

Η ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΩΣ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ. ΜΙΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΛΥΣΙΑΩΝ ΣΤΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ.

Ριζάκη Αικατερίνη*, Υποψήφια Διδάκτορας, Π.Τ.Δ.Ε. Παν. Αθηνών, krizaki@primedu.uoa.gr
Κόκκοτας Παναγιώτης, Ομ. Καθηγητής, Π. Τ. Δ. Ε. Παν. Αθηνών, kokkotas@primedu.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία μελετά το ρόλο της έννοιας της ενέργειας στην οικολογική κατανόηση και την αναδεικνύει ως προϋπόθεση για αυτή την κατανόηση. Στη συνέχεια προτείνει μια διδακτική παρέμβαση για την ενέργεια εποικοδομητικού χαρακτήρα με βάση επιστημολογικά, ψυχολογικά, σημειωτικά και διδακτικά επιχειρήματα. Η πρόταση αναδεικνύει τον ενοποιητικό διαφανομενολογικό χαρακτήρα της έννοιας της ενέργειας με την ενιαία αντιμετώπιση ηλεκτρικών, θερμικών και μηχανικών φαινομένων, ενώ χρησιμοποιεί ως βάση το μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων. Στη συνέχεια επιδιώκει τη διεύρυνση του πεδίου εφαρμογής της έννοιας, περιλαμβάνοντας θέματα Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος στο πλαίσιο ενός ένθετου εισάγοντας και τις τεχνολογικές μορφές ενέργειας καθώς και τις επιπτώσεις της Τεχνολογίας στο Περιβάλλον. Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι γίνεται μια προσπάθεια ένταξης τεχνολογικών και περιβαλλοντικών και γενικότερα κοινωνικών θεμάτων στη διδακτική πρόταση.

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό αφενός μεν να μελετήσει το ρόλο της έννοιας της ενέργειας στην οικολογική κατανόηση και αφετέρου να αναδείξει την έννοια της ενέργειας ως προϋπόθεση για αυτή την κατανόηση. Να παρουσιάσει μια εποικοδομητική διδακτική πρόταση για την έννοια της ενέργειας.

Η ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΩΣ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ

Τα τελευταία χρόνια υποστηρίζεται ότι είναι απαραίτητη για τους σύγχρονους ανθρώπους κάποια βασική κατανόηση της λειτουργίας του οικοσυστήματος (Capra, 1997). Η κατανόηση αυτή αφορά τη συμπεριφορά μας προς τα οικοσυστήματα και το περιβάλλον εφόσον αποδεχτούμε ότι υπάρχει μια σχέση μεταξύ του τρόπου που εμείς σκεφτόμαστε και του τρόπου με τον οποίο εμείς πράττουμε (Carlsson 2002a). Επί πλέον σύμφωνα με την (Carlsson, 2002a) εάν γνωρίζουμε τους τρόπους κατανόησης των οικολογικών θεμάτων από τους ανθρώπους μπορούμε να προσπαθήσουμε περισσότερο αποτελεσματικά να επηρεάσουμε αυτούς τους τρόπους σκέψης έτσι ώστε να γίνουν περισσότερο σύμφωνοι με τις επιστημονικές απόψεις. Η κατανόηση των οικολογικών θεμάτων ή καλύτερα η οικολογική κατανόηση σύμφωνα με τις απόψεις των Leach et al (1996a) αναφέρεται στους τρόπους σκέψης και εξήγησης καταστάσεων που περιλαμβάνουν τους κύκλους της ύλης, τη ροή της ενέργειας και την αλληλεξάρτηση των οργανισμών στα οικοσυστήματα. Για τη σχέση των οργανισμών στα οικοσυστήματα αναφέρονται έξι χαρακτηριστικά τα οποία αναγνωρίζονται ως ιδέες 'κλειδιά' και είναι: η μεταφορά της ύλης και της ενέργειας μεταξύ των οργανισμών, η ανταλλαγή της ύλης και της ενέργειας με το περιβάλλον, ο ανταγωνισμός των οργανισμών, η φωτοσύνθεση, η αναπνοή και η αποσύνθεση. Η Carlsson (2002a) αναγνωρίζει ότι οι μαθητές πρέπει να έχουν ειδικές γνώσεις για να κατανοήσουν θέματα που αφορούν τη λειτουργία του οικοσυστήματος δηλαδή τη φωτοσύνθεση, τον κύκλο της ύλης και τη ροή της ενέργειας ενώ θεωρεί ότι πρέπει να προστεθεί η σχέση του ανθρώπου με τη φύση ως ένα τμήμα της οικολογικής κατανόησης. Η ίδια με βάση την επισκόπηση των Pfundt & Duit (1994) για τους τρόπους σκέψης των μαθητών εντοπίζει κάποια ευρήματα για την οικολογική κατανόηση. Ειδικότερα αναφέρει: α) η διατήρηση των ατόμων και οι μετατροπές της ύλης είναι διαδικασίες που δεν είναι κοινώς αποδεκτές, β) η ιδέα της ενέργειας και της μετατροπής της υιοθετείται πολύ δύσκολα ενώ η ιδέα

της κατανάλωσης είναι περισσότερο αποδεκτή, γ) η ύλη και η ενέργεια δεν αναφέρονται ως διαφοροποιημένες στο πλαίσιο του οικοσυστήματος, δ) η ιδέα ότι η χημικά μετατρέπόμενη τροφή αποθηκεύεται στο υλικό σώμα δημιουργεί προβλήματα στους σπουδαστές, ε) η φωτοσύνθεση κατανοείται με διαφορετικούς τρόπους και κυρίως με το ότι το φυτό παίρνει την τροφή του από το έδαφος, στ) η διαδικασία της αναπνοής είναι γενικά άγνωστη και ειδικότερα για τα φυτά, ζ) το έδαφος κατανοείται ως τελικός σκοπός των διαδικασιών αποσύνθεσης και η) η λειτουργία του οικοσυστήματος δεν παρουσιάζεται ως ένα αλληλοσυσχετιζόμενο όλο.

Από τα παραπάνω σε μια πρώτη εκτίμηση παρατηρούμε ότι η ενέργεια διαδραματίζει ένα βασικό ρόλο ως έννοια στην οικολογική κατανόηση. Από την προσωπική μας βιβλιογραφική επισκόπηση για τα προβλήματα της σκέψης των μαθητών και των ενηλίκων (οι τελευταίοι παρά το γεγονός ότι διδάχτηκαν στο σχολείο τις έννοιες εξακολουθούν να εμφανίζουν εναλλακτικές αντιλήψεις) σε θέματα φωτοσύνθεσης, οικοσυστημάτων και γενικότερα οικολογικής κατανόησης, όπου η κατανόηση της έννοιας της ενέργειας επηρεάζει την κατανόηση αυτών των εννοιών. Επιπλέον οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών και των ενηλίκων για την ενέργεια στην έμβια ύλη είναι παρόμοιες με αυτές που εμφανίζονται στην άβια ύλη.

Η φωτοσύνθεση κατά τον Arnon αποτελεί την πιο ενδιαφέρουσα βιοχημική διαδικασία στη Γη ενώ η έρευνα διαπιστώνει ότι είναι ένα σχετικά δύσκολο θέμα για τους μαθητές (Johnstone & Mahmood (1980); Finley, Stewart & Yaroch (1982)). Οι Eisen & Stany (1998) θεωρούν ότι το πιο δύσκολο θέμα είναι η ενεργειακή πλευρά στη φωτοσύνθεση. Από την έρευνα του Baker (1985a) προκύπτει ότι οι μαθητές έχουν απόψεις ότι τα φυτά παίρνουν ενέργεια από πολλές πηγές. Πολλοί από αυτούς θεωρούν ότι τα φυτά κάνουν κατευθείαν χρήση της ηλιακής ενέργειας στις διαδικασίες της ζωής. Σε μια παρόμοια έρευνά του (Baker, 1985b) οι μαθητές αναφέρουν ότι η τροφή του φυτού είναι ένα υλικό που απορροφάται. Ο ίδιος (1985c) διαπιστώνει ότι οι μαθητές αποδίδουν μια ποικιλία από λειτουργίες στα φύλλα π.χ. απορροφούν νερό και ηλιακό φως, προκειμένου να αισθάνονται καλύτερα. Οι Leach et al (1996) στη μελέτη τους για την οικολογική κατανόηση των μαθητών από 5 έως 16 ετών εντοπίζουν τέτοιες ιδέες και μετά από τη σχετική διδασκαλία που αφορά την ενέργεια. Οι μαθητές σε όλες τις ηλικίες πιστεύουν ότι τα φυτά χρειάζονται κάποια πηγή τροφής, οι μεγαλύτεροι μαθητές όμως θεωρούν ότι τα φυτά χρειάζονται το έδαφος ως μια πηγή τροφής, και μόνο από την ηλικία των 16 ετών μικρός αριθμός μαθητών θεωρεί ότι τα φυτά κατασκευάζουν τη δική τους τροφή ενώ μια πλειοψηφία των μαθητών χρησιμοποιεί τις λέξεις τροφή, τρόφιμα και ενέργεια εναλλακτικά. Οι Eisen & Stavy (1998) διατυπώνουν ότι οι φοιτητές που σπουδάζουν Βιολογία και οι φοιτητές που είχαν λάβει μέρος σε προγράμματα Βιολογίας έχουν σε ίσα ποσοστά την άποψη πως η ενέργεια του Ήλιου είναι ένα υλικό το οποίο απορροφούν τα φυτά για να χτίσουν τα σώμα τους. Κατά την άποψή μας αυτό αποτελεί μια επιπλέον απόδειξη των δυσκολιών που οι σπουδαστές αντιμετωπίζουν για την έννοια της ενέργειας. Η άποψη ως συστατικό, υλικό έχει διαπιστωθεί και από τους Watts (1983) και Ault, Novak & Gowin (1988) στην άβια ύλη. Οι Leach et al (1996c) διαπιστώνουν ότι οι ιδέες των μαθητών για την ενέργεια στο πλαίσιο του οικοσυστήματος αφορούν τις αλληλεξαρτήσεις των οργανισμών σχετικά με τους πληθυσμούς. Οι μαθητές εμφανίζουν περιγραφικό συλλογισμό, πιστεύουν ότι οι οργανισμοί που είναι ψηλότερα στην ενεργειακή αλυσίδα είναι από 'υψηλότερη ενέργεια' και ότι για να τραφούν χρησιμοποιούν οργανισμούς από 'χαμηλότερη ενέργεια'. Κάποιοι άλλοι πιστεύουν ότι η ενέργεια προστίθεται διαμέσου της οικολογικής αλυσίδας. Στην κορυφή της αλυσίδας ένα αρπακτικό θα μπορεί να προσθέσει όλη την ενέργεια από τους παραγωγούς και τους άλλους καταναλωτές. Κάποιοι μαθητές πιστεύουν ότι τα φυτά έχουν περισσότερη ενέργεια επειδή είναι πλησιέστερα στον Ήλιο από τους άλλους οργανισμούς. Οι Barak et al (1999) αναφέρουν ότι οι μαθητές πιστεύουν ότι δεν υπάρχει μόνο μια πηγή ενέργειας αλλά πολλές: τροφή, νερό και οξυγόνο και εμφανίζουν ιδέες κατανάλωσης για την ενέργεια και στα βιολογικά φαινόμενα. Η άποψη της κατανάλωσης της ενέργειας εμφανίζεται και στους δασκάλους όπως διαπιστώνει η Carlsson (2002b). Οι Boyes & Stanisstreet (1990) διαπιστώνουν σε μαθητές από 11 έως 16 ετών ότι δεν μπορούν να διακρίνουν μεταξύ της ενέργειας που απαιτείται στα φυτά και άλλων απαιτήσεων οι οποίες δεν περιλαμβάνουν ενέργεια όπως το νερό ή το έδαφος. Για τα ζώα θεωρούν ότι παίρνουν την ενέργεια από την τροφή τους. Παρόμοιες απόψεις διατυπώνουν και φοιτητές Φυσικής και

Βιολογίας σύμφωνα με τους Boyers & Stanisstreet (1991). Θεωρούν και οι δυο ομάδες ότι τα φυτά παίρνουν ενέργεια από το έδαφος, το νερό και τον αέρα. Οι Barak et al (1997) σε μια συγκριτική θεώρηση απόψεων μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης υψηλών επιδόσεων και δασκάλων Βιολογίας παρατηρούν ότι οι μαθητές και οι δάσκαλοι έχουν δυσκολίες στην εφαρμογή του νόμου της διατήρησης της ενέργειας σε βιολογικό πλαίσιο. Ανακαλύπτουν μια διαισθητική γνώση του δεύτερου θερμοδυναμικού νόμου όπως διαπιστώθηκε και από άλλους ερευνητές στην άβια ύλη, όπως η Solomon (1983) και οι Kesidou & Duit, (1993).

ΜΙΑ ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΚΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Από την παραπάνω ανάλυση φαίνεται ότι τα περισσότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι μαθητές αλλά και οι ενήλικες στην οικολογική κατανόηση έχουν άμεση σχέση με την έννοια της ενέργειας, ενώ οι απόψεις τους για την ενέργεια σε φαινόμενα της έμβιας ύλης συγκλίνουν με αυτές σε φαινόμενα της άβιας ύλης. Στα πλαίσια μιας αντιμετώπισης της κατάστασης ο Gayford (1986) προτείνει ότι πριν την ενασχόληση με θέματα έμβιας ύλης και ενέργειας είναι προηγουμένως απαραίτητη η κατανόηση της φύσης της ενέργειας στα πλαίσια του πρώτου και δεύτερου θερμοδυναμικού νόμου. Η άποψη αυτή συγκλίνει και με τη δική μας άποψη για την εννοιολογική προσέγγιση της ενέργειας στο θερμοδυναμικό πλαίσιο. Οι επιλογές μας καταλήγουν σε μια διδακτική πρόταση για τη στοιχειώδη εκπαίδευση, η οποία έχει σαν βάση το μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων, πρόταση που τεκμηριώνεται με επιστημολογικά, ψυχολογικά, σημειωτικά και διδακτικά επιχειρήματα.

Το θερμοδυναμικό πλαίσιο με την επιστημολογική ανάλυση αποδεικνύεται ως το καταλληλότερο για το διδακτικό μετασχηματισμό της έννοιας της ενέργειας, αφού η ενέργεια στην αρχή διατήρησης ($1^{ος}$ θερμοδυναμικός νόμος) είναι αυτόνομη έννοια, και δεν εκφράζει μια δυναμική εξίσωση ενεργειακών μετατροπών όπως η αρχή διατήρησης της Μηχανικής που είναι μια παράγωγη αρχή από το θεώρημα έργου-ενέργειας (Arons, 1992, Arons, 1999). Ένας σύγχρονος ορισμός σύμφωνα με τον Lehrman (1973) θα πρέπει να στηρίζεται στον πρώτο και δεύτερο θερμοδυναμικό νόμο. Ο Bory (1974) θεωρεί ότι ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος περικλείει τρεις ιδέες: α) τη διατήρηση, β) την ιδέα της ισοδυναμίας θερμότητας και έργου, γ) την ιδέα της αποθήκευσης, ενώ ο Zemansky (1968) θεωρεί ότι περιέχει α) την εσωτερική ενέργεια, β) την αρχή διατήρησης και γ) τον ορισμό της θερμότητας ως ενέργεια λόγω διαφοράς θερμοκρασίας. Ο δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος περικλείει την έννοια της υποβάθμισης. Με βάση αυτά προσεγγίζουμε την έννοια της ενέργειας μέσα από τις ιδιότητές της την αποθήκευση, τη μεταφορά, τη μετατροπή, τη διατήρηση και την υποβάθμιση. Από την ιστοριογραφική ανάλυση διαπιστώνουμε επίσης ότι η εξέλιξη της έννοιας της ενέργειας σχετίζεται άμεσα με την αιτιότητα (ενεργειακή διατύπωση του Mayer Helmholtz όπως αναφέρεται από τον Bevilacqua (1993) και τον Harman (1994).

Από τη βιβλιογραφία οι μαθητές της κατώτερης βαθμίδας της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης εκφράζουν ενεργειακούς συλλογισμούς καταρχήν συμβατούς προς το επιστημονικό μοντέλο είτε σε μονο-φαινομενολογικές καταστάσεις (κυρίως σε ηλεκτρικά και θερμικά φαινόμενα) είτε σε πολυ-φαινομενολογικές καταστάσεις όταν ενεργοποιούν το γραμμικό αιτιακό συλλογισμό (Koliopoulos & Ravanis, 1998). Αλλά και οι μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης εκφράζουν προενεργειακές αιτιακές αντιλήψεις σύμφωνα με δική μας έρευνα. Ο συνδυασμός των παραπάνω διαπιστώσεων θέτει κριτήρια επιλογών για τη διδακτική μας πρόταση τα οποία συγκλίνουν στο μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων (Lemeignan Weil Barais 1997) αφού το σημαντικότερο γνώρισμά του είναι ο αιτιακός του χαρακτήρας. Η επιλογή μας σχετίζεται με το ότι στην κατασκευή του συγκλίνουν επιστημολογικά και ψυχολογικά επιχειρήματα, δίνοντας μια μορφή διδακτικού μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης σε σχολική γνώση. Η επιλογή αυτή ενισχύεται από τις σύγχρονες απόψεις που προτείνουν τη χρήση των γραφικών αναπαραστάσεων στη διδασκαλία των τυπικών εννοιών για τη βαθύτερη κατανόησή τους, όπως η ενέργεια σε βαθμίδες της εκπαίδευσης που υπάρχει στους μαθητές χαμηλό μαθηματικό υπόβαθρο (Ametller & Pinto, 2002). Η διδακτική προσέγγιση έχει ως βασική δομή τη γραφική αναπαράσταση των

ενεργειακών αλυσίδων, πρόκειται για ένα οπτικό μήνυμα, στο σχεδιασμό των οποίων λαμβάνουμε υπόψη τους κανόνες της οπτικής γραμματικής, όπως αυτοί υπαγορεύονται από τους Kress & Leeuwen (1996) στο πλαίσιο της κοινωνικής σημειωτικής, αλλά και τα πορίσματα ερευνών για τα χαρακτηριστικά τους, το ρόλο τους στη διδασκαλία, τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην ανάγνωσή τους και την ενημερότητα των δασκάλων για αυτές τις δυσκολίες (Pinto & Ametller, 2002; Stylianidou, 2002; Pinto, 2002).

Στην πρότασή μας επιδιώκουμε μια ενοποίηση των φυσικών φαινομένων ώστε να αναδεικνύεται ο ενοποιητικός - διαφαινομενολογικός χαρακτήρας της έννοιας της ενέργειας με ενιαία αντιμετώπιση των ηλεκτρικών, θερμικών και μηχανικών φαινομένων. Τα διάφορα φυσικά συστήματα μπορούν να λειτουργούν ως αποθήκες, μετατροπείς και αποδέκτες. Λαμβάνουμε υπόψη τη δυνατότητα των μαθητών να διακρίνουν μια εμφανή αποθήκη ενέργειας, και έναν εμφανή αποδέκτη και να υπάρχει ένα εμφανές αποτέλεσμα στο πλαίσιο μιας δράσης, έτσι ώστε οι μαθητές να μπορούν να εντοπίζουν κάποιο αίτιο. Η διδακτική πρόταση περιλαμβάνει έντεκα διδακτικές ενότητες σε μορφή φύλλων εργασίας. Η κύρια επιδίωξη σε κάθε ενότητα είναι η κατασκευή της ενεργειακής αλυσίδας η οποία περιλαμβάνει τις χαρακτηριστικές ιδιότητες της ενέργειας. Οι μαθητές κάνουν πειράματα και με τη δική μας υποστήριξη προχωρούν σε ανάλυση με όρους αντικειμένων και στη συνέχεια με όρους διανομής. Θέτουμε σε πρώτο πλάνο της ιδέα της μεταφοράς και του περιεχομένου προτού μιλήσουμε για τις ιδιαίτερες μορφές της ενέργειας. Αυτά τα δυο επίπεδα απορρέουν από μια επαγωγική πορεία η οποία βασίζεται στις γνώσεις των μαθητών και αποτελούν μια εισαγωγή σε μια υποθετικο- παραγωγική πορεία σε δυο επίπεδα: α) εισάγεται η υπόθεση ότι η ενέργεια μεταφέρεται από ένα σύστημα (αποθήκη) σε άλλο σύστημα (αποδέκτη ή μετατροπέα), ενώ τα συστήματα και μόνο κατέχουν ενέργεια. Το μεταξύ των συστημάτων εκφράζεται με μια μεταφορά ενέργειας β) η υπόθεση της διατήρησης εισάγεται σε ένα σύστημα αποδέκτη, που αφορά μια ποσότητα νερού που θερμαίνεται. Στη συνέχεια εισάγεται επίσης και σε ένα σύστημα μετατροπέα (λαμπτήρα που ανάβει). Το συμβολικό σύστημα που χρησιμοποιούμε στις γραφικές αναπαραστάσεις των αλυσίδων είναι: με τετράγωνο αναπαριστούμε μια αποθήκη ή ένα αποδέκτη και με τρίγωνο ένα μετατροπέα. Οι μορφές ενέργειας αναγράφονται μέσα στα πλαίσια του τετραγώνου ενώ οι τρόποι μεταφοράς πάνω στα βέλη που παριστάνουν τη μεταφορά. Η γραφική αναπαράσταση δίνει τη δυνατότητα για σαφή διάκριση της αποθηκευμένης και της μεταφερόμενης ενέργειας.

Ενεργοποιούμε τις προενεργειακές αιτιακές αντιλήψεις των μαθητών και επιδιώκουμε να προσεγγίσουν τη γνώση αναφοράς, η οποία ορίστηκε στα πλαίσια του πρώτου και δεύτερου θερμοδυναμικού νόμου (ιδιότητες της ενέργειας). Επιδιώκουμε τη διεύρυνση του πεδίου εφαρμογής της έννοιας, περιλαμβάνοντας θέματα Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος στο πλαίσιο ενός ένθετου. Ενδεικτικά αναφέρουμε μερικά θέματα που αφορούν τις δραστηριότητες του ένθετου. Εισάγονται οι τεχνολογικές μορφές ενέργειας και γίνεται διάκριση των θεωρητικών και τεχνολογικών μορφών ενέργειας, ενώ επιδιώκεται η ανάδειξη σχέσεων ανάμεσα σε αυτές, δηλαδή η αιολική ενέργεια είναι κινητική ενέργεια του ανέμου, η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η δυναμική ενέργεια του νερού λόγω της θέσης του σε ένα υδροηλεκτρικό φράγμα. Οι αποθήκες ενέργειας είναι σώματα που περιέχουν αποθηκευμένη ενέργεια όπως ο Ήλιος, το πετρέλαιο, οι ορυκτοί άνθρακες και δεν αποτελούν τα ίδια ενέργεια. Συγχρόνως γίνεται μια προσπάθεια για τη σύνδεση της ενέργειας του Ήλιου με την αιολική, την ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας, την υδροηλεκτρική ενέργεια ώστε οι μαθητές να κατανοήσουν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στη συνέχεια την αναγκαιότητα εκμετάλλευσής τους. Παράλληλα επιδιώκουμε και τη μελέτη θεμάτων που αφορούν τις επιπτώσεις της τεχνολογίας στο περιβάλλον όπως την ενεργειακή κρίση, το φαινόμενο του θερμοκηπίου και ρύπανση της ατμόσφαιρας. Μπορούμε να θεωρήσουμε με βάση τα παραπάνω ότι γίνεται μια προσπάθεια ένταξης τεχνολογικών, περιβαλλοντικών και γενικότερα κοινωνικών θεμάτων στη διδακτική μας πρόταση.

Πιστεύουμε ότι η κατανόηση των ιδιοτήτων της έννοιας της ενέργειας με βάση τις ενεργειακές αλυσίδες θα συντελέσει στην κατανόηση οικολογικών θεμάτων. Ειδικότερα η κατανόηση της διατήρησης και της υποβάθμισης της ενέργειας βοηθάει να αναδομήσουν οι μαθητές την άποψη της κατανάλωσης, άποψη που συμπίπτει με την καθημερινή αντίληψη. Κατανόηση της υποβάθμισης της ενέργειας σημαίνει ότι σε κάθε διαδικασία που συμβαίνει στη φύση η ποιότητα της ενέργειας

υποβαθμίζεται, αν και διατηρείται σαν ποσότητα, δηλαδή μια ποσότητά της δεν μπορεί να αξιοποιηθεί γιατί μεταφέρεται στο περιβάλλον ως θερμότητα. Απόψεις για την ενέργεια σύμφωνα με τις οποίες οι οργανισμοί που είναι ψηλότερα στην τροφική αλυσίδα είναι και από 'υψηλότερη ενέργεια' και ότι το αρπακτικό στην κορυφή της αλυσίδας θα μπορεί να προσθέσει όλη την ενέργεια από τους παραγωγούς και τους άλλους καταναλωτές, μπορούν να αναδομηθούν στα πλαίσια της κατανόησης των ενεργειακών μετατροπών και των απωλειών της ενέργειας προς το περιβάλλον (ιδιότητες της ενέργειας) σε κάθε διαδικασία ζωής. Σε θέματα φωτοσύνθεσης ειδικότερα που οι μαθητές ακόμη και οι ενήλικες θεωρούν ότι η τροφή του φυτού είναι κάποιο υλικό που απορροφάται ή ότι η ενέργεια του Ήλιου είναι υλικό που απορροφούν τα φυτά για να χτίσουν τα σώματά τους με την πρότασή μας διαπιστώνουν ότι η ενέργεια είναι μια αφηρημένη οντότητα, η οποία έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύεται, να διατηρείται, να υποβαθμίζεται, να μεταφέρεται και να μετατρέπεται. Για παράδειγμα ο Ήλιος έχει αποθηκευμένη ενέργεια η οποία μεταφέρεται με ακτινοβολία στη Γη. Η ενέργεια που Ήλιος που μεταφέρεται έχει σχέση με τις διαδικασίες που συμβαίνουν στη Γη χωρίς ή με την επέμβαση του ανθρώπου. Η κατανόηση της αποθήκευσης της ενέργειας αφορά τα σώματα που την αποθηκεύουν ενώ τα ίδια δεν είναι ενέργεια αλλά περιέχουν ενέργεια, όπως οι μπαταρίες, οι τροφές κ.ά. Τα σώματα περιέχουν αποθηκευμένη ενέργεια σε διάφορες μορφές: για παράδειγμα, χημική ενέργεια, δυναμική ενέργεια λόγω θέσης ή παραμόρφωσης. Η αναδόμηση της άποψης ότι ένα σώμα ή ένα υλικό δεν είναι ενέργεια, κατά την άποψή μας θα έχει σαν αποτέλεσμα να μη θεωρούν την ενέργεια του Ήλιου ως υλικό. Τελειώνοντας μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι η πρότασή μας δίνει τη δυνατότητα προσεγγίζοντας την εννοιολογική φύση της ενέργειας μέσω των ιδιοτήτων της οι μαθητές να έχουν μια ουσιαστικότερη κατανόηση της ενέργειας, οπότε στη συνέχεια αυτή η κατανόηση να συμβάλλει αποφασιστικά και όχι μόνο στην οικολογική κατανόηση αλλά στην κατανόηση περιβαλλοντικών θεμάτων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Amettler, J. & Pinto, R. (2002). Students' reading of innovative images of energy at secondary school level, *International Journal Science Education*, Vol. 24. No. 3, 285-312.
- Arnon, D. I. (1882). Sunlight, earth life- the grand design of photosynthesis, *The Sciences*, Vol. 22, No. 7, 22-27.
- Arons, A. B. (1999). Development of energy concepts in introductory physics courses. *American Journal of Physics* 67 (12), 1063-1066.
- Arons, A.B. (1992). *Οδηγός διδασκαλίας Φυσικής*, Μετάφραση Α. Βαλανάκης, Εκδόσεις Τροχαλία.
- Ault, C., Novak, J. & Gowin, D. (1988). Constructing Vee Maps for clinical interviews on energy concepts, *Science Education*, 72(4):515-545.
- Barak, J. Gorodetsky, M. and Chipman, D. (1997). Understanding of energy in biology and vitalistic conceptions, *International Journal of Science Education*, Vol. 19, No 1, 21-30.
- Barak, J., Sheva B., Gotodetsky, M., Gurion, B. and Sheva, B. (1999). A 'process as it can get: students' understanding of biological processes, *International Journal of Science Education*, Vol. 21, No. 12, 1281 – 1292.
- Barker, M. & Carr, M. (1989a). Teaching and learning about photosynthesis. Part 1: An assessment in terms of students' prior knowledge, *International Journal of Science Education*, Vol. 11, No 1, 49-56.
- Barker, M. & Carr, M. (1989b). Teaching and learning about photosynthesis. Part 2: A generative learning strategy, *International Journal of Science Education*, Vol. 11, No. 2, 141-152.
- Barker, M. A. (1985a). *Plants and energy*, Working Paper No.225 (Science Education Research Unit, University of Waikato, Hamilton, New Zealand.
- Barker, M. A. (1985b). *Plants and food*, Working Paper No. 227 (Science Education Research Unit, University of Waikato, Hamilton, New Zealand.
- Barker, M.A. (1985c). *Leaves and chlorophyll*, Working Paper No. 223 (Science Education Research Unit, University of Waikato, Hamilton, New Zealand.

- Bevilacqua, F. (1993). *Helmholtz's Ueber die erhaltung der Kraft- The emergence of a theoretical Physicist in Herman von Helmholtz and foundations of nineteenth century Science*, Edited by David Caham, University of California Press.
- Bory, C. (1974). *La Thermodynamique*, Presses Universitaires de France.
- Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1990). Pupils' ideas concerning energy sources, *International Journal of Science Education*, Vol.12, No. 5 , 513-529.
- Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1991). Misconceptions in first- year undergraduate science students about energy sources for living organisms, *Journal of Biological Education*, Vol.25, No. 5, 209-213.
- Capra, F.(1997). *The Web of life, A New Understanding of Living System* (New York: anchor Books Doubleday).
- Carlsson, B. (2002a). Ecological understanding 1: ways of experiencing photosynthesis, *International Journal of Science Education*, Vol. 24, No. 7, 681-699.
- Carlsson, B. (2002b). Ecological understanding 2: transformation- a key to ecological understanding, *International Journal of Science Education*, Vol. 24, No. 7, 701- 715.
- Eisen, Y. & Stavy, R. (1988). Students understanding of photosynthesis, *The American Biology Teacher*, Vol. 50, No. 4, 208- 212.
- Finley, N.F. Stewart, J. and Yarroch, W. L.(1982). Teachers' perceptions of important and difficult science concepts, *Science Education*, Vol. 66, No. 4, 531-538.
- Gayford, C.G. (1986). Some aspects of the problems of teaching about energy in school biology, *European Journal of Science Education*, Vol. 8, No 4, 443- 450.
- Johnstone, A. H. and Mahmood, N. A. (1980). Isolating topics of high perceived difficulty in school biology, *Journal of Biological Education*, Vol. 14, No. 2, 163-166.
- Kesidou, S. & Duit, R. (1993). Students' Conceptions of Second Law of Thermodynamics- An Interpretive Study, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 30, No 1, pp 85- 106.
- Koliopoulos, D.& Ravanis, K. (2001). Didactic implications from students' ideas about energy: An approach to mechanical, thermal and electrical phenomena, *Themes in Education*, 2(2-3), 161-173.
- Kress G. & Leeuwen van T. (1996). *The grammar of visual design*, Routledge.
- Lehrman R.L. (1973). Η ενέργεια δεν είναι η ικανότητα παραγωγής έργου. *Επιθεώρηση Φυσικής*, 1, 17-20.
- Leach, J., Driver, D., Scott, P., & Wood- Robinson, C. (1995a). Children's ideas about ecology 1: theoretical background, design and methodology, *International Journal of Science Education*, Vol.17, No. 6, 721-732.
- Leach, J., Driver, R., Scott P.and Wood- Robinson, C. (1996b). Children's ideas about ecology 2: ideas found in children aged 5- 16 about the cycling of matter, *International Journal of Science Education*, Vol. 18, No 1, 19-34.
- Leach J., Driver, R., Scott P. and Wood- Robinson, C. (1996c). Children's ideas about ecology 3: ideas found in children aged 5- 16 about the interdependency of organisms, *International Journal of Science Education* Vol. 18, No 2, 129-141.
- Lemeignan, G. & Weil Barais, A. (1997). *Η οικοδόμηση των εννοιών στη Φυσική*, Τυπωθήτω (Επιμέλεια-Μετάφραση Ν. Δαπόντες & Α. Δημητρακοπούλου).
- Harman, M. P. (1994). Ενέργεια, Δύναμη και Ύλη, *Η εννοιολογική εξέλιξη της Φυσικής κατά τον 19^ο αιώνα*, Επιστημονική, Μετάφραση Τάσος Τσιαντούλας, Επιμέλεια Κώστας Γαβρόγλου, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Pinto, R. (2002). Introduction to the Science Teacher Training in an Information Society Project, *International Journal of Science Education*, Vol.24, No. 3, 227-234.
- Pinto, R. & Ametller, J. (2002). Students' difficulties in reading images. Comparing results from four national research groups, *International Journal of Science Education*, 24, 3, 333-341.
- Pfundt, H. & Duit, R. (1994). *Students Alternative Frameworks and Science Education*, 4th Edition/ Auflage.

- Solomon, J. (1983). Learning about energy: how pupils think in two domains, *European Journal of Science Education*, Vol. 5, No. 1, 49-59.
- Stavy, R. , Eisen, Y. and Yaakobi, D. (1987). How students aged 13-15 understand photosynthesis, *International Journal of Science Education*, 9 (1), 105-115.
- Stylianidou, F. (2002). Analysis of science textbook pictures about energy and pupils' reading of them, *International Journal of Science Education*, Vol. 24, No.3, 257-283.
- Watts, D.M. (1983). Some alternative views of energy, *Physics Education*, Vol.18, 213-217.
- Zemansky, W.M. (1968). *Heat and Thermodynamics*, Fifth Edition.