τους.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την επισκόπηση των ερευνών που μελέτησαν τις αντιλήψεις των παιδιών για την ατμοσφαιρική ρύπανση και τα σχετικά με αυτήν σύνθετα περιβαλλοντικά φαινόμενα εντοπίστηκαν ορισμένοι παράγοντες, που φαίνεται να περιορίζουν τα παιδιά στην εξαγωγή ορθών συμπερασμάτων (Βλ. Plunkett-Skamp, 1994 και Rye et al., 1994 και Francis et al., 1993):

1. Τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα έχουν παγκόσμιες διαστάσεις και δεν γίνονται άμεσα αντιληπτά από τα παιδιά.
2. Οι μικροί μαθητές δυσκολεύονται να αντιληφθούν και να αισθητοποιήσουν το μικρόκοσμο, πράγμα που συχνά είναι απαραίτητο για την κατανόηση σύνθετων ατμοσφαιρικών φαινομένων, όπως η καταστροφή του όζοντος.
3. Παρόλη τη γενικότερη ευαισθητοποίηση σε θέματα περιβάλλοντος που μπορεί να προσφέρουν τα ΜΜΕ, τα μηνύματα που δέχονται τα παιδιά από αυτή την πηγή για το επιστημονικό βάθος κάθε προβλήματος ξεχωριστά πολλές φορές είναι αντιφατικά και δημιουργούν παρανοήσεις.
4. Οι μαθητές συχνά καταφεύγουν σε απλουστευτικά μοντέλα για την κατανόηση πολύπλοκων φαινομένων, τα οποία ενέχουν ωστόσο τον κίνδυνο νέων παρανοήσεων.
5. Πολλοί δάσκαλοι που δεν έχουν ξεκάθαρες και σαφείς απόψεις για τη φύση, τους μηχανισμούς και τις συνέπειες των συγκεκριμένων φαινομένων ενδέχεται να δημιουργήσουν επιπλέον παρανοήσεις στους μαθητές.
6. Οι μαθητές συχνά μένουν προσκολλημένοι στις συγκεκριμένες ενέργειες για την αποτροπή αυτών των φαινομένων και δεν εστιάζουν στη φύση και την κατανόησή τους.
7. Παράγοντες που παίζουν ρόλο σε διαφορετικά φαινόμενα, όπως η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία και οι χλωροφθοράνθρακες, ευθύνονται για τη δημιουργία ταύτισης ή συσχέτισης αυτών των φαινομένων.
8. Το πρόβλημα δεν είναι πάντοτε έλλειψη γνώσεων αλλά και εννοιολογικό, που σχετίζεται με την ηλικία, την ωριμότητα, την προϋπάρχουσα εμπειρία και τη διδασκαλία (Boyes-Stanisstreet, 1998). Γι' αυτό πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη κατά τη διδασκαλία τη διαφορά μεταξύ «επιστημονικού» και «καθημερινού» λεξιλογίου (Solomon, 1993).
9. Οι μαθητές τείνουν να μένουν προσκολλημένοι στα στοιχεία που προσλαμβάνουν με τις αισθήσεις τους και αντιλαμβάνονται ευκολότερα προβλήματα που σχετίζονται με το τοπικό περιβάλλον παρά τα παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα (Cordero, 2001).
10. Τέλος, δυσκολίες προκύπτουν και από αντικρουόμενες επιστημονικές απόψεις, οι οποίες να φτάνουν στους μαθητές μέσω της διδασκαλίας, των ΜΜΕ ή των ερευνητικών ομάδων.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Κάποιες αποτελεσματικές διδακτικές στρατηγικές για την αποτελεσματικότερη διδασκαλία θεμάτων σχετικών με το όζον είναι:

1. η σύνδεση των θεμάτων με τις δράσεις τους δηλ. να διδαχθεί στους μαθητές τι μπορεί να προκαλέσει κάθε ουσία (Ogboin et al., 1994 και Myers et al., 1999). Επίσης, απαιτείται να συνδεθεί κάθε περιβαλλοντικό θέμα με τον καθημερινό τρόπο ζωής των μαθητών (Lenzen et al., 2002), ώστε να κατανοήσουν με ποιον τρόπο τους αφορά σε προσωπικό, κοινωνικό, πολιτιστικό, οικονομικό και πολιτικό επίπεδο (Papadimitriou, 2004).
2. η διάκριση και η μελέτη των ατμοσφαιρικών ρύπων, η οποία θα συνέβαλε στη σύνδεση Φυσικών Επιστημών και Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (Myers et al., 1999).

3. η γεφύρωση των πρακτικών που ακολουθούν οι εκπαιδευτικοί που ειδικεύονται στη διδασκαλία της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης και οι εκπαιδευτικοί των Φυσικών Επιστημών (Myers et al.,2004).
4. η σύζευξη επιστημονικών και κοινωνικών θεμάτων με σκοπό να αποφευχθεί ο «βομβαρδισμός περιβαλλοντικής πληροφορίας», που κάποιες φορές αγγίζει την προπαγάνδα (Myers et al.,2004).
5. μεγαλύτερη ελευθερία και ευελιξία στους εκπαιδευτικούς ώστε να μπορούν να εντάξουν περιβαλλοντικά θέματα που σχετίζονται με το επιστημονικό μέρος αυτών που διδάσκουν στις Φυσικές Επιστήμες. Χρειάζεται επίσης εκ μέρους τους μεγαλύτερη ευαισθησία και δαπάνη χρόνου για συζήτηση, ειδικά για τη διασαφήνιση όρων με βάση το επιστημονικό και καθημερινό λεξιλόγιο (Fisher, 1998).
6. η παροχή στους μαθητές κατάλληλων διδακτικών πηγών, όπως πρόσφατα ενημερωμένα βιβλία αναφοράς, πιο αποτελεσματικά διδακτικά εργαλεία και δασκάλους που θα αισθάνονται άνετα με τη διδασκαλία του θέματος (Cordero, 2002).
7. οι μαθητοκεντρικές (Pekel-Ozay, 2005) και ομαδοσυνεργατικές μέθοδοι (Papadimitriou, 2004), με έμφαση στη χρήση της ερώτησης, της σε βάθος έρευνας, της παρουσίασης και στη χρήση των εργαστηρίων, καθώς και τα επαναλαμβανόμενα επιμορφωτικά προγράμματα για εκπαιδευτικούς (Khalid,2003)
8. η διερεύνηση των ιδεών των μαθητών, που θα διευκόλυνε τους μαθητές να εξακριβώσουν οι ίδιοι τις προϋπάρχουσες ιδέες, αντιλήψεις και παρανοήσεις που διατηρούν (Papadimitriou, 2004)
9. η διεξαγωγή πειραμάτων και οι τοπικές έρευνες, καθώς και η χρήση του Διαδικτύου για την παροχή πληροφοριών (Papadimitriou, 2004)
10. η έμφαση στις διαφορές μεταξύ των αιτίων και των συνεπειών διαφορετικών περιβαλλοντικών φαινομένων (Pekel-Ozay, 2005 και Boyes et al., 1995).
11. η σαφής διάκριση μεταξύ του φαινομένου του θερμοκηπίου και της καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος (Koulaidis-Christidou, 1999).
12. η διεπιστημονική προσέγγιση του θέματος (Cordero, 2001 και Papadimitriou, 2004 και Littlelyke, 1996).

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω ευρήματα από τη βιβλιογραφική επισκόπηση, παράλληλα με τις υποδείξεις για την εκπαιδευτική αξιοποίηση των ΤΠΕ και ειδικότερα των εικονικών περιβαλλόντων και τις τεχνικές απλοποίησης που προτείνονται από το χώρο της εκπαίδευσης, σχεδιάστηκε το εκπαιδευτικό λογισμικό που θα μπορεί να υποστηρίξει τη διεξαγωγή προγραμμάτων ΠΕ ανάλογης θεματολογίας.

Ως αποτέλεσμα του σχεδιασμού προτείνεται η υλοποίηση ενός εικονικού χώρου ερευνητικού κέντρου με τρεις διακριτούς χώρους: χώρο υποδοχής, αίθριο, εργαστήριο. Κατά την είσοδο τους στο ερευνητικό κέντρο οι μαθητές θα περιηγούνται στο χώρο υποδοχής όπου θα διεγείρεται το ενδιαφέρον τους, ακολούθως στον υπαίθριο χώρο θα ελευθερώνεται μετεωρολογικό μπαλόνι που θα τροφοδοτεί με μετρήσεις σε συνάρτηση με το υψόμετρο, ενώ στο χώρο του εργαστηρίου οι μαθητές θα πραγματοποιούν μια σειρά δραστηριοτήτων και πειραμάτων με θεματολογία: Σχηματισμός του όζοντος - Ο ρόλος του όζοντος - Η καταστροφή του όζοντος - Ο κύκλος ζωής των αλογόνων - Συνέπειες της μείωσης της στιβάδας του όζοντος .

Στο πλαίσιο υλοποίησης εμπλέκονται: το περιβαλλοντικό ενδιαφέρον (σημαντικότητα, συχνότητα εμφάνισης, ύπαρξη πολύπλοκου μηχανισμού δημιουργίας), η κοινωνική ευθύνη (ανθρωπογενείς αιτίες, ενδιαφέρον για την τοπική κοινωνία), η παιδαγωγική συνιστώσα (ύπαρξη παρανοήσεων, δυνατότητα διεπιστημονικής προσέγγισης, έλλειψη κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού) και η χρήση σύγχρονης τεχνολογίας (κάλυψη δυσκολιών για πειραματική μελέτη πεδίου, εκμετάλλευση δυνατοτήτων οπτικοποίησης και αλληλεπίδρασης).

Το λογισμικό βρίσκεται στη φάση της υλοποίησης, ενώ παράλληλα σχεδιάζεται το υπόλοιπο υποστηρικτικό υλικό. Προβλέπεται να ακολουθήσει αξιολόγηση από εκπαιδευτικούς με εμπειρία στο εκπαιδευτικό λογισμικό και στην υλοποίηση προγραμμάτων ΠΕ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κόκκοτας Π. (2003), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, Μέρος II, Αθήνα
2. Κουλαϊδής Β., Χρηστίδου Β., Brosnan T. (1994), Οι Απόψεις των Δασκάλων γι το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου και το Στρώμα του Όζοντος, *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 79, 60-66
3. Σκορδούλης Κ. , Σωτηράκου Μ. (2005), *Περιβάλλον, Επιστήμη και Εκπαίδευση*, εκδ. LeaderBooks, Αθήνα
4. Andersson B., Wallin A. (2000), Students' Understanding of the Greenhouse Effect, the Societal Consequences of Reducing CO2 Emissions and the Problem of Ozone Layer Depletion, *Journal of Research in Science Teaching*, v37 n10 p1096-1111
5. Boyes E., Stanisstreet M., Spiliotopoulou-Papantoniou V. (1999), The Ideas of Greek High School Students about the "Ozone Layer", *Science Education*, vol.83, n.6 p. 724-737
6. Boyes E., Stanisstreet M. (1998), High School Students' Perceptions of How Major Global Environmental Effects Might Cause Skin Cancer, *The Journal of Environmental Education*, 29, 31
7. Boyes E., Stanisstreet M. (1993), The «Greenhouse effect»: children's perceptions of causes, consequences and cures, *International Journal of Science Education*, vol. 15, n. 5, pp. 531-552.
8. Boyes E., Stanisstreet M. (1994), The ideas of Secondary School children concerning ozone layer damage, *Global Environmental Change*, 4, 4, pp. 311-324
9. Boyes E., Chambers W., Stanisstreet M. (1995), Trainee primary teachers' ideas about the ozone layer, *Environmental Education Research*, vol. 1 no 2 p. 133-145
10. Pekel F.O. , Ozay E. (2005), Turkish High School Students' Perceptions of Ozone Layer Depletion, *Applied Environmental Education and Communication*, 4, 115-123
11. Cordero E. (2002), Is the Ozone Hole over Your Classroom? , *Australian Science Teachers' Journal*, v.48 n.1 p.34-39
12. Cordero E. (2001), Misconceptions in Australian Students' Understanding of Ozone Depletion, *Melbourne Studies in Education*, 41, 85-97
13. 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
14. Driver R. , Squires A. , Rushworth P. , Wood-Robinson V., *Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών*, Τυπωθήτω, Αθήνα, 1998
15. Fisher B. W. (1998), There's a Hole in My Greenhouse Effect, *School Science Review*, v79 n288 p93-99
16. Fisher B.W. (1998), Australian students' appreciation of the greenhouse effect and the ozone hole, *Australian science teachers' journal*, 44, 46-55
17. Francis C., Boyes E., Qualter A., Stanisstreet M. (1993), Ideas of Elementary Students About Reducing the «Greenhouse Effect», *Science Education*, vol. 77 no 4 p.375-392.
18. Hann K., Brosnan T., Ogborn J. (1992), *Children and teachers talking science – Working paper 6: Discussion of Results*, London: Institute of Education, University of London
19. Khalid T. (2003), Pre-service High School Teachers' Perceptions of Three Environmental Phenomena, *Environmental Education Research*, v9 n1 p. 35-50

20. Koulaidis V., Christidou V. (1999), Models of students' thinking concerning the greenhouse effect and teaching implications, *Science Education*, 83, 559-576
21. Koulaidis V., Christidou V. (1993), Teachers' Views of the Greenhouse Effect, *European Conference TOUCH 92: Breaking through barriers – A European Initiative on Environmental Education*, Conference Proceedings, Aristotle University of Thessaloniki
22. Leighton J.P., Bisanz G.L. (2003), Childrens' and adults' knowledge and models of reasoning about the ozone layer and its depletion, *International Journal of Science Education*, vol. 25, no 1, p. 117-139
23. Lenzen M., Dey C., Murrwy J. (2002), A personal approach to teaching about climate change, *Australian Journal of Environmental Education*, 18, 35-45
24. Littlely M., (1996), Science education for environmental awareness in a postmodern world, *Environmental Education Research*, 2, 197-214.
25. 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
26. Myers G., Boyes E., Stanisstreet M. (1999), Something in the Air: School Students' Ideas about Air Pollution, *International Research in Geographical and Environmental Education*, Vol. 8 no 2 p. 118
27. Ogborn J., Mariana M., Martins I. (1994), *Common-sense Understanding of Science, Working Paper 1: The Ontology of Physical Events*, Institute of Education, University of London
28. Osterlind K. (2005), Concept formation in environmental education 14-year olds' work on the intensified greenhouse effect and the depletion of the ozone layer, *International Journal of Science Education*, vol. 27, no 8, p. 891-908
29. Papadimitriou V. (2004), Prospective Primary Teachers' Understanding of Climate Change, Greenhouse Effect, and Ozone Layer Depletion, *Journal of Science Education and Technology*, Volume 13, Number 2, P. 299 – 307
30. Plunkett S., Skamp K. (1994), The Ozone Layer and Hole Children's' Conceptions, presented in *Australian Science Education Research Association Conference*, Hombart, Tasmania, 10-13 July 1994
31. Rye J., Rubba P., Wiesenmayer R. (1994), Middle School Students' Conceptions of Global Warming Following STS Instruction, presented in *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Anaheim, CA, 26-29 March 1994
32. Solomon J. (1993), The Social Construction of Children's Scientific Knowledge, Chapter 5 of Black P., Lucas A. (eds), *Children's Informal Ideas in Science*, London, Routledge
33. Summers M., Kruger C., Childs A., Mant, J. (2000), Primary School Teachers' Understanding of Environmental Issues: An Interview Study, *Environmental Education Research*, v.6 n.4 p.293-312
34. Thornber J. , Stanisstreet M. , Boyes E. (1999), School Students' Ideas About Air Pollution: Hindrance or Help For Learning? , *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 8, No 1, p. 71
35. UN (1992), *Report of the United Nations conference on environment and development* , Rio de Janeiro, 3-14 June 1992
36. UNEP (2000), *Global Environmental Outlook, Chapter Five: Outlook and Recommendations – Recommendations for Action*, DEIA & EW / UNEP – R. Clarke, Chapman Bounford & Associates
37. UNESCO (1999), *Η Διακήρυξη της Τιφλίδας*, (1977), ΠΕΕΚΠΕ, Αθήνα
38. UNESCO (1997), *Διακήρυξη Θεσσαλονίκης*, εκδ., Πανεπιστήμιο Αθηνών – ΜΙΟ-ECSDE, Θεσσαλονίκη