

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ**  
**ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ**  
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
« Σύγχρονα περιβάλλοντα μάθησης και ανάπτυξη διδακτικού υλικού στις  
θετικές επιστήμες »

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΣΧΕΔΙΑΣΗ, ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ  
ΥΛΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ  
ΘΡΕΨΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΤΟ ΡΟΛΟ ΤΗΣ ΣΤΟ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ**

**ΚΑΤΣΑΝΤΩΝΗ ΑΘΑΝΑΣΙΑ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΕΣ: ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ  
ΣΤΑΥΡΙΔΟΥ ΕΛΕΝΗ**

**ΒΟΛΟΣ 2006**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 5825/1  
Ημερ. Εισ.: 11-09-2007  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ  
507  
ΚΑΤ

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Με την ολοκλήρωση της εργασίας αυτής θα ήθελα να ευχαριστήσω ολόθερμα την Καθηγήτρια κ. Βασιλική Παπαδημητρίου, επιβλέπουσα καθηγήτρια της παρούσας εργασίας, για την υποστήριξη και τη συνεχή καθοδήγηση σε όλη τη διάρκεια της εργασίας αυτής. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια κ. Ελένη Σταυρίδου, καθώς επίσης τους μαθητές του Δημοτικού Σχολείου Μακρινίτσας και το διευθυντή τους κ. Τίκα Αθανάσιο που πήραν μέρος στην έρευνα και βοήθησαν στην ολοκλήρωση της δουλειάς αυτής.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	3
Κεφάλαιο 1	
Επιστημονικές απόψεις για τη φωτοσύνθεση	5
Κεφάλαιο 2	
Θεωρητικό πλαίσιο για την έρευνα: Κοινωνικός εποικοδομητισμός και συνεργατική μάθηση	15
Κεφάλαιο 3	
Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για τις αντιλήψεις των παιδιών για τη φωτοσύνθεση και τη θρέψη των φυτών	20
Κεφάλαιο 4	
Διδακτικές προσεγγίσεις	27
Κεφάλαιο 5	
Ερευνητικό μέρος	34
5.1 Στόχοι της έρευνας	34
5.2 Υποθέσεις έρευνας	34
5.3 Δείγμα	34
5.4 Μέθοδος έρευνας	35

Κεφάλαιο 6	
Α' Μέρος	
Διερεύνηση των αντιλήψεων των παιδιών για τη Φωτοσύνθεση. Αποτελέσματα κα συζήτηση	38
Συμπεράσματα	
Β' Μέρος	
Διδακτική παρέμβαση	45
Αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων	48
Συμπεράσματα	
Κεφάλαιο 7	
Συμπεράσματα - προτάσεις	52
Βιβλιογραφία	55

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σήμερα αναμφίβολα ζούμε σε μια κοινωνία που κυριαρχείται από την Τεχνολογία και τις Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε) σε πολλά επίπεδα. Ως εκ τούτου ο κάθε πολίτης προκειμένου να ζήσει και να δημιουργήσει στη σύγχρονη κοινωνία είναι ανάγκη να έχει μια στοιχειώδη κατανόηση βασικών εννοιών από τις Φ.Ε καθώς πολλά θέματα που αφορούν άμεσα τη ζωή του έχουν άμεση σχέση με τις Φ.Ε.

Μέσα στο πλαίσιο της νέας κοινωνικής πραγματικότητας διαμορφώνονται νέες κατευθύνσεις για το περιεχόμενο, τους στόχους και τη διδασκαλία των Φ.Ε, οι οποίες περιγράφονται από τους όρους επιστήμη για όλους (science for all) και επιστημονικός – τεχνολογικός αλφαριθμητισμός (scientific – technological literacy). Προβάλλεται λοιπόν επιτακτική η ανάγκη αναπροσανατολισμού των Φ.Ε του σχολείου όσον αφορά στους στόχους διδακτικής και στο περιεχόμενο που διδάσκουν.

Έχει αποδειχθεί ότι η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, προκειμένου οι μαθητές/ριες να κατανοήσουν επιστημονικές έννοιες, δεν είναι κάτι εύκολο. Υποστηρίζεται (Harlen, 1992) ότι η ανάπτυξη της κατανόησης στις Φ.Ε εξαρτάται από την ικανότητα του/της μαθητή/ριας να χρησιμοποιεί τις επιστημονικές διαδικασίες (υπόθεση, παρατήρηση, πείραμα, μέτρηση, εξαγωγή συμπερασμάτων, επικοινωνία). Δίνεται λοιπόν βαρύτητα στην ανάπτυξη δεξιοτήτων στις διαδικασίες, λόγω του ρόλου που παίζουν στην κατανόηση επιστημονικών εννοιών.

Η έρευνα πάνω στην κατανόηση των μαθητών/ριών στις Φ.Ε έχει αναγνωριστεί ως ένα από τα πιο σημαντικά πεδία στη διδασκαλία των Φ.Ε. Το πρόβλημα της διδασκαλίας και της μάθησης θεμάτων του φυσικού κόσμου είναι γνωστό. Οι βιολογικές έννοιες που αναφέρονται σε λειτουργίες των οργανισμών παρουσιάζουν συνήθως ιδιαίτερες δυσκολίες. Γενικά από τη φύση της η βιολογία εμπεριέχει διαδικασίες που είναι πολύπλοκες και ως εκ τούτου γίνονται δύσκολα κατανοητές. (Eidson and Simmons, 1998, Barack et al., 1999, Buckley, 2000).

Στη διδασκαλία της βιολογίας πολλά θέματα αποτέλεσαν αντικείμενο προσοχής τις προηγούμενες δεκαετίες., όπως η φωτοσύνθεση (Amir and

Tamir 1994, Barker and Carr 1989, Canal 1999, Stavy et al 1987, Wandersee 1983).

Η φωτοσύνθεση είναι ένα πολύπλοκο βιολογικό θέμα. Είναι μια από τις βασικότερες λειτουργίες του έμβιου κόσμου και αποτελεί θέμα για διδασκαλία στην πρωτοβάθμια και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση σε όλες τις χώρες. Η φωτοσύνθεση αποτελεί τη γέφυρα μεταξύ ζωντανών και μη ζωντανών οργανισμών. Βοηθά έτσι τους μαθητές/ριες να κατανοήσουν τις αμοιβαίες σχέσεις των οργανισμών σ' ένα οικοσύστημα και να αντιληφθούν τη ροή της ενέργειας μέσα σ' αυτό (Anderson, Sheldom & Dubay, 1990).

Επομένως λόγω της μεγάλης της σπουδαιότητας και για το περιβάλλον, θεωρήθηκε ενδιαφέρον να αποτελέσει αντικείμενο της εργασίας αυτής η διαμόρφωση, εφαρμογή και αξιολόγηση μιας διδακτικής παρέμβασης με αφετηρία τις ιδέες των μαθητών/ριών (της Γ', Δ' και Στ' τάξης) ενός Δημοτικού σχολείου για τη φωτοσύνθεση και τη θρέψη των φυτών μέσα από μια εποικοδομητικού τύπου διδακτική παρέμβαση. Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία προκύπτει ότι όταν η διδασκαλία 'καθοδηγείται' από τις αρχές του κοινωνικού εποικοδομητισμού (Duit and Treagust, 1998) και αξιοποιεί διαδικασίες συνεργατικής μάθησης στη διδακτική πράξη (Cohen, 1994), μπορεί να επιτευχθούν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### **Επιστημονικές απόψεις για τη φωτοσύνθεση**

Η φωτοσύνθεση είναι μια μεταβολική διαδικασία, θεμελιακή για τη ζωή και τη συντήρηση των οργανισμών.

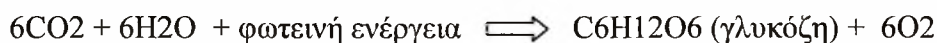
Είναι αναγκαίο να γίνει διαχωρισμός ανάμεσα σε δύο είδη ζωής:

- Αυτότροφοι οργανισμοί, οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί οι οποίοι περιλαμβάνουν τα πράσινα φυτά και ορισμένα βακτήρια που μπορούν να συνθέτουν οργανικά μόρια από ανόργανα υλικά
- Ετερότροφοι οργανισμοί, τα ζώα, οι μύκητες και κάποια βακτήρια, τα οποία δεν είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν την ενέργεια του φωτός και επομένως εξαρτώνται από τη βιομάζα που παράγεται από τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς.

Κάθε μορφή ζωής στη γη βασίζεται στη φωτοσύνθεση, μια διαδικασία κατά την οποία:

- Η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε χημική ενέργεια χρήσιμη για τις ανάγκες του κυττάρου
- Δημιουργούνται οργανικές ενώσεις, που είναι οι βασικές ουσίες των ζωντανών οργανισμών
- Ελευθερώνεται οξυγόνο

Η συνολική αντίδραση της φωτοσύνθεσης (αποτέλεσμα πολλών ενδιάμεσων χημικών αντιδράσεων) είναι:



Μέσω της φωτοσύνθεσης τα φυτά ελευθερώνοντας  $\text{O}_2$  και καταναλώνοντας  $\text{CO}_2$  έχουν φτιάξει το φιλικό περιβάλλον που ξέρουμε σήμερα. Άμεσα ή έμμεσα η φωτοσύνθεση καλύπτει όλες τις απαιτήσεις μας για τροφή και πολλές από τις ανάγκες μας για ίνες.



Η φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία με την οποία τα φυτά μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε χημική ενέργεια που μπορεί να αποθηκευτεί για μεταγενέστερη χρήση σε ουσίες όπως άμυλο και άλλοι υδατάνθρακες όπως η κυτταρίνη που φτιάχνει το μεγαλύτερο μέρος του ξύλου και άλλο φυτικό υλικό [<http://photoscience.la.asu.edu/photosyn/study.html-25k>]. Η φωτοσύνθεση είναι σημαντική γιατί μέσω αυτής παράγεται πρωτογενώς η οργανική ύλη, γίνεται δηλαδή η ενσωμάτωση του άνθρακα της ατμόσφαιρας μέσα σε ενώσεις οργανικές. Από αυτήν την άποψη τα φυτά που φωτοσυνθέτουν είναι οι παραγωγοί στην τροφική αλυσίδα.

Αυτή είναι η σημαντικότερη πλευρά της φωτοσύνθεσης. Υπάρχουν όμως και άλλες πλευρές στην ίδια διαδικασία, όπως η ενεργειακή (μετατροπή, αποθήκευση της ενέργειας), η βιοχημική (η αντίδραση), η φυσιολογική (η διαδικασία συνολικά με τις επιμέρους ρυθμίσεις) και η οικολογική πλευρά (Waheed and Lucas, 1992).

Η φωτοσύνθεση επιτάχυνε αναμφίβολα την προοδευτική ανάπτυξη του ανθρώπινου βίου με την αποτελεσματική μετατροπή του διοξειδίου του άνθρακα σε οργανικές ουσίες, από τις οποίες εξαρτώνται όλες οι μορφές ζωής (<http://www.biopolitics.gr/html/pubs/syllab/greek/biologyd.htm>).

Η ηλιακή ενέργεια δεν είναι μόνο η άμεση πηγή ενέργειας για τα πράσινα φυτά και όλους σχεδόν τους άλλους αυτότροφους οργανισμούς, αλλά και η έμμεση για όλους τους ετερότροφους οργανισμούς μέσα από τη λειτουργία των τροφικών αλυσίδων της βιόσφαιρας.

Το 90% της ενέργειας που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος σήμερα – γαιάνθρακες, γαιαέρια- είναι προϊόντα αποικοδόμησης βιολογικού υλικού, που παράχθηκε από φωτοσυνθετικούς οργανισμούς εδώ και εκατομμύρια χρόνια.

Έχοντας ως καύσιμο το ηλιακό φως, τα πράσινα φυτά χρησιμοποιούν διοξείδιο του άνθρακα, νερό και μεταλλικά στοιχεία για να παράγουν τροφή άμεσα ή έμμεσα, σχεδόν για όλες τις μορφές ζωής στη γη. Στην πορεία, ανεφοδιάζουν την ατμόσφαιρα απομακρύνοντας το διοξείδιο του άνθρακα και εκλύοντας καθαρό οξυγόνο.

Συνολικά τα πράσινα φυτά της γης παράγουν όπως υπολογίζεται 150 ως 400 δισεκατομμύρια τόνους σακχάρων. Το πετυχαίνουν αυτό χρησιμοποιώντας ηλιακή ενέργεια προκειμένου να αφαιρέσουν άτομα

υδρογόνου από μόρια νερού και κατόπιν να ενώσουν αυτά τα άτομα υδρογόνου με μόρια διοξειδίου του άνθρακα που περνούν από την ατμόσφαιρα, μετατρέποντας το διοξείδιο του άνθρακα σε έναν υδατάνθρακα γνωστό ως σάκχαρο (εικόνα 1).



Εικόνα 1: Η λειτουργία της φωτοσύνθεσης (από <http://users.thess.sch.gr/xariskuts/fotosynthesi.ppt>)

Τα φυτά κατόπιν χρησιμοποιούν τα νέα μόρια σακχάρου για ενέργεια, είτε μπορούν να τα συνδυάσουν για να σχηματίσουν άμυλο που θα το αποθηκεύσουν για τροφή ή κυτταρίνη, την σκληρή ινώδη ουσία από την οποία αποτελούνται οι φυτικές ίνες.

Η δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας γίνεται από τις χλωροφύλλες, πράσινες χρωστικές που βρίσκονται σε ειδικά πλαστίδια, τους χλωροπλάστες.

Η φωτοσύνθεση μπορεί να χωριστεί σε δύο στάδια:

- στο στάδιο των φωτεινών αντιδράσεων και
- στο στάδιο των σκοτεινών αντιδράσεων (Βιολογία Γενικής Παιδείας, Β' τάξης Λυκείου).

Για να γίνουν οι πρώτες χρειάζεται απαραίτητα φως. Με τις φωτεινές αντιδράσεις γίνεται η φωτόλυση του νερού. Τα μόρια δηλαδή της χλωροφύλλης απορροφούν φωτεινή ενέργεια, ενεργοποιούνται και στη συνέχεια ιονίζονται δηλαδή αποβάλλουν ηλεκτρόνια. Μέρος της ενέργειας των ενεργοποιημένων μορίων χρησιμοποιείται για να διασπαστούν μόρια του νερού σε  $O_2$  και  $H_2$ .

Το οξυγόνο αποβάλλεται στην ατμόσφαιρα, ενώ το υδρογόνο κατακρατείται από ειδικά μόρια στους χλωροπλάστες. Τα ηλεκτρόνια που έφυγαν από τα ενεργοποιημένα μόρια της χλωροφύλλης παίρνουν μέρος σε μια σειρά χημικών αντιδράσεων, μια από τις οποίες οδηγεί στο σχηματισμό της τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP).

Το διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ) με τη βοήθεια ενζύμου δεσμεύεται από ένα ζάχαρο με πέντε άτομα C (διφωσφοροριβουλόζη). Έτσι σχηματίζεται ένα ασταθές προϊόν με έξι άτομα C, που διασπάται σε δυο μόρια φωσφορογλυκερικού οξέος. Το φωσφορογλυκερικό οξύ με τη βοήθεια μορίων ATP και  $NADPH_2$  μετατρέπεται σε φωσφορογλυκεριναλδεύδη. Τα μόριά της είναι κατάλληλα για πολλές βιοσυνθέσεις. Έτσι σχηματίζεται γλυκόζη και διφωσφοροριβουλόζη, έτοιμη να ξαναδεσμεύσει μόρια  $CO_2$  και να συνεχιστεί ο προηγούμενος κύκλος.

Με γυμνό μάτι ολόκληρο το φύλλο φαίνεται πράσινο αλλά αυτό είναι οφθαλμαπάτη. Όμως, κάτω από το μικροσκόπιο τα πράγματα αλλάζουν. Τα μεμονωμένα κύτταρα του φυτού που βλέπουμε δεν είναι και τόσο πράσινα. Αντίθετα, στο μεγαλύτερο μέρος τους είναι διαφανή, αλλά το καθένα περιέχει γύρω στους 50 με 100 πολύ μικρούς πράσινους κόκκους.

Αυτοί οι κόκκοι είναι οι χλωροπλάστες, εκεί όπου βρίσκεται η φωτοευαίσθητη πράσινη χλωροφύλλη και λαβαίνει χώρα η φωτοσύνθεση. Τι συμβαίνει όμως μέσα στους χλωροπλάστες;

Ο χλωροπλάστης μοιάζει με μικροσκοπικό σάκο που περιέχει ακόμη μικρότερους πεπλατυσμένους σάκους, οι οποίοι ονομάζονται θυλακοειδή. Εκεί εντοπίζουμε την πηγή του πράσινου χρώματος του χορταριού. Πράσινα μόρια χλωροφύλλης εμπεριέχονται στην επιφάνεια των θυλακοειδών, όχι τυχαία, αλλά σε προσεκτικά οργανωμένες στοιβάδες που ονομάζονται φωτοσυστήματα. Υπάρχουν δύο είδη φωτοσυστημάτων στα περισσότερα πράσινα φυτά, γνωστά ως φωτοσύστημα I (PSI) και ως φωτοσύστημα II (PSII). Τα φωτοσυστήματα ενεργούν όπως οι ειδικευμένες ομάδες παραγωγής σε ένα εργοστάσιο, το καθένα φροντίζει για μια συγκεκριμένη σειρά βημάτων στην φωτοσύνθεση (Βιολογία Γενικής Παιδείας, Β' τάξης Λυκείου).

Καθώς το ηλιακό φως πέφτει πάνω στην επιφάνεια του θυλακοειδούς, συμπλέγματα μορίων χλωροφύλλης του PSII, που ονομάζονται συλλέκτες φωτός, είναι έτοιμα να δεσμεύσουν το φως. Αυτά τα μόρια ενδιαφέρονται ιδιαίτερα να απορροφήσουν ερυθρό φως που έχει συγκεκριμένο μήκος κύματος. Σε διαφορετικά σημεία του θυλακοειδούς τα συμπλέγματα του PSI αναζητούν φως με κάπως μεγαλύτερο μήκος κύματος.

Στο μεταξύ τόσο η χλωροφύλλη όσο και μερικά άλλα μόρια, όπως τα καροτινοειδή, απορροφούν ανοιχτό μπλε και ιώδες φως. Από όλα τα μήκη κύματος που πέφτουν στα φυτά, μόνο το πράσινο φως τους είναι άχρηστο, με αποτέλεσμα να αντανακλάται και να μπορούμε να το δούμε εμείς. Τα πράσινα χρώματα και τα βαθιά σμαραγδοπράσινα χρώματα προέρχονται από μήκη κύματος που δεν τα χρησιμοποιούν τα φυτά, αλλά εμείς οι άνθρωποι τα θεωρούμε πολύτιμα.

Σε αντίθεση με την ρύπανση και τα απόβλητα από τα ανθρώπινα εργοστάσια, αυτό το φως που "αποβάλλεται" ασφαλώς δεν πηγαίνει χαμένο, ακριβώς γιατί είμαστε εμείς που το απολαμβάνουμε όταν κοιτάμε ένα πράσινο λιβάδι ή ένα καταπράσινο δάσος που μας γοητεύει.

Επιστρέφοντας στον χλωροπλάστη, στο σύμπλεγμα του PSII, η ενέργεια από το ερυθρό τμήμα του ηλιακού φωτός μεταφέρεται στα

ηλεκτρόνια που υπάρχουν μέσα στα μόρια της χλωροφύλλης, ώσπου τελικά ένα ηλεκτρόνιο ενεργοποιείται ή "διεγείρεται" τόσο πολύ ώστε εκτινάσσεται από το σύμπλεγμα και πέφτει στην αγκαλιά ενός μορίου-μεταφορέα που περιμένει στη μεμβράνη του θυλακοειδούς. Το ηλεκτρόνιο περνάει από το ένα μόριο-μεταφορέα στο άλλο, ενώ χάνει σταδιακά ενέργεια. Όταν η ενέργειά του μειωθεί αρκετά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια για να αντικαταστήσει ένα ηλεκτρόνιο στο άλλο φωτοσύστημα, το PSI. Στο μεταξύ το σύμπλεγμα του PSII χάνει ένα ηλεκτρόνιο, φορτίζεται θετικά και είναι έτοιμο να πάρει ένα ηλεκτρόνιο σε αντικατάσταση εκείνου που έχασε.

Λόγω της απώλειας του ηλεκτρονίου, το σύμπλεγμα PSII αναστατώνεται και αναζητά αντικαταστάτη. Το πλησιέστερο μόριο νερού που περιφέρεται εκεί κοντά θα δώσει την λύση. Το μόριο του νερού αποτελείται από ένα σχετικά μεγάλο άτομο οξυγόνου και δύο μικρότερα άτομα υδρογόνου. Το συγκρότημα παραγωγής οξυγόνου του PSII, περιέχει τέσσερα ιόντα μαγγανίου, τα οποία αφαιρούν τα ηλεκτρόνια από τα άτομα υδρογόνου που υπάρχουν στο μόριο του νερού.

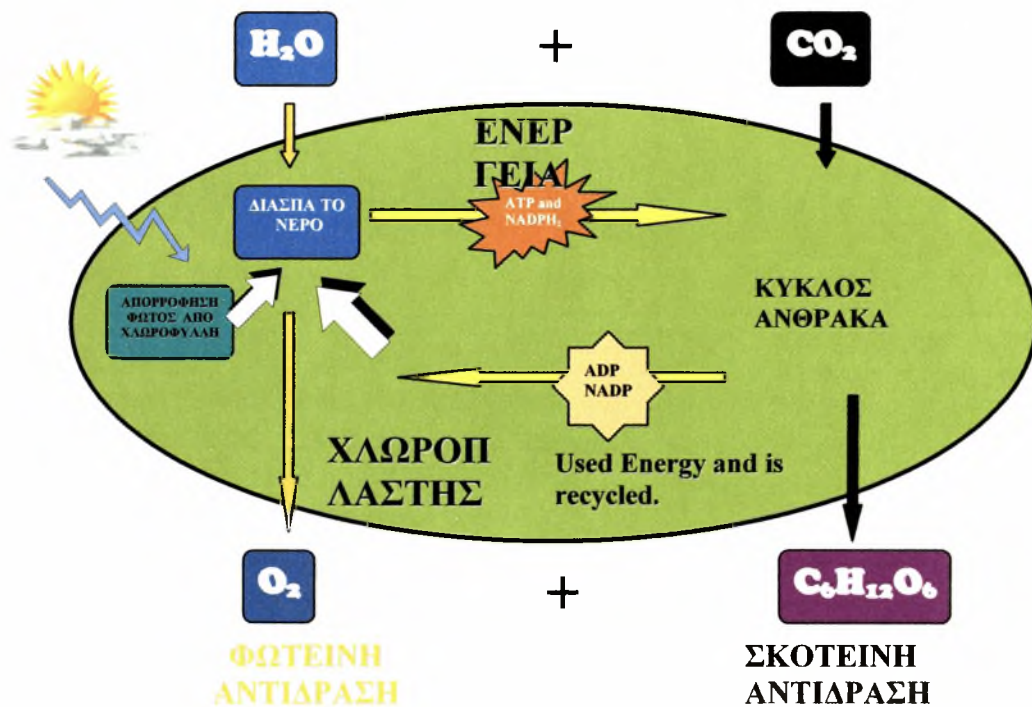
Το αποτέλεσμα είναι το ότι το μόριο του νερού διασπάται σε δύο θετικά ιόντα υδρογόνου (πρωτόνια), ένα άτομο οξυγόνου και δύο ηλεκτρόνια. Καθώς μόρια νερού διαμελίζονται, τα άτομα του οξυγόνου ζευγαρώνουν σχηματίζοντας μόρια αερίου οξυγόνου τα οποία το φυτό επιστρέφει στον αέρα για δική μας χρήση. Τα ιόντα υδρογόνου αρχίζουν να συσσωρεύονται μέσα στον θυλακοειδή σάκο, όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το φυτό και τα ηλεκτρόνια χρησιμοποιούνται για να ανεφοδιάσουν το συγκρότημα PSII, το οποίο είναι τώρα έτοιμο να επαναλάβει τον κύκλο πολλές φορές το δευτερόλεπτο.

Μέσα στον θυλακοειδή σάκο, τα ιόντα υδρογόνου αρχίζουν να αναζητούν κάποια διέξοδο. Κάθε φορά που κάποιο μόριο νερού διασπάται, όχι μόνο προστίθενται δύο ιόντα υδρογόνου αλλά και άλλα ιόντα υδρογόνου ελκύονται μέσα στον θυλακοειδή σάκο από τα ηλεκτρόνια του PSII, καθώς αυτά μεταφέρονται στο συγκρότημα του PSI. II.

Η λειτουργία της φωτοσύνθεσης έχει προμηθεύσει μια περιστρεφόμενη πόρτα με μία μόνο έξοδο, με την μορφή κάποιου ειδικού ενζύμου που χρησιμοποιείται για την κατασκευή ενός πολύ σημαντικού κυτταρικού



καυσίμου, το οποίο ονομάζεται τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP). Καθώς τα ιόντα υδρογόνου βγαίνουν με δύναμη από την περιστρεφόμενη πόρτα, παρέχουν την ενέργεια που απαιτείται για να επαναφορτιστούν τα χρησιμοποιημένα μόρια της ATP. Τα μόρια της ATP είναι σαν μικροσκοπικές μπαταρίες. Παρέχουν μικρές εκρήξεις ενέργειας, στο κατάλληλο σημείο, για κάθε είδους αντιδράσεις που λαβαίνουν χώρα στο κύτταρο(<http://www.gngnet.gr/users/ggoudr/fotosyn.txt-24k>).



Εικόνα 2: Η φωτεινή και η σκοτεινή αντίδραση (από <http://www.plantfacts.ohio-state.edu/hcs300/photosyn.htm-9k>)

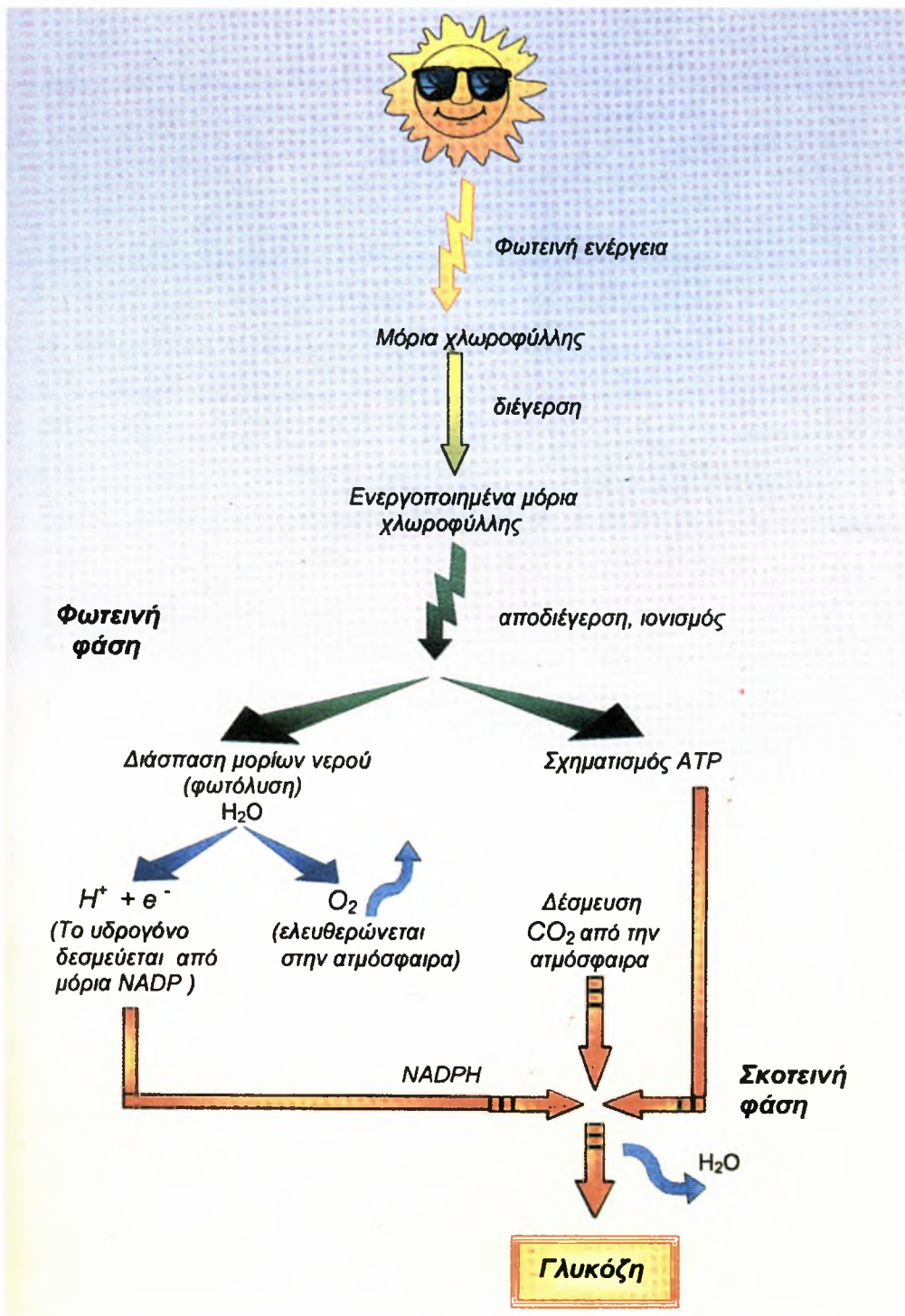
Αργότερα, αυτά τα μόρια ATP θα χρειαστούν στην φωτοσυνθετική αλυσίδα παραγωγής σακχάρων. Εκτός από την ATP, ένα άλλο μικρό μόριο είναι ζωτικό για την σύνθεση σακχάρων. Ονομάζεται "ανοιγμένο φωσφορικό νικοτιναμιδο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο" (NADPH). Τα μόρια του NADPH μοιάζουν με μικρά φορτηγά μεταφορών, που το καθένα μεταφέρει ένα άτομο υδρογόνου σε ένα ένζυμο που περιμένει και το οποίο χρειάζεται το άτομο υδρογόνου για να μπορέσει να συνθέσει ένα μόριο σακχάρου. Η κατασκευή

του NADPH είναι δουλειά του συγκροτήματος του PSI. Ενώ το φωτοσύστημα PSII ασχολείται με την διάσπαση του μορίου του νερού και τα χρησιμοποιεί για να φτιάξει ATP, το άλλο φωτοσύστημα PSI απορροφά φως και εκπέμπει ηλεκτρόνια τα οποία τελικά χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του NADPH. Τα μόρια τόσο της ATP όσο και του NADPH βρίσκονται αποθηκευμένα στον χώρο που υπάρχει έξω από το θυλακοειδές για να χρησιμοποιηθούν μελλοντικά στην αλυσίδα παραγωγής σακχάρων (εικόνα 2).

Δισεκατομμύρια τόνοι σακχάρων δημιουργούνται κάθε χρόνο από την φωτοσύνθεση, εν τούτοις, οι φωτοσυνθετικές αντιδράσεις που γίνονται με την επίδραση της ηλιακής ενέργειας, στην πραγματικότητα δεν παράγουν καθόλου σάκχαρα. Το μόνο που παράγουν είναι ATP ("μπαταρίες") και NADPH ("φορτηγά μεταφορών"). Από αυτό το σημείο τα ένζυμα που υπάρχουν στο στρώμα, δηλ. στον χώρο έξω από τα θυλακοειδή, χρησιμοποιούν το ATP και το NADPH για να παράγουν σάκχαρα.

Στην πραγματικότητα το φυτό μπορεί να παράγει σάκχαρα στο απόλυτο σκοτάδι. Θα μπορούσαμε να παρομοιάσουμε τον χλωροπλάστη με ένα εργοστάσιο το οποίο έχει δύο συνεργεία (PSI και PSII) μέσα στα θυλακοειδή για να κατασκευάζουν μπαταρίες και φορτηγά μεταφορών (ATP και NADPH), τα οποία θα τα χρησιμοποιήσει ένα τρίτο συνεργείο (ειδικά ένζυμα) που βρίσκεται έξω στο στρώμα. Αυτό το τρίτο συνεργείο παράγει σάκχαρα προσθέτοντας άτομα υδρογόνου και μόρια διοξειδίου του άνθρακα σε μια ακριβή αλληλουχία χημικών αντιδράσεων στις οποίες χρησιμοποιεί τα ένζυμα που υπάρχουν στο στρώμα.. Στο στρώμα, τα ένζυμα διακινούν σχεδόν έτοιμα μόρια σακχάρων με απίστευτη ταχύτητα, τα αναδιατάσσουν, τα ενεργοποιούν με ATP, προσθέτουν διοξείδιο του άνθρακα, προσαρτούν υδρογόνο και τελικά, στέλνουν ένα σάκχαρο με τρία άτομα άνθρακα σε άλλο μέρος του κυττάρου για να μετατραπεί σε γλυκόζη και σε πολλές άλλες παραλλαγές (εικόνα 3).

Και τα τρία συνεργεία μπορούν να εργάζονται στην διάρκεια της μέρας, ενώ το συνεργείο που φτιάχνει σάκχαρα εργάζεται και τη νύχτα, τουλάχιστον μέχρις ότου εξαντληθούν τα αποθέματα ATP και NADPH.



Εικόνα 3: Πορεία της φωτοσύνθεσης (από Βιολογία γενικής παιδείας Β' Λυκείου)

Η φωτοσύνθεση δεν είναι απλώς μια βασική αντίδραση. Είναι μια βιοχημική συμφωνία εκπληκτικής πολυπλοκότητας και επιδεξιότητας. Είναι μια εξαιρετική, φοβερά καλορυθμισμένη διεργασία για την δέσμευση της



ενέργειας των ηλιακών φωτονίων. Η πολύπλοκη αρχιτεκτονική του φυτού και τα αφάνταστα περίπλοκα βιοχημικά και γενετικά συστήματα ελέγχου που ρυθμίζουν την φωτοσυνθετική δραστηριότητα, μπορούν να θεωρηθούν ως εκλεπτύνσεις της βασικής διεργασίας δέσμευσης του φωτονίου και της μετατροπής της ενέργειας του σε χημική μορφή.

Σήμερα είναι επιτακτική ανάγκη να καταλάβουμε τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, η οποία είναι πολύ ευαίσθητη στη ρύπανση του περιβάλλοντος. Η φωτοσύνθεση είχε συνεισφέρει πολύ στη δημιουργία του στρώματος του όζοντος, η ύπαρξη του οποίου επιτρέπει τη ζωή στην επιφάνεια της γης, η καταστροφή του οποίου μπορεί να αποβεί μοιραία για όλους τους γήινους οργανισμούς.

Είναι πραγματικά εκπληκτικό αν σκεφτούμε ότι αυτό που εμείς απλά βλέπουμε σαν πράσινο χρώμα είναι μια τεχνολογία πολύ ανώτερη από οτιδήποτε έχει επινοήσει ο άνθρωπος. Αυτορρυθμιζόμενες, αυτοσυντήρητες, υπομικροσκοπικές "μηχανές" οι οποίες λειτουργούν με χιλιάδες, ή ακόμη και εκατομμύρια κύκλους το δευτερόλεπτο, χωρίς θόρυβο, ρύπανση ή ασχήμια, μετατρέποντας το ηλιακό φως σε σάκχαρα. Σκεφτείτε το αυτό την επόμενη φορά που θα δείτε ένα πανέμορφο δάσος ή θα περπατήσετε πάνω στο πράσινο χορτάρι του πιο κοντινού σας πάρκου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### **Θεωρητικό πλαίσιο για την έρευνα:**

#### **Κοινωνικός εποικοδομητισμός και συνεργατική μάθηση**

Ο εποικοδομητισμός τις τελευταίες δεκαετίες έχει ασκήσει σημαντική επιρροή σε πολλά πεδία και παρουσιάζεται ως θεωρία μάθησης, ως θεωρία διδασκαλίας (Mathews, 2002:123). Έχει ασκήσει μεγάλη επιρροή στις αντιλήψεις και πρακτικές για θέματα διδασκαλίας και μάθησης σε διάφορα γνωστικά αντικείμενα όπως στα Μαθηματικά, στις Φ.Ε., στην Ιστορία κ.ά. και έχει επηρεάσει πολλά από τα αναπτυχθέντα τις τελευταίες δεκαετίες εκπαιδευτικά προγράμματα διαφόρων χωρών (Παπαδημητρίου, 2004)

Το εποικοδομητικό μοντέλο για τη διδασκαλία και τη μάθηση αποτέλεσε τον αντίποδα του μιχεβιοριστικού μοντέλου μετάδοσης της γνώσης, καθώς η γνώση δομείται από τον ίδιο τον μαθητή. Κεντρική ιδέα του εποικοδομητισμού είναι ότι οι προϋπάρχουσες ιδέες των παιδιών για τα θέματα που πρόκειται να διδαχθούν διαδραματίζουν ουσιαστικό ρόλο στη μάθηση, γι' αυτό πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη διδασκαλία. Μια εποικοδομητική προσέγγιση διδασκαλίας στις Φ.Ε «παραμερίζει» τις παραδοσιακές μεθόδους επικεντρωμένες στο δάσκαλο και βάζει στο κέντρο της παιδαγωγικής διαδικασίας το/τη μαθητή/ρια και τις ιδέες του/της (Driver, 1981, Κόκκοτας, 1997).

Στη βιβλιογραφία οι αντιλήψεις των παιδιών για κάποια επιστημονική έννοια αποκαλούνται παρανοήσεις, εναλλακτικές ιδέες, επιστήμη των παιδιών (Barker & Carr, 1989, Erdmann, 2001, Hazel & Prosser, 1994). Έρευνες ανέδειξαν τη σημασία που έχουν για τις ΦΕ οι εναλλακτικές ιδέες, αναπαραστάσεις, νοητικά σχήματα των μαθητών/ριών για τη διδασκαλία και τη μάθηση (Κουλαϊδής, 1994).

Οι μαθητές/ριες έχουν ήδη τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις τους για τα φυσικά φαινόμενα πριν τα διδαχθούν στο σχολείο (Canal, 1999, Flick and Bell, 2000). Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε την προηγούμενη γνώση που φέρνουν οι μαθητές/ριες σε ένα μαθησιακό περιβάλλον για να τους βοηθήσουμε να κατασκευάσουν τη νέα γνώση (Tsai, 2000). Το τι είναι ικανά

τα παιδιά να μαθαίνουν εξαρτάται εν μέρει από το 'τι έχουν μέσα στα κεφάλια τους', όπως επίσης και από το μαθησιακό πλαίσιο στο οποίο βρίσκονται (Lawson, 1988). Συνεπώς με τη διδασκαλία θα αποκτήσουν νέα ερμηνευτικά σχήματα, με τα οποία θα αντικαταστήσουν τις αντιλήψεις τους. Αυτό φυσικά απαιτεί εποικοδομητική παρέμβαση.

Οι απόψεις των μαθητών/ριών πρέπει να είναι η αφετηρία της διδασκαλίας και ο στόχος της να είναι η εξέλιξη ή η αλλαγή τους στο επιθυμητό, με την ενεργοποίηση και την εμπλοκή των ίδιων των μαθητών/ριών σε κατάλληλα επιλεγμένα μαθησιακά έργα. Οι νέες πληροφορίες θα ενσωματωθούν στην προηγούμενη γνώση, επομένως για μια αποτελεσματική διδασκαλία και μάθηση, οι ιδέες αυτές πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Αν οι απόψεις των μαθητών/ριών αγνοηθούν, τότε η γνώση που θα προσφερθεί από το δάσκαλο και θα επιχειρηθεί να ενσωματωθεί στην προϋπάρχουσα, με την πάροδο του χρόνου θα ξεχαστεί (Κόκκοτας, Βλάχος, Καρανίκας, 1995).

Λόγω του ουσιαστικού ρόλου που διαδραματίζουν αυτές οι προϋπάρχουσες ιδέες των παιδιών για θέματα που πρόκειται να διδαχθούν, έχουν διερευνηθεί οι αντιλήψεις των παιδιών για όλα σχεδόν τα επιστημονικά φαινόμενα (Limon, 2001). Από τις έρευνες αυτές διαπιστώθηκε ότι τα παιδιά από πολύ μικρή ηλικία διαμορφώνουν τις απόψεις τους για έννοιες από το πεδίο των Φ.Ε οι οποίες πολλές φορές δε συμπίπτουν με τις επιστημονικά αποδεκτές και αντιστέκονται στην αλλαγή ακόμη και μετά τη διδασκαλία στο σχολείο (Driver et al. 1985, Osborne and Freyberg 1985)

Η έρευνα έχει δείξει (Driver et al. 1993, Black and Lucas, 1993) ότι οι ιδέες αυτές για έννοιες και φαινόμενα είναι προσωπικές, χωρίς συνοχή και φαίνεται να είναι σταθερές. Δηλαδή ακόμη ύστερα και από συστηματική διδασκαλία από τον εκπαιδευτικό μπορεί οι μαθητές/ριες να μην έχουν τροποποιήσει τις ιδέες τους (Driver, Guensne, Tiberghien, 1998).

Σύμφωνα με την εποικοδομητική θεωρία για τη μάθηση, ο/η μαθητής/ρια δε θεωρείται ως παθητικός δέκτης, αλλά αντιμετωπίζεται ως ενεργός παράγων στη διαδικασία οικοδόμησης της επιστημονικής γνώσης (Driver, 1989, Vosniadou 1996). Και αυτό γιατί η γνώση δεν μεταδίδεται, αλλά το κάθε άτομο δομεί τα δικά του νοήματα από τις πληροφορίες που του δίνονται. Είναι μια συνεχής διαδικασία αλληλεπιδράσεων, όπου αυτό που μαθαίνει το άτομο

επηρεάζεται από αυτό που είχε μάθει και αυτό με τη σειρά του θα επηρεάσει κάτι που θα μάθει αύριο.

Όταν οι νέες ιδέες συγκρούονται με τις απόψεις των μαθητών μπορεί να γίνονται εμπόδια στη μάθηση. Για να αφομοιώσουν τις καινούριες ιδέες τα παιδιά θα πρέπει να τροποποιήσουν την οργάνωση των ιδεών τους με ένα ριζοσπαστικό τρόπο (Driver, Guensne, Tiberghien, 1998). Επομένως η εννοιολογική αλλαγή αποδεικνύεται ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία και καταγράφονται σημαντικές αντιστάσεις στην αλλαγή.

Η σύνδεση του εποικοδομητισμού με τη μάθηση και τη διδασκαλία στις Φ.Ε έγινε αρχικά μέσω της Ψυχολογίας σε μια περίοδο αναζητήσεων και στα δυο πεδία. Η εκδοχή του εποικοδομητισμού που υιοθετήθηκε στην πρώτη αυτή σύνδεσή του με τις Φ.Ε του σχολείου θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση του Geelan (1997) ως προσωπικός, (ψυχολογικός)- αντικειμενιστικός εποικοδομητισμός με κύρια έμφαση στο πώς αποκτάται η επιστημονική γνώση από το μαθητή. Η εκδοχή αυτή ανάγεται στο έργο του Piaget και θεωρεί τη μάθηση προσωπική, εξατομικευμένη και διανοητική διαδικασία που προέρχεται από τη δράση πάνω στο φυσικό κόσμο (Κόκκοτας, 1997).

Σε μια προσπάθεια αναζήτησης περισσότερο αποτελεσματικών μεθόδων διδασκαλίας συντελέστηκε μια μεταστροφή του ενδιαφέροντος σχετικά με τη διδασκαλία των Φ.Ε από τον ψυχολογικό εποικοδομητισμό προς το λεγόμενο κοινωνικό εποικοδομητισμό. Αναγνωρίστηκε πλέον ότι πέρα από την αρχική γνώση που έχουν τα παιδιά, ρόλο επίσης παίζει και το κοινωνικό περιβάλλον μέσα στο οποίο δομείται η γνώση. Ο κοινωνικός εποικοδομητισμός δεν απορρίπτει τον ψυχολογικό εποικοδομητισμό, την άποψη δηλαδή ότι η γνώση δομείται προσωπικά, αλλά υποστηρίζει επιπλέον ότι στη δόμηση της γνώσης δεν παίζει ρόλο μόνο η επαφή με το φυσικό κόσμο, αλλά και με ένα συγκεκριμένο κοινωνικό πλαίσιο (Παπαδημητρίου, 2004).

Ο κοινωνικός εποικοδομητισμός συνέβαλε στη διαμόρφωση περιβαλλόντων μάθησης που δίνουν έμφαση στην επικοινωνία και στη συζήτηση μεταξύ μαθητών και μεταξύ μαθητών και του δασκάλου τους. Επιτυγχάνεται έτσι η αναδόμηση της προϋπάρχουσας γνώσης σε γνώση συμβατή με την επιστημονική. Χαρακτηριστικά του μοντέλου του αποκαλούμενου κοινωνικού εποικοδομητισμού στη διδασκαλία των Φ.Ε είναι

η εργασία σε ομάδες, η μάθηση μέσα από συνεργασία, η συζήτηση μεταξύ των παιδιών καθώς και των παιδιών με το δάσκαλο και φυσικά η χρήση των απαραίτητων υλικών και μέσων. Ο δάσκαλος αλληλεπιδρά με τους μαθητές, τους καθοδηγεί, διευκολύνοντας την ανάπτυξη της αυτονομίας, της αυτενέργειας και της συναπόφασης μεταξύ των μαθητών (Παππάς, 1990). Παρότι ο ρόλος του δασκάλου είναι διαμεσολαβητικός δεν τον απαλλάσσει από την ευθύνη της επιστημονικής κατάρτισης (Παπαδημητρίου 1992), καθώς προκειμένου να εντοπίσει τις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών πρέπει ο ίδιος να έχει καλή κατανόηση των εννοιών που διδάσκει και να είναι ενήμερος για τις εναλλακτικές αντιλήψεις των παιδιών. Ο ρόλος του είναι να σχεδιάσει και να υλοποιήσει στρατηγικές που θα εμπλέξουν ενεργητικά τους/τις μαθητές/ριες σε διαδικασίες ικανές να προκαλέσουν την εννοιολογική αλλαγή.

Ο κοινωνικός εποικοδομητισμός συνίσταται στη δημιουργία μαθησιακού περιβάλλοντος, που δίνει τη δυνατότητα στα παιδιά να εκφράσουν τις δικές τους απόψεις για τις έννοιες που πρόκειται να διδαχθούν, να ακούσουν τις απόψεις των άλλων, μέσα σε ένα πλαίσιο συνεργατικής μάθησης (Davis et al, 1993).

Η συνεργατική μάθηση ως μια παιδαγωγική στρατηγική, μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές/ριες σε υψηλότερες ακαδημαϊκές επιδόσεις, μεγαλύτερη κατανόηση του περιεχομένου και των θεμάτων που μελετούν και υψηλότερη αυτοεκτίμηση (Lazarowitz.,1998). Η μέθοδος αυτή φέρνει στο σχολείο ένα διαφορετικό περιβάλλον μάθησης στο πλαίσιο του οποίου η τάξη δομείται σε μικρές ομάδες μαθητών/ριών, οι οποίοι/ες θα αλληλεπιδράσουν στην ομάδα και θα δουλέψουν με ουσιαστικό τρόπο τις προτεινόμενες δραστηριότητες (Siciliano, 2001).

Γίνεται επομένως φανερό η αναγκαιότητα δημιουργίας ενός νέου μαθησιακού περιβάλλοντος στην τάξη, το οποίο θα διέπεται από τις αρχές του κοινωνικού εποικοδομητισμού και θα αξιοποιεί διαδικασίες συνεργατικής μάθησης (Σταυρίδου,2000). Με τον τρόπο αυτό θα επιτευχθούν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα και θα συμβάλλει στην ανάπτυξη θετικών κοινωνικών στάσεων και δεξιοτήτων από τους μαθητές/ριες (Σταυρίδου, 2000, Lehtinen, Hakkarainen, 1998). Η εποικοδομητική προσέγγιση πλησιάζει τα προβλήματα της διδασκαλίας και της μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες

θέτοντας το μαθητή στο κέντρο του ενδιαφέροντος, ζητώντας να τον καταστήσουμε δημιουργό της δικής του γνώσης, με σεβασμό στις δικές του απόψεις, τα δικά του ενδιαφέροντα και κλίσεις. Επιζητά να βιώσει ο μαθητής το 'επιστημονικό γίνεσθαι' σε ένα κλίμα ισοτιμίας και υπευθυνότητας για τις αντιλήψεις και τις αποφάσεις του. Ο απώτερος στόχος είναι να δικαιωθεί ο ίδιος ο μαθητής για τις προσπάθειές του τόσο μέσα όσο και έξω από το σχολείο, λειτουργώντας πιο αρμονικά με το 'γίνεσθαι' στο φυσικό, τεχνολογικό και κοινωνικό περιβάλλον στο οποίο ζει.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### **Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για τις αντιλήψεις των παιδιών για τη φωτοσύνθεση και τη θρέψη των φυτών**

Έρευνες έχουν δείξει ότι οι μαθητές/ριες δυσκολεύονται να κατανοήσουν τη φωτοσύνθεση (Driver, 1998), με αποτέλεσμα να έχουν παρανοήσεις γι' αυτή (Bybee, 1995). Οι παρανοήσεις αυτές μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τη διδασκαλία και τη μάθηση στην τάξη (Lumpe and Staver, 1995).

Συγκεκριμένα, αντιλαμβάνονται τη φωτοσύνθεση ως μια ουσία και όχι ως διαδικασία. Δεν κατέχουν την έννοια της τροφής με το επιστημονικό της περιεχόμενο, ως οργανική ύλη την οποία κατασκευάζουν τα φυτά, αλλά με την καθημερινή της έννοια (Bell, 1985).

Σε πολλές έρευνες διαπιστώνεται η παρανόηση ότι το φυτό παίρνει την τροφή του από το χώμα και ότι οι ρίζες είναι όργανα θρέψης (Giordan et de Vecchi, 1987, Lazarowitz and Penso, 1992). Η άποψη αυτή δε διαφέρει από την άποψη του Αριστοτέλη, ο οποίος πίστευε ότι τα φυτά παίρνουν την τροφή τους έτοιμη από το χώμα, όπως και τα ζώα. Μόνο που ο Αριστοτέλης τα έλεγε αυτά πολύ πριν αναπτυχθούν οι επιστήμες.

Αδυνατούν επίσης να κατανοήσουν τα παιδιά πώς ένα αέριο, το διοξείδιο του άνθρακα, μετατρέπεται στα φυτά σε ζάχαρη, ένα στερεό σε διάλυση, καθώς και τη μεταφορά της ενέργειας στο μεταβολισμό των φυτών. Υπάρχει σύγχυση ανάμεσα στις έννοιες ενέργεια από τον ήλιο και θέρμανση από τον ήλιο (Stavy, et al. 1989).

Οι μαθητές/ριες επίσης δε θεωρούν τη φωτοσύνθεση κάτι σπουδαίο για τα ίδια τα φυτά, αλλά κάτι που κάνουν τα φυτά προς όφελος των ζώων και των ανθρώπων. Όσον αφορά το ηλιακό φως στη φωτοσύνθεση, πιστεύεται από αρκετούς/ές μαθητές/ριες ότι έχει ρόλο διαμεσολαβητικό, όπως το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό και όχι ρόλο κυρίαρχο (Simpson and Arnold, 1982a). Αυτοί αναφέρουν ότι αρκετοί μαθητές δεν κατέχουν τις έννοιες για τα έμβια όντα, το αέριο, την τροφή και την ενέργεια, οι οποίες είναι προαπαιτούμενες για την κατανόηση της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης.



Μια βαθιά ριζωμένη διαισθητική αντίληψη είναι ότι τα φυτά παίρνουν την τροφή τους από το έδαφος και ότι οι ρίζες είναι όργανα θρέψης. Οι μαθητές/ριες βλέπουν την τροφή ως ξεχωριστές ουσίες και πιστεύουν ότι τροφή για τα φυτά αποτελεί οτιδήποτε προέρχεται από το περιβάλλον (πολλαπλές πηγές τροφής), όπως νερό, λιπάσματα, ακόμα και η ακτινοβολία του ήλιου (Simpson and Arnold, 1982b).

Ο ρόλος ακόμη της χλωροφύλλης δεν έχει αποσαφηνιστεί από τους μαθητές. Δεν την αντιλαμβάνονται ως μετατροπέα της ηλιακής ενέργειας σε χημική, παρά μόνο ως ένα συστατικό της τροφής, κάτι που κάνει τα φυτά δυνατά ή κάτι που διασπά το άμυλο (Κόκκοτας, 1999).

Οι Anderson, Sheldon, Dubay (1990) δήλωσαν ότι οι μαθητές/ριες όλων των ηλικιών έχουν παρόμοιες παρανοήσεις για τη φωτοσύνθεση. Οι περισσότεροι μαθητές/ριες πιστεύουν ότι η αύξηση του βάρους στα φυτά προέρχεται από το νερό και το χώμα, αλλά λίγοι/ες συνδέουν τη φωτοσύνθεση με την τροφή των φυτών.

Τα παιδιά επίσης δεν κατανοούν ότι τα φυτά φτιάχνουν οργανικές ουσίες από ανόργανες που τις παίρνουν από το εξωτερικό περιβάλλον. Ακόμη δεν κατανοούν το ρόλο της φωτοσύνθεσης στο οικοσύστημα (Eisen and Stavy, 1993).

Ένα μεγάλο μέρος παιδιών εκφράζει την τελεολογική άποψη ότι τα φυτά παράγουν τροφή για το καλό των ζώων και των ανθρώπων. Πολλά εκλαμβάνουν το νερό ως το κύριο συστατικό του υλικού της ανάπτυξης των φυτών. Επίσης πιστεύουν ότι απορροφούν νερό μέσω των φύλλων και ότι κύρια λειτουργία του φύλλου είναι να ‘συλλαμβάνει’ τη βροχή, το νερό και τη δροσιά. Ακόμα επισημαίνουν ‘το πόσο ασυνήθιστη και μη διαισθητική είναι η έννοια της φωτοσύνθεσης’. Οι μαθητές/ριες εποικοδομούν εναλλακτικές απόψεις για τους όρους όπως φωτοσύνθεση και χλωροφύλλη, όταν αυτές αναφέρονται κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Κατανοούν ελάχιστα τις ενεργειακές μεταφορές κατά το μεταβολισμό του φυτού. Σκέφτονται ότι η τροφή που λαμβάνει ένα φυτό συσσωρεύεται καθώς αυτό αναπτύσσεται. Υπάρχει μικρή κατανόηση για το ότι η τροφή παρέχει ενέργεια για τις ζωτικές λειτουργίες του φυτού (Ζόγκτζα, 1999).

Οι μαθητές/ριες φαίνεται να έχουν μια ενστικτώδη δυσπιστία να δεχτούν ότι η ανάπτυξη ενός φυτού και η αύξηση της μάζας του κυρίως, μπορεί να



οφείλεται στην ενσωμάτωση υλικών με τη μορφή αερίων. Αυτό μπορεί να οφείλεται στις δυσκολίες που έχουν να αποδεχτούν ένα αέριο ως ουσία. Αυτό αποδείχθηκε σε έρευνα (Eisen, Stavy, Yacoobi, 1987) η οποία εξέτασε τις δυσκολίες στην κατανόηση της χημικής και οικολογικής πλευράς της φωτοσύνθεσης. Παρατηρήθηκαν σοβαρά κενά στις γνώσεις των μαθητών για τις χημικές έννοιες, οι οποίες απαιτούνται για την κατανόηση της φωτοσύνθεσης.

Πράγματι το γεγονός ότι ένα άχρωμο αέριο, το διοξείδιο του άνθρακα, μαζί με το νερό που πίνουμε χρησιμοποιούνται για να παραχθεί ένα στερεό υλικό και οξυγόνο, εντάσσεται στην κατηγορία των φανταστικών ιστοριών.

Οι μαθητές/ριες πρέπει όμως να κατανοήσουν ότι τα φυτά χρησιμοποιούν το διοξείδιο για να ‘χτίσουν’ το σώμα τους, μια ουσία που έχει μάζα και μπορεί να ζυγιστεί. Προτείνεται λοιπόν από ερευνητές η σύνδεση χημείας και βιολογίας, ώστε να αποφευχθεί ο κατακερματισμός της γνώσης.

Επίσης σύμφωνα με μια άλλη έρευνα (Canal, 1999) οι ιδέες που έχουν τα παιδιά του δημοτικού για τη θρέψη των φυτών συνοψίζονται στα εξής:

1. Η θρέψη είναι διαδικασία όπου τα φυτά τρέφονται μόνα τους.
2. Τα φυτά τρέφονται με ουσίες που παίρνουν από τη γη με τις ρίζες: δηλαδή νερό και άλατα.
3. Οι ουσίες που παίρνουν από τη γη δημιουργούν χυμό, που ρέει στο κοτσάνι και επιτρέπει στο φυτό να μεγαλώσει.
4. Ο ήλιος είναι απαραίτητος για την υγεία των φυτών, τη δύναμή τους και το καλό χρώμα. Χωρίς αυτόν θα πεθάνουν.

Μεγάλη είναι ακόμη η σύγχυση της τροφής με την ενέργεια. Τα παιδιά δε φαίνεται δηλαδή να αναγνωρίζουν ότι η φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία μέσω της οποίας η ενέργεια από το περιβάλλον διατίθεται στα φυτά και στη συνέχεια στα ζώα. (Leach et al., 1996).

Οι μαθητές/ριες θεωρούν επίσης την παραγωγή τροφής όχι κάτι που χρειάζονται τα ίδια τα φυτά, αλλά ως μια ανθρωποκεντρική διαδικασία, κάτι που κάνουν για το καλό των ζώων και των ανθρώπων παρά για τον ίδιο τους τον εαυτό (Kinchin, 2000). Η φωτοσύνθεση δε θεωρείται ως χημική αντίδραση και είναι δύσκολο στα παιδιά να ενσωματώσουν έννοιες οικολογίας, φυσιολογίας, βιοχημείας και ενέργειας (Driver et al, 1994).

Στην Ελλάδα έρευνα για τις αντιλήψεις των παιδιών για τη φωτοσύνθεση και τη θρέψη των φυτών έγινε από τις Ζόγκζα και Οικονομοπούλου(1999). Η μία έρευνα κατέγραψε τα εμπόδια των μαθητών προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας (5-7 ετών). Η άλλη εφαρμόστηκε σε παιδιά 10-14 ετών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τροφή των φυτών θεωρείται ότι είναι τα θρεπτικά συστατικά που παίρνει το φυτό από το περιβάλλον και πρωτίστως τα συστατικά του εδάφους, δευτερευόντως το νερό και στο τέλος ο αέρας. Γι' αυτό προτείνουν να γίνει μια προσπάθεια οργάνωσης και αξιολόγησης πρακτικών ασκήσεων- πειραμάτων- που να καλύπτουν όλες τις πλευρές της φωτοσύνθεσης.

Σε μια άλλη έρευνα στην Τουρκία (Erzurum) μελετήθηκαν οι παρανοήσεις 88 δεκαπεντάχρονων παιδιών για τη φωτοσύνθεση και τη θρέψη των φυτών (Ozay, 2003).

Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε σχεδιάστηκε για να μελετήσει:

- τη σημασία της φωτοσύνθεσης στο οικοσύστημα
- τη θρέψη των φυτών
- την απελευθέρωση του οξυγόνου
- την ηλιακή ενέργεια

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές/ριες κατανοούν πολύ λίγο το σημαντικό ρόλο της φωτοσύνθεσης στο οικοσύστημα. Ακόμη και μετά τη διδασκαλία έχουν εσφαλμένες ιδέες για τη φωτοσύνθεση και τη ροή της ενέργειας στα φυτικά οικοσυστήματα, οι οποίες είναι βαθιά ριζωμένες και δύσκολο να αλλάξουν.

Δεν κατανοούν οι μαθητές τον πραγματικό μηχανισμό της φωτοσύνθεσης. Την αντιλαμβάνονται μόνο ως ανταλλαγή αερίων. Το πιο δύσκολο πρόβλημα είναι η έννοια της ενεργειακής μεταβολής. Πιστεύουν ότι οι ζωντανοί οργανισμοί παίρνουν ενέργεια από άλλα μέσα, που είναι απλώς σημαντικά π.χ νερό. Γνωρίζουν ότι τα φυτά χρειάζονται νερό, αέρα και ήλιο, αλλά δεν κατανοούν πώς αυτά είναι σημαντικά και πώς παίρνουν μέρος στην παραγωγή της τροφής (Amir and Tamir, 1994).

Επομένως από τα αποτελέσματα της έρευνας γίνεται φανερό ότι η διδασκαλία της βιολογίας στο σχολείο δεν είναι αποτελεσματική. Απαιτείται λοιπόν βελτίωση της διδασκαλίας με γνώση από τους εκπαιδευτικούς των

ιδεών των μαθητών/ριών και ανάπτυξη Αναλυτικών Προγραμμάτων για τις Φ.Ε που να λαμβάνουν υπόψη τις εναλλακτικές ιδέες.

Έμφαση πρέπει να δοθεί και στη διδασκαλία των σχέσεων μεταξύ συγκεκριμένων εννοιών. Η πλειοψηφία των μαθητών/ριών, σε δείγμα τριών γυμνασίων του Λονδίνου, φάνηκε να κατανοούν την οικολογική πλευρά της φωτοσύνθεσης, τη φυσιολογική, τη βιοχημική, ενώ λίγοι είχαν κατανοήσει την ενεργειακή αλλαγή. Πολλοί λίγοι μαθητές φάνηκε να κατανοούν και τις 4 πτυχές (Waheed and Lucas, 1992).

Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα ευρήματα άλλων ερευνών (Haslam and Treagust, 1987). Είναι κατανοητό ότι τα φυτά παίρνουν διοξείδιο του άνθρακα και απελευθερώνουν οξυγόνο, αλλά λίγοι γνωρίζουν τη διαδικασία. Επίσης δε χρησιμοποιούν την τεχνική γλώσσα. Λίγοι αναφέρονται στη φωτοσύνθεση ως μια διαδικασία παρασκευής υδατάνθρακα.

Πρέπει λοιπόν να βοηθήσουμε τους μαθητές/ριες να ολοκληρώσουν τις υπάρχουσες ιδέες τους για τα αέρια, το νερό και την ανάπτυξη, αλλά να συμπεριλάβουμε και χαρακτηριστικά οικολογικής και ενεργειακής αλλαγής, καθώς και βιοχημικές και φυσιολογικές πτυχές.

Παράλληλα σε μια έρευνα της Παπαδημητρίου και Τζανή (1990) για το πώς κατανοούν οι απόφοιτοι της Γ΄ Γυμνασίου το χημικό χαρακτήρα των σχέσεων αλληλεξάρτησης των οργανισμών μεταξύ τους και με το περιβάλλον, όσον αφορά στη φωτοσύνθεση συνάγεται το συμπέρασμα ότι όχι μόνο δεν έχουν κατανοήσει το βιοχημικό της χαρακτήρα, αλλά ούτε και έχουν σχηματίσει μια ξεκάθαρη εικόνα για το ρόλο που παίζει.

Τα συμπεράσματα επομένως αυτά πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη στη διαμόρφωση των αναλυτικών προγραμμάτων, στη συγγραφή των διδακτικών εγχειριδίων και φυσικά στη διαμόρφωση της κατάλληλης διδακτικής πορείας.

Μια έρευνα που έγινε (Ekborg, 2003) μελέτησε το πώς οι φοιτητές δάσκαλοι κατανοούν επιστημονικές έννοιες και πώς αναπτύσσουν αυτή τη γνώση σε συζητήσεις πολύπλοκων περιβαλλοντικών θεμάτων.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι πολλοί φοιτητές δάσκαλοι δεν κατανοούν ολοκληρωτικά τη φωτοσύνθεση και δεν εκφράζουν ότι είναι χημικές αντιδράσεις που γίνονται στα κύτταρα. Από τις απαντήσεις τους στα ερωτηματολόγια και τις συνεντεύξεις, ίδιες παρανοήσεις εντοπίστηκαν και

από τους Eskilsson and Holgersson (1999). Λίγοι πιστεύουν ότι η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε ζάχαρη με τη φωτοσύνθεση.

Είναι φανερό ότι η γνώση των φοιτητών είναι εδραιωμένη και δεν μπορούν να διακρίνουν διαφορετικά πλαίσια, κάτι που είναι απαραίτητο σύμφωνα με τους Caravita and Halldin (1994).

Έρευνα που έγινε στις Η.Π.Α είχε σκοπό να ανιχνεύσει τις παρανοήσεις που έχουν για τη φωτοσύνθεση φοιτητές βιολογίας ενός κολεγίου. (Griffard, 2001). Χρησιμοποιήθηκε ένα διαγνωστικό εργαλείο δύο μερών. Το πρώτο μέρος περιελάμβανε ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Στο δεύτερο μέρος εξηγούνταν ο λόγος, η αιτία που επέλεξαν τη συγκεκριμένη απάντηση στο πρώτο μέρος. Οι απαντήσεις των φοιτητών στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής ήταν πιο συχνά σωστές από τις εξηγήσεις που έδιναν, γιατί βασίζονταν σε στρατηγικές συμπλήρωσης τεστ και όχι στην ανάκληση από τη μνήμη για να δώσουν τις εξηγήσεις τους.

Η προσέγγιση αυτή με τα δύο μέρη, που έχει υποστηριχθεί από τους Tamir 1989 και Treagust 1986, είναι μια σημαντική βελτίωση σε σχέση με το παραδοσιακό εργαλείο πολλαπλής επιλογής. Η δύναμη ενός διαγνωστικού οργάνου βασίζεται στην ικανότητά να εξωτερικεύει τη σκέψη του μαθητή για την επιλογή του. Θεωρείται έτσι ότι θα ήταν χρήσιμο σε δασκάλους στην τάξη ως διαγνωστικό εργαλείο, σε τάξεις κυρίως όμως όπου περιορίζονται οι αλληλεπιδράσεις.

Μια άλλη έρευνα (Carlsson, 2003) έγινε σε δασκάλους φοιτητές για το πώς αντιλαμβάνονται τη φωτοσύνθεση μέσα από την κατανόηση της λειτουργίας του οικοσυστήματος. Για να το ανακαλύψουν αυτό έγιναν συνεντεύξεις σε δυο προβληματικές καταστάσεις. Η μία αφορούσε στη δημιουργία ενός οικοσυστήματος μέσα σε ένα άδειο γυάλινο μπολ και η άλλη στο τι θα έπαιρναν μαζί τους σε ένα υποθετικό ταξίδι με διαστημόπλοιο. Οι απαντήσεις από τις συνεντεύξεις τους ταξινομήθηκαν σε δυο κατηγορίες:

- Τα φυτά παίρνουν και χρησιμοποιούν συστατικά και παράγουν άλλα, ανεξάρτητα από αυτά
- Το οικοσύστημα γίνεται αντιληπτό ως λειτουργικό σύνολο όπου τα φυτά είναι μοναδικά στον κόσμο και στα οποία οφείλεται η επιβίωση άλλων οργανισμών.

Είναι χαρακτηριστική η ιδέα της μετατροπής της ύλης, όπου τα αρχικά συστατικά μετατρέπονται σε άλλα χωρίς να αλλάζουν σε ποσότητα.

Όσον αφορά το πώς αντιλαμβάνονται οι μαθητές τη φωτοσύνθεση, τη ροή ενέργειας, τον κύκλο της ύλης, φάνηκε ότι ήταν δύσκολο να παραστήσουν τις σχέσεις μεταξύ των εννοιών (Barack et al, 1999, Chen-Yung Lin, 2003).

Η κατανόηση των αλληλοσυσχετίσεων μεταξύ των εννοιών ήταν πιο δύσκολη απ' ό,τι η κατανόησή τους χωριστά. Γι' αυτό προτείνεται η διδασκαλία να τονίζει την αλληλοσύνδεση μεταξύ συστημάτων και να διαφωτίζει τις αλληλεπιδραστικές διαδικασίες και όχι τα συστατικά. Οι μαθητές να ενθαρρύνονται να αναπτύσσουν πολλαπλές αναπαραστάσεις των φαινομένων και να αναγνωρίζουν τη χρησιμότητά τους.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Διδακτικές προσεγγίσεις

Μια παλαιότερη έρευνα (Smith, Anderson, 1984) έγινε σε μαθητές/ριες Ε' τάξης Δημοτικού και η οποία αφορούσε στην ανάπτυξη των φυτών και τη φωτοσύνθεση. Στα πλαίσια αυτής της έρευνας παρακολούθηθηκε η δασκάλα της τάξης, η οποία εφάρμοσε ένα πρόγραμμα ερευνητικό, στο οποίο φύτεψαν σπόρους στο φως και το σκοτάδι. Έπειτα από δύο εβδομάδες παρατηρήσεων και μετρήσεων δόθηκε στους/τις μαθητές/ριες ένα τεστ στο οποίο έπρεπε να προβλέψουν αν οι σπόροι που άρχισαν να φυτρώνουν στο σκοτάδι θα επιβίωναν.

Η δασκάλα ήταν σίγουρη ότι οι παρατηρήσεις και μόνο θα οδηγούσαν τα παιδιά στο να κατανοήσουν τη φωτοσύνθεση. Όμως κανένας μαθητής δεν πρόβλεψε ότι τα φυτά θα πέθαιναν σε συνδυασμό με την ανικανότητα των φυτών να φτιάχνουν την τροφή τους χωρίς φως. Δεν μπορούσαν να συσχετίσουν την κακή υγεία των φυτών στο σκοτάδι με την έλλειψη τροφής, από τη στιγμή που θεωρούσαν ως τροφή τα υλικά που τα φυτά παίρνουν.

Η δασκάλα επομένως δεν έδωσε προσοχή στις ιδέες που τα παιδιά είχαν ήδη. Επίσης δεν παρουσίασε η ίδια μια εξήγηση της έννοιας της φωτοσύνθεσης όπως θα έπρεπε. Έτσι δεν μπόρεσε να τα βοηθήσει να αντικαταστήσουν τις παρανοήσεις τους με τις επιστημονικές έννοιες τις οποίες ήθελε να τους μάθει.

Οι Barker και Carr (1989b) στην εργασία τους περιγράφουν πώς μια νέα στρατηγική για τη διδασκαλία και μάθηση της φωτοσύνθεσης (παραγωγή υδατάνθρακα) σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε σε παιδιά γυμνασίου. Η στρατηγική στηρίχτηκε στο παραγωγικό μοντέλο μάθησης των Osborne και Wittrock (1985), το οποίο βασίζεται στην εποικοδομητική θεωρία. Το μοντέλο προϋποθέτει ότι η μάθηση είναι αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης μεταξύ προϋπαρχουσών ιδεών και των πληροφοριών που συλλέγονται.

Το πακέτο αυτό διδασκαλίας με τίτλο 'Where does the wood come from?' δηλαδή 'Από πού προέρχεται το ξύλο;' είχε τρεις φάσεις, στις οποίες οι μαθητές συζητούσαν την προϋπάρχουσα γνώση τους, ένιωθαν ότι έλεγχαν τη



μάθησή τους, κατασκεύαζαν νέα νοήματα τα οποία και έλεγχαν. Η στρατηγική που χρησιμοποίησαν επικεντρώθηκε στο ξύλο, γιατί οι μαθητές έχουν πλούσια εμπειρία για αυτό το υλικό. Το άμυλο, το προϊόν της φωτοσύνθεσης που συχνά αναφέρεται σε άλλες μεθόδους διδασκαλίας, δεν είναι τόσο οικείο στους μαθητές και είναι σχετικά σπάνιο στη φύση συγκριτικά με την κυτταρίνη (το κύριο συστατικό του ξύλου) που περιλαμβάνει πάνω από το 50% της συνολικής οργανικής ύλης του έμβιου κόσμου (Bloomfield ,1977). Το 71% των μαθητών/ριών σε αυτή την έρευνα αντιλήφθηκαν τη φωτοσύνθεση ως μια διαδικασία παραγωγής υδατάνθρακα.

Η παραγωγική μάθηση σε αυτήν την περίπτωση ήταν επιτυχής, διότι δάσκαλος και ερευνητής γνώριζαν τις δυνατότητες για περαιτέρω κατανόηση, που βασίζεται στην προηγούμενη γνώση. Αν και σε άλλα πλαίσια και έρευνες φαίνεται ότι οι μαθητές ‘κολλούν’ στις ιδέες τους, εδώ οι μαθητές ενθαρρύνθηκαν να στηριχθούν στις ιδέες τους ως βάση για την κατασκευή της επιστημονικής άποψης.

Οι Eisen και Stavy (1993) εφάρμοσαν μια νέα πρόταση διδασκαλίας για τη φωτοσύνθεση. Σκοπός τους ήταν να ελέγξουν αν οι μαθητές/ριες που μελέτησαν σύμφωνα με ένα Α.Π βασισμένο στις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών θα είχαν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα από αυτά που διδάχθηκαν την ενότητα με το παλιό Α.Π.

Η διδασκαλία της φωτοσύνθεσης στηρίχτηκε στη διαισθητική γνώση των παιδιών και το περιεχόμενό της οργανώθηκε με τρόπο ώστε να αποφύγει τη δημιουργία παρανοήσεων κατά τη διάρκειά της. Εξετάστηκαν οι αντιλήψεις των παιδιών πάνω σε τέσσερα θέματα: το οικοσύστημα, τη χημεία, τον αυτοτροφισμό και την αναπνοή. Υπέθεσαν οι ερευνητές ότι η κατανόηση του ρόλου των παραπάνω σχετικά με τη φωτοσύνθεση, θα συμβάλλει σε μια βασική κατανόηση της διαδικασίας.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο σχεδιασμός ενός Α.Π που το περιεχόμενό του βασίζεται στην έρευνα πάνω στις αντιλήψεις των παιδιών, θα οδηγήσει σε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα. Προτείνεται επίσης η συσχέτιση χημείας και βιολογίας, καθώς και η συσχέτιση της φωτοσύνθεσης με την ίδια τη ζωή των παιδιών, ώστε να προκαλέσουμε το ενδιαφέρον τους. Ακόμη προτείνουν τον περιορισμό της ύλης για τη φωτοσύνθεση σε παιδιά γυμνασίου. Να επικεντρωθεί σε κύριες ιδέες που αφορούν στην ύπαρξη ενός οικοσυστήματος

που αποτελείται από φυσικά και βιοτικά περιβάλλοντα που λειτουργούν αμοιβαία, με υλικά που κινούνται κυκλικά από την ατμόσφαιρα στα φυτά, στα ζώα και ξανά πίσω στην ατμόσφαιρα.

Εξαιτίας λοιπόν της σημαντικότητας της φωτοσύνθεσης απαιτούνται εναλλακτικές προσεγγίσεις διδασκαλίας. Η παραδοσιακή διδασκαλία συμβάλλει στην αποστήθιση των εννοιών και όχι σε ουσιαστική μάθηση. Ο Η/Υ παίζει σπουδαίο ρόλο στη σύγχρονη διδασκαλία και μάθηση επιστημονικών εννοιών (Chang, 2001). Γι' αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συμπληρωματικό εργαλείο για την επίτευξη των εκπαιδευτικών στόχων.

Η μελέτη των αποτελεσμάτων μιας διδασκαλίας για τη φωτοσύνθεση βασισμένη σε Η/Υ πάνω στη γνωστική ανάπτυξη των μαθητών/ριών, τις ιδέες και στάσεις τους, ήταν ο σκοπός μιας έρευνας (Cerni et al., 2004). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση Η/Υ στη διδασκαλία της φωτοσύνθεσης ήταν αποτελεσματική για τους μαθητές/ριες όσον αφορά τα επίπεδα κατανόησης και εφαρμογής του γνωστικού τομέα. Όμως ο Η/Υ δεν άλλαξε βασικές παρανοήσεις σχετικές με αφηρημένες έννοιες, όπως τις πηγές ενέργειας στα φυτά. Επίσης υπήρχε μικρή αλλαγή στη στάση των μαθητών/ριών απέναντι στις Φ.Ε. Οι στάσεις επηρεάζονται βέβαια και από άλλους παράγοντες όπως το επίπεδο γνώσης των οικογενειών για την τεχνολογία, η ενθάρρυνση των δασκάλων για χρήση Η/Υ (Shashani, and K, A., 2001).

Προτείνεται λοιπόν η αλληλεπίδραση με Η/Υ όχι ατομικά αλλά σε επίπεδο ομάδας. Ο Η/Υ μπορεί να βελτιώσει την επίδοση μαθητών/ριών, να αλλάξει τις παρανοήσεις ως ένα βαθμό, αλλά είναι πολύ δύσκολο να αλλάξει τις στάσεις απέναντι στις Φ.Ε σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Η ενότητα της φωτοσύνθεσης διδάχθηκε με Η/Υ και από μια άλλη ομάδα ερευνητών (Καλκάνης και άλλοι, 2001). Στην προσέγγιση αυτή χρησιμοποιήθηκε ο Η/Υ για την επίδειξη και κατανόηση των μικροσκοπικών αλληλεπιδραστικών φυτικών διαδικασιών και της δομής των φυτών (φυτικό κύτταρο, χλωροπλάστης, ανταλλαγή αερίων). Χρησιμοποιήθηκαν διαδικασίες προσομοίωσης των φυσικών διαδικασιών με τη χρήση τρισδιάστατων γραφικών και πειραματικών διατάξεων για τις μετρήσεις των ποσοτήτων που σχετίζονται με τις λειτουργίες των φυτών. Οι μετρήσεις και οι οπτικοποιήσεις έγιναν για τη σύγκριση και κατανόηση της παραγωγικότητας διαφόρων



φυτικών συστημάτων στη φυτική κοινότητα γενικά, αλλά και στον τρόπο αντίδρασής τους σε περιβαλλοντικές μεταβολές (Στράγκα, 2000). Το λογισμικό χρησιμοποιήθηκε συμπληρωματικά με τις δραστηριότητες των σχολικών εγχειριδίων. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν τη λειτουργικότητά του και όσον αφορά στα πλαίσια θεματικών αντικειμένων εκτός του Α.Π (π.χ Περιβαλλοντική Εκπαίδευση) οι στόχοι πιστεύεται ότι εκπληρώθηκαν στο μέγιστο.

Η διδασκαλία της βιολογίας βασίζεται κυρίως σε οπτικοποιήσεις των σχέσεων μεταξύ της δομής του ατόμου και των βιολογικών λειτουργιών (Camp et al., 1998). Οι οπτικοποιήσεις ως αποτέλεσμα των προσομοιώσεων βοηθούν τους μαθητές να κατανοήσουν αφηρημένες έννοιες και να δημιουργήσουν νοητικά μοντέλα. Με σκοπό την ανάπτυξη νέων προσεγγίσεων στη διδασκαλία της βιολογίας, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να χρησιμοποιούν ποικιλία διδακτικών εργαλείων. Το μειονέκτημα κάποιων συμβατικών εργαλείων είναι ότι περιορίζουν την αυτοδράση. Γι' αυτό κάποια νέα έχουν βρεθεί εκμεταλλεύόμενα προσομοιώσεις και οπτικοποιήσεις που παίζουν σημαντικό ρόλο στην κατασκευή αναπαραστάσεων και τη λύση προβλημάτων (Eichinger et al., 2000).

Ένα όμως εικονικό περιβάλλον για να αποτελέσει μέρος ενός εκπαιδευτικού λογισμικού πρέπει να έχει συγκεκριμένους διδακτικούς στόχους, εκπαιδευτικό σενάριο, μεταφορές με παιδαγωγική σημασία. Συγκεκριμένα, έρευνα που έγινε στην Ελλάδα (Μικρόπουλος και άλλοι, 2003) αφορά στο σχεδιασμό, την ανάπτυξη και αξιολόγηση ενός εκπαιδευτικού εικονικού περιβάλλοντος για τη διδασκαλία της φωτοσύνθεσης.

Οι στόχοι της έρευνας ήταν δύο:

- ο έλεγχος της στάσης των εκπαιδευτικών στις τεχνολογίες και η εκμετάλλευσή της στην εκπαιδευτική διαδικασία
- ο έλεγχος των μαθησιακών αποτελεσμάτων ως αποτέλεσμα της χρήσης εικονικού περιβάλλοντος για τη διδασκαλία της φωτοσύνθεσης.

Η πλοήγηση στο εικονικό περιβάλλον ξεκινά από το φυτικό ιστό του εικονικού κυττάρου. Σφαίρες διαφορετικού χρώματος και σχήματος αντιπροσωπεύουν τα άτομα, μόρια, ηλεκτρόνια. Με τη βοήθεια ενός

εικονικού φωτός, ο χρήστης προχωρά στη δημιουργία των χημικών αντιδράσεων, ώστε να σχηματιστεί το τελικό προϊόν της φωτοσύνθεσης, η γλυκόζη.

Τα αποτελέσματα (προ και μετά τεστ) έδειξαν ότι η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών ενθουσιάστηκε από την αλληλεπίδραση με το εικονικό περιβάλλον. Το πλαίσιο όμως ενός εκπαιδευτικού εικονικού περιβάλλοντος πρέπει να συνδέεται στενά με το περιεχόμενο, τους διδακτικούς στόχους και τις μαθησιακές δραστηριότητες, ώστε τα μαθησιακά αποτελέσματα να πραγματοποιηθούν εποικοδομητικά.

Μια άλλη προσέγγιση που έχει επιχειρηθεί για τη διδασκαλία της φωτοσύνθεσης είναι αυτή του εγχειριδίου (Mikkila-Erdmann, 2001). Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν δύο εκδοχές κειμένου για τη φωτοσύνθεση. Η πρώτη στηριζόταν σε ένα παραδοσιακό κείμενο, παρμένο από ένα σύγχρονο σχολικό εγχειρίδιο και η δεύτερη σε ένα κείμενο το οποίο λάμβανε υπόψη τις παρανοήσεις των παιδιών για τη φωτοσύνθεση (refutational). Το τελευταίο προσπαθεί να αναδείξει τις διαφορές μεταξύ των σκέψεων των μαθητών πριν τη διδασκαλία και των επιστημονικών ιδεών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αυτό το κείμενο οδήγησε τους μαθητές στην εννοιολογική αλλαγή για τη φωτοσύνθεση. Το εγχειρίδιο ως εργαλείο για εννοιολογική αλλαγή έχει παραμεληθεί. Όμως με μια σχετικά εύκολη και οικονομική επένδυση στο σχεδιασμό ενός τέτοιου κειμένου, είναι πολύ πιθανό να υπάρξει αλλαγή στην κατανόηση των παιδιών για κάποιες έννοιες στις Φ.Ε.

Είναι σημαντικό επομένως να δίνεις σημασία στις παρανοήσεις όταν πρόκειται να σχεδιαστεί ένα επιστημονικό σχολικό βιβλίο. Ένας οδηγός για τις παρανοήσεις των παιδιών γύρω από τις επιστημονικές έννοιες είναι απαραίτητος για τους συγγραφείς. Η έρευνα επίσης στην εννοιολογική αλλαγή χρειάζεται να ενημερώνει την τρέχουσα παραγωγή βιβλίων.

Οι εικόνες καθώς και τα πολυμεσικά μαθησιακά περιβάλλοντα θα προσφέρουν νέες πιθανότητες στο σχεδιασμό πιο αποτελεσματικών μεθόδων για τη δημιουργία περιβαλλόντων μάθησης που προάγουν την εννοιολογική αλλαγή. Η διδασκαλία και μάθηση μπορούν γενικά να βελτιωθούν αν επικεντρωθούν σε τρόπους που προκαλούν στους μαθητές/ριες την ενεργητική τους συμμετοχή. Η διδασκαλία αφηρημένων εννοιών όπως η φωτοσύνθεση μπορεί να γίνει και με τη βοήθεια του δράματος, όπως προτείνει η Carlsson

(2003), έτσι ώστε να μην βαρεθούν οι μαθητές/ριες και να κατακτήσουν την έννοια πραγματικά.

Το παιδαγωγικό δράμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για οπτικοποίηση και αποσαφήνιση αόρατων και αφηρημένων εννοιών της φυσικής (Heathcote & Bolton, 1995). Η ολιστική προσέγγιση του δράματος εστιάζει στην κατάκτηση της γνώσης μέσα από την συναισθηματική προσέγγιση του θέματος. Αισθήματα, φαντασία, μεταφορές είναι κεντρικά στοιχεία στην όλη διαδικασία (Sternudd, 2000). Το δράμα όμως δε χρησιμοποιείται συχνά στις Φ.Ε (Odegaard, 2001).

Για τη διδασκαλία της φωτοσύνθεσης σχεδιάστηκαν έξι βήματα βασικών όψεων περιεχομένου.

1. Κατανόηση της θεωρίας των σωματιδίων
2. Κατανόηση της κατάστασης των αερίων
3. Σχηματισμός νέων ουσιών, μεταβολή της ύλης
4. Κατανόηση της διαδικασίας αλλαγής φάσης
5. Σχέση μεταξύ μακροσκοπικών ιδιοτήτων μιας ουσίας και του μικρο-επιπέδου της
6. Κατανόηση της μάζας των ατόμων

Οι 6 αυτές όψεις παίζουν πρωτεύον ρόλο στην κατανόηση της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Η διδασκαλία κάθε όψης διαρκούσε 60-80 λεπτά και τα μαθήματα γίνονταν μία φορά τη βδομάδα για οχτώ εβδομάδες. Η φωτοσύνθεση ‘παίχτηκε’ στο Χριστουγεννιάτικο πάρτυ του σχολείου με καμάρι από τους μαθητές/ριες. Παίζοντας όμως ένα παιχνίδι ρόλων ίσως νέες εναλλακτικές εξελιχθούν. Επομένως μια συνεχής συζήτηση για το πώς το παιχνίδι διαφέρει από τις επιστημονικές ιδέες που πρέπει να αντιπροσωπεύονται, είναι ουσιώδης.

Συμπερασματικά για να μάθουν οι μαθητές/ριες να χρησιμοποιούν τη γνώση από τις Φ.Ε στη λήψη αποφάσεων, χρειάζεται να δουλεύουν με αυθεντικές καταστάσεις, όπου πρέπει σαφώς να ορίσουν την επιστημονική και τη μη επιστημονική γνώση και να τις συνδέσουν. Έπειτα είναι ακόμη σημαντικό να συνδέσουμε τα αποτελέσματα από τις έρευνες σε φοιτητές δασκάλους με το πώς κατανοούν στα σχολεία οι μαθητές/ριες τις έννοιες. Αυτό θα έκανε τους μελλοντικούς δασκάλους να αισθανθούν ότι η εκπαίδευση συνδέεται με το επάγγελμά τους.

Όσον αφορά στα σχολικά εγχειρίδια ο σημαντικός ρόλος της φωτοσύνθεσης στην πρωτογενή παραγωγή οργανικής ύλης θα πρέπει να τονίζεται σε αυτά. Θα μπορούσε να τονίζεται ακόμη η σύνδεση της γλυκόζης με την κυτταρίνη (ξύλο), το πιο κοινό φυτικό υλικό, όπως έχει προταθεί από τους Barker και Carr (1989b) και όχι μόνο η σύνδεση γλυκόζης – αμύλου όπως γίνεται. Άλλωστε το άμυλο είναι αποθεματικό υλικό και η κυτταρίνη δομικό υλικό του φυτού.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Ερευνητικό μέρος

#### 5.1 Στόχοι της έρευνας

- Να καταγραφούν και να μελετηθούν οι αρχικές ιδέες/ αναπαραστάσεις των μαθητών/ριών της (Γ', Δ' και Στ') τάξης του Δημοτικού σχολείου για
  - τη φωτοσύνθεση και
  - τη θρέψη των φυτών
- Οι ιδέες αυτές να αποτελέσουν αφετηρία για την οργάνωση της διδακτικής παρέμβασης.
- Να διαπιστωθεί εάν και σε ποιο βαθμό εξελίσσονται και βελτιώνονται οι ιδέες των μαθητών/ριών για τη φωτοσύνθεση μέσα σε ένα κατάλληλο μαθησιακό περιβάλλον εποικοδομητικού και συνεργατικού τύπου.

#### 5.2 Υποθέσεις έρευνας

1. Υποθέτουμε ότι οι μαθητές/ριες του Δημοτικού σχολείου έχουν παρανοήσεις για τη φωτοσύνθεση και τη θρέψη των φυτών
2. Υποθέτουμε ότι οι εναλλακτικές αυτές ιδέες που έχουν οι μαθητές/ριες μπορούν να βελτιωθούν ή και να αλλάξουν, αν η διδασκαλία γίνει σε μαθησιακό περιβάλλον εποικοδομητικού και συνεργατικού τύπου

#### 5.3 Δείγμα

Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 8 μαθητές/ριες από τους/τις οποίους/ες 3 ήταν Γ' Δημοτικού (2 αγόρια και 1 κορίτσι), 3 της Δ' Δημοτικού (3 αγόρια) και 2 της Στ' Δημοτικού (2 κορίτσια). Οι μαθητές/ριες προέρχονταν από

δημόσιο σχολείο της Μαγνησίας (Διθέσιο Δ.Σ Μακρινίτσας), από οικογένειες της ίδιας περίπου κοινωνικής και οικονομικής κατάστασης.

## 5.4 Μέθοδος έρευνας

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα ήταν η προσωπική ημιδομημένη συνέντευξη. Θεωρείται ότι με τη συνέντευξη υπάρχει περισσότερη επαφή με τα άτομα που συμμετέχουν, ενώ παράλληλα δίνεται η δυνατότητα για περαιτέρω επεξηγήσεις στις διάφορες ερωτήσεις και για εκτενέστερη ανάπτυξη των επιμέρους θεμάτων.

Η συνέντευξη ενδιαφέρεται για την υποκειμενικότητα του ατόμου που ερευνά και επιτρέπει στα άτομα να εκφράσουν τις απόψεις τους όσο το δυνατόν πιο ολοκληρωμένα και ελεύθερα μπορούν. Επιτρέπει στον ερευνητή να έχει πρόσβαση στα 'ευαίσθητα' ποιοτικά δεδομένα που υπερβαίνουν ή και αποκλίνουν από τις άμεσες λεκτικές εκφράσεις, αποκαλύπτοντας ασυνείδητες σκέψεις και συμπεριφορές (Διαμαντάκη, Ντάβου, 2001).

Η πρόσωπο με πρόσωπο επαφή που υφίσταται ανάμεσα στον ερευνητή και το υποκείμενο δίνει στον ερευνητή μια πιο άμεση, βιωματική εμπειρία επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης και μια σαφώς εγκυρότερη εποπτεία των εκφραζόμενων απόψεων. Η ημιδομημένη συνέντευξη επιτρέπει στον ερευνητή να τροποποιεί την αλληλουχία των ερωτήσεων, τηρώντας με ελαστικότητα έναν οδηγό της συνέντευξης με τη μορφή σημειώσεων (Coen & Manion, 1994).

Μόνο με τη μέθοδο των ατομικών ημιδομημένων συνεντεύξεων καθίσταται δυνατή η διερεύνηση του θέματος σε βάθος (Glesne and Peshkin 1992, Tierney and Dilley 2002). Δίνεται η ευκαιρία στα παιδιά να εκφράσουν τις δικές τους σκέψεις για θέματα της καθημερινής τους ζωής, ενώ παράλληλα εντοπίζονται οι ελλείψεις τους στην κατανόηση εννοιών και φαινομένων (Brody et al.1989).

Η έρευνα που έγινε στο πλαίσιο αυτής της εργασίας αφορούσε:

α) Στη διερεύνηση των αρχικών ιδεών-αναπαραστάσεων των μαθητών/ριών της Γ', Δ' και Στ' τάξης του Δημοτικού σχολείου για τη θρέψη των φυτών και τη φωτοσύνθεση



β) Στην οργάνωση της διδακτικής παρέμβασης

Οι ερωτήσεις της συνέντευξης ήταν ανοιχτού τύπου, ώστε τα παιδιά να εκφράσουν τις απόψεις τους με πλήρη ελευθερία, χωρίς να δεσμεύονται από έτοιμες κατηγορίες απαντήσεων. Δεν έγιναν τροποποιήσεις στις ερωτήσεις για τα παιδιά της μικρότερης ηλικίας, χρειάστηκε όμως να γίνουν κάποιες διευκρινιστικές ερωτήσεις για να κατανοηθούν καλύτερα αυτά που ήθελαν τα παιδιά να πουν. Οι συνεντεύξεις έγιναν ατομικά στο διάλειμμα και την ώρα της ευέλικτης ζώνης και διήρκεσαν περίπου 20 λεπτά για κάθε παιδί. Ηχογραφήθηκαν, απομαγνητοφωνήθηκαν και έγινε περαιτέρω επεξεργασία του διαθέσιμου υλικού.

Στόχος της αρχικής συνέντευξης ήταν η καταγραφή των αρχικών ιδεών των παιδιών πριν τη διδακτική παρέμβαση για τη φωτοσύνθεση και τη θρέψη των φυτών. Στο τέλος, ένα μήνα μετά τη διδακτική παρέμβαση, ζητήθηκε από όλους/ες τους μαθητές και τις μαθήτριες να απαντήσουν στις ίδιες ερωτήσεις με αυτές της αρχικής συνέντευξης με την ίδια μέθοδο. Με τον τρόπο αυτό έγινε η αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων. Στόχος της τελικής συνέντευξης ήταν να διαπιστώσουμε κατά πόσο οι αρχικές ιδέες των μαθητών/ριών είχαν αλλάξει/ βελτιωθεί ως αποτέλεσμα της διδακτικής παρέμβασης. Η τελική συνέντευξη αποτέλεσε δηλαδή το μέτρο σύγκρισης των αρχικών και τελικών ιδεών των παιδιών.

Προκειμένου να διερευνηθούν οι απόψεις για τη φωτοσύνθεση και τη θρέψη των φυτών, τα παιδιά κλήθηκαν να απαντήσουν στις παρακάτω ερωτήσεις:

1. Τι χρειάζεται ένα φυτό για να μεγαλώσει;
2. Πώς παίρνουν την τροφή τους τα φυτά;
3. Ποια είναι η τροφή των φυτών;
4. Τι είναι η φωτοσύνθεση;
5. Ποιο ρόλο παίζει το χρώμα στην ανάπτυξη των φυτών; Έχει κάποια σχέση το χρώμα με τη θρέψη τους;
6. Πόσο σημαντικά είναι τα φυτά για το περιβάλλον και γιατί;
7. Τι θα συνέβαινε αν δεν υπήρχαν τα φυτά;

Οι ερωτήσεις 6 και 7 δόθηκαν προκειμένου να διερευνηθούν οι απόψεις των παιδιών για το ρόλο των φυτών στο οικοσύστημα.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### Α' Μέρος

#### Διερεύνηση των αντιλήψεων των παιδιών για τη φωτοσύνθεση και τη θρέψη των φυτών Αποτελέσματα και συζήτηση

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές/ριες στις ερωτήσεις της αρχικής συνέντευξης για τη φωτοσύνθεση και τη θρέψη των φυτών. Ειδικότερα παρουσιάζονται οι απαντήσεις (κατηγοριοποιημένες) που έδωσαν τα παιδιά σε κάθε μία ερώτηση ξεχωριστά πριν τη διδακτική παρέμβαση. Επιπλέον, δίνονται και χαρακτηριστικές απαντήσεις παιδιών και γίνεται ο σχολιασμός τους.

Απαντήσεις στην ερώτηση: **Τι χρειάζεται ένα φυτό για να μεγαλώσει;**

**Πίνακας 1**

<b>Κατηγορίες απαντήσεων</b>	<b>N=8</b>
Νερό και χώμα	3
Νερό, ήλιο, λίπασμα και χώμα	3
Νερό και ήλιο	1
Νερό	1

Από τις απαντήσεις των παιδιών όλων των τάξεων στην πρώτη ερώτηση φαίνεται ότι απαντούν με βάση τις εμπειρίες της καθημερινής τους ζωής. Θεωρούν το χώμα, το νερό και τον ήλιο απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών, χωρίς όμως να τα συσχετίζουν πάντα με τη θρέψη τους. Κάποιοι/ες μάλιστα πιστεύουν ότι το λίπασμα είναι αυτό που βοηθά το φυτό να μεγαλώσει και το θεωρούν απαραίτητο συστατικό της θρέψης του. Το χώμα κυριαρχεί στις απαντήσεις τους ως το στοιχείο εκείνο που βοηθά το φυτό να μεγαλώσει και να αναπτυχθεί. Η άποψη αυτή είναι σύμφωνη και με τη βιβλιογραφική έρευνα των Anderson, Sheldon, Dubay (1990) και των Amir

and Tamir (1994) κατά την οποία οι περισσότεροι μαθητές/ριες πιστεύουν ότι η αύξηση του βάρους στα φυτά προέρχεται από το νερό και το χώμα, αλλά λίγοι/ες συνδέουν τη φωτοσύνθεση με την τροφή των φυτών. Αξίζει να σημειωθεί ότι κανένα παιδί στην ερώτηση αυτή δεν αναφέρθηκε στο διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) ως απαραίτητο στην ανάπτυξη των φυτών.

Παραδείγματα απαντήσεων: *‘...πρέπει να του βάζουμε νερό.....και μετά από καιρό μεγαλώνει το φυτό..’*

*‘...το φυτό χρειάζεται το χώμα για να γίνει μεγάλο.....το βοηθά να βγάλει και άλλα φύλλα.....κρατάει το φυτό για να μην πέσει..’*

*‘..τον θέλει τον ήλιο για να ζεσταίνεται και έτσι να μεγαλώσει πιο πολύ....’*

**Απαντήσεις στην ερώτηση: Πώς παίρνουν την τροφή τους τα φυτά;**

**Πίνακας 2**

<b>Κατηγορίες απαντήσεων</b>	<b>N=8</b>
Από τον ήλιο και το νερό	1
Από τις ρίζες	3
Τη φτιάχνει μόνο του	1
Τη ρίχνουμε εμείς	2
Δεν ξέρω	1

Από τις απαντήσεις των μαθητών/ριών στην ερώτηση 2 (βλ. πίνακα 2) βλέπουμε ότι 3 από τα 8 παιδιά απάντησαν ότι τα φυτά παίρνουν την τροφή τους με τις ρίζες, 2 παιδιά ότι τη ρίχνουμε εμείς την τροφή έτοιμη, 1 παιδί απάντησε ότι την παίρνουν από τον ήλιο και το νερό από τα απορροφητικά τριχίδια και 1 δεν ήξερε. Μια μόνο μαθήτρια της Στ' τάξης απάντησε σωστά πως τα φυτά φτιάχνουν την τροφή μόνα τους. Δεν γνώριζε ακριβώς όμως όταν ρωτήθηκε στη συνέχεια τη διαδικασία που ακολουθείται για να γίνει αυτή η τροφή.

Το χώμα με τις ρίζες είναι αυτό που παίζει κυρίαρχο ρόλο στις αντιλήψεις των παιδιών σχετικά με τη θρέψη. Διαπιστώνεται έτσι η παρανόηση ότι το φυτό παίρνει την τροφή του από το χώμα (Giordan et de Vecchi, 1987). Όταν τα παιδιά απαντούν ότι την τροφή τη ρίχνουμε εμείς στα φυτά αναφέρονται

κυρίως στο νερό και το λίπασμα. Αυτό διαπιστώθηκε μετά από διευκρινίσεις που ζητήθηκαν για να εξηγήσουν τι εννοούν.

Κανένας δεν έχει αναφέρει μέχρι στιγμής στις απαντήσεις τα φύλλα και το ρόλο τους στη θρέψη των φυτών.

Χαρακτηριστική απάντηση:

*‘...το νερό και το χώμα τα τρώει με τη ρίζα του....το φυτό ρουφάει το νερό με τις ρίζες που είναι μες στο χώμα...’*

Απαντήσεις στην ερώτηση: **Ποια είναι η τροφή των φυτών;**

**Πίνακας 3**

Κατηγορίες απαντήσεων	N=8
Νερό	1
Γλυκόζη	2
Ουσίες από το χώμα	3
Δεν ξέρω	2

Χαρακτηριστικά τρία παιδιά αναφέρουν ότι τα φυτά τρέφονται με ουσίες από το χώμα, ένας μαθητής ότι το νερό είναι η τροφή και δυο μαθητές απαντούν τη γλυκόζη. Η μαθήτριά που στην προηγούμενη ερώτηση απάντησε ότι τα φυτά φτιάχνουν την τροφή τους και δεν την παίρνουν έτοιμη αναφέρθηκε στη γλυκόζη ως την τροφή των φυτών.

Χαρακτηριστικά αναφέρει: *«Τα φυτά τρέφονται με τη γλυκόζη, η οποία πηγαίνει σε όλο τι φυτό».*

Ένας ακόμη μαθητής (Δ' τάξης) αναφέρει: *«Τροφή των φυτών είναι η γλυκόζη, την οποία παίρνουν από κάπου έτοιμη».*

Τα αποτελέσματα συμφωνούν με αυτά της έρευνας των Ζόγκζα και Οικονομοπούλου σε παιδιά 10-14 ετών (1999) η οποία έδειξε ότι τροφή των φυτών θεωρείται ότι είναι τα θρεπτικά συστατικά που παίρνει το φυτό από το περιβάλλον και πρωτίστως τα συστατικά του εδάφους, δευτερευόντως το νερό και στο τέλος ο αέρας. Οι μαθητές/ριες βλέπουν την τροφή ως ξεχωριστές ουσίες και πιστεύουν ότι τροφή για τα φυτά αποτελεί οτιδήποτε προέρχεται από το περιβάλλον (πολλαπλές πηγές τροφής), όπως νερό, λιπάσματα.

Η απάντηση ότι τροφή είναι το νερό δεν μπορεί να θεωρηθεί ως εξ ολοκλήρου λανθασμένη άποψη αφού πράγματι το νερό είναι ένα από τα αντιδρώντα στοιχεία στη χημική αντίδραση της φωτοσύνθεσης.

Κάτι όμως που αξίζει να τονιστεί είναι ότι το διοξείδιο του άνθρακα δεν αναφέρεται ως τροφή από τα παιδιά, αν και θα μπορούσε αφού παίρνει και αυτό μέρος στην αντίδραση της φωτοσύνθεσης. Αυτό ερμηνεύεται πιθανόν από το γεγονός ότι το διοξείδιο του άνθρακα είναι αέριο και δε γίνεται άμεσα αντιληπτό από τις αισθήσεις.

Απαντήσεις στην ερώτηση: **Τι είναι η φωτοσύνθεση;**

**Πίνακας 4**

<b>Κατηγορίες απαντήσεων</b>	<b>N=8</b>
Αυτό που κάνουν τα φυτά για να φτιάξουν γλυκόζη	1
Κάτι που γίνεται στα φυτά και μεγαλώνουν	1
Δεν ξέρω	6

Από τις απαντήσεις γίνεται φανερό ότι η έννοια της φωτοσύνθεσης είναι αρκετά σύνθετη και δημιουργεί παρανοήσεις στους μαθητές, κάτι που συμφωνεί με τα αποτελέσματα πολλών ερευνών (Driver, 1998).

Πιο συγκεκριμένα, ένα μόνο παιδί έχει δείξει ότι γνωρίζει πως τα φυτά με τη φωτοσύνθεση, παράγουν τη γλυκόζη, αλλά δεν έχει αντιληφθεί πλήρως την πορεία σύνθεσης της τροφής. Ένας άλλος μαθητής υποστηρίζει ότι φωτοσύνθεση είναι κάτι που γίνεται στα φυτά και μεγαλώνουν, χωρίς να γνωρίζει τι ακριβώς.

Γίνεται επομένως αντιληπτό ότι η πλειοψηφία του δείγματος δεν είναι σε θέση να περιγράψουν τη φωτοσύνθεση και δεν την έχουν κατανοήσει έτσι όπως παρουσιάζεται μέσα από το σχολικό εγχειρίδιο.

Απαντήσεις στην ερώτηση: **Ποιο ρόλο διαδραματίζει το χώμα στην ανάπτυξη των φυτών; Έχει κάποια σχέση το χώμα με τη θρέψη τους;**

**Πίνακας 5**

<b>Κατηγορίες απαντήσεων</b>	<b>N=8</b>
Για να φυτρώσει ο σπόρος	1
Για να μεγαλώσει	1
Για στήριγμα	1
Δίνει την τροφή	5

Σύμφωνα με τις απαντήσεις αυτές στον πίνακα 5 φανερό είναι η αντίληψη που έχουν για το χώμα, η οποία συμφωνεί και με τις έρευνες (Lazarowitz and Penso, 1992). Δηλαδή διαπιστώνεται η παρανόηση ότι το φυτό παίρνει την τροφή του από το χώμα και μεγαλώνει.

Χαρακτηριστικές απαντήσεις:

*‘...χωρίς χώμα δε φυτρώνουν τα φυτά...’, ‘...χωρίς χώμα ξεραίνονται..’, ‘..βοηθά το φυτό να μεγαλώσει...’, ‘...έχει σχέση με θρέψη, γιατί παίρνει το νερό και μεγαλώνει...’*

*‘... μέσα στο χώμα φυτρώνουν οι σπόροι και βγαίνουν τριχίδια και παίρνουν το νερό...’*

*‘... με το χώμα το φυτό στηρίζεται, αλλιώς πέφτει...’*

*‘... έχει σχέση με τη θρέψη, γιατί το χώμα έχει θρεπτικές ουσίες και νερό που βοηθούν να μεγαλώσει...’*

Δύο επιπλέον ερωτήσεις που τέθηκαν στους/ις μαθητές/ριες στην αρχική συνέντευξή τους ήταν οι εξής:

- Πόσο σημαντικά είναι τα φυτά για το περιβάλλον και γιατί;
- Τι θα συνέβαινε αν δεν υπήρχαν τα φυτά;

Οι ερωτήσεις αυτές στόχευαν στο να αναδειχθούν οι απόψεις των παιδιών για το ρόλο των φυτών στο οικοσύστημα. Και τα οχτώ παιδιά γνώριζαν ότι τα φυτά είναι πολύ σημαντικά για το περιβάλλον, διότι όπως λένε μας δίνουν το οξυγόνο και μπορούμε και αναπνέουμε.

Χαρακτηριστική είναι η απάντηση:

*‘Τα φυτά δίνουν το οξυγόνο με τα φύλλα τους όταν φυσάει’.*

Έχουν μια ανθρωποκεντρική θεώρηση του θέματος, γιατί υποστηρίζουν ότι χωρίς τα φυτά δε θα ζούσαν οι άνθρωποι και δε θα υπήρχε ζωή στον πλανήτη. Από τις απαντήσεις των παιδιών βλέπουμε επίσης ότι κανένας δεν αναφέρεται στις τροφικές σχέσεις και τις τροφικές αλυσίδες.. Αγνοούν ότι οι οργανικές ουσίες που παράγονται από τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς αποτελούν μέσω των τροφικών αλυσίδων πηγές θρεπτικών ουσιών για τους ετερότροφους οργανισμούς, άμεσα για τους φυτοφάγους και έμμεσα για τους σαρκοφάγους. Δεν έχουν κατανοήσει δηλαδή ότι η ύλη ακολουθεί κυκλική πορεία μέσα στα οικοσυστήματα και ότι τα φυτά αποτελούν τροφή άλλων οργανισμών.

### **Συμπεράσματα από το Α' μέρος της έρευνας**

Από τη διερεύνηση των αντιλήψεων των παιδιών για τη φωτοσύνθεση και τη θρέψη των φυτών είδαμε ότι έχουν παρανοήσεις για το θέμα αυτό. Αδυνατούν να κατανοήσουν πώς τρέφονται τα φυτά και την όλη διαδικασία σύνθεσης της τροφής. Κυρίαρχο στις απαντήσεις των παιδιών στην αρχική συνέντευξη είναι ότι το χώμα καθορίζει την ανάπτυξη των φυτών.

Συγκεκριμένα η πλειοψηφία των παιδιών απαντά:

*‘...χωρίς χώμα δε φυτρώνουν τα φυτά...’*

Επίσης, οι μαθητές/ριες πιστεύουν ότι τροφή αποτελεί οτιδήποτε προέρχεται από το περιβάλλον. Τη βλέπουν ως ξεχωριστές ουσίες, όπως για παράδειγμα το νερό, το χώμα, αλλά και το λίπασμα. Επομένως δε τα συσχετίζουν με τη θρέψη και τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης.

Από τα 8 παιδιά που ρωτήθηκαν μία μαθήτρια της Στ' τάξης γνώριζε ότι τροφή των φυτών είναι η γλυκόζη, χωρίς όμως να είναι σε θέση να περιγράψει τη διαδικασία παραγωγής της. Οι υπόλοιποι/ες μαθητές/ριες είχαν εδραιωμένη την αντίληψη πως το χώμα δίνει στο φυτό την τροφή του, κάτι το οποίο έχει διαπιστωθεί και από τη βιβλιογραφία. Για το πώς τρέφονται και μεγαλώνουν τα φυτά υπάρχει η αντίστοιχη ενότητα στο σχολικό εγχειρίδιο σε κάθε τάξη



του Δημοτικού σχολείου, από την Α' ως και την Ε'. Μόνο όμως στην Ε' τάξη διδάσκεται η έννοια της φωτοσύνθεσης επιστημονικά πλέον και εισάγεται ο όρος γλυκόζη. Στις μικρότερες τάξεις τα παιδιά μαθαίνουν πως το χώμα, ο ήλιος, η υγρασία και ο αέρας είναι απαραίτητα για να ζήσουν τα φυτά και να μεγαλώσουν.

Για να αναθεωρηθεί επομένως η αντίληψη που φάνηκε ότι έχουν τα παιδιά στο δείγμα μας οργανώθηκε μια διδακτική παρέμβαση, ώστε να γίνει κατανοητή η έννοια της φωτοσύνθεσης και η θρέψη των φυτών.

## Β' Μέρος

### Διδακτική παρέμβαση

Όπως έχουμε αναφέρει και σε προηγούμενο κεφάλαιο οι εναλλακτικές ιδέες των παιδιών είναι αυτές που θα αποτελέσουν το σημείο εκκίνησης, ώστε σύμφωνα με το αποδεκτό πρότυπο του εποικοδομητισμού, να μπορέσουμε να τις ανατρέψουμε και να τις αντικαταστήσουμε με την ισχύουσα επιστημονική αλήθεια.

Από την έρευνα που κάναμε με τις συνεντεύξεις φάνηκε ότι τα παιδιά σε μεγάλο ποσοστό πιστεύουν ότι η τροφή του φυτού προέρχεται από το χώμα. Η συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση που οργανώσαμε για τα παιδιά του Δημοτικού είχε ως στόχο να ανασκευαστεί η ιδέα αυτή που έχουν οι μαθητές/ριες ότι το χώμα δίνει στο φυτό την τροφή του και ότι το λίπασμα είναι τροφή του φυτού. Με βάση αυτές τις αντιλήψεις οργανώσαμε την ακόλουθη διδακτική παρέμβαση.

Συγκεκριμένα κόψαμε βλασταράκια από ένα φυτό (ένα είδος κισσού), ώστε να είναι περίπου ίδια και με τον ίδιο αριθμό φύλλων. Για να μπορέσουμε να τα ζυγίσουμε δανειστήκαμε από ένα φαρμακείο μια ηλεκτρονική ζυγαριά ακριβείας. Τα παιδιά έβαλαν δύο μικρά βλαστάκια πάνω στη ζυγαριά, είδαν και σημείωσαν τις ενδείξεις σε ένα πίνακα. Στη συνέχεια τοποθετήσαμε από δύο κλωνάρια σε δυο ποτήρια με την ίδια ποσότητα νερού. Προσθέσαμε στα ποτήρια και λίγο λίπασμα. Το ένα ποτήρι το βάλουμε στο φως, ενώ το άλλο σε σκοτεινό μέρος.

Στο σημείο αυτό απευθύναμε στους μαθητές/ριες την εξής ερώτηση:

*‘Τι νομίζετε πως θα συμβεί στα κλωνάρια;’*

Στην πλειοψηφία τους τα παιδιά απάντησαν πως τα φυτά δε θα μεγαλώσουν γιατί δεν έχουν χώμα.

Χαρακτηριστικά αναφέρουν:

« θα χαλάσουν γιατί δεν έχουν χώμα »

« χωρίς χώμα ξέρουμε πως τα φυτά δε μεγαλώνουν »

« τα φυτά τρέφονται με το χώμα, άρα θα πεθάνουν »

Σε τακτά χρονικά διαστήματα ζυγίζαμε τα κλωναράκια και παρατηρούσαμε τις διαφορές τους. Αφού πέρασαν δυο εβδομάδες καταγράψαμε και τα νέα βάρη των φυτών και συζητήσαμε τα αποτελέσματα. Η διαφορά του βάρους τους μας δίνει το μέτρο της ανάπτυξής τους, που σχετίζεται από τα παιδιά με την τροφή. Εντοπίσαμε και ποιοτικές διαφορές μεταξύ των βλασταριών των δυο ποτηριών. Παράλληλα παρουσιάστηκε το θέμα της φωτοσύνθεσης και έγινε προσπάθεια να την αντιληφθούν οι μαθητές/ριες.

Τα βάρη των κλωναριών όπως καταγράφηκαν στο διάστημα των δύο εβδομάδων είναι τα εξής:

Χρονικό διάστημα(ημέρες)	1 <sup>η</sup>	8 <sup>η</sup>	12 <sup>η</sup>	15 <sup>η</sup>
Βάρος φυτού στο φως(γραμ.)	2,8	3	3,1	3,4

Χρονικό διάστημα(ημέρες)	1 <sup>η</sup>	8 <sup>η</sup>	12 <sup>η</sup>	15 <sup>η</sup>
Βάρος φυτού στο σκοτάδι(γραμ.)	2,8	2,8	2,8	2,9

Δύο εβδομάδες αφότου έγινε η διδακτική παρέμβαση τα παιδιά επανέλαβαν τις μετρήσεις και παρατήρησαν ότι τα βλασταράκια που ήταν εκτεθειμένα στο φως παρουσίαζαν μια αύξηση του βάρους τους, ενώ τα βλασταράκια που ήταν στο σκοτάδι παρέμειναν σχεδόν ίδια. Διαψεύστηκαν έτσι οι προσδοκίες τους πως και τα φυτά που ήταν στο φως δε θα μεγαλώσουν.

Οι μαθητές/ριες καταγράφοντας τις παρατηρήσεις τους είχαν τη δυνατότητα να εκφράσουν τις προσωπικές τους απόψεις για το υπό μελέτη θέμα, να συζητήσουν το αποτέλεσμα της διδακτικής παρέμβασης και να καταλήξουν σε συμπεράσματα. Με τη συζήτηση των αποτελεσμάτων, την ανταλλαγή απόψεων και με την καθοδήγηση του διδάσκοντος, έγινε μια προσπάθεια να οδηγηθούν τα παιδιά στο επιθυμητό αποτέλεσμα, την κατανόηση της φωτοσύνθεσης.

Συμπερασματικά συγκρίνοντας την αύξηση του βάρους μεταξύ των κλωναριών στο φως και το σκοτάδι, διαπιστώνουμε ότι το φυτό δεν αυξάνει σε βάρος όταν είναι στο σκοτάδι, παρόλο που βρίσκεται σε νερό με λίπασμα. Αποσταθεροποιείται έτσι η αντίληψη ότι το λίπασμα είναι τροφή του φυτού.

Επίσης, επειδή το φυτό στο φως αναπτύσσεται και χωρίς να υπάρχει χώμα, αποσταθεροποιείται και η αντίληψη ότι το χώμα δίνει στο φυτό την τροφή του και συντελεί στην ανάπτυξή του.

## Αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων

Ένα μήνα μετά τη διδακτική παρέμβαση επαναλάβαμε στα παιδιά με ατομικές συνεντεύξεις τις ίδιες ερωτήσεις με αυτές της αρχικής συνέντευξης. Επειδή όμως ένας από τους στόχους της διδακτικής παρέμβασης της συγκεκριμένης έρευνας ήταν να διαπιστωθεί κατά πόσο έχει αναθεωρηθεί η ιδέα των μαθητών/ριών ότι το χώμα αποτελεί την τροφή του φυτού και συντελεί στην ανάπτυξή του, παρουσιάζουμε επιλεκτικά κάποιες μόνο ερωτήσεις. Ο λόγος για τον οποίο γίνεται αυτό είναι ότι μέσα από την παρουσίαση των απαντήσεων των μαθητών/ριών στις ερωτήσεις αυτές, φαίνεται καλύτερα η εξέλιξη των αρχικών τους ιδεών, δηλαδή αν αυτές αλλάζουν/ βελτιώνονται και σε ποιο βαθμό ως αποτέλεσμα της διδακτικής παρέμβασης.

Απαντήσεις στην ερώτηση: **Τι χρειάζεται ένα φυτό για να μεγαλώσει;**

Πίνακας 6

Κατηγορίες απαντήσεων	Αρχικά N=8	Τελικά N=8
Νερό και χώμα	3	0
Νερό, ήλιο, λίπασμα και χώμα	3	0
Νερό και ήλιο	1	3
Νερό	1	1
Νερό, ήλιο και CO <sub>2</sub>	0	4

Από τις απαντήσεις των παιδιών (βλ. Πίνακα 6) στην αρχική συνέντευξη φαίνεται ότι η πλειοψηφία των παιδιών θεωρεί ότι το χώμα και το λίπασμα βοηθούν το φυτό να μεγαλώσει και να αναπτυχθεί. Μετά όμως από το πείραμα που έγινε αποσταθεροποιήθηκε η αντίληψη αυτή. Επιπλέον σε συνδυασμό με τη θεωρητική παρουσίαση της φωτοσύνθεσης προστέθηκε και το CO<sub>2</sub> στις απαντήσεις τους.

Απαντήσεις στην ερώτηση: Ποια είναι η τροφή των φυτών;

Πίνακας 7

Κατηγορίες απαντήσεων	Αρχικά N=8	Τελικά N=8
Νερό	1	0
Γλυκόζη	2	6
Ουσίες από το χώμα	3	0
Δεν ξέρω	2	2

Από τις απαντήσεις των παιδιών (βλ. Πίνακα 7) στην αρχική συνέντευξη φαίνεται ότι οι μαθητές δίνουν μια ποικιλία απαντήσεων. Πολλοί όμως είναι αυτοί που πιστεύουν ότι το χώμα είναι η τροφή του φυτού.

Στην τελική συνέντευξη και μετά τη θεωρητική παρουσίαση της λειτουργίας της φωτοσύνθεσης οι απαντήσεις των μαθητών/ριών δείχνουν να έχουν βελτιωθεί σημαντικά, αφού όπως αναφέρει η πλειοψηφία των παιδιών (6 από τα 8) η γλυκόζη είναι η τροφή των φυτών. Μόνο δύο παιδιά εξακολουθούν και μετά τη διδακτική παρέμβαση να μη το γνωρίζουν.

Από τις απαντήσεις των μαθητών/ριών στη συνέντευξη μετά τη διδακτική παρέμβαση φαίνεται ότι τα παιδιά έχουν συνειδητοποιήσει ότι τα φυτά τρέφονται με τη γλυκόζη, την οποία φτιάχνουν.

Χαρακτηριστικά αναφέρουν: *‘...το φυτό φτιάχνει τη γλυκόζη και μεγαλώνει...’*

*‘...μια ουσία που λέγεται γλυκόζη και φτιάχνεται μέσα στο φυτό το τρέφει και το μεγαλώνει...’*

Απαντήσεις στην ερώτηση: Τι είναι η φωτοσύνθεση;



**Πίνακας 8**

Κατηγορίες απαντήσεων	Αρχικά N=8	Τελικά N=8
Κάτι που γίνεται στα φυτά και μεγαλώνουν	1	1
Αυτό που κάνουν τα φυτά για να φτιάξουν γλυκόζη	1	5
Δεν ξέρω	6	2

Πριν τη διδακτική παρέμβαση η πλειοψηφία των παιδιών δεν κατάφερε να δώσει ικανοποιητικές απαντήσεις στην ερώτηση (βλ. Πίνακα 8). Δεν ήταν δηλαδή σε θέση να περιγράψει τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης. Μόνο μια μαθήτρια γνώριζε τι είναι η φωτοσύνθεση, χωρίς να έχει όμως συνειδητοποιήσει πλήρως τη διαδικασία παραγωγής τροφής.

Από τις απαντήσεις των μαθητών/ριών μετά τη διδακτική παρέμβαση 5 παιδιά αναφέρονται στη λειτουργία που γίνεται μέσα στο φυτό για να τραφεί και στην παραγωγή της τροφής του φυτού, της γλυκόζης.

Ένα παιδί εξακολουθεί να απαντά αόριστα λέγοντας: *‘φωτοσύνθεση είναι ο τρόπος που μπορεί να μεγαλώσει ένα φυτό. Με τις ακτίνες του ήλιου το φυτό μεγαλώνει’*. Ξέρει πια πώς με τη φωτοσύνθεση το φυτό αναπτύσσεται, αλλά φαίνεται να μην έχει συνειδητοποιήσει τον τρόπο που γίνεται αυτό.

Οι αρχικές ιδέες των παιδιών δείχνουν να έχουν κάπως βελτιωθεί, από τη στιγμή που δυο μόνο μαθητές συνεχίζουν μετά τη διδακτική παρέμβαση να δίνουν την ίδια απάντηση ( Δεν ξέρω ) όπως και στην αρχική συνέντευξη.

Από τα 5 παιδιά που δίνουν σωστά το αποτέλεσμα της λειτουργίας της φωτοσύνθεσης, τα 4 αναφέρονται σε όλα τα απαραίτητα στοιχεία της διαδικασίας (φως, νερό, διοξείδιο του άνθρακα).

Ενδεικτικά αναφέρουμε την απάντηση:

*‘Με τη φωτοσύνθεση το φυτό τρέφεται. Με τις ρίζες απορροφά το νερό και τις θρεπτικές ουσίες από το έδαφος. Μετά τα πηγαίνει στα φύλλα, όπου με τα*

*στόματα παίρνουν το διοξείδιο του άνθρακα και διώχνουν το οξυγόνο. Παίρνει επίσης και το ηλιακό φως και φτιάχνει τη γλυκόζη.*

Τα υπόλοιπα αναφέρουν στις απαντήσεις τους ως απαραίτητα στοιχεία το νερό, το φως, ξεχνούν όμως το διοξείδιο του άνθρακα.

Παρότι οι μαθητές/ριες δείχνουν να έχουν βελτιώσει τις ιδέες τους για τη θρέψη των φυτών και τη φωτοσύνθεση μετά τη διδακτική παρέμβαση που κάναμε, εντούτοις δε φαίνεται να είναι σε θέση ακόμα να δώσουν έναν/ μια ικανοποιητικό ορισμό/ περιγραφή για τη φωτοσύνθεση, δηλαδή δε δείχνουν να έχουν συνειδητοποιήσει πλήρως τον τρόπο/ διαδικασία με τον/ην οποίο/α τα φυτά φτιάχνουν την τροφή τους μέσω της φωτοσύνθεσης.

## **Συμπεράσματα από το Β' μέρος της έρευνας**

Τα αποτελέσματα που πήραμε μετά τη διδακτική παρέμβαση που οργανώσαμε στα πλαίσια της έρευνας δείχνουν ότι οι μαθητές/ριες του δείγματός μας βελτίωσαν σε μεγάλο βαθμό τις ιδέες τους για τη φωτοσύνθεση και τη θρέψη των φυτών. Ενώ στην αρχική συνέντευξη οι περισσότεροι δε γνώριζαν καθόλου τι είναι η φωτοσύνθεση, στην τελική συνέντευξη αρκετοί ήταν αυτοί που είχαν κατανοήσει τη λειτουργία της.

Όσον αφορά τώρα την παρανόηση που είχαν οι μαθητές/ριες ότι το χρώμα αποτελεί την τροφή του φυτού αυτή ανασκευάστηκε από τη στιγμή που παρατήρησαν ότι τα κλωνάρια του φυτού αυξήθηκαν σε βάρος και μεγάλωσαν παρόλο που ήταν μέσα σε νερό και όχι χρώμα.

Όμως ο τρόπος με τον οποίο παράγεται η τροφή των φυτών, δηλαδή η διαδικασία παρασκευής της γλυκόζης, φάνηκε να μην έχει γίνει πλήρως αντιληπτή και μετά την εποικοδομητικού τύπου παρέμβαση. Κάτι το οποίο δικαιολογείται για ένα τόσο πολύπλοκο θέμα όπως η φωτοσύνθεση και σε παιδιά τέτοιων ηλικιών. Το σημαντικό όμως από όλα είναι ότι κατανόησαν τη σημασία και το τελικό αποτέλεσμα της φωτοσύνθεσης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### Συμπεράσματα - Προτάσεις

Όσον αφορά τις απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές/ριες στην αρχική και τελική συνέντευξη, γίνεται φανερό ότι τα παιδιά βελτίωσαν σημαντικά τις απόψεις τους μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Συγκεκριμένα:

Από τις απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές/ριες στην αρχική συνέντευξη φαίνεται ότι τα παιδιά έχουν εναλλακτικές ιδέες σε σχέση με τη θρέψη των φυτών και τη φωτοσύνθεση.

- Δεν έχουν κατανοήσει επαρκώς πώς τρέφονται τα φυτά.
- Πιστεύουν ότι τροφή των φυτών είναι το χώμα. Χωρίς αυτό δε μπορούν να αναπτυχθούν.
- Θεωρούν ως απαραίτητες ουσίες για την ανάπτυξη των φυτών το χώμα και το λίπασμα.
- Πιστεύουν ότι τα φυτά παίρνουν την τροφή τους με τις ρίζες.
- Δεν αντιλαμβάνονται την έννοια της φωτοσύνθεσης.

Επαληθεύεται επομένως η **πρώτη υπόθεση έρευνας**, σύμφωνα με την οποία: Οι μαθητές/ριες έχουν αρχικές εναλλακτικές ιδέες για τη θρέψη των φυτών και τη φωτοσύνθεση.

Στην τελική συνέντευξη, μετά τη διδασκαλία εποικοδομητικού και συνεργατικού τύπου, τα παιδιά βελτίωσαν σημαντικά τις απόψεις τους, σχετικά με το υπό μελέτη θέμα.

Ειδικότερα οι μαθητές/ριες:

- Δείχνουν να έχουν κατανοήσει τη φωτοσύνθεση.
- Συνειδητοποίησαν ότι τροφή των φυτών δεν είναι το χώμα.
- Κατανόησαν ότι τροφή των φυτών είναι η γλυκόζη.

Επαληθεύεται επομένως η **δεύτερη υπόθεση έρευνας**, σύμφωνα με την οποία: Οι αρχικές εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τη φωτοσύνθεση μπορούν να τροποποιηθούν αν η διδασκαλία πραγματοποιηθεί σε ένα μαθησιακό περιβάλλον εποικοδομητικού και συνεργατικού τύπου.

Η σύγκριση των απαντήσεων των παιδιών στις ερωτήσεις πριν και μετά το πείραμα δείχνει την επιτυχία της διδακτικής παρέμβασης σε μεγάλο βαθμό. Βέβαια δεν είχαμε άριστες απαντήσεις από όλους τους/τις μαθητές/ριες, όσον αφορά τα εμπλεκόμενα συστατικά στη φωτοσύνθεση, αλλά αυτό είναι αναμενόμενο, όταν έχουμε ένα τέτοιο πολύπλοκο θέμα. Αυτό που είναι σημαντικό είναι ότι έχουν κατανοήσει τη σημασία και το τελικό αποτέλεσμα της φωτοσύνθεσης.

Κάποια στοιχεία που πρέπει ίσως να διορθωθούν είναι ο χρόνος του πειράματος. Περισσότερος χρόνος θα βοηθούσε ώστε η παρατηρούμενη αύξηση στα βάρη να είναι μεγαλύτερη.

Μέσα από τη βιβλιογραφία διαφαίνεται η προσπάθεια που έχει γίνει για μια πιο αποτελεσματική διδασκαλία της φωτοσύνθεσης στην εκπαίδευση. Όλες σχεδόν οι έρευνες έδειξαν την αδυναμία των παιδιών να κατανοήσουν τη φωτοσύνθεση και το ρόλο που παίζει στη ζωή μας.

Σε μαθητές/ριες μάλιστα του δημοτικού, η φωτοσύνθεση αποτελεί το πλέον δύσκολο θέμα. Η κατανόησή της απαιτεί μια ιδιαίτερη προσέγγιση από το δάσκαλο, στηριζόμενη σε απλές περιγραφικές και πειραματικές δραστηριότητες, ώστε να αντιληφθούν τη μέγιστη σημασία της. Μέσα από τη διαδικασία της άσκησης τα παιδιά μαθαίνουν να παρατηρούν και να καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους και να προσπαθούν να εξηγήσουν τα αποτελέσματά της. Η όλη διαδικασία οδηγεί στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης του παιδιού.

Το Αναλυτικό Πρόγραμμα του Δημοτικού Σχολείου αφιερώνει για τη διδασκαλία της φωτοσύνθεσης τρεις ώρες. Μέσα σε αυτές θα πρέπει ο μαθητής/ρια να κατανοήσει τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τις ενεργειακές ανάγκες των φυτών, το ρόλο της χλωροφύλλης και της ηλιακής ακτινοβολίας. Ο χρόνος όμως αυτός που αφιερώνεται δεν είναι αρκετός για ένα τόσο σπουδαίο θέμα.

Ακόμη οι προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών/ριών, παρ' όλη τη συμβολή τους στην οικοδόμηση των εννοιών και κατ' επέκταση στη μάθηση, δε λαμβάνονται υπόψη. Οι αντιλήψεις των παιδιών είναι αυτές που θα αποτελέσουν τη βάση, πάνω στην οποία θα οικοδομηθεί η νέα γνώση. Με την οικοδόμηση βασικών εννοιών από τα παιδιά, θα κατανοήσουν τη βιολογική λειτουργία.

Όλα αυτά βέβαια προϋποθέτουν ένα περιβάλλον όπου ο εποικοδομητισμός τονίζει και τη σημασία της συνεργασίας μεταξύ των μαθητών/ριών για καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα (Solomon, 1994, Lazarowitz, 1998, Scott, 1998). Συνεργατικά και αλληλεπιδραστικά περιβάλλοντα μάθησης ευνοούν και την ανάπτυξη θετικών κοινωνικών στάσεων από τους/τις μαθητές/ριες (Σταυρίδου, 2000).

Για να έχουμε επομένως καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα χρειάζεται βελτίωση της διδασκαλίας των επιστημονικών εννοιών, μέσα σε ένα μαθησιακό περιβάλλον, το οποίο θα στηρίζεται στις αρχές του κοινωνικού εποικοδομητισμού και θα αξιοποιεί διαδικασίες συνεργατικής μάθησης.

Υπάρχει επομένως ανάγκη αλλαγής του σημερινού πλαισίου μέσα στο οποίο διδάσκεται το μάθημα των Φ.Ε στο Δημοτικό Σχολείο. Θα πρέπει να περάσουμε από το δασκαλοκεντρικό μοντέλο στο μαθητοκεντρικό, να θέσουμε δηλαδή το/τη μαθητή/ρια στο επίκεντρο της διδακτικής πράξης και να λάβουμε υπόψη τις αρχικές ιδέες των παιδιών. Επιπλέον να δώσουμε έμφαση στην κοινωνική διάσταση οικοδόμησης της νέας γνώσης.

Ένα τέτοιο μαθησιακό περιβάλλον μπορεί να εξασφαλίσει τις προϋποθέσεις για καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα από τους/τις μαθητές/ριες, σχετικά με έννοιες των Φ.Ε.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική

1. *Βιολογία γενικής παιδείας, Β' τάξης ενιαίου λυκείου, ΟΕΔΒ*
2. Διαμαντάκη, Ντάβου, Πανούσας, (2001). *Νέες Τεχνολογίες και παλαιοί φόβοι στο σχολικό σύστημα*, εκδ. Παπαζήση, Αθήνα.
3. Cohen, L., Manion, L. (1994). *Μεθοδολογία εκπαιδευτικής έρευνας*, εκδ. Μεταίχμιο, Αθήνα.
4. Ζόγκζα, Β., Οικονομοπούλου, Π. (1999). Οι νοητικές παραστάσεις των παιδιών ηλικίας 10-14 ετών για τη θρέψη των φυτών και τη φωτοσύνθεση. *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, τχ.29, 75-96.
5. Καλκάνης, Γ., Στράγκα, Σ., Πατρινόπουλος, Μ. (2001). Μια εκπαιδευτική προσέγγιση της λειτουργίας των φυτών μέσα από φυσικές αρχές και διαδικασίες: Φωτοσύνθεση, Αναπνοή, Διαπνοή- Προσομοιώσεις των μικροσκοπικών διαδικασιών και μετρήσεις των φυσικών ποσοτήτων με Η/Υ μέσω αισθητήρων. 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογής των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Ρέθυμνο 2002.
6. Κόκκοτας, Π., Βλάχος, Γ., Καρανίκας, Γ. (1995). Διδακτικές στρατηγικές για Εννοιολογική Αλλαγή στις Φυσικές Επιστήμες στο Η. Ματσαγγούρας (επιμ.). *Η εξέλιξη της διδακτικής: Επιστημολογική Θεώρηση*. Gutenberg, Αθήνα.
7. Κόκκοτας Π. (1997). *Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης*. Αθήνα



8. Κόκκοτας, Π. (1999). *Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*, Αθήνα.
9. Κουλαϊδής, Β. (1994). Αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου: Γνωστική, Επιστημολογική και Διδακτική Προσέγγιση. *Σειρά: Ψυχολογία*, Gutenberg, Αθήνα.
10. Παπαδημητρίου, Β., Τζανή, Ε. (1990). Πώς κατανοούν οι απόφοιτοι της Γ' Γυμνασίου το χημικό χαρακτήρα των σχέσεων αλληλοεξάρτησης των οργανισμών μεταξύ τους και με το περιβάλλον. *Νέα Παιδεία*, 53, 56-66.
11. Παπαδημητρίου, Β., Σολομωνίδου, Χ., Σταυρίδου, Ε., (1992). Ένα σύγχρονο Ερευνητικό Πρόγραμμα Εκπαίδευσης των Δασκάλων στις Φυσικές Επιστήμες. *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, τεύχος 16
12. Παπαδημητρίου, Β. (2004). Ο Κονστροκτιβισμός στις Φυσικές Επιστήμες και στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. (υπό έκδοση σε συλλογικό τόμο με τίτλο με θέμα: «*Η περιβαλλοντική εκπαίδευση στον 21<sup>ο</sup> αιώνα*» επιμέλεια Δ. Γεωργόπουλος,. Εκδόσεις Gutenberg).
13. Παππάς, Α. (1987). *Μαθητοκεντρική διδασκαλία*. (τρεις τόμοι). Εκδόσεις: Βιβλία για όλους. Αθήνα 1990.
14. Σταυρίδου, Ε. (2000). *Συνεργατική μάθηση στην επιστήμη. Μια εφαρμογή στο Δημοτικό σχολείο*. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
15. Στράγκα, Σ. Μελέτη της μεταβολής της παιδαγωγικής και προσωπικής πρακτικής στις σχέσεις εκπαιδευτικών και μαθητών, με την εφαρμογή της επιστημονικής μεθοδολογίας σε (προ)δομημένα σχέδια περιβαλλοντικών εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων, Πρακτικά, Διεθνές Συνέδριο «*Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στο πλαίσιο της Εκπαίδευσης*

του 21<sup>ου</sup> αιώνα- Προοπτικές και Δυνατότητες», Λάρισα, Ελλάδα, (2000).

### Ξενόγλωσση

1. Amir, R., & Tamir, P. (1994). In-depth analysis of misconceptions as a basis for developing research-based remedial instruction: the case of photosynthesis. *The American Biology Teacher*, 56(2), 94-100.
2. Anderson, C. W., Sheldon, T. H., & Dubay, J. (1990). The effect of instruction on college nonmajors' conceptions of photosynthesis and respiration. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(8), 761-776.
3. Barack, J., Sheva, B., and Gorodetsky, M. (1999). As 'process' as it can get: students' understanding of biological processes. *International Journal of Science Education*, 21, 1281-1292.
4. Barker, M., & Carr, M. (1989a). Teaching and learning about photosynthesis. An assessment in terms of students' prior knowledge. *International Journal of Science Education*, 11(1), 49-56.
5. Barker, M., & Carr, M. (1989b). Teaching and learning about photosynthesis. A generative learning strategy. *International Journal of Science Education*, 11(2), 141-152.
6. Bell, B. (1985). Student's Ideas About Plant Nutrition: What are They; *Journal of Biological Education*. Vol. 19.
7. Black, P.J., & Lucas, A.M. (1993). Children's Informal Ideas in Science. London and New York: Routledge

8. Bloomfield, M. (1977). *Chemistry and the living organism* (John Wiley, New York).
9. Brody, M., Chipman, E., and Scott, M., (1989). Student knowledge of scientific and natural resource concepts concerning acidic deposition. *International Journal of Environmental Education*, vol. 20, no. 2, p. 32-42.
10. Buckley, B. C. (2000). Interactive multimedia and model-based learning in biology. *International Journal of Science Education*, 22, 895-935.
11. Bybee, R. W. (1995). Achieving scientific literacy. *The Science Teacher*, 62(7), 28-33.
12. Camp, J., Cameron, B., Blezek, D. (1998). Virtual reality in medicine and biology. *Future Generation Computer Systems*, 14, 91-108.
13. Canal, P. (1999). Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants: an inevitable misconception. *International Journal of Science Education*, 21, 363-371.
14. Caravita, S., & Hallden, O. (1994). Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 89-111.
15. Carlsson, B. (2003). Dramatic Photosynthesis. *Australian Science Teachers' Journal*, 26-35.
16. Cepni, S., Tas, E., Kose, S. (2004). The effects of computer-assisted material on students' cognitive levels, misconceptions and attitudes towards science. *Computers and Education*
17. Chang, C. (2001). Comparing the impacts of a problem-based computer-assisted instruction and the direct-interactive teaching

- method on student science achievement. *Journal of Science Education and Technology*, 10(2).
18. Chen-Yung Lin, (2003). Students' understanding of energy flow and matter cycling in the context of the food chain, photosynthesis and respiration. *International Journal of Science Education*, 25(12), 1529-1544.
  19. Davis, N. et al. (1993). Transitions from objectivism to constructivism in science education. *International Journal of Science Education*, 15(6), 627-636
  20. Driver, R. (1981). Pupils' alternative frameworks in science. *European Journal of Science Education*, 3(1), 93-101.
  21. Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (1985). Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές επιστήμες. Ένωση Ελλήνων Φυσικών. Εκδόσεις Τροχαλία, Αθήνα 1993.
  22. Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11 (5), 481-490.
  23. Driver, R., Guensne, E., Tiberghien, A.(1998). Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών, Τυπωθήτω, Αθήνα.
  24. Duit, R., & Treagust, D. (1998). Learning in science: from behaviourism towards social constructivism and beyond. In B.J.Fraser and K.G.Tobin (Eds) *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp.3-25.
  25. Eichinger, D., Nakhlen, M., and Auberry, D. (2000). Evaluating Computer Lab Modules for Large Biology Courses. *The Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 19, 253-275.

26. Eidson, S., and Simmons, P. (1998). Microcomputer Simulation Graphic and Alphanumeric Modes: Examining Students; Process Skills and Conceptual Understanding. *The Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 17, 21-61.
27. Eisen Y and Stavy R. (1993) How to make the learning of photosynthesis more relevant. *International Journal of Science Education*, 15, 117-125
28. Ekborg, M. (2003). How students teachers use scientific conceptions to discuss a complex environmental issue. *Journal of Biological Education*, 37(3), 126-132.
29. Erdmann, M. (2001). Improving conceptual change concerning photosynthesis through text design. *Learning and Instruction*, 11, 241-257.
30. Eskilsson, O., and Holgersson, I. (1999). Everyday Phenomena and Teachers' Training. *European Journal of Teacher Education*, 22, 231-245.
31. Flick, L. & Bell, R.(2000). Preparing Tomorrow's Science Teachers to use Technology: Guidelines for science educators. *Contemporary issues in Technology and Teacher Education*, 1,39-60
32. Geelan, D. (1997). Epistemological anarchy and the many forms of constructivism. *Science & Education*, 6, 15-28.
33. Giordan, A. and De Vecchi, G. (1987). *Les origins du savoir*, Neuchetel – Paris: Delachaux et Niestle.
34. Glesne and Peshkin (1992). *Becoming Qualitative Researchers:an introduction*. White Plains, NY: Longman.

35. Griffard, P. (2001). The two-tier instrument on photosynthesis: what does it diagnose? *International Journal of Science Education*, 23(10), 1039-1052.
36. Harlen, W. (1992). *The Teaching of Science*, Fulton Publishers, London
37. Haslan, F., and Treagust, D. (1987). Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of Biological Education*, 21(3), 203-211.
38. Hazel, E., and Prosser, M. (1994). First-year university students' understanding of photosynthesis, their study strategies and learning context. *American Biology Teacher*, 56(5), 274-279.
39. Heathcote, D., & Bolton, G. (1995). *Drama for learning : Dorothy Heathcote's mantle of the expert approach to education*. Portsmouth, NH: Heinemann.
40. Kinchin, I. (2000). Concept mapping in biology. *Journal of Biological Education*, 34, 61-68.
41. Lawson, A. (1988). 'The acquisition of Biological knowledge during childhood: Cognitive conflict or tabula rasa?'. *Journal of Research in Science Teaching*, 25,(3), 185-199.
42. Lazarowitz, R and Penso, S. (1992). 'High school students' difficulties in learning biology concepts'. *Journal of Biology Education* 26(3), 215-223.
43. Lazarowitz, R. and Hertz-Lazarovitz, R., (1998). Cooperative learning in the science curriculum. In Fraser B. J. and Tobin K. G., (Eds.)



International Handbook of Science Education, G.B.: Kluwer Academic Publishers, pp.449- 469

44. Leach, J., Driver, R., Scott, P., and Wood-Robinson, C. (1996). Children's ideas about ecology: Ideas found in children aged 5-16 about the cycling of matter. *International Journal of Science Education*, 18, 19-43.
45. Lehtinen, E., Hakkarainen, K.(et al) (1998). Computer Supported Collaborative Learning: A Review. University of Turku, University of Helsinki.
46. Limon, M.(2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: a critical appraisal. *Learning and Instruction*, 11, 357-380.
47. Lumpe, A., and Staver, J. (1995). Peer Collaboration and Concept Development: Learning about photosynthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 71-98.
48. Mathews, M. (2002). Constructivism and Science Education: A further Appraisal. *Journal of Science Education and Technology*, 11(2), 121-134.
49. Mikkila-Erdman, (2001). Improving conceptual change concerning photosynthesis through text design. *Learning and Instruction*, 11, 241-257.
50. Mikropoulos, T., Katsikis, A., Nikolou, E., Tsakalis, P. (2003). Virtual environments in biology teaching. *Journal of Biological Education*, 37(4), 176-181.
51. Odegaard, M. (2001). The drama of science education. Doctoral thesis. Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Oslo.

52. Osborne, R., and Freyberg, P., (1985). Learning in Science. The implications of children's Science. Heinman.
53. Osborne, R and Wittrock, M. (1985). The generative learning model and its implications for science education. *Studies in Science Education*, 22, 59-87.
54. Ozay, E., and Oztas, H. (2003). Secondary students. Interpretations of photosynthesis and plant nutrition. *Journal of Biological Education*, 37(2), 68-70.
55. Scott, P. (1998). Teacher talk and meaning making in science classrooms: a Vygotskian analysis and review, *Studies in Science Education*, 32, 45-80.
56. Shashaani, L., & K, A. (2001). Gender and computers: similarities and differences in Iranian college students' attitudes toward computers. *Computers and Education*, 37, 363-375.
57. Siciliano, J. (2001). How to Incorporate Cooperative Learning Principles in the Classroom: It's More than Just Putting Students in Teams. *Journal of Management Education*, 25(1), 8-20.
58. Simpson, W. and Arnold, b. (1982a). The inappropriate use of subsumers in biology learning. *European Journal of Science education*, 4(2), 173-183.
59. Simpson, W. and Arnold, b. (1982b). Availability of prerequisite concepts for learning biology at certificate level. *Journal of Biological Education*, 16(1), 65-72.

60. Smith, E., and Anderson, C. (1984). Plants as producers: A case study of elementary science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(7), 685-698.
61. Solomon, J. (1994). The rise and fall of constructivism, *Studies in Science Education*, 23, 1-19.
62. Stavy, R. et al. (1989). Children's Conceptions of Plants as Living Things. *Human development* 32.
63. Stavy, R., Eisen, Y. and Yaakobi, D. (1987). 'How students' aged 13-15 understand photosynthesis' *International Journal of Science Education*, 9(1), 105-115.
64. Sternudd, M. (2000). Dramapedagogik som demokratisk fostran. (Doctoral thesis). *Studies in Education*, Uppsala.
65. Tierney, W., and Dilley, P., (2002). Interviewing in Education (chapter 22 p.453-471, In: Handbook of Interview Research: Context and Method. Jaber F. Gubrium, James A. Holstein). Sage Publications 2002. International Educational and Professional Publisher. Thousand Oaks. London. New Delhi.
66. Tsai, C. (2000). Enhancing science instruction: the use of 'conflict maps'. *International Journal of Science Education*, 22(3), 285-302.
67. Vosniadou, S. (1996). Towards a revised cognitive psychology for new advances in learning and instruction. *Learning and Instruction*, 6(2),
68. Waheed, T., Lucas, A.M. (1992). Understanding interrelated topics: photosynthesis at age 14. *Journal of Biological Education*

69. Wandersee, J. (1983). 'Students misconceptions about photosynthesis: a cross age study'. In H. Helm and J. Novak (eds) *Proceedings of the International Seminar of Misconceptions in Science and Mathematics*. Ithaca: Cornell University Press.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000085589

