



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ – ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΜΑΘΗΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΗΣ Β΄
ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΜΕΣΩ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ»

ΔΗΜΗΤΡΑ ΜΠΟΥΤΣΙΟΥΚΗ

ΡΟΔΟΣ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2023

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ – ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΔΗΜΗΤΡΑ ΜΠΟΥΤΣΙΟΥΚΗ
Α.Μ.: 4132021021

«ΜΑΘΗΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΗΣ Β΄
ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΜΕΣΩ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ»

«LEARNING THE HYDROLOGICAL CYCLE TO SECOND GRADE
PRIMARY SCHOOL STUDENTS THROUGH SCIENCE PRACTICES
AND DIGITAL TECHNOLOGIES»

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΣΚΟΥΜΙΟΣ ΜΙΧΑΗΛ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ, ΠΑΝ. ΑΙΓΑΙΟΥ

ΜΕΛΗ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ
ΦΕΡΜΕΛΗ ΓΕΩΡΓΙΑ, ΜΕΛΟΣ Ε.ΔΙ.Π., Τ.Ι.Φ.Ε. Ε.Κ.Π.Α.
ΣΟΦΟΣ ΑΛΙΒΙΖΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ, ΠΑΝ. ΑΙΓΑΙΟΥ

ΡΟΔΟΣ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2023

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ - ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μάθηση του υδρολογικού κύκλου σε μαθητές της Β' δημοτικού σχολείου μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και ψηφιακών τεχνολογιών

*

Learning the hydrological cycle to second grade primary school students through science practices and digital technologies

ΜΠΟΥΤΣΙΟΥΚΗ ΔΗΜΗΤΡΑ

Επιβλέπων: Σκουμιός Μιχαήλ, Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν. Αιγαίου

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή στις 08 Φεβρουαρίου 2023

1. Σκουμιός Μιχαήλ, Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν. Αιγαίου

2. Φέρμελη Γεωργία, Μέλος Ε.ΔΙ.Π. Τ.Ι.Φ.Ε. Ε.Κ.Π.Α.

3. Σοφός Αλιβίζος, Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν. Αιγαίου

ΡΟΔΟΣ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2023

Δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πρωτότυπης μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας, ότι έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες και ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για το συγκεκριμένο Π.Μ.Σ.

Δήμητρα Μπουτσιούκη

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας τον κύκλο σπουδών μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα «Επιστήμες της Αγωγής – Εκπαίδευση με χρήση Νέων Τεχνολογιών» του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, του Πανεπιστημίου Αιγαίου, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω από καρδιάς τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου, κύριο Σκουμιό Μιχαήλ, Καθηγητή του Τμήματος, που με εμπιστεύτηκε, με ενθάρρυνε και με την υπομονή που τον χαρακτηρίζει με καθοδήγησε, προκειμένου να ακολουθήσω τα σωστά βήματα για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Πρόκειται για έναν επιστήμονα με άριστη επιστημονική κατάρτιση ο οποίος αφιέρωσε μέρος από τον πολύτιμο χρόνο του για να με οδηγήσει στην ολοκλήρωση της εργασίας μου και στο επιθυμητό αποτέλεσμα της επιστημονικής μου έρευνας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την κυρία Φέρμελη Γεωργία, Μέλος Ε.ΔΙ.Π., Τ.Ι.Φ.Ε. Ε.Κ.Π.Α. και τον καθηγητή κύριο Σοφό Αλιβίζο, μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής για τις στοχευμένες παρατηρήσεις τους στην εργασία μου, καθώς όλους τους καθηγητές του Μεταπτυχιακού μου Προγράμματος, για τις γνώσεις που μου μεταλαμπάδευσαν μέσω των μαθημάτων τους, οι οποίες συνέβαλαν καθοριστικά στην ολοκλήρωση των σπουδών μου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, την μητέρα μου, τον σύζυγο και τα παιδιά μου για την υπομονή τους, την κατανόησή τους και την ψυχολογική τους υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Ευποιίας ης έτυχες, μνημόνευε.

(Να μνημονεύεις τις εεργεσίες που έχεις λάβει.)

Κλεόβουλος ο Ρόδιος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	8
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	10
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	10
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	12
ABSTRACT	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
1.1. Οριοθέτηση και αναγκαιότητα της εργασίας	14
1.2. Σκοπός της εργασίας και η σημασία της.....	16
1.3. Δομή της εργασίας.....	17
1.4. Ανακεφαλαίωση.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	19
2.1. Εισαγωγή.....	19
2.2. Από τις αντιλήψεις των μαθητών στη σχολική γνώση: η εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση	19
2.2.1. Οι αντιλήψεις των μαθητών	19
2.2.2. Τα σημαντικότερα συμπεράσματα της έρευνας για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με θέματα των Φυσικών Επιστημών	20
2.2.3. Γενικά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των μαθητών.....	21
2.2.4. Η εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες.....	22
2.3. Μάθηση μέσω Πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής.....	24
2.4. Ο υδρολογικός κύκλος.....	28
2.5. Ανακεφαλαίωση.....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ	34
3.1. Εισαγωγή.....	34
3.2. Οι αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο	34
3.3. Η επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων για τον υδρολογικό κύκλο στις αντιλήψεις των μαθητών	43
3.4. Η επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται στη «μάθηση μέσω πρακτικών» για τον υδρολογικό κύκλο στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών.....	46

3.5. Η έρευνα για την αποτελεσματικότητα διδακτικών παρεμβάσεων με ψηφιακά και φυσικά μέσα.....	48
3.6. Συζήτηση – Πρωτοτυπία της εργασίας	50
3.7. Ανακεφαλαίωση.....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4° : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	52
4.1. Εισαγωγή.....	52
4.2. Σκοπός της εργασίας και ερευνητικά ερωτήματα.....	52
4.3. Το δείγμα της έρευνας.....	52
4.4. Τα στάδια της ερευνητικής διαδικασίας.....	53
4.5. Το εκπαιδευτικό υλικό	54
4.4.1.1. Blippar	54
4.4.1.2. Tux Paint	55
4.4.2. Η συγκρότηση του εκπαιδευτικού υλικού	57
4.4.3. Παρουσίαση του εκπαιδευτικού υλικού και της εφαρμογής του	59
4.5. Τα εργαλεία συλλογής δεδομένων.....	66
4.5.1. Το ερωτηματολόγιο.....	66
4.5.2. Τα φύλλα εργασίας των μαθητών.....	68
4.6. Ανακεφαλαίωση.....	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5° : ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	70
5.1. Εισαγωγή.....	70
5.2. Η διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων σε σχέση με τα εργαλεία συλλογής τους και τα ζητήματα προς διερεύνηση	70
5.3. Η διαδικασία ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου	71
5.4. Η διαδικασία ανάλυσης των Φύλλων Εργασίας.....	81
5.5. Ανακεφαλαίωση.....	84
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6° : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	85
6.1. Εισαγωγή.....	85
6.2. Οι αντιλήψεις των μαθητών για την εξάτμιση του νερού.....	85
6.4. Οι αντιλήψεις των μαθητών για την προέλευση της βροχής.....	88
6.5. Οι αντιλήψεις των μαθητών για την απορροή του νερού	90
6.6. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για τις αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο.....	91
6.7. Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην ανάπτυξη μοντέλων για τον υδρολογικό κύκλο	92

6.7.1. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την ανάπτυξη των μοντέλων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο.....	97
6.8. Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην ανάπτυξη της ποιότητας των γραπτών εξηγήσεων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο	98
6.8.1. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την ανάπτυξη της ποιότητας των γραπτών εξηγήσεων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο.....	100
6.9. Η εξέλιξη των αντιλήψεων για την εξάτμιση του νερού κατά τη διδασκαλία.....	101
6.10. Η εξέλιξη των επιπέδων των μοντέλων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας.....	104
6.13. Ανακεφαλαίωση.....	109
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	110
7.1. Εισαγωγή.....	110
7.2. Βασικά ευρήματα της έρευνας και σχολιασμός τους.....	111
7.2.1. Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για υδρολογικό κύκλο	111
7.2.2. Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη των μοντέλων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο.....	113
7.2.3. Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη της ποιότητας των γραπτών εξηγήσεων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο.....	114
7.2.4. Γενικό συμπέρασμα.....	115
7.3. Περιορισμοί της έρευνας.....	115
7.4. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	115
7.5. Ανακεφαλαίωση.....	116
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	117
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ.....	117
ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ.....	123
ΆΛΛΕΣ ΠΗΓΕΣ	125
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	126
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ	126
ΤΟ ΤΑΞΙΔΙ ΤΟΥ ΑΚΗ ΤΟΥ ΣΤΑΓΟΝΑΚΗ.....	133
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΣΤΟ ΒΛΙΠΡΑΡ	139
ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	142
ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ	150

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

	Σελ.
Πίνακας 2.1.: Τα μέρη του υδρολογικού κύκλου (NOAA)	29
Πίνακας 4.1: Φάσεις διδασκαλίας και Πρακτικές των Φ.Ε. και της Μηχανικής που χρησιμοποιήθηκαν	58
Πίνακας 4.2.: Ζητήματα προς διερεύνηση και οι αντίστοιχες ερωτήσεις	67
Πίνακας 5.1: Ζητήματα προς διερεύνηση, τα εργαλεία συλλογής δεδομένων και η διαδικασία ανάλυσής τους	70
Πίνακας 5.2.: Κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών του ερωτηματολογίου	71
Πίνακας 5.3.: Το πλαίσιο ανάλυσης μοντέλων των Baumfalk et al. (2018)	71
Πίνακας 5.4.: Πλαίσιο ανάλυσης του ισχυρισμού που προτείνει ο μαθητής	76
Πίνακας 5.5.: Πλαίσιο ανάλυσης των αποδεικτικών στοιχείων που προτείνει ο μαθητής	76
Πίνακας 5.6.: Πλαίσιο ανάλυσης του συλλογισμού που προτείνει ο μαθητής.	77
Πίνακας 5.7.: Κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση πολλαπλών επιλογών του φύλλου εργασίας 2	81
Πίνακας 6.1.: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών ανά απάντηση στην ερώτηση 1 που αναφέρεται στην εξάτμιση του νερού στο προ-τεστ και το μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά	86
Πίνακας 6.2.: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών ανά επίπεδο στην ερώτηση 1 που αναφέρεται στην εξάτμιση του νερού, στο προ-τεστ και το μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά	86
Πίνακας 6.3.: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών ανά απάντηση στην ερώτηση 2 που αναφέρεται στη σύσταση των σύννεφων στο προ-τεστ και το μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά	87
Πίνακας 6.4.: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών ανά επίπεδο στην ερώτηση 2 που αναφέρεται στη σύσταση των σύννεφων στο προ-τεστ και το μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά	88
Πίνακας 6.5.: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών ανά ερώτηση στην ερώτηση 3 που αναφέρεται στην προέλευση της βροχής στο προ-τεστ και το μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά	89

Πίνακας 6.6.: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών ανά επίπεδο στην ερώτηση 3 που αναφέρεται στην προέλευση της βροχής, στο προ-τεστ και το μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά	89
Πίνακας 6.7.: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών ανά ερώτηση στην ερώτηση 4 που αναφέρεται στην απορροή του νερού στο προ-τεστ και το μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά	90
Πίνακας 6.8.: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών ανά επίπεδο στην ερώτηση 4 που αναφέρεται στην απορροή του νερού στο προ-τεστ και το μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά	91
Πίνακας 6.9.: Σύγκριση συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων για τις αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά.	91
Πίνακας 6.10.: Οι κατηγορίες των μοντέλων των μαθητών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου ως προς τα συστατικά στοιχεία στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά	92
Πίνακας 6.11.: Οι κατηγορίες των μοντέλων των μαθητών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου ως προς την ερμηνευτική διαδικασία στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά	93
Πίνακας 6.12.: Οι κατηγορίες των μοντέλων των μαθητών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου ως προς την διαδοχή στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά	94
Πίνακας 6.13.: Οι κατηγορίες των μοντέλων των μαθητών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου ως προς την απεικόνιση στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά	95
Πίνακας 6.14.: Οι κατηγορίες των μοντέλων των μαθητών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου ως προς την επιστημονική αρχή στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά	96
Πίνακας 6.15.: Οι κατηγορίες των βαθμολογιών των μοντέλων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά	97
Πίνακας 6.16.: Οι κατηγορίες των ισχυρισμών των μαθητών στη ερώτηση 6α του ερωτηματολογίου στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά	98
Πίνακας 6.17.: Οι κατηγορίες των αποδεικτικών στοιχείων των στη ερώτηση 6β του ερωτηματολογίου στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά	99
Πίνακας 6.18.: Οι κατηγορίες των συλλογισμών των στη ερώτηση 6γ του ερωτηματολογίου στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά	100

Πίνακας 6.19: Οι κατηγορίες των βαθμολογιών των εξηγήσεων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά	101
Πίνακας 6.20: Η εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για την εξάτμιση. Συγκριτικός πίνακας προ τεστ, δραστηριότητας 1, ΦΕ2α και μετά τεστ, ανά μαθητή	102
Πίνακας 6.21: Η εξέλιξη των επιπέδων τεσσάρων μοντέλων κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης ανά μαθητή	104

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

	Σελ.
Σχήμα 2.1. : Τα γνωστικά πλαίσια που εμπλέκονται στη διδασκαλία των Φ.Ε.	20
Σχήμα 1.2.: Οι φάσεις του εκπαιδευτικού μοντέλου 5E	27

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

	Σελ.
Εικόνα 2.1.: Ο υδρολογικός κύκλος (Sources/Usage: Public Domain)	29
Εικόνα 2.2.: Οι λειτουργίες του υδρολογικού κύκλου. The water cycle. (Dennis Cain/NWS)	30
Εικόνα 2.3.: Υδροφόροι ορίζοντες	32
Εικόνα 4.1: Το περιβάλλον εργασίας του blipraR	55
Εικόνα 4.2.: Το περιβάλλον εργασίας του Tux Paint	56
Εικόνα 4.3.: Ψηφιακός εννοιολογικός χάρτης	59
Εικόνα 4.4.: Σχέδια μαθητών για το τι πιστεύουν ότι θα συμβεί στο νερό στα βαζάκια	60
Εικόνα 4.5.: Σχολικό εγχειρίδιο, ενότητα 9.1	61
Εικόνα 4.6.: Πείραμα 1	61
Εικόνα 4.7.: Σχέδια μαθητών για το τι πιστεύουν ότι θα συμβεί στο νερό στα βαζάκια	61
Εικόνα 4.8.: Σχέδια μαθητών για το φαινόμενο της εξάτμισης μετά την παρατήρηση του πειράματος	62
Εικόνα 4.9.: Πείραμα 2	62
Εικόνα 4.10.: Πείραμα 3	62
Εικόνα 4.11.: Οι τρεις καταστάσεις του νερού	63
Εικόνα 4.12.: Πείραμα 4	64

Εικόνα 4.13.: Το κυνήγι του θησαυρού	65
Εικόνα 4.14: Σχολικό εγχειρίδιο, ενότητα 9.2.	66
Εικόνα 4.15: Χειροτεχνία με τον κύκλο του νερού	66
Εικόνα 5.5.: Μοντέλο 1	73
Εικόνα 5.2.: Μοντέλο 2	74
Εικόνα 5.3.: Μοντέλο 3	75
Εικόνα 5.4.: Μοντέλο 4	75
Εικόνα 5.5.: Μοντέλο 5	82
Εικόνα 5.6.: Μοντέλο 6	82
Εικόνα 5.7.: Μοντέλο 7	83
Εικόνα 5.8.: Μοντέλο 8	84

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών και η ανάπτυξη της ικανότητάς τους να δημιουργούν επιστημονικά μοντέλα και να συγκροτούν εξηγήσεις συνιστούν βασικούς στόχους της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες. Ενώ είναι εκτεταμένη η έρευνα που διερευνά τις αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο, είναι περιορισμένη η έρευνα που μελετά την επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων για τον υδρολογικό κύκλο στις αντιλήψεις των μαθητών. Η έρευνα αυτή εστιάζεται κυρίως σε μαθητές των μεγαλύτερων τάξεων του δημοτικού σχολείου και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Επίσης, έχει υποστηριχθεί ότι η κατανόηση των ιδεών των Φυσικών Επιστημών βασίζεται στην εμπλοκή τους με πρακτικές των Φυσικών Επιστημών (μάθηση μέσω πρακτικών). Προς αυτή την κατεύθυνση μπορεί να συνεισφέρει και η χρήση ψηφιακών τεχνολογιών. Όμως, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που μελετά την επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων για τον υδρολογικό κύκλο σε πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής που αναπτύσσουν οι μαθητές. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της επίδρασης μιας διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη μάθηση μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής, αξιοποιώντας φυσικά και ψηφιακά μέσα για τον υδρολογικό κύκλο στις αντιλήψεις και τις πρακτικές που αφορούν στην ανάπτυξη μοντέλων και τη συγκρότηση εξηγήσεων των μαθητών της Β' τάξης του δημοτικού σχολείου. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού, δημιουργήθηκε εκπαιδευτικό υλικό, που βασίστηκε στο μαθησιακό μοντέλο μάθησης 5E το οποίο εφαρμόστηκε σε 28 μαθητές της Β' τάξης του δημοτικού σχολείου. Τα μέσα συλλογής δεδομένων αποτέλεσαν το ερωτηματολόγιο που δόθηκε πριν και μετά την παρέμβαση, και τα φύλλα εργασίας του εκπαιδευτικού υλικού. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι είναι εφικτή η βελτίωση των αντιλήψεων και η εξέλιξη των μοντέλων και των εξηγήσεων των μαθητών μέσω της διδακτικής παρέμβασης που βασίστηκε στη μάθηση μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής με την αξιοποίηση φυσικών και ψηφιακών μέσων.

Λέξεις κλειδιά: αντιλήψεις μαθητών, ανάπτυξη μοντέλων, συγκρότηση και ποιότητα εξηγήσεων, υδρολογικός κύκλος, πρακτικές των ΦΕ και της Μηχανικής, εκπαιδευτικό υλικό, νέες τεχνολογίες

ABSTRACT

Changing students' perceptions and developing their ability to create scientific models and construct explanations are key objectives of their science education. While there is extensive research investigating students' perceptions of the hydrological cycle, there is limited research studying the impact of teaching interventions on the hydrological cycle on students' perceptions. This research focuses mainly on students in the older grades of primary and secondary school. It has also been argued that their understanding of science ideas is based on their engagement with science practices (learning by doing). The use of digital technologies can also contribute to this direction. However, there is very limited research studying the impact of teaching interventions on the hydrological cycle on science and engineering practices developed by students. The purpose of this paper is to study the impact of a teaching intervention based on learning through science and engineering practices, using physical and digital media about the hydrological cycle on the perceptions and practices related to model development and explanation construction of second grade elementary school students. To achieve this purpose, educational materials were created based on the 5E learning model that was applied to 28 students of the second grade of primary school. The means of data collection were the questionnaire given before and after the intervention, and the worksheets of the educational material. The data analysis revealed that it is possible to improve students' perceptions and develop their models and explanations through the teaching intervention based on learning through practices of science and engineering using physical and digital media.

Key words: students' perceptions, model development, model construction and explanation quality, hydrological cycle, PE and engineering practices, educational materials, new technologies

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Οριοθέτηση και αναγκαιότητα της εργασίας

Η εν λόγω διπλωματική εργασία με θέμα «Μάθηση του υδρολογικού κύκλου σε μαθητές της Β' δημοτικού σχολείου μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και ψηφιακών τεχνολογιών.», εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Π.Μ.Σ. «Επιστήμες της Αγωγής – Εκπαίδευση με χρήση Νέων Τεχνολογιών» του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Αυτή η εργασία κατατάσσεται στο ευρύτερο πεδίο έρευνας, που διερευνά την ανάπτυξη πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής στους μαθητές και τις αλλαγές στις αντιλήψεις τους για τις ιδέες και τις έννοιες των φυσικών επιστημών μέσω κατάλληλα σχεδιασμένων εκπαιδευτικών παρεμβάσεων που βασίζονται σε εμπειρικά δεδομένα (Baviskar, et al., 2009; Krajcik & Czerniak, 2014; Skoumios & Hatzinikita, 2006). Πιο συγκεκριμένα, η παρούσα εργασία εξετάζει αν μπορεί μια διδακτική παρέμβαση να αλλάξει τις αντιλήψεις των μαθητών δημοτικού για τον υδρολογικό κύκλο, καθώς και να βοηθήσει τους μαθητές να αναπτύξουν πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής.

Ο τρόπος με τον οποίο θα αντιμετωπιστούν διδακτικά οι αντιλήψεις των μαθητών για την εννοιολογική περιοχή του υδρολογικού κύκλου επιδιώκεται μέσα από την εμπλοκή τους με μαθησιακές διαδικασίες που βασίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών, σύμφωνα με την οποία οι μαθητές δεν λαμβάνουν παθητικά τη γνώση αλλά την οικοδομούν ενεργητικά με βάση τις αρχικές αντιλήψεις τους (Baviskar, et al., 2009; Driver & Oldham, 1986; Kerr, et al., 2006; Skoumios & Hatzinikita, 2006; Skoumios & Hatzinikita, 2009).

Η αναγκαιότητα πραγματοποίησης της παρούσας έρευνας σχετικά με την αντιμετώπιση των αντιλήψεων των μαθητών, είναι συνυφασμένη με τις παρακάτω θέσεις που υιοθετούνται. Πρωτίστως, συνδέεται με την εποικοδομητική πρακτική που χρησιμοποιείται κατά τη διαδικασία της διδασκαλίας και της μάθησης, η οποία ορίζει ότι δεν λαμβάνεται η γνώση παθητικά αλλά χτίζεται από τον ίδιο τον εκπαιδευόμενο (Driver, 1983; Osborne & Freyberg, 1985; Scott, 1987). Η υπόθεση ότι οι εκπαιδευόμενοι κατασκευάζουν τη γνώση σημαίνει ότι αυτοί είναι που θα αποφασίσουν να αλλάξουν τις αντιλήψεις τους. Στη συνέχεια, περιλαμβάνει τη διαπίστωση ότι οι μαθητές σχηματίζουν τις δικές τους αντιλήψεις για τις έννοιες και τα φαινόμενα των φυσικών επιστημών πριν ξεκινήσουν το σχολείο (Driver, et al., 1994; Driver, et al., 2014). Τέλος, αναφέρεται στη σχέση μεταξύ αντίληψης και διδασκαλίας των μαθητών. Όσο καλύτερα

γνωρίζουμε τις αντιλήψεις των μαθητών, τόσο αποτελεσματικότερα οργανώνουμε και διεξάγουμε τη διδασκαλία μας (Baviskar, et al., 2009; Driver & Oldham, 1986).

Ταυτόχρονα, η σημασία της ανάπτυξης πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής στους μαθητές, έχει αναγνωριστεί ως βασικός στόχος της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες (NGSS Lead States, 2013; NRC, 2012). Ο όρος αυτός αναφέρεται στις βασικές πρακτικές που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες των Φυσικών Επιστημών όταν ερευνούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον κόσμο και οι Μηχανικοί όταν σχεδιάζουν μοντέλα και συστήματα (NRC, 2012). Οι πρακτικές αυτές θα επιτρέψουν στους μαθητές να χρησιμοποιούν επιστημονικές ιδέες και έννοιες για να εξηγούν φαινόμενα, να λύνουν προβλήματα και να λαμβάνουν αποφάσεις (NGSS Lead States, 2013). Ειδικότερα, οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να προσδιορίζουν επιστημονικά ερωτήματα, να διατυπώνουν υποθέσεις, να ελέγχουν μεταβλητές, να σχεδιάζουν πειράματα, να συλλέγουν και να επεξεργάζονται δεδομένα και να εξάγουν συμπεράσματα (NRC, 2000; NRC, 2012)

Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε ως θέμα ο υδρολογικός κύκλος ή κύκλος νερού, διότι είναι ένα φαινόμενο που οι μαθητές βιώνουν στην καθημερινότητά τους. Πολύ συχνά παρατηρούν τα σύννεφα στον ουρανό, τα οποία κάποιες φορές δίνουν τη βροχή, το χιόνι ή το χαλάζι. Επίσης βλέπουν την αλλαγή της φυσικής κατάστασης του χιονιού και του χαλαζιού σε νερό, στις αυλές των σπιτιών τους, το οποίο εξαφανίζεται μετά από ένα χρονικό διάστημα. Αναρωτιούνται λοιπόν πώς μπορεί να συμβαίνουν αυτά και δίνουν τις δικές τους εξηγήσεις για τα φυσικά αυτά φαινόμενα. Υποστηρίζεται ότι οι μαθητές διαμορφώνουν αντιλήψεις που χρησιμοποιούν για να εξηγήσουν τα φαινόμενα που συμβαίνουν γύρω τους (Osborne, et al., 1983). Επίσης, επιλέχθηκε ως θέμα ο υδρολογικός κύκλος, αφού σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (ΑΠΣ) στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, διδάσκεται στο μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος της Β' δημοτικού.

Επιπρόσθετα, αρκετές είναι οι έρευνες που έχουν γίνει και μελετούν τις αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο (Assaraf & Orion, 2005a; Bar & Travis, 1991; Savva, 2014; Taiwo, et al., 2010; Villarroel & Ros, 2013; Z'arour, 1976; Piaget, 1930). Πιο συγκεκριμένα, έχουν ερευνηθεί οι αντιλήψεις των παιδιών για το πώς δημιουργούνται τα σύννεφα, πώς η βροχή, τι συμβαίνει όταν λέμε ότι το νερό εξατμίζεται ή συμπυκνώνεται. Τα εργαλεία συλλογής δεδομένων από τους ερευνητές ήταν συνεντεύξεις, ζωγραφιές παιδιών και ερωτηματολόγια. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα παιδιά προσπαθούν να εξηγήσουν τα φυσικά αυτά φαινόμενα, στηριζόμενα στις προσωπικές τους εμπειρίες, γεγονός που απέχει από την επιστημονική γνώση και τη σχολική της εκδοχή.

Αν και εντοπίστηκαν αρκετές έρευνες που έχουν γίνει για τις αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο, είναι περιορισμένη η έρευνα που σχετίζεται με τη διερεύνηση της επίδρασης διδακτικών παρεμβάσεων, που βασίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση στις αντιλήψεις των μαθητών (Coştu, et al., 2010; Driver & Oldham, 1986; Sari, et al., 2011).

Έχει υποστηριχθεί ότι η κατανόηση των ιδεών των Φυσικών Επιστημών βασίζεται στην εμπλοκή τους με πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και Μηχανικής (μάθηση μέσω πρακτικών) (Baumfalk, et al., 2018; Levy & Mensah, 2021; NGSS Lead States, 2013; White, et al., 2021). Προς αυτή την κατεύθυνση μπορεί να συνεισφέρει και η χρήση ψηφιακών τεχνολογιών (Golberg & Otero, 2001; Κωνσταντίνου & Ζαχαρία, 2008; Παναγιωτακόπουλος, et al., 2005; Ronen & Eliahu, 2001; Tarekegn, 2009; Zacharia & Anderson, 2003; Zacharia, 2007). Όμως, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που μελετά την επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων για τον υδρολογικό κύκλο σε πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής που αναπτύσσουν οι μαθητές (Forbes, et al., 2015; Vo, et al., 2015), Οι παραπάνω έρευνες αφορούν σε μαθητές των μεγαλύτερων τάξεων του δημοτικού και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ενώ απουσιάζουν αντίστοιχες έρευνες με μαθητές των μικρότερων τάξεων του δημοτικού σχολείου. Επιπρόσθετα, απουσιάζουν έρευνες που να διερευνούν την επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται στη μάθηση μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής, αξιοποιώντας φυσικά και ψηφιακά μέσα για τον υδρολογικό κύκλο, στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών (γνώσεις και πρακτικές).

Αναδύεται λοιπόν η αναγκαιότητα πραγματοποίησης μιας έρευνας που να διερευνά την επίδραση διδακτικής παρέμβασης, που βασίζεται στη μάθηση μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής για τον υδρολογικό κύκλο, αξιοποιώντας φυσικά και ψηφιακά μέσα, στα μαθησιακά αποτελέσματα (γνώσεις και πρακτικές) μαθητών των μικρότερων τάξεων του δημοτικού σχολείου. Το κενό αυτό φιλοδοξεί να καλύψει η παρούσα εργασία.

1.2. Σκοπός της εργασίας και η σημασία της

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της επίδρασης μίας διδακτικής παρέμβασης, που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής αξιοποιώντας φυσικά και ψηφιακά μέσα για τον υδρολογικό κύκλο, στις αντιλήψεις και τις πρακτικές που αφορούν την ανάπτυξη μοντέλων και τη συγκρότηση εξηγήσεων των μαθητών της Β' τάξης του δημοτικού σχολείου.

Η πρωτοτυπία αυτής της εργασίας έγκειται στο γεγονός ότι εξετάζει το πόσο μπορεί να συμβάλει η υλοποίηση μιας διδακτικής παρέμβασης για τον υδρολογικό κύκλο, που βασίζεται στη διδακτική

προσέγγιση της μάθησης μέσω πρακτικών των Φ.Ε. και της Μηχανικής, με την αξιοποίηση φυσικών και ψηφιακών μέσων, στην αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών της Β' τάξης του δημοτικού σχολείου, και στη βελτίωση πρακτικών, που αφορούν στην ανάπτυξη και χρήση μοντέλων και τη συγκρότηση εξηγήσεων, θέματα που δεν έχουν ερευνηθεί.

Η προτεινόμενη εργασία προσφέρει τη δυνατότητα αξιοποίησής της σε δύο πεδία, στον τομέα της ερευνητικής δραστηριότητας και στον τομέα της διδακτικής πρακτικής.

Στον ερευνητικό τομέα, η τρέχουσα εργασία αναμένεται να συμβάλει στη συζήτηση για την διδακτική αντιμετώπιση των αντιλήψεων των μαθητών και ειδικότερα σε ποιο βαθμό μπορούν να τεθούν κατάλληλες δραστηριότητες για να τονίσουν και να αλλάξουν τις αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο και να βελτιώσουν πρακτικές των Φ.Ε. και της Μηχανικής στους μαθητές.

Στον τομέα της διδακτικής πράξης, η παρούσα εργασία θα προσφέρει εκπαιδευτικό υλικό που μπορούν να αξιοποιήσουν οι εκπαιδευτικοί στη διδασκαλία του υδρολογικού κύκλου.

1.3. Δομή της εργασίας

Η εργασία αυτή αποτελείται από έξι κεφάλαια.

Στο πρώτο γίνεται αναφορά στην οριοθέτηση και την αναγκαιότητα της εργασίας και γίνεται σαφής ο σκοπός και η σημασία της έρευνας. Επίσης αναφέρεται και η δομή της.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, που αποτελεί το Θεωρητικό Πλαίσιο της εργασίας, γίνεται αναφορά στις έρευνες που έχουν γίνει για τις αντιλήψεις των μαθητών όσον αφορά τις έννοιες και τα φαινόμενα των Φ.Ε., στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών, στη μάθηση Φυσικών Επιστημών μέσω πρακτικών και στο εκπαιδευτικό μοντέλο 5E του Bybee (Bybee, et al., 2006). Τέλος, παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία του υδρολογικού κύκλου.

Στο τρίτο κεφάλαιο, αναφέρεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών για τον κύκλο του νερού και των ερευνών που μελετούν την επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων στις αντιλήψεις των μαθητών. Επιπρόσθετα, αναφέρονται οι έρευνες που αφορούν την επίδραση των διδακτικών παρεμβάσεων για τον υδρολογικό κύκλο, που βασίζονται στη «μάθηση μέσω πρακτικών» στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών. Επίσης γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που αφορούν στη σύγκριση της επίδρασης διδακτικών παρεμβάσεων με φυσικά ή ψηφιακά μέσα στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών. Τέλος γίνεται κριτική αποτίμηση των αποτελεσμάτων της ανασκόπησης, ώστε να τεκμηριωθεί η πρωτοτυπία της παρούσας εργασίας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, που αφορά τη μεθοδολογία της έρευνας, αποσαφηνίζονται το δείγμα της έρευνας που χρησιμοποιήθηκε για την παρούσα εργασία, τα στάδια της ερευνητικής διαδικασίας που θα ακολουθηθούν, το εκπαιδευτικό υλικό που θα σχεδιαστεί και θα χρησιμοποιηθεί, καθώς και το εργαλείο της έρευνας για τη συλλογή των δεδομένων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή διαδικασίας ανάλυσης των δεδομένων που αφορούν στις αντιλήψεις των μαθητών και στις πρακτικές της ανάπτυξης μοντέλων και της συγκρότησης εξηγήσεων, όπως αυτά θα προκύψουν από το προ-τεστ και το μετά-τεστ.

Στο έκτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα βασικά ευρήματα της έρευνας και συγκρίνονται τα μαθησιακά αποτελέσματα των διδακτικών παρεμβάσεων.

Στο έβδομο κεφάλαιο, σχολιάζονται τα βασικά ευρήματα της έρευνας, επισημαίνεται η σημαντικότητα των αποτελεσμάτων στη διδακτική πρακτική και αναφέρονται τα βασικά συμπεράσματα της έρευνας. Επιπλέον, καταγράφονται οι περιορισμοί της έρευνας και σημειώνονται προτάσεις για μελλοντικές έρευνες.

1.4. Ανακεφαλαίωση

Στο κεφάλαιο αυτό, αναφέρεται η αναγκαιότητα της παρούσας εργασίας η οποία εξετάζει την επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων για τον υδρολογικό κύκλο, που στηρίζονται στην μάθηση μέσω πρακτικών των Φ.Ε. και της Μηχανικής, αξιοποιώντας φυσικά και ψηφιακά μέσα, τόσο στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών, όσο και στην ανάπτυξη πρακτικών που σχετίζονται με την ανάπτυξη μοντέλων καθώς και στην συγκρότηση εξηγήσεων των μαθητών της Β' τάξης του δημοτικού σχολείου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

2.1. Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα παρουσιαστεί το θεωρητικό πλαίσιο της εργασίας, το οποίο αποτελείται από τέσσερις ενότητες. Στην πρώτη θα γίνει αναφορά στην έρευνα για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με θέματα της σχολικής γνώσης των Φυσικών Επιστημών και στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση (βλ. ενότητα 2.2.). Στη δεύτερη θα αναλυθεί το πλαίσιο της μάθησης μέσω πρακτικών στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής (βλ. ενότητα 2.3.). Στην τρίτη θα γίνει παρουσίαση βασικών στοιχείων του υδρολογικού κύκλου (βλ. ενότητα 2.4.).

2.2. Από τις αντιλήψεις των μαθητών στη σχολική γνώση: η εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση

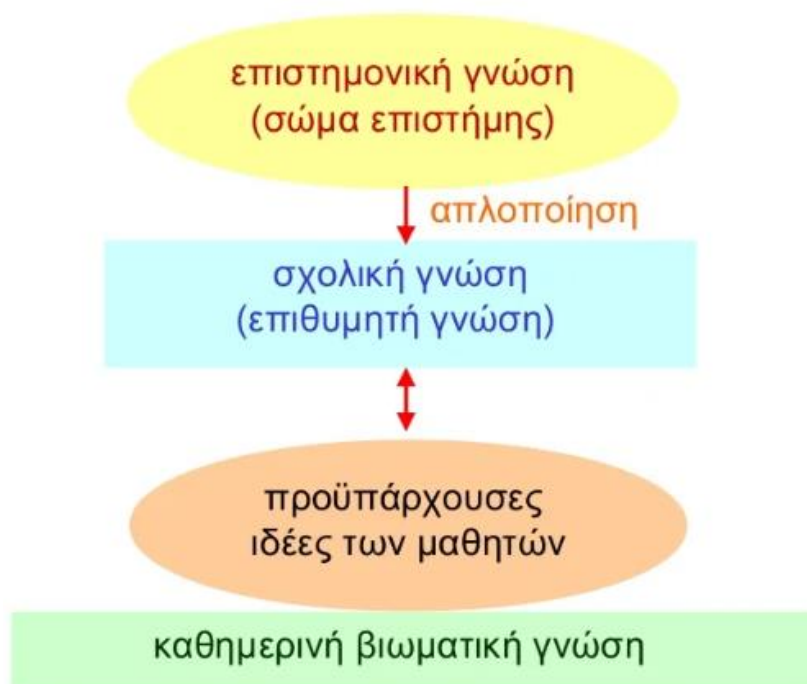
2.2.1. Οι αντιλήψεις των μαθητών

Τα παιδιά όταν ξεκινούν την σχολική τους εκπαίδευση, δεν είναι «tabula rasa» (άγραφος χάρτης), αλλά έχουν διαμορφώσει αντιλήψεις για τα φυσικά φαινόμενα από νωρίς, που είναι καθοριστικές για την μετέπειτα μάθησή τους (Driver, et al., 1993; Κόκκοτας, 1998; Skamp, 2012). Οι αντιλήψεις αυτές στηρίζονται ως επί τω πλείστο στις εμπειρίες τους από τον κόσμο που τους περιβάλλει, και από την αλληλεπίδραση που έχουν με εξωτερικούς παράγοντες, όπως είναι το φυσικό περιβάλλον, οι γονείς τους, οι συμμαθητές τους, οι δάσκαλοί τους, τα μαθητικά βιβλία, τα ΜΜΕ, το ίντερνετ κ.ά. (Driver, et al., 1993; NRC, 2012; Κόκκοτας, 2004; Κουζέλης, 2005).

Σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία, πολλοί είναι οι όροι που έχουν δοθεί για τον τρόπο που αντιλαμβάνονται οι μαθητές τα διάφορα φαινόμενα. Ενδεικτικά να αναφέρουμε τους όρους «αντιλήψεις» (conceptions) (Driver, et al., 1993), «διαισθητικές αντιλήψεις» (intuitive notion) (Driver, et al., 1993), «διαισθητικές θεωρίες» (intuitive theories) (Taber, 2014), «μικρές θεωρίες» (mini theories) (Taber, 2014), «προηγούμενες ιδέες» (previous ideas) (Driver, et al., 1993), «προαντιλήψεις» ή «προϊδέασεις» (preconceptions) (Taber, 2014), «λανθασμένες αντιλήψεις» (misconceptions) (Skamp, 2012; Taber, 2014), «εναλλακτικά πλαίσια» (alternative frameworks) (Driver, et al., 1993; Taber, 2014), «εναλλακτικά εννοιολογικά πλαίσια» (alternative conceptual frameworks) (Taber, 2014), «εναλλακτικές αντιλήψεις» (alternative conceptions) (Driver, et al., 1993; Taber, 2014). Ο όρος «εναλλακτικές» χρησιμοποιείται για να δείξει τη διαφορά μεταξύ των αντιλήψεων των μαθητών και των επιστημονικών θεωριών (Driver, et al., 1993).

2.2.2. Τα σημαντικότερα συμπεράσματα της έρευνας για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με θέματα των Φυσικών Επιστημών

Στην διδασκαλία των Φ.Ε. εμπλέκονται τρία διακριτά αλληλεξαρτώμενα σώματα γνώσης (Σχήμα 2.1.): α) η φυσικό-επιστημονική γνώση, β) η σχολική της εκδοχή και γ) η καθημερινή – βιωματική γνώση (αντιλήψεις) (Κουλαϊδής, 2001α).



Σχήμα 2.1. : Τα γνωστικά πλαίσια που εμπλέκονται στη διδασκαλία των Φ.Ε. (Κουλαϊδής, 2001α)

Η φυσικό-επιστημονική γνώση είναι εκείνη με την οποία ασχολούνται οι επιστήμονες και η επιστημονική κοινότητα των Φυσικών Επιστημών προκειμένου να προωθήσουν ή να αλλάξουν τη γνώση (Κουλαϊδής, 2001α). Η σχολική γνώση αποτελεί τη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης και οικοδομείται βάσει των εκπαιδευτικών στόχων, της ανάγκης χωρισμού του περιεχομένου της διδασκαλίας και των ιδιαιτεροτήτων της σκέψης των παιδιών (Κολιόπουλος, 2004) και έχει φορείς τους διδάσκοντες και τα σχολικά εγχειρίδια. Η καθημερινή βιωματική γνώση αφορά τις νοητικές παραστάσεις που κατασκευάζουν οι άνθρωποι όλων των ηλικιών που σχετίζονται με τα φυσικά φαινόμενα, (Κολιόπουλος, 2004) και στη βιβλιογραφία, συναντάται με τους όρους πρακτικό-βιωματικές γνώσεις, προϋπάρχουσες ιδέες, ή προϋπάρχουσες αντιλήψεις ή απλά αντιλήψεις των μαθητών, που προκύπτουν από την εμπειρία τους, τα βιώματά τους και την αλληλεπίδρασή τους με εξωγενείς παράγοντες (Driver, et al., 1993).

Τα βασικότερα συμπεράσματα που εξάγονται από τις έρευνες για τις αντιλήψεις των μαθητών είναι τα ακόλουθα (Driver.R., et al., 1985; Driver, et al., 2014):

- Οι αντιλήψεις των μαθητών για τις έννοιες των φαινομένων των Φ.Ε., έχουν ήδη διαμορφωθεί πριν ξεκινήσουν το σχολείο και βασίζονται στις εμπειρίες τους από το φυσικό και το κοινωνικό περιβάλλον τους.
- Συχνά οι αντιλήψεις αυτές, που ακολουθούν τα παιδιά έως την ενηλικίωσή τους, αντιστέκονται σε οποιαδήποτε προσπάθεια αλλαγής τους και επηρεάζονται πολύ λίγο από την παραδοσιακή διδασκαλία χωρίς να υπάρχει διάρκεια στο μαθησιακό αποτέλεσμα.
- Κάποιες αντιλήψεις, φαίνεται να είναι πολύ διαδεδομένες ανάμεσα στους μαθητές.
- Σε κάποιες περιπτώσεις, υπάρχει περίπτωση οι μαθητές, μετά από τη επιστημονική εξήγηση, να διατηρήσουν τις δικές τους αντιλήψεις και να τις συγχωνεύσουν με αυτές των επιστημόνων.
- Βασικό ρόλο στη διαμόρφωση των αντιλήψεων των μαθητών, παίζει το κοινωνικό-πολιτιστικό περιβάλλον μέσα στο οποίο ζουν, καθώς και η γλώσσα με την οποία επικοινωνούν (Σκουμιάς, 2012).

2.2.3. Γενικά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των μαθητών

Οι έρευνες που έχουν γίνει τα τελευταία 30 χρόνια για τις αντιλήψεις των μαθητών σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης, σε θέματα σχετικά με τις Φυσικές Επιστήμες, δείχνουν ότι οι αντιλήψεις αυτές έχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά ανεξάρτητα από την ηλικία, το φύλο ή τη χώρα από την οποία κατάγεται ο μαθητής (Driver, et al., 1993; Κόκκοτας, 1998; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001).

- ◆ *Κυριάρχηση της σκέψης από τις αισθήσεις:* Για να απαντήσουν οι μαθητές σε κάποιο ερώτημα, τείνουν να στηρίζονται σε χαρακτηριστικά που μπορούν να παρατηρήσουν και αντιλαμβάνονται μέσω των αισθήσεών τους. Επίσης, στηρίζονται στις υπάρχουσες εμπειρίες τους για να βασίσουν το συλλογισμό τους (NRC, 2012)
- ◆ *Περιορισμένη εστίαση:* Η προσοχή των μαθητών επικεντρώνεται μόνο σε προφανείς όψεις των καταστάσεων που μελετούν, ενώ αγνοούν κάποιες άλλες (Driver, et al., 1993; Skoumios & Hatzinikita, 2005; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001).
- ◆ *Εξάρτηση αντιλήψεων από το πλαίσιο χρήσης τους:* Συχνά οι μαθητές χρησιμοποιούν διαφορετικές ή και αντίθετες αντιλήψεις για να ερμηνεύσουν επιστημονικά δεδομένα. Οι αντιλήψεις αυτές εξαρτώνται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κατάστασης με την οποία αντιμετωπίζουν (Driver, et al., 1993; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001).
- ◆ *Αδυναμία διαχωρισμού εννοιών:* Η νοηματοδότηση πολλών εννοιών των Φυσικών Επιστημών εξαρτάται από τις αντιλήψεις που έχουν αποκτήσει οι μαθητές από τις εμπειρίες τους (Driver, et al., 1993). Χρησιμοποιούν έννοιες, που έχουν διαφορετική

σημασία σύμφωνα με την επιστημονική γνώση, χωρίς να καταλαβαίνουν πλήρως το νόημά τους, μεταπηδώντας από την μία έννοια στην άλλη (Driver, et al., 1993; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001).

- ◆ *Γραμμικός αιτιακός συλλογισμός*: Οι μαθητές κατά τη μελέτη ενός φαινομένου, έχουν την τάση να το ερμηνεύουν με τη βοήθεια γραμμικών, αιτιακών και χρονικών ή τοπικών συλλογισμών, που κάθε τμήμα τους αναφέρεται σε διαφορετικό φαινόμενο. χωρίς να είναι σε θέση να αντιληφθούν την αλληλεπίδραση των σωμάτων (Κόκκοτας, 1998)
- ◆ *Οι αντιλήψεις τους αντιστέκονται στην αλλαγή*: Οι έρευνες έχουν δείξει ότι οι αντιλήψεις των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φ.Ε. είναι ανθεκτικές και σταθερές στον χρόνο. Ακόμα και αν η διδασκαλία περιέχει ισχυρά αποδεικτικά στοιχεία, οι μαθητές διατηρούν τις αρχικές αντιλήψεις τους, επιλέγοντας να τις προσαρμόσουν με τα επιστημονικά στοιχεία (Driver, et al., 1993).
- ◆ *Ανθρωποκεντρική θεώρηση*: Σε κάποιες περιπτώσεις οι μαθητές για να ερμηνεύσουν κάποια φαινόμενα, υιοθετούν μια ανθρωποκεντρική άποψη, ψάχνοντας να βρουν την απάντηση σε ένα πλαίσιο χρηστικό για τους ίδιους (Κόκκοτας, 1998). Αυτές οι αντιλήψεις θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ως βάση για εννοιολογική αλλαγή, με τη συμβολή κατάλληλων διδακτικών εργαλείων (Harlen, 2005).

2.2.4. Η εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες

Σύμφωνα με την **εποικοδομητική προσέγγιση** για τη μάθηση, τα παιδιά χτίζουν από μόνα τους τη νέα γνώση, μέσα από μια διαδικασία αναδιοργάνωσης και εμπλουτισμού της γνώσης που ήδη έχουν αποκτήσει από τα βιώματά τους, και των ερεθισμάτων που λαμβάνουν από το εκπαιδευτικό περιβάλλον (Driver, 1983; Κολιόπουλος, 2001; Σκουμιός, 2011). Σύμφωνα με τον εποικοδομητισμό, η ενεργός συμμετοχή του μαθητή στο «χτίσιμο» της γνώσης είναι βασική. Η γνώση είναι υποκειμενική και δεν μπορεί να μεταβιβαστεί από τον έχοντα στον μη έχοντα (Driver, et al., 2000). Προκειμένου να επιτευχθεί η μάθηση, είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί εννοιολογική αλλαγή στον εκπαιδευόμενο, μέσω της γνωστικής σύγκρουσης (Driver, et al., 2000). Ο ρόλος του δασκάλου είναι διακριτικός και λειτουργεί ως εναρμονιστής της διδασκαλίας ανάλογα με τις αντιλήψεις των παιδιών με σκοπό τον επιστημονικό προβληματισμό και την επίτευξη της εννοιολογικής αλλαγής (Ραβάνης, 1996).

Από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι οι αρχές της εποικοδομητικής προσέγγισης σχετικά με τη διδασκαλία και τη μάθηση (Driver, et al., 1993; Duit & Treagust, 1998; Matthews, 1998; Phillips & Shonkoff, 2000; Σκουμιός, 2012; Widolo, et al., 2002).

- ✓ *Οι μαθητές έχουν σχηματίσει αντιλήψεις πριν από τη διδασκαλία.*

- ✓ *Οι μαθητές κατασκευάζουν ενεργητικά τη γνώση και η μάθηση είναι μια ενεργός διαδικασία οικοδόμησης νέας γνώσης που βασίζεται στην υπάρχουσα γνώση.*
- ✓ *Οι μαθησιακές εμπειρίες είναι δυνατόν να προκαλέσουν γνωστικές συγκρούσεις στους μαθητές.*
- ✓ *Η μάθηση θεωρείται ως διαδικασία αλλαγής των αντιλήψεων των μαθητών.*
- ✓ *Η διαδικασία οικοδόμησης της γνώσης επηρεάζεται από το κοινωνικό πλαίσιο.*
- ✓ *Οι μαθητές είναι υπεύθυνοι για τη μάθησή τους (Σκουμιός, 2012).*

Κύριο στοιχείο της εποικοδομητικής προσέγγισης είναι η παραδοχή ότι οι μαθητές ερχόμενοι στο σχολείο, έχουν ήδη διαμορφώσει μέσω των εμπειριών τους κάποιες αντιλήψεις για τις έννοιες και τα φαινόμενα, καθώς προσπαθούν να ερμηνεύσουν ότι συμβαίνει γύρω τους. Οι αντιλήψεις αυτές φυσικά διαφέρουν από την επιστημονική γνώση (Driver, et al., 1993) και είναι ολοκληρωμένες νοητικές ερμηνείες του κοινωνικού και πολιτιστικού τους περιγύρου από τον οποίο επηρεάζονται. Έρευνες έχουν αποδείξει ότι τα παιδιά αντιστέκονται σε οποιαδήποτε τροποποίηση αυτών των ιδεών (Driver, et al., 1998). Όμως με την εφαρμογή του αναστοχασμού, είναι δυνατό να καταλάβουν ότι οι αντιλήψεις τους δεν είναι εφαρμόσιμες και να πετύχουν την ανακατασκευή τους. Η αναθεώρηση των προηγούμενων ιδεών τους, θα τους προσφέρει σημαντική προοπτική στην κατάκτηση της νέας γνώσης.

Σε αντίθεση με την παραδοσιακή θεώρηση της αντιμετώπισης της διδασκαλίας, ο εκπαιδευτικός απέχει από το ρόλο του «παντογνώστη» και χρησιμοποιεί τις κατάλληλες διδακτικές στρατηγικές ώστε να ενθαρρύνει τους μαθητές του να διατυπώσουν τους προβληματισμούς και τη γνώμη τους επάνω στο αντικείμενο διδασκαλίας (Κόκκοτας, 1998). Τους βοηθά να αξιολογήσουν κατά πόσο οι απόψεις που διαμορφώνουν είναι λειτουργικές και μπορούν να εφαρμοστούν. Έτσι τα παιδιά οδηγούνται σε μια σύγκρουση γνώσεων που ως στόχο της έχει να τους βοηθήσει να αναδιοργανώσουν ευκολότερα τα νοητικά σχήματα και να πλησιάσουν ευκολότερα στην επιστημονική γνώση (Driver, et al., 1998).

Η σύγκρουση αυτή μπορεί να γίνει είτε με πειραματικό τρόπο, όπου θα διαψευστεί η προϋπάρχουσα άποψη, είτε με την επίδραση άλλων διαφορετικών απόψεων (Κόκκοτας, 1996). Φυσικά η γνωστική σύγκρουση δεν έχει πάντα τα επιθυμητά αποτελέσματα και δεν είναι απλή διαδικασία (Guzzetti & Glass, 1993). Αυτό σημαίνει ότι ο δάσκαλος πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικός στους χειρισμούς του, ώστε όλη αυτή η διαδικασία να είναι αξιόπιστη και να οδηγήσει σε εννοιολογική αλλαγή, η οποία θα οδηγήσει τους μαθητές του όσο το δυνατό πιο κοντά στο επιστημονικό μοντέλο (Ψύλλος, et al., 1993).

Στα πλαίσια της εκπαίδευσης έχουν δημιουργηθεί εκδοχές του εποικοδομητισμού (constructivism). Ανάμεσα σ' αυτές είναι ο ατομικός και ο κοινωνικός εποικοδομητισμός. Ο ατομικός εποικοδομητισμός, βασίζεται στη θεωρία του Piaget (1964) και δίνει έμφαση στο ότι οι αντιλήψεις των μαθητών δεν προσλαμβάνονται αλλά κατασκευάζονται ατομικά από τον μαθητή. (Skamp, 2012). Αν και η προσέγγιση της ατομοκεντρικής άποψης για την μάθηση, αναγνωρίζει την επίδραση του κοινωνικού περιβάλλοντος κατά τη διαδικασία της μάθησης, επικεντρώνεται στις εσωτερικές γνωστικές διαδικασίες και υποτιμά την επίδραση των κοινωνικό-πολιτισμικών παραγόντων (Skamp, 2012).

Ο κοινωνικός εποικοδομητισμός για τη διδασκαλία και τη μάθηση των Φ.Ε., έχει τα θεμέλιά του στις εργασίες του Vygotsky και της Solomon, σύμφωνα με τις οποίες αναγνωρίζεται τη σπουδαιότητα των κοινωνικό-πολιτισμικών παραγόντων στις γνωστικές διαδικασίες και τονίζεται ότι η γνώση είναι αποτέλεσμα μιας κοινωνικής αλληλεπίδρασης (Vygotsky, 1978). Οι μαθητές συζητούν μεταξύ τους και με τους δασκάλους τους και κατασκευάζουν έννοιες (Solomon, 1987); (Skamp, 2012). Επίσης, παράγοντες όπως η γλώσσα παίζουν σημαντικό ρόλο στην εισαγωγή των μαθητών στο κοινωνικό πλαίσιο των Φ.Ε. και στην κατανόηση ότι η μάθηση αποτελεί μια δυναμική διαδικασία (Skamp, 2012).

Είναι λοιπόν φανερό ότι κατά την εποικοδομητική προσέγγιση, ο ρόλος του δασκάλου και των μαθητών αλλάζει. Ο ρόλος του δασκάλου, σε αντίθεση με την παραδοσιακή διδασκαλία, είναι διακριτικός και η αποστολή του είναι να διαμορφώσει το κατάλληλο κλίμα ώστε να βοηθήσει τον μαθητή να οδηγηθεί στην αλλαγή των γνωστικών του δομών ενθαρρύνοντάς τον να μάθει να συνεργάζεται και να εφαρμόζει ομαδικές εργασίες, να αναπτύξει την κριτική του σκέψη, να οικοδομήσει τη γνώση μέσα από πειράματα, να διατυπώνει ερωτήσεις και υποθέσεις που θα τον οδηγήσουν στην εποικοδόμηση των νέων ιδεών και γνώσεων.

2.3. Μάθηση μέσω Πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής

Έχει υποστηριχθεί ότι οι διανοητικές και πρακτικές εργασίες που έχουν σχέση με την αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών στηρίζονται στην εμπλοκή των παιδιών με πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής. Ο όρος *επιστημονικές πρακτικές* περιγράφει τις πιο σημαντικές πρακτικές που έχουν προταθεί από επιστήμονες που ασχολούνται με τις Φυσικές Επιστήμες καθώς μελετούν τα φαινόμενα (NRC, 2012). Ο όρος *πρακτικές* χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια έναντι του όρου *δεξιότητες*, προκειμένου να δοθεί έμφαση στο γεγονός ότι για να γίνει μια επιστημονική έρευνα, δεν χρειάζονται μόνο δεξιότητες αλλά και η γνώση για κάθε πρακτική που θα ακολουθηθεί (NRC, 2012).

Οι πρακτικές που έχουν προταθεί για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, είναι οκτώ (NRC, 2012); (NGSS Lead States, 2013):

α) Υποβολή ερωτημάτων και καθορισμός προβλημάτων

Οι μαθητές πρέπει να είναι ικανοί να υποβάλουν ερωτήσεις ο ένας στον άλλο για αυτά που διαβάζουν, για τα φαινόμενα που παρατηρούν. Οι απαντήσεις στα ερωτήματά τους δίνονται μέσω των συμπερασμάτων των ερευνών που πραγματοποιούν. Με τον τρόπο αυτό, καταφέρνουν να αναλύουν μέσω της εμπειρικής έρευνας, δίνουν ερμηνείες καθώς υποβάλλουν ερωτήσεις σε εργασίες συμμαθητών τους (NGSS Lead States, 2013; Τσέτσος & Σκουμιός, 2016).

β) Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων

Για να εξηγηθούν διάφορα φαινόμενα, γίνεται συγκρότηση και χρήση μοντέλων, τα οποία οδηγούν στην εξήγηση των μη ορατών φαινομένων (Bybee, 2011). Αν και τα μοντέλα δεν απεικονίζουν ακριβώς το πραγματικό φαινόμενο, παρ' όλα αυτά, χρησιμοποιούν μαθηματικές αναπαραστάσεις, διαγράμματα, προσομοιώσεις (NGSS Lead States, 2013). Η κατασκευή και η χρήση μοντέλων μπορεί να ξεκινήσει από τις μικρές τάξεις, ώστε οι μαθητές καθώς ανεβαίνουν βαθμίδα, να εξελίσσουν τον τρόπο κατασκευής τους, να αναγνωρίζουν τα όρια των μοντέλων που κατασκευάζουν και να αξιολογούν τα όριά τους και να αναθεωρούν (NGSS Lead States, 2013; Τσέτσος & Σκουμιός, 2016).

γ) Σχεδίαση και διεξαγωγή διερεύνησης

Οι μαθητές, κατά τη διάρκεια της φοίτησής τους, πρέπει να γίνουν ικανοί να διεξάγουν διάφορες έρευνες, τις οποίες δεν είναι απαραίτητο να ζητήσει ο εκπαιδευτικός, για να βρουν απαντήσεις σ' ένα ζήτημα που τους προβληματίζει και τους δημιουργεί ερωτήματα (NRC, 2012). Είναι σημαντικό, προκειμένου να περιγράψουν μια θεωρία, ή ένα φυσικό φαινόμενο, να είναι ικανοί να σχεδιάσουν μία έρευνα της οποίας τα αποτελέσματα θα στηρίξουν τις αντιλήψεις τους σε μία υπόθεση. Πρέπει, με την πάροδο του χρόνου, να είναι ικανοί να κάνουν πιο προσεκτικές και αποτελεσματικές παρατηρήσεις, ώστε ο σχεδιασμός των ερευνών τους να εξελίσσεται και να μπορούν να συλλέγουν διάφορα δεδομένα από διάφορες πηγές κάτω από διάφορες συνθήκες (NGSS Lead States, 2013).

δ) Ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων

Μετά την συλλογή των δεδομένων, οι μαθητές πρέπει να επεξεργαστούν και να γνωστοποιήσουν τα αποτελέσματα (NRC, 2012). Ενώ οι επιστήμονες οργανώνουν και ερμηνεύουν τα δεδομένα με κωδικοποίηση, διαγράμματα ή στατιστική ανάλυση, προκειμένου να τα χρησιμοποιήσουν ως

αποδεικτικά στοιχεία, οι μαθητές καταφέρουν με την πάροδο του χρόνου και καθώς ωριμάζουν, να ενισχύουν την ικανότητά τους να ερμηνεύουν τα στοιχεία που συλλέγουν σύμφωνα με τον επιστημονικό τρόπο (NRC, 2012). Με την ανάλυση των δεδομένων, είτε με τη χρήση των μαθηματικών είτε με τη χρήση ψηφιακών μέσων, έχουν τη δυνατότητα να ερμηνεύουν με στοιχεία τα αποτελέσματά τους για να υποστηρίξουν τα συμπεράσματά τους (NGSS Lead States, 2013).

ε) Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης:

Με τη χρήση μαθηματικών οι μαθητές εντοπίζουν τις μεταβλητές και τις σχέσεις μεταξύ τους και φτάνουν στις ποσοτικές προβλέψεις. Με τη χρήση ψηφιακών εργαλείων, μειώνεται η περίπτωση λάθους και οι υπολογισμοί γίνονται με μεγαλύτερη ακρίβεια. Οι μαθητές οργανώνουν τα δεδομένα που έχουν συλλέξει, υπολογίζουν τις ποσοτικές σχέσεις μεταξύ τους και τα αναπαριστούν, με πίνακα ή διάγραμμα. Έτσι γίνεται η στατιστική ανάλυση και η αναγνώριση των δεδομένων, ώστε να εξαχθούν και να εφαρμοστούν ποσοτικές σχέσεις (NGSS Lead States, 2013; Τσέτσος & Σκουμιός, 2016).

στ) Συγκρότηση εξηγήσεων και σχεδίαση λύσεων

Στόχος των Φ.Ε. είναι η εφαρμογή και συγκρότηση εξηγήσεων για τις αιτίες που δημιουργούν τα φαινόμενα. Προκειμένου οι μαθητές να υποστηρίξουν ή να αντικρούσουν μια εξήγηση, να εντοπίσουν κενά ή αδυναμίες σε αυτή, πρέπει να κατασκευάσουν δικές τους εξηγήσεις, να διατυπώσουν συλλογισμούς και να συγκροτήσουν ισχυρισμούς, χρησιμοποιώντας αποδεικτικά στοιχεία (NGSS Lead States, 2013; Τσέτσος & Σκουμιός, 2016).

ζ) Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία με χρήση αποδεικτικών στοιχείων:

Προκειμένου οι μαθητές να υπερασπιστούν μια νέα ιδέα ή εξήγηση σε κάποιο φαινόμενο ατομικά ή ομαδικά, πρέπει να προάγουν επιχειρήματα (Τσέτσος & Σκουμιός, 2016). Για να εξηγήσουν ένα φυσικό φαινόμενο, θα πρέπει να εντοπίσουν την καλύτερη εξήγηση που θα είναι αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα (NGSS Lead States, 2013).

η) Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών:

Οι μαθητές είναι απαραίτητο να είναι ικανοί να βρίσκουν τις κατάλληλες πληροφορίες από διάφορες πηγές, να αξιολογούν την εγκυρότητα και αξιοπιστία τους δημιουργώντας πίνακες ή διαγράμματα, ανταλλάσσοντας ιδέες με τους συμμαθητές τους και να επιλέγουν αυτές που αφορούν την επιστημονική αλήθεια για το φαινόμενο που εξετάζουν (Τσέτσος & Σκουμιός, 2016).

Βασική θέση είναι ότι η αναθεώρηση των αντιλήψεων των μαθητών εδράζεται στην εμπλοκή τους με πρακτικές. Με τη συμμετοχή των μαθητών σε πρακτικές βελτιώνονται τα μαθησιακά αποτελέσματα, εδραιώνεται ευκολότερα η επιστημονική γνώση, οικοδομούνται βασικές έννοιες των Φ.Ε., προκαλείται το ενδιαφέρον και τους δημιουργείται η ανάγκη για περαιτέρω έρευνα (Duschl, et al., 2007; NRC, 2012).

Ένα διδακτικό μοντέλο που συνάδει με την προσέγγιση της μάθησης μέσω πρακτικών είναι το μαθησιακό μοντέλο 5Ε. Το μοντέλο 5Ε, αναπτύχθηκε και προτάθηκε από τον Bybee το 1997 (Bybee, 1997). Περιγράφει μια σειρά διδασκαλιών, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε σε όλη τη διάρκεια του σχολικού έτους, είτε σε συγκεκριμένα κεφάλαια. Οι φάσεις από τις οποίες αποτελείται το μοντέλο αυτό είναι οι ακόλουθες πέντε:

- **Η φάση της ενεργοποίησης (Engagement)**

Στη φάση αυτή γίνεται μια πρόκληση ενδιαφέροντος των μαθητών από τον δάσκαλο με σύντομες δραστηριότητες, οι οποίες θα αναδείξουν τις αρχικές αντιλήψεις των μαθητών για το πρόβλημα που εξετάζεται. Οι μαθητές είτε ατομικά είτε σε ομάδες, καταγράφουν τις προβλέψεις και τις εξηγήσεις. Ακολουθεί συζήτηση με την ολομέλεια και τέλος γίνεται ανταλλαγή πληροφοριών και θέτονται τα ερωτήματα για την έρευνα (Bybee, et al., 2006).



Σχήμα 2.2.: Οι φάσεις του εκπαιδευτικού μοντέλου 5Ε

- **Η φάση της εξερεύνησης (Exploration)**

Στη φάση αυτή οι μαθητές εργάζονται ομαδικά. Διατυπώνουν ερευνητικά ερωτήματα, συλλέγουν πληροφορίες και σχεδιάζουν και πραγματοποιούν έρευνα, ώστε να δώσουν απάντηση στα ερωτήματα που έχουν διατυπώσει, με στόχο να αποσταθεροποιηθούν οι αρχικές αντιλήψεις τους και να διαπιστώσουν από μόνοι τους ότι αυτές δεν συνάδουν με την σχολική γνώση και να δημιουργήσουν νέες (Bybee, 1997).

- **Η φάση της επεξήγησης (Explanation)**

Στη φάση αυτή γίνεται επεξεργασία από τους μαθητές των στοιχείων που έχουν συλλέξει, εξάγουν συμπεράσματα και τα συγκρίνουν με τις αρχικές τους προβλέψεις. Σκοπός είναι στη φάση αυτή οι μαθητές να είναι ικανοί να εξάγουν τεκμηριωμένες εξηγήσεις, τις οποίες θα στηρίξουν στα στοιχεία που έχουν συλλέξει. Σημαντικό στο σημείο αυτό είναι ο εκπαιδευτικός να οδηγήσει τους μαθητές σε βαθύτερη κατανόηση, δίνοντας επεξηγήσεις (Bybee, 1997).

- **Η φάση της επεξεργασίας (Elaboration)**

Στη φάση αυτή οι μαθητές αξιολογούν και ανταλλάσσουν πληροφορίες. Με τη χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, αξιοποιούν τη γνώση που έχουν αποκτήσει και επεξεργάζονται νέες δραστηριότητες. Οδηγούνται στο να προτείνουν λύσεις, σχεδιάζοντας και πραγματοποιώντας πειράματα, και δίνουν λογικές εξηγήσεις που εδράζουν σε αποδεικτικά στοιχεία που έχουν συλλέξει. Έτσι γίνεται έλεγχος κατά πόσο έχει ενεργοποιηθεί η νέα γνώση (Bybee, 1997).

- **Η φάση της αξιολόγησης (Evaluation)**

Στη φάση αυτή, καλούνται οι μαθητές να συγκρίνουν τις απαντήσεις που έδωσαν στη φάση της ενεργοποίησης με τις τελικές απαντήσεις τους. Γίνεται αναφορά στις δυσκολίες που αντιμετώπισαν καθώς και στους παράγοντες που τους ώθησαν να αλλάξουν τις αντιλήψεις τους. Στο σημείο αυτό ο εκπαιδευτικός αξιολογεί τον τρόπο που ο κάθε μαθητής αξιοποίησε τη νέα γνώση ώστε να αλλάξει τον τρόπο σκέψης του και κατά πόσο έχουν επιτευχθεί οι διδακτικοί στόχοι (Bybee, et al., 2006).

2.4. Ο υδρολογικός κύκλος

Η βασική φυσική λειτουργία της Γης για τη διασφάλιση συνεχούς παροχής νερού στη βιόσφαιρα είναι ο *υδρολογικός κύκλος* ή αλλιώς *ο κύκλος του νερού* (Εικόνα 2.1.). Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει μια μόνιμη κίνηση του νερού μεταξύ των ωκεανών, της ατμόσφαιρας και του εδάφους. Το νερό που υπάρχει στη Γη, κινείται συνεχώς και αλλάζει συνεχώς φυσική κατάσταση και συναντάται στη φύση σε υγρή, αέρια και στερεή μορφή (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος, 2016). Η κίνηση

αυτή συμβαίνει εδώ και δισεκατομμύρια χρόνια και όλα τα έμβια όντα στη Γη εξαρτώνται από αυτή.



Εικόνα 2.6.: Ο υδρολογικός κύκλος (Sources/Usage: Public Domain)

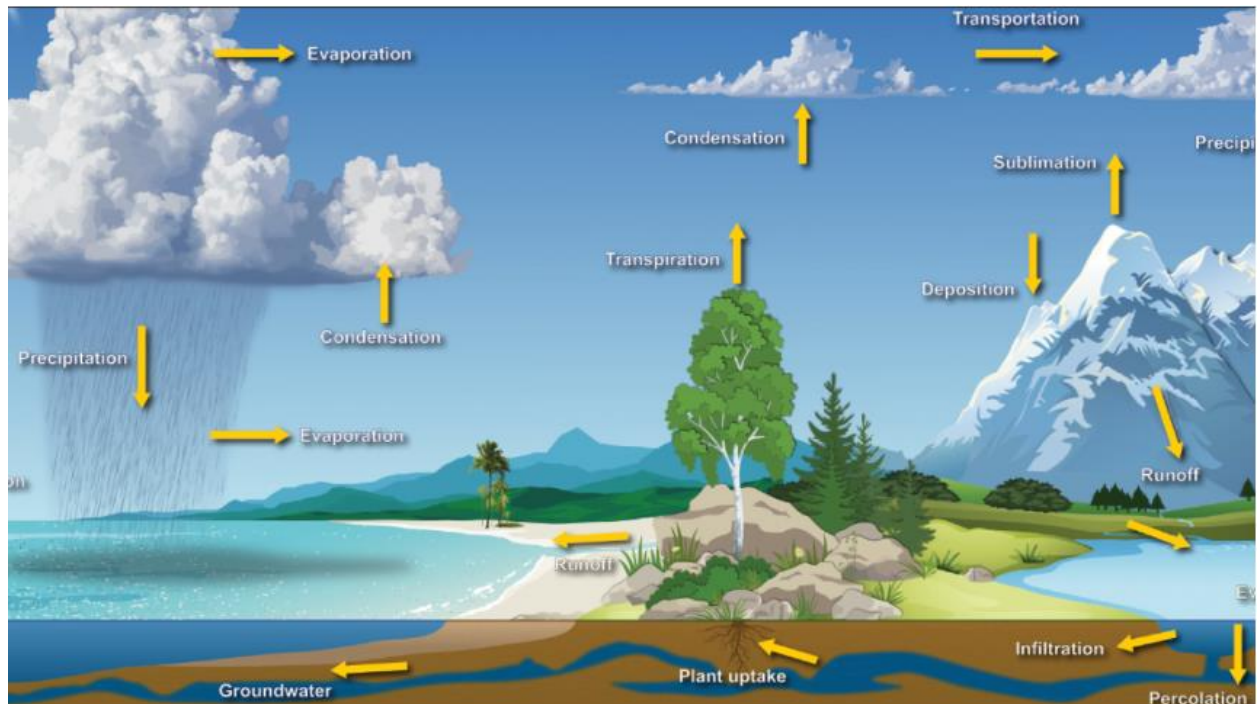
Το σύνολο της ποσότητας του νερού που συναντάται στον πλανήτη μας, μπορεί να θεωρηθεί σταθερή, όμως δεν είναι στο σύνολό της διαθέσιμη. Το νερό βρίσκεται σε συνεχή κίνηση και επιδρά στις φυσικές διεργασίες που συμβαίνουν στην ατμόσφαιρα, τη λιθόσφαιρα και τη βιόσφαιρα (Hubbart, 2010; Perlman, et al., 2016). Οπότε μπορούμε να θεωρήσουμε ότι κινείται σε έναν κλειστό κύκλο, τον υδρολογικό κύκλο ή αλλιώς τον κύκλο του νερού. Δεν μπορούμε να ορίσουμε από πού ξεκινάει ο υδρολογικός κύκλος, αλλά συνήθως μελετάται ξεκινώντας από τη θάλασσα.

Σύμφωνα με το Γεωλογικό Ινστιτούτο των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (USGS) διακρίνουμε δέκα έξι μέρη του υδρολογικού κύκλου (NOAA, 2016; Perlman, et al., 2016), τα οποία αναφέρονται (Πίνακας 2.1.) και αναλύονται παρακάτω.

• αποθήκευση νερού στη θάλασσα,	• επιφανειακή απορροή,
• εξάτμιση,	• απορροή σε υδάτινα ρεύματα,
• εξατμοδιαπνοή,	• απορροή νερού από το λιώσιμο του χιονιού,
• εξάχνωση,	• αποθήκευση γλυκού νερού,
• αποθήκευση νερού στην ατμόσφαιρα,	• διήθηση,
• συμπύκνωση,	• αποθήκευση υπόγειων νερών,
• κατακρήμνιση (βροχή, χιόνι, χαλάζι),	• εκφόρτιση υπόγειων νερών,
• αποθήκευση νερού σε πάγους και χιόνια,	• πηγές,

Πίνακας 2.1.: Τα μέρη του υδρολογικού κύκλου (NOAA)

Ο υδρολογικός κύκλος είναι το θέμα του επιστημονικού τμήματος της υδρολογίας σχετικά με το τι συμβαίνει ή παρατηρείται στη γη (Εικόνα 4), και της μετεωρολογίας σχετικά με το τι προκαλεί στην ατμόσφαιρα (NOAA, 2016). Μεταξύ του εδάφους και του συμβατικού ορίου των περίπου 3000 χλμ., η ατμόσφαιρα χωρίζεται ως εξής: τροπόσφαιρα, στρατόσφαιρα, μεσόσφαιρα, θερμόσφαιρα, εξώσφαιρα (Perlman, et al., 2016).



Εικόνα 2.7.: Οι λειτουργίες του υδρολογικού κύκλου. *The water cycle.* (Dennis Cain/NWS)

Οι μετεωρολόγοι και οι υδρολόγοι ενδιαφέρονται μόνο για το πρώτο στρώμα της ατμόσφαιρας, που είναι η τροπόσφαιρα. Ο καιρός παράγεται από διαφορετικά φαινόμενα στην τροπόσφαιρα, η οποία βρίσκεται μεταξύ του εδάφους και σε ύψος 12 έως 17 χιλιομέτρων κατά μέσο όρο. Μέσα σε αυτή την περιοχή σχηματίζονται σύννεφα και δημιουργούνται άνεμοι (Perlman, et al., 2016; Λαζαρίδης, 2010).

Το νερό καλύπτει το 70,9% του πλανήτη μας. Το 96,5% από αυτό, είναι **αποθηκευμένο στους ωκεανούς και τις θάλασσες**. Η ποσότητά του αλλάζει ανάλογα με τις κλιματικές αλλαγές. Κατά τη διάρκεια των παγετώνων, σχηματίζονται περισσότερα παγόβουνα κάτι το οποίο σημαίνει την μείωση του νερού στους ωκεανούς. Κατά τις διάρκειες των θερμών κλιματικών περιόδων, συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο (Perlman, et al., 2016).

Η ηλιακή ενέργεια προκαλεί την **εξάτμιση** του νερού από τις θάλασσες και τους ωκεανούς όπου είναι αποθηκευμένο το μεγαλύτερο μέρος του νερού και συγκεκριμένα το 96,5%, που κινείται στον υδρολογικό κύκλο. Συγκεκριμένα, με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας το νερό της επιφάνειας της γης που βρίσκεται στους ωκεανούς, τις θάλασσες, τα ποτάμια και τις λίμνες,

εξατμίζεται και αλλάζει φυσική κατάσταση και από υγρό γίνεται αέριο. Έτσι, με τη μορφή υδρατμού περνάει στην ατμόσφαιρα (Perlman, et al., 2016, NOAA, 2016). Το μεγαλύτερο μέρος του νερού που εξατμίζεται από την επιφάνεια της Γης που μετακινείται και αποθηκεύεται στην ατμόσφαιρα είναι από τους ωκεανούς. Το 91% από αυτό, συνήθως επιστρέφει ξανά μέσω της βροχόπτωσης στον ωκεανό, ενώ το υπόλοιπο 9% μεταφέρεται από τους ανέμους στην ξηρά με τις κατάλληλες κλιματικές συνθήκες μετατρέπεται σε βροχή. Και αυτό όμως καταλήγει πάλι στους ωκεανούς μέσα από την απορροή των υπόγειων νερών (Hubbart, 2010; Perlman, et al., 2016). Έτσι διατηρείται το υδρολογικό ισοζύγιο.

Τα σύννεφα είναι η πιο ορατή μορφή **αποθήκης ατμοσφαιρικού νερού**. Νερό, με τη μορφή υδρατμών, υπάρχει ακόμα και στον καθαρό αέρα. Ένα μικρό μέρος των υδρατμών που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα, προέρχονται από την **εξατμοδιαπνοή**, που είναι η εξάτμιση ύδατος από την επιφάνεια της γης και τη διαπνοή, τη διαδικασία δηλαδή με την οποία το νερό μετακινείται από τα φύλλα ενός φυτού στην ατμόσφαιρα μέσω των στομάτων που βρίσκονται στα φύλλα του (Perlman, et al., 2016). Περίπου το 10% από την υγρασία που υπάρχει στην ατμόσφαιρα, προέρχεται από την διαδικασία της διαπνοής των φυτών.

Μπορεί επίσης να δημιουργηθούν υδρατμοί, μέσω της **εξάχνωσης**, κατ' ευθείαν από την στερεά μορφή του νερού, δηλαδή από το χιόνι ή τον πάγο, χωρίς να μετατραπεί πρώτα σε υγρό. Αυτό συμβαίνει όταν επικρατούν συγκεκριμένες καιρικές συνθήκες, δηλαδή πολύ χαμηλή θερμοκρασία, έντονη ηλιακή ακτινοβολία, δυνατοί άνεμοι και χαμηλή πίεση (Perlman, et al., 2016).

Κατά τη διαδικασία της **συμπύκνωσης** το νερό που υπάρχει στην ατμόσφαιρα μετατρέπεται σε υγρό, με αποτέλεσμα να σχηματίζονται τα σύννεφα, τα οποία μας δίνουν τα κατακρημνίσματα. Επίσης η συμπύκνωση, που είναι το αντίθετο της εξάτμισης, μπορεί να συμβεί σε μικρή κλίμακα στην επιφάνεια της γης ή κοντά σ' αυτή, προκαλώντας την πάχνη, την ομίχλη, το θάμπωμα των τζαμιών μια κρύα νύχτα κ.ά. (Perlman, et al., 2016; Λαζαρίδης, 2010).

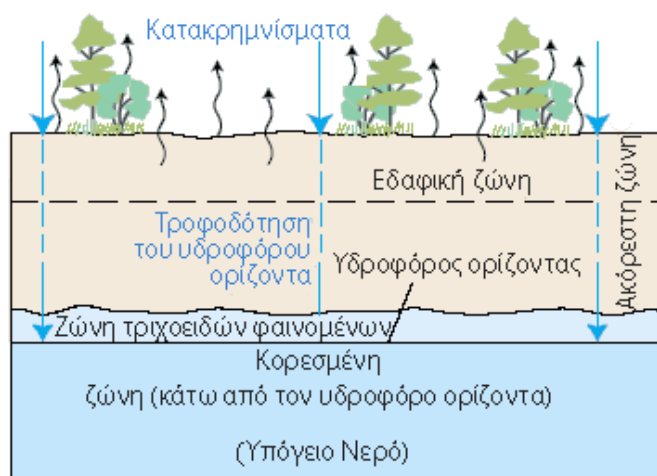
Όταν το όριο περιεκτικότητας νερού στην ατμόσφαιρα αυξηθεί, τότε οι πλεονάζοντες υδρατμοί που περνούν το όριο κορεσμού, δημιουργούν σταγονίδια ή μικρό-κρυστάλλους πάγου. Η παρουσία σκόνης και καπνού στην ατμόσφαιρα, συντελεί στο να μεγαλώσει η μάζα των σταγονιδίων, να βαρύνουν και να πέσουν με τη μορφή **κατακρημνισμάτων** δηλαδή βροχόπτωσης, χιονιού, ή χαλαζιού (Perlman, et al., 2016; Λαζαρίδης, 2010; Μακρογιάννης & Σαχσαμάνογλου, 2004). Το πιο συνηθισμένο φαινόμενο κατακρήμνισης είναι αυτό της βροχής.

Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι του υδρολογικού κύκλου είναι το νερό που είναι **αποθηκευμένο στους πάγους και τα χιόνια**. Το 90% της παγκόσμιας μάζας πάγου, βρίσκεται στην Ανταρκτική ενώ το υπόλοιπο 10%, στην Γροιλανδία. Η θερμοκρασία της Γης ανεβαίνει σταδιακά, με την πάροδο των αιώνων, κάτι το οποίο έχει ως αποτέλεσμα το λιώσιμο μεγάλου μέρους των πάγων και άνοδο της στάθμης της θάλασσας (Perlman, et al., 2016).

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, το μεγαλύτερο μέρος του νερού που πέφτει με τη μορφή κατακρημνίσματος, επιστρέφει στους ωκεανούς. Μέρος όμως αυτού πέφτει στην ξηρά, με αποτέλεσμα να σχηματίζει **υδάτινα ρεύματα**, τα οποία κυλούν προς τα ποτάμια. Το φαινόμενο αυτό το ονομάζουμε **επιφανειακή απορροή** (Perlman, et al., 2016; Γεωργόπουλος, 1998). **Απορροή**, δηλαδή δημιουργία υδατορευμάτων, έχουμε και **από το λιώσιμο του χιονιού**.

Μέρος του νερού των κατακρημνισμάτων, μέσω της επιφανειακής απορροής, μπορεί να καταλήξουν σε λίμνες, τεχνητές λίμνες ή υδροβιότοπους και έλη, όπου έχουμε **αποθήκευση γλυκού νερού**. Ένα σημαντικό όμως μέρος του νερού αυτού, απορροφάται από το έδαφος και καταλήγει σε βαθύτερα στρώματα τη γης, όπου **αποθηκεύεται** και δημιουργεί τα **υπόγεια νερά** (Εικόνα 5). Το φαινόμενο αυτό το ονομάζουμε **διήθηση** (Perlman, et al., 2016).

Μέρος του νερού που απορροφάται από το έδαφος παραμένει σε κοντά στο επιφανειακό στρώμα και υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να βγει και πάλι στην επιφάνεια λόγω της πορώδους σύστασης του εδάφους, με τη μορφή απορροής στα υδάτινα ρεύματα. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **εκφόρτιση υπόγειων νερών** (Perlman, et al., 2016).



Εικόνα 2.8.: Υδροφόροι ορίζοντες

Όσον αφορά τις **πηγές** είναι το νερό που προέρχεται από τα υπόγεια νερά (υδροφορείς ή υδροφόρα στρώματα) τα οποία υπερχειλίζουν και βρίσκουν διέξοδο στην επιφάνεια. Το νερό των πηγών μπορεί να αναβλύσει από κάθε είδους πέτρωμα που έχει διαπερατότητα (Perlman, et al., 2016; Tyler Miller, 2004). Έτσι συνήθως δεν είναι διαυγές. Αν το νερό κατά την έξοδό του έρθει σ'

επαφή με θερμά πετρώματα, που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της γης, τότε μπορεί να δημιουργήσουν τις λεγόμενες θερμές πηγές (Perlman, et al., 2016).

2.5. Ανακεφαλαίωση

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν στοιχεία ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών στη σχολική γνώση, καθώς και τα γενικά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων αυτών για τις έννοιες και τα φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών. Επίσης, αναφέρθηκε η εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φ.Ε. Επιπρόσθετα, παρουσιάστηκε η μάθηση μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής και έγινε αναφορά στο διδακτικό μοντέλο 5E του Bybee (1997). Τέλος, παρουσιάστηκαν τα βασικά στοιχεία του υδρολογικού κύκλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ

3.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών, σχετικών με τον υδρολογικό κύκλο. Το κεφάλαιο αποτελείται από τέσσερις επιμέρους ενότητες. Η πρώτη εστιάζεται στα αποτελέσματα των ερευνών που έχουν γίνει για τις αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο (βλ. ενότητα 3.2.). Στην δεύτερη παρουσιάζονται έρευνες για την επίδραση των διδακτικών παρεμβάσεων που εστιάζονται στη διδακτική επεξεργασία των αντιλήψεων για τον υδρολογικό κύκλο στις αντιλήψεις των μαθητών (βλ. ενότητα 3.3.). Η τρίτη ενότητα περιλαμβάνει τις έρευνες που έχουν γίνει για την επίδραση των διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται στη «μάθηση μέσω πρακτικών», στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο (βλ. ενότητα 3.4.). Στην τέταρτη ενότητα γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση για τις έρευνες που εστιάζονται στην αποτελεσματικότητα διδακτικών παρεμβάσεων που αξιοποιούν τα ψηφιακά και τα φυσικά μέσα. (βλ. ενότητα 3.5). Τέλος, στην πέμπτη ενότητα γίνεται συζήτηση για τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και τεκμηριώνεται η πρωτοτυπία της εργασίας αυτής (βλ. ενότητα 3.6.).

3.2. Οι αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο

Προηγούμενες έρευνες έχουν καταδείξει ορισμένα από τα όρια του συλλογισμού των μαθητών του δημοτικού για το νερό και την υδρόσφαιρα. Οι μελέτες αυτές έδειξαν ότι οι μαθητές του δημοτικού περιγράφουν ορισμένα στοιχεία των υδατικών συστημάτων. Για παράδειγμα, δίνουν έμφαση στις διαστάσεις των υδατικών συστημάτων που είναι πιο εύκολα παρατηρήσιμα (π.χ. τα σύννεφα και η επιφάνεια της Γης) περισσότερο από εκείνες που δεν είναι τόσο εύκολα ορατές (π.χ. τα υπόγεια ύδατα και οι υδρατμοί στην ατμόσφαιρα) (Dickerson, et al., 2007; Dove, et al., 1999; Henriques, 2002; Σάλτα & Στούμπα, 2015; Zangori, et al., 2017; Zangori, et al., 2015). Ομοίως, οι μαθητές των πρώτων τάξεων τείνουν να δίνουν έμφαση σε ορισμένες διαδικασίες που σχετίζονται με το νερό, όπως η βροχόπτωση και η επιφανειακή ροή, περισσότερο από άλλες, όπως είναι η μετάβαση του νερού από την υγρή στην αέρια φάση (Bar & Travis, 1991; Forbes, et al., 2015; Schwarz & White, 2005; Zangori, et al., 2015).

Οι Osborne και Cosgrove (Osborne & Cosgrove, 1983), ερεύνησαν τις αντιλήψεις 43 μαθητών ηλικίας από 8 μέχρι 17 ετών, από τη Νέα Ζηλανδία, για το λιώσιμο του πάγου, τον βρασμό του νερού, τη συμπύκνωση και την εξάτμιση. Για την συλλογή δεδομένων, οι ερευνητές πήραν ατομικές συνεντεύξεις, αφού παρουσίασαν ξεχωριστά στον κάθε μαθητή τα φαινόμενα, με πειράματα, τα οποία έγιναν με οικείο εξοπλισμό κουζίνας. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι: α) Οι αντιλήψεις των μαθητών για τους επιστημονικούς όρους ήταν συχνά επιφανειακές, παρά

το γεγονός ότι οι μαθητές μπορούσαν συχνά να συσχετίσουν τον σωστό όρο με ένα γεγονός ή φαινόμενο. Για παράδειγμα, οι μαθητές ανέφεραν με ευκολία τις επιστημονικές έννοιες «συμπύκνωση», «εξάτμιση», «τήξη», χωρίς ωστόσο να είναι ικανοί να εξηγήσουν τι πραγματικά τι συνέβαινε. β) Οι μαθητές όλων των ηλικιών είχαν απόψεις σχετικά με τα κοινά παρατηρούμενα φαινόμενα. Ωστόσο, οι μεγαλύτεροι μαθητές, αν και διδάσκονταν φυσικές επιστήμες, πολλές φορές είχαν παρόμοιες αντιλήψεις με τα μικρότερα παιδιά. Για παράδειγμα αντιλήψεις όπως «το νερό γίνεται αέρας» για το φαινόμενο της εξάτμισης και «το κρύο έρχεται μέσα από το γυαλί» για το φαινόμενο της συμπύκνωσης, διατυπώθηκαν από μαθητές σε ένα ευρύ ηλικιακό φάσμα. Η αντίληψη ότι οι σταγόνες προέρχονται από το νερό που υπάρχει στην ατμόσφαιρα, εδραιώθηκε περίπου στην ηλικία των 17 χρόνων σε περισσότερους από τους μισούς μαθητές. Τα ευρήματα της έρευνας έδειξαν ότι οι μαθητές κατανοούν το φαινόμενο της συμπύκνωσης παράλληλα με αυτό της εξάτμισης. γ) Αν και είναι γενικά αποδεκτό ότι ορισμένες αντιλήψεις μπορούν να αλλάξουν όσο οι μαθητές μεγαλώνουν, κάποιες μη επιστημονικές ιδέες ήταν πιο δημοφιλείς στα μεγαλύτερα παιδιά απ' ό,τι στα μικρότερα. Για παράδειγμα, τα αποτελέσματα της έρευνας, έδειξαν ότι περισσότεροι 15χρονοι από ότι 12χρονοι θεώρησαν ότι το νερό μετατράπηκε σε οξυγόνο και υδρογόνο κατά τον βρασμό. δ) Επιστημονικά μοντέλα τα οποία διδάχθηκαν οι μαθητές, τους φάνηκαν μάλλον αφηρημένα γιατί δύσκολα μπορούσαν να τα συσχετίσουν με την καθημερινή εμπειρία τους. Για παράδειγμα, ορισμένοι έφηβοι μαθητές χρησιμοποίησαν ένα γενικό μοντέλο που συνέδεε τον όγκο με τη θερμοκρασία. Ισχυρίστηκαν ότι «ο όγκος του νερού είναι μεγαλύτερος από του πάγου γιατί όταν το νερό παγώνει τα μόριά του γίνονται συμπαγή και έτσι δεν καταλαμβάνει τόσο χώρο όσο όταν είναι υγρό ή αέριο».

Οι Ryssell και Watt, (Russell & Watt, 1990), αναφέρουν ένα ερευνητικό πρόγραμμα που έγινε από ομάδα ερευνητών, σε έξι σχολεία της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης της Μ. Βρετανίας, στο οποίο πήραν μέρος μαθητές από 5 έως 11 ετών. Στόχος του προγράμματος ήταν να καταγραφούν οι αντιλήψεις των μαθητών του δημοτικού σχολείου σε συγκεκριμένες περιοχές επιστημονικών εννοιών και να ερευνηθεί πώς αυτές μπορούν να τροποποιηθούν με τη χρήση πρακτικών. Ανάμεσα στις εννοιολογικές περιοχές που ερευνήθηκαν ήταν η εξάτμιση και η συμπύκνωση. Ο τρόπος που συλλέχθηκαν τα δεδομένα, ήταν προ και μετά τεστ και συνεντεύξεις. Η έρευνα, που διήρκεσε μια σχολική χρονιά, περιλάμβανε τρία στάδια, το πιλοτικό, της εξερεύνησης και της παρέμβασης. Οι μαθητές κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της εξερεύνησης, παρατήρησαν τη στάθμη του νερού σε μια δεξαμενή να κατεβαίνει με την πάροδο του χρόνου, τα ρούχα που κρεμόταν σταδιακά να στεγνώνουν και το νερό από τις λακκούβες που είχαν δημιουργηθεί στο προαύλιο του σχολείου να λιγοστεύει. Στην ερώτηση «πού πήγε το νερό;» οι απαντήσεις διέφεραν ανάλογα με την ηλικία. Οι δημοφιλέστερες απαντήσεις ανάμεσα στους μαθητές των μικρών ηλικιών ήταν ότι «το νερό

έφυγε κάτω, χύθηκε» ή «το κατάπιε ο ήλιος» ενώ κάποιοι από τους μεγαλύτερους μαθητές απάντησαν ότι «μάλλον το νερό εξαφανίστηκε γιατί το κατάπιε ο αέρας που είναι δυνατότερος από το νερό». Κάποιοι άλλοι έδωσαν δύο διαφορετικές εξηγήσεις «το νερό απορροφήθηκε από το υλικό, ο αέρας έκανε το νερό να φύγει» χωρίς να αισθάνονται ότι η μία απορρίπτει την άλλη. Ο όρος «εξάτμιση» χρησιμοποιήθηκε περίπου από τα μισά παιδιά των μεγάλων τάξεων. Στην ερώτηση «μπορώ να πάρω το νερό πίσω;» οι περισσότεροι μαθητές απάντησαν αρνητικά, «γιατί δεν μπορούμε να το δούμε» ή «γιατί έχει φύγει στον αέρα». Όταν τους ζητήθηκε να εξηγήσουν το φαινόμενο της συμπύκνωσης του νερού στο τζάμι, τα παιδιά είπαν ότι ήταν «αναπνοή» ή «αέρας από το σώμα μας» και «ατμός». Ένα μικρό ποσοστό παιδιών το περιέγραψε ως «καπνό».

Προκειμένου να διευρύνουν τα συμπεράσματα της έρευνας των Osborne και Cosgrove (Osborne & Cosgrove, 1983), οι Bar και Travis, (Bar & Travis, 1991) έκαναν νέα έρευνα για τις εναλλακτικές αντιλήψεις και τις παρανοήσεις των μαθητών, σχετικά με τις αλλαγές φυσικής κατάστασης του νερού, από υγρό σε αέριο. Στην έρευνα πήραν μέρος 266 μαθητές σχολείων του Ισραήλ, ηλικίας από 6 έως 14 ετών (από Α' δημοτικού ως Γ' γυμνασίου). Κατά τη διάρκεια της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν τρία είδη δοκιμασιών, μία προφορική ατομική δοκιμασία ανοικτού τύπου, μία γραπτή δοκιμασία ανοικτού τύπου και μία δοκιμασία πολλαπλών επιλογών. Κατά την πρώτη φάση, οι δημοφιλέστερες απαντήσεις των μαθητών μετά την παρατήρηση των φαινομένων της εξάτμισης και του βρασμού, διέφεραν ανάλογα με το πείραμα που χρησιμοποιήθηκε. Κατά την παρατήρηση του βρεγμένου πατώματος που στέγνωσε, ήταν ότι «το νερό αλλάζει μορφή και διασκορπίζεται στον αέρα», ενώ κατά τη δοκιμασία των ρούχων που στέγνωσαν απάντησαν ότι «το νερό αλλάζει μορφή και διασκορπίζεται στον αέρα» ενώ κάποιοι μεγαλύτεροι μαθητές ισχυρίστηκαν ότι «το νερό αλλάζει σε υδρογόνο και οξυγόνο» χωρίς να δίνουν επιπλέον πληροφορίες. Όταν παρατήρησαν την κατσαρόλα με το νερό που έβραζε, είπαν ότι «ο ατμός είναι φτιαγμένος από άλλη μορφή νερού». Στο ίδιο πείραμα, όταν ρωτήθηκαν τι περιείχαν οι φούσκες, απάντησαν ότι αποτελούνται από «αέρα» και ότι μέσα σ' αυτές υπάρχει «ζέστη». Όσον αφορά το φαινόμενο της συμπύκνωσης οι μαθητές ρωτήθηκαν αν «μπορεί ο ατμός να μετατραπεί σε νερό;». Η δημοφιλέστερη απάντηση ήταν «ναι, γιατί ο ατμός είναι φτιαγμένος από νερό». Κατά την παρατήρηση των υγρών χεριών τους όταν τα τοποθέτησαν πάνω από μια κατσαρόλα με νερό που έβραζε, η δημοφιλέστερη απάντηση ήταν ότι «ο ατμός αλλάζει και γίνεται νερό». Όταν παρατήρησαν τις σταγόνες στο εξωτερικό του δοχείου που περιείχε πάγο που έλιωνε, απάντησαν ότι «Το κρύο προκαλεί την αλλαγή του υδρογόνου και του οξυγόνου σε νερό» και ότι «το νερό προήλθε από τους ατμούς που υπάρχουν στον αέρα». Εξετάστηκαν επίσης κατά τη διάρκεια της έρευνας και οι αντιλήψεις των μαθητών για την ύπαρξη υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Τα

περισσότερα παιδιά απάντησαν θετικά, λέγοντας ότι «υπάρχουν πάντα υδρατμοί στην ατμόσφαιρα».

Ο Brody (Brody, 1993), ανέφερε 51 μελέτες που σχετίζονται με τις αντιλήψεις μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τον υδρολογικό κύκλο, τις λειτουργίες του και τις αποθήκες νερού. Οι περισσότερες από αυτές τις μελέτες, είχαν ως μέσο συλλογής των στοιχείων, ερωτηματολόγια και συνεντεύξεις. Τα αποτελέσματα των μελετών έδειξαν ότι οι μαθητές στο λύκειο και στο γυμνάσιο δυσκολεύτηκαν να κατανοήσουν έννοιες όπως η υγροποίηση, η εξάτμιση και η τήξη και το πάγωμα του νερού. Η κατανόηση του υδρολογικού κύκλου ήταν ακόμη πιο δύσκολη για αυτούς, επειδή προσπάθησαν να κατανοήσουν τις φυσικές ιδιότητες του νερού, χρησιμοποιώντας όρους της φυσικής, όπως η πήξη και η τήξη. Αν και σχεδόν κανένας μαθητής δεν κατανόησε τον υδρολογικό κύκλο εννοιολογικά, φάνηκε ότι η σημασία του για τους ζωντανούς οργανισμούς αγνοήθηκε. Οι μαθητές δεν γνώριζαν σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της διαχείρισης των υδάτινων πόρων, συμπεριλαμβανομένων ζητημάτων που σχετίζονται με τη ρύπανση, τη χρήση και τη διατήρηση των θαλάσσιων οικοσυστημάτων. Επιπλέον, οι μαθητές δεν συσχέτισαν γενικά τη διαχείριση των υδάτινων πόρων με τις κοινωνικές επιπτώσεις. Πολλές μελέτες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι μεγαλύτεροι μαθητές αν και είχαν παρακολουθήσει μαθήματα φυσικών επιστημών είχαν παρόμοιο επίπεδο γνώσεων με τους μαθητές του δημοτικού και οι παρανοήσεις σχετικά με το νερό και τους υδάτινους πόρους ήταν περισσότερες από αυτές που είχαν οι μικρότεροι σε ηλικία μαθητές.

Οι Bar και Galili (Bar & Galili, 1994), ερεύνησαν τις αντιλήψεις 293 μαθητών ηλικίας από 6 έως 14 ετών, αστικών σχολείων στο Ισραήλ, για την εξάτμιση. Το μέσο συλλογής δεδομένων ήταν η συνέντευξη. Μετά την ανάλυση των αποτελεσμάτων, διαπίστωσαν ότι πολλοί από τους μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, στους οποίους έγινε η έρευνά τους, δυσκολεύτηκαν να καταλάβουν τη φυσική διαδικασία της εξάτμισης και πίστευαν ότι δεν μπορεί να υπάρχει εξάτμιση σε χαμηλή θερμοκρασία.

Για την εξάτμιση οι Bar και Galili σημείωσαν τα παρακάτω στάδια στα αποτελέσματα της έρευνάς τους:

- ✓ Στην ηλικία των 5 χρόνων, οι μαθητές πιστεύουν ότι το νερό εξαφανίζεται. Αυτό φυσικά μειώνεται όσο τα παιδιά μεγαλώνουν.
- ✓ Στην ηλικία των 7 με 8 χρόνων, οι μαθητές θεωρούν ότι το νερό έχει απορροφηθεί από το έδαφος ή το πάτωμα.

- ✓ Στην ηλικία των 8 με 12 χρόνων, οι μαθητές νομίζουν ότι όταν εξατμίζεται το νερό, μεταφέρεται σε άλλη τοποθεσία, όπως για παράδειγμα, στον ουρανό, στον ήλιο, στο ταβάνι, στα σύννεφα, στον αέρα.
- ✓ Στην ηλικία 9,5 χρόνων και πάνω, η άποψη των μαθητών αρχίζει να πλησιάζει αρκετά στην επιστημονική, διότι θεωρούν ότι ο νερό, όταν εξατμίζεται γίνεται υδρατμός, δηλαδή μικρά σταγονίδια σκορπισμένα στον αέρα.

Επίσης, τα αποτελέσματα της έρευνας των Bar και Galili, δείχνουν ότι αυτά που πίστευαν τα παιδιά στο πρώτο στάδιο, συνδέονταν με την άγνοιά τους για την αρχή διατήρησης της ύλης. Επιπρόσθετα, διαπίστωσαν ότι οι ιδέες των παιδιών εξαρτιόταν από την άποψή τους για τον αέρα. Στις ηλικίες μεταξύ 5 και 8 χρόνων τα παιδιά θεωρούσαν ότι ο αέρας παράγεται από ένα τεράστιο χαρτί που κινείται, ενώ στις ηλικίες μεταξύ 8 και 12 χρόνων, πίστευαν ότι ο αέρας υπάρχει μέσα στο χώρο και τον γεμίζει. Αποφάνθηκαν ότι είναι βέβαιο, πως για να εξελιχθούν οι αντιλήψεις των παιδιών, στις μικρές ηλικίες, για την εξάτμιση, πρέπει να έχουν κατανοήσει η αρχή της διατήρησης της ύλης ενώ για τις μεγαλύτερες από 8 έως 12 χρόνων δηλαδή, είναι σημαντικό τα παιδιά να γνωρίσουν για τη στατικότητα του αέρα που υπάρχει μέσα στο χώρο, ανεξάρτητα από τον αέρα που κινείται.

Σύμφωνα με τον Driver και τους συνεργάτες του (Driver, et al., 1998), οι απόψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο, ποικίλουν ανάλογα με την ηλικία τους και διαφέρουν ανάλογα με τη λειτουργία του κύκλου που αφορούν.

Όσον αφορά τα σύννεφα και τις κατακρημνίσεις:

- ✓ Στην ηλικία των 5 με 7 χρόνων, πιστεύουν ότι τα σύννεφα τα φτιάχνει ο Θεός και αυτός στέλνει και τη βροχή, ότι τα σύννεφα είναι φτιαγμένα από καπνό ή από στερεά υλικά όπως βαμβάκι ή πέτρες και είναι σακούλες με νερό στον ουρανό και όταν αυτές συγκρούονται, τότε σκάνε και σκίζονται και έτσι πέφτει η βροχή. Θεωρούν επίσης ότι το φαινόμενο της βροχής δεν έχει καμία σχέση με τα σύννεφα (Piaget, 1951).
- ✓ Στην ηλικία των 6 με 8 χρόνων, πιστεύουν ότι τα σύννεφα «ρουφάνε» νερό από τη θάλασσα και το μεταφέρουν σε άλλα μέρη όπου δίνουν τη βροχή.
- ✓ Στην ηλικία των 6 με 9 χρόνων, θεωρούν ότι τα σύννεφα είναι φτιαγμένα από ατμό, που δημιουργείται όταν ο ήλιος μπαίνει μέσα στη θάλασσα και τη ζεσταίνει ή όταν βράζει το νερό στην κατσαρόλα. Όταν τα σύννεφα ανοίγουν τότε πέφτει η βροχή.
- ✓ Στην ηλικία των 7 με 10 χρόνων, φαντάζονται ότι το σύννεφο είναι σαν ένα σφουγγάρι που έχει μέσα του νερό. Όταν φυσάει, αρχίζει το σύννεφο να κινείται και το νερό που

βρίσκεται μέσα στο σφουγγάρι, πέφτει μέσα από τις τρύπες του, δημιουργώντας τη βροχή. Κάποια άλλα παιδιά αυτής της ηλικίας, πιστεύουν ότι πέφτει η βροχή, όταν ζεσταίνονται ή κρυώνουν τα σύννεφα (Bar, 1989).

- ✓ Στην ηλικία των 9 με 10 ετών, τα παιδιά πιστεύουν ότι το νερό που έχουν τα σύννεφα, είναι αυτό που έχει εξατμιστεί από τα βαθουλώματα της γης. Όταν ζεσταθούν ή κρυώσουν τότε γίνονται πιο βαριά και έτσι πέφτει η βροχή.
- ✓ Στην ηλικία των 11 με 15 χρόνων, λένε ότι τα σύννεφα είναι ατμός που έχει κρυώσει. Όταν οι σταγόνες ενώνονται και γίνονται πιο βαριές, πέφτει η βροχή. Παρ' όλα αυτά, δεν εξήγησε κανένας τους πώς γίνεται να ψύχονται τα σύννεφα (Driver, 1983).

Ο Tyler (Tytler, 2000) ερεύνησε τις αντιλήψεις μαθητών δημοτικού, διαφορετικών ηλικιών. Αφού οι μαθητές, που είχαν χωριστεί σε μικρές ομάδες, έκαναν μια σειρά από πειράματα που αφορούσαν κυρίως την εξάτμιση και την συμπύκνωση και έγινε καταγραφή των εξηγήσεών τους. Έπειτα, οι ομάδες ανασυγκροτήθηκαν και οι εκπαιδευτές πήραν συνέντευξη από 4 παιδιά που επιλέχθηκαν από τους εκπαιδευτές. Μετά την απομαγνητοφώνηση των γραπτών και των προφορικών δεδομένων, αυτά αναλύθηκαν και ομαδοποιήθηκαν από το NUD*IST ένα πρόγραμμα ποιοτικής ανάλυσης. Ο Tyler, θεώρησε ότι το σημαντικότερο χαρακτηριστικό των αποτελεσμάτων ήταν η πολύ μεγάλη εμπιστοσύνη που έδειξαν οι μαθητές της 6^{ης} τάξης στην γενική έννοια της ανταλλαγής νερού με τον αέρα, μια διαφορά που παρουσιάστηκε στις εξηγήσεις των φαινομένων της εξάτμισης αλλά περισσότερο σ' αυτές της συμπύκνωσης. Η σύγκριση των ευρημάτων της έρευνας του Tyler με προηγούμενες έρευνες (Osborne & Cosgrove, 1983; Russell & Watt, 1990; Bar & Travis, 1991; Bar & Galili, 1994), όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο ερευνητής, έδειξε ότι τα ευρήματα συμφωνούν.

Οι Ben-zvi Assaraf και Orion (Assaraf & Orion, 2001), έκαναν έρευνα σε 1000 μαθητές γυμνασίου από 30 τάξεις 6 αστικών σχολείων στο Ισραήλ, προκειμένου να διερευνήσουν τις αντιλήψεις των μαθητών για την κυκλική και συστημική φύση του υδρολογικού κύκλου. Ο τρόπος συλλογής των δεδομένων, ήταν ερωτηματολόγια και συνεντεύξεις. Τα βασικά ευρήματα της έρευνάς τους ήταν ότι:

- ✓ οι περισσότεροι μαθητές είχαν μια ελλιπή εικόνα του υδρολογικού κύκλου,
- ✓ αντιλαμβάνονταν τα υπόγεια νερά ως στατικά,
- ✓ παρουσίασαν δυσκολίες στον εντοπισμό σχέσεων μεταξύ των διάφορων διεργασιών του υδρολογικού κύκλου,
- ✓ οι περισσότεροι μαθητές δυσκολεύτηκαν να κατανοήσουν τις αλληλεπιδράσεις του υδρολογικού κύκλου με άλλα συστήματα, κυρίως της γεώσφαιρας,

- ✓ παρουσίασαν δυσκολίες στη μεταφορά βασικών γνώσεων της φυσικής και της χημείας για να εξηγήσουν τις σχετικές διεργασίες που συμβαίνουν μέσα στον υδρολογικό κύκλο,
- ✓ δυσκολεύτηκαν αρκετά στην κατανόηση του μετασχηματισμού της ύλης εντός και μεταξύ των γήινων συστημάτων, ως μέρος της κυκλικής διαδικασίας κατά την οποία διατηρείται η συνολική ποσότητα νερού.

Μερικά χρόνια αργότερα οι ίδιοι (Assaraf & Orion, 2005a), έκαναν νέα έρευνα για τις αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο, σε 1000 μαθητές. 6 γυμνασίων του Ισραήλ. Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν πέντε είδη ερευνητικών εργαλείων: ερωτηματολόγια τύπου Likert, ανοιχτές ερωτήσεις, σχέδια, συσχετισμοί λέξεων και συνεντεύξεις. Τα ευρήματα έδειξαν ότι οι περισσότεροι μαθητές έχουν ελλιπή αντίληψη για τον υδρολογικό κύκλο και πολλές παρανοήσεις. Η ανάλυση 177 σχεδίων, έδειξε ότι περίπου το 70% των μαθητών δεν προσδιόρισαν τα υπόγεια ύδατα ως συστατικό του υδρολογικού κύκλου και παρουσίαζαν μόνο την εξάτμιση, τη συμπύκνωση και τη βροχόπτωση. Η ανάλυση του ερωτηματολογίου αποκάλυψε πάλι ότι οι συχνότερα χρησιμοποιούμενες έννοιες ήταν η βροχή, τα σύννεφα και η εξάτμιση. Λιγότερο από το ένα τρίτο των μαθητών ανέφεραν έννοιες που συνδέονται με άλλα συστατικά του υδρολογικού κύκλου. Όσον αφορά τις αντιλήψεις των μαθητών για τα υπόγεια νερά, τα στοιχεία έδειξαν ότι το 67% των μαθητών τα αγνόησαν και δεν τα συμπεριέλαβαν στα σχέδιά τους και τα περιέγραψαν ως στατικές υπόγειες λίμνες. Επίσης, υποστήριζαν για τα υπόγεια ύδατα, ότι βρίσκονται μόνο στις περιοχές που υπάρχει βροχόπτωση. Όταν τους ζητήθηκε να εξηγήσουν την παρουσία υπόγειων υδάτων σε περιοχές χωρίς βροχή, απάντησαν ότι αυτό συμβαίνει γιατί το νερό κινείται μέσω των ποταμών από τις περιοχές με βροχή, σ' αυτές χωρίς βροχή (River flow model). Ένα επιπλέον στοιχείο που έδωσε η ανάλυση των δεδομένων της έρευνάς τους, ήταν ότι οι μαθητές όλων των τάξεων είχαν λανθασμένες αντιλήψεις σχετικά με τις βασικές φυσικές και χημικές διεργασίες όπως η εξάτμιση, η συμπύκνωση και η διάλυση, οι οποίες είναι σημαντικές για την κατανόηση της μεταφοράς της ύλης μέσα στον υδρολογικό κύκλο. Περίπου το 80% των μαθητών δεν συμφωνούσε με τη δήλωση «αν βάλουμε ένα ποτήρι νερό στο ψυγείο για μια εβδομάδα, η ποσότητα του νερού στο ποτήρι θα μειωθεί λόγω της διαδικασίας εξάτμισης». Οι κυρίαρχες εξηγήσεις ήταν «ίσως όταν είναι κρύο, το νερό δεν εξατμίζεται», «το νερό εξατμίζεται μόνο στη θερμότητα», «η θερμοκρασία στο ψυγείο δεν επιτρέπει την εξάτμιση».

Λίγες έρευνες έχουν διεξαχθεί που να διερευνά τις ιδέες των μαθητών σχετικά με λεκάνες απορροής, παρά το γεγονός ότι η έννοια της λεκάνης απορροής έχει ευρύτατη εφαρμογή στο περιβάλλον και στην ιζηματογενή γεωλογία και στις περιβαλλοντικές επιστήμες. Η έρευνα του Shepardson και των συνεργατών του (Shepardson, et al., 2005), έγινε σε 95 συνολικά μαθητές

ηλικίας από 12 μέχρι 15 ετών, σε κάποιο Γυμνάσιο της Μ. Βρετανίας. Στόχος της έρευνας ήταν να εκμαιεύσουν τις απόψεις των μαθητών για τις λεκάνες απορροής. Τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή των δεδομένων ήταν τα σχέδια των μαθητών και οι εξηγήσεις τους. Μετά την ανάλυση των σχεδίων των μαθητών, φάνηκε ότι οι μικρότεροι μαθητές στην πλειοψηφία τους σχεδίασαν εικόνες που παρέπεμπαν σε «υδροροή», σχεδιάζοντας ένα υπόστεγο που αποθηκεύει νερό. Οι μεγαλύτεροι μαθητές σχεδίασαν «υδάτινους πύργους» ή «πηγαδάκια». Κάποιοι απεικόνισαν τις λεκάνες απορροής, ως τρεχούμενο νερό στην επιφάνεια της γης το οποίο σχηματίζει ρυάκια και λίμνες, χωρίς να δείχνουν ότι μαζί με το νερό μεταφέρονται στα ποτάμια και άλλα υλικά μέσα από τις λεκάνες απορροής. Λίγοι ήταν αυτοί που σχεδίασαν μια εικόνα που έμοιαζε με λεκάνη απορροής. Από τις εξηγήσεις των μαθητών φάνηκε ότι οι περισσότεροι, ανεξάρτητα από την τάξη που φοιτούσαν, πίστευαν ότι οι λεκάνες απορροής υπάρχουν μόνο σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο (ορεινές και ημιορεινές). Οι λεκάνες απορροής, αναφέρθηκαν ως μέρος του υδρολογικού κύκλου, μόνο από μαθητές των μεγαλύτερων τάξεων.

Οι Patterson και Harbor (Patterson & Harbor, 2005), έκαναν έρευνα σε 200 μαθητές δύο διαφορετικών Γυμνασίων της Ιντιάνα, με σκοπό να μελετήσουν τις αντιλήψεις των μαθητών για τη μόλυνση των λεκανών απορροής. Προκειμένου να συλλεχθούν τα δεδομένα, συντάχθηκε ερωτηματολόγιο και χρησιμοποιήθηκαν τα ιχνογραφήματα των μαθητών. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων φάνηκε ότι ήταν δύσκολο να κατανοήσουν πλήρως την έννοια των λεκανών απορροής τόσο οι μαθητές όσο και οι εκπαιδευτικοί. Κάποιοι μαθητές, όταν μιλούσαν για τις λεκάνες απορροής, είχαν στο μυαλό τους την εικόνα υδραγωγείου, δηλαδή ενός αποθηκευτικού χώρου νερού, κάποιοι άλλοι θεωρούσαν ότι οι λεκάνες απορροής ήταν όπως οι σωλήνες του σπιτιού, που μεταφέρουν νερό και κάποιοι ότι απλά αφορούν τον καθαρισμό του νερού. Δεν θεωρούσαν δηλαδή ότι οι λεκάνες απορροής σχετίζονταν με τον υδρολογικό κύκλο.

Το 2007 έγινε έρευνα από το NZ Council for Educational Research (Joyce, 2008), σε 655 μαθητές της Νέας Ζηλανδίας ηλικίας από 4 έως 10 χρόνων, που αφορούσε την αλλαγή της κατάστασης του νερού στον υδρολογικό κύκλο. Τα στοιχεία συλλέχθηκαν με ερωτηματολόγια και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι:

- ✓ Σχεδόν το σύνολο των μαθητών, ακόμα και των μεγαλύτερων (10 ετών) δεν μπορούσαν να εξηγήσουν πώς μεταβάλλεται το νερό από τη μια κατάσταση στην άλλη.
- ✓ Οι μισοί και παραπάνω, πίστευαν ότι οι σταγόνες που σχηματίζονται εξωτερικά σ' ένα ποτήρι με κρύο νερό, προέρχονται από τους υδρατμούς που υπάρχουν στον αέρα.
- ✓ Το 50% των μαθητών ισχυρίστηκε ότι δεν μπορεί να υπάρχει εξάτμιση μέσα σε βάζο με κλειστό καπάκι.

- ✓ Το σύνολο των μαθητών είχαν πρόβλημα να εξηγήσουν αυτό που δεν μπορούσαν να παρατηρήσουν, όπως είναι η υγροποίηση.
- ✓ Δυσκολεύονταν να χρησιμοποιήσουν επιστημονικές εκφράσεις, όπως συμπύκνωση, εξάτμιση, τήξη και όταν τις χρησιμοποιούσαν τις περισσότερες φορές εξέφραζαν λάθος λειτουργία. Όταν τις χρησιμοποιούσαν με σωστό τρόπο, δεν καταλάβαιναν το νόημά τους.

Η έρευνα που έκανε η Ξανθή (Ξανθή, 2008) σε 47 μαθητές, δύο τμημάτων της Στ' τάξης ενός σχολείου της Αθήνας, είχε ως στόχο τη μελέτη των αντιλήψεων των παιδιών για τα σύννεφα. Το μέσο συλλογής δεδομένων ήταν ένα ερωτηματολόγιο 5 ερωτήσεων. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, φάνηκε ότι τα παιδιά πίστευαν ότι τα σύννεφα, που είναι σε συγκεκριμένο μέρος του ουρανού, τα κινεί ο άνεμος, κυρίως ο βοριάς και έτσι αυτά ταξιδεύουν. Αλλάζουν σχήματα και έχουν χρώματα και όταν έρχεται το ένα κοντά στο άλλο, συγκρούονται, δημιουργείται τριβή η οποία καταλήγει σε αστραπές και κεραυνούς ή σε απλή βροχή. Οι μαθητές πίστευαν ότι για να δημιουργηθούν τα σύννεφα, θα πρέπει ο ήλιος με το νερό της θάλασσας ή των λιμνών να έρθουν σε επαφή, χωρίς να διευκρίνιζαν το πώς λειτουργεί και τα αποτελέσματα που έχει αυτή η εμπλοκή. Σχεδόν το 1/3 των μαθητών είχε σαφή ιδέα του τρόπου σχηματισμού των σύννεφων, αναγνωρίζοντας ότι οφείλεται στην υγροποίηση των υδρατμών, ενώ οι υπόλοιποι μαθητές είχαν διαφορετικές απόψεις, με κάποιους να πίστευαν ότι τα σύννεφα δημιουργούνται από υδρατμούς, ατμούς ή καυσαέρια, χωρίς να δίνουν επιστημονική εξήγηση. Κάποιοι δεν εξέφρασαν καμία άποψη.

Στην έρευνα του Cardak (Cardak, 2009), εξετάστηκαν οι αντιλήψεις 156 φοιτητών που σπούδαζαν Φυσικές Επιστήμες στο Πανεπιστήμιο του Selcuk της Τουρκίας, για τον υδρολογικό κύκλο. Δύο ήταν τα μέσα συλλογής δεδομένων, οι ζωγραφιές των φοιτητών και οι προσωπικές συνεντεύξεις. Όπως φάνηκε μετά την ανάλυση των αποτελεσμάτων, πάνω από τους μισούς φοιτητές, επικεντρώθηκαν σε στοιχεία όπως το επίγειο νερό, η εξάτμιση, η κατακρήμνιση και το νερό στην ατμόσφαιρα. Αυτό απέδειξε ότι η γνώση των φοιτητών που σχετίζεται με τον υδρολογικό κύκλο, ήταν περιορισμένη και θεωρούσαν οτιδήποτε άλλο στοιχείο του υδρολογικού κύκλου, ασήμαντο ή ανύπαρκτο. Οι περισσότεροι φοιτητές δεν τοποθέτησαν τον ήλιο ως σημαντικό στοιχείο του υδρολογικού κύκλου. Επίσης δεν υπολόγισαν ότι τα υπόγεια νερά είναι αυτά που θρέφουν τα φυτά, τα οποία εμπλέκονται στον υδρολογικό κύκλο, με τη διεργασία της διαπνοής. Μέσα στις παρανοήσεις των φοιτητών που σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας, ήταν ότι ο υδρολογικός κύκλος περιλαμβάνει μόνο το πάγωμα και το λιώσιμο του νερού και ότι το νερό εξατμίζεται μόνο από τις θάλασσες και τους ωκεανούς.

Η νέα έρευνα που έκαναν ο Shepardson και οι συνεργάτες του (Shepardson, et al., 2009), σε 1.298 μαθητές διαφόρων ηλικιών, σε 21 σχολεία αστικών, ημιαστικών και αγροτικών περιοχών, από το Midwest των Η.Π.Α., είχε ως σκοπό να διερευνήσει αν οι αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο, διαφέρουν ανάλογα με το επίπεδο της τάξης και το κοινωνικό περιβάλλον. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από τις γραπτές απαντήσεις των μαθητών και τις ζωγραφιές τους. Η ανάλυση των στοιχείων που συλλέχθηκαν, έδειξαν ότι πολλοί μαθητές εστίαζαν στις επιφανειακές αποθήκες νερού (λίμνες, ποτάμια), καθώς και στην εξάτμιση, συμπύκνωση και κατακρήμνιση, κυρίως στη βροχόπτωση. Σε καμία ζωγραφιά δεν εντοπίστηκαν άλλα στοιχεία του υδρολογικού κύκλου, όπως τα υπόγεια ύδατα ή την απορροή στην επιφάνεια της γης. Μάλιστα στις περισσότερες ζωγραφιές, επικρατούσε ως κύριο φαινόμενο η βροχόπτωση, κάτι το οποίο σήμαινε ότι δεν είχε γίνει κατανοητή η κυκλική λειτουργία του υδρολογικού κύκλου. Λίγες ήταν αυτές που απεικόνιζαν περισσότερες λειτουργίες, όπως η απορροή, τα υπόγεια ύδατα, οι πηγές. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι όσο πιο μεγάλη ήταν η ηλικία των μαθητών τόσο πιο πολλά στοιχεία του υδρολογικού κύκλου περιλάμβαναν οι ζωγραφιές τους.

3.3. Η επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων για τον υδρολογικό κύκλο στις αντιλήψεις των μαθητών

Αν και έχουν γίνει πολλές έρευνες για τις αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο, είναι συγκριτικά λιγότερες αυτές που ερευνούν πώς επιδρά μια διδακτική παρέμβαση στην βελτίωση των αντιλήψεων αυτών.

Η Kali και οι συνεργάτες της (Kali, et al., 2003) έκαναν μελέτη σε 38 μαθητές της 8^{ης} τάξης αρχικά και έπειτα σε 40 μαθητές της 7^{ης} τάξης, με σκοπό τη διερεύνηση και τη σχεδίαση νέων δραστηριοτήτων, για τον εμπλουτισμό του υπάρχοντος προγράμματος σπουδών που αφορούσε την εκμάθηση του κύκλου των πετρωμάτων, ώστε να ενισχυθεί η συστημική σκέψη των μαθητών. Κατέληξαν στο συμπέρασμα, ότι τα περιβαλλοντικά θέματα που σχετίζονται με την υδρόσφαιρα θα πρέπει να παρουσιάζονται στο πλαίσιο των σχέσεων μεταξύ της υδρόσφαιρας και των άλλων συστατικών των συστημάτων της γης. Ανέφεραν επίσης ότι, ο υδρολογικός κύκλος είναι ένα πολύπλοκο σύστημα και προκειμένου οι μαθητές να τον κατανοήσουν με νόημα, πρέπει να κατανοήσουν τις ακόλουθες σχέσεις μεταξύ των σφαιρών της γης: (α) την υδρόσφαιρα και τη γεώσφαιρα (π.χ. χημική διάβρωση με διάλυση και κατακρήμνιση ορυκτών από το θαλασσινό νερό) (β) την υδρόσφαιρα και την ατμόσφαιρα (π.χ. εξάτμιση και συμπύκνωση) και (γ) την υδρόσφαιρα, τη βιόσφαιρα και την ατμόσφαιρα (π.χ. διαπνοή).

Ο Costu με τους συνεργάτες του (Costu, et al., 2010), έκαναν έρευνα χρησιμοποιώντας μια διδακτική στρατηγική που περιλάμβανε τα παρακάτω στάδια: πρόβλεψη, συζήτηση, εξήγηση, παρατήρηση, συζήτηση, εξήγηση (PDEODE), που ήταν μια παραλλαγή της κλασσικής POE (πρόβλεψη, παρατήρηση, εξήγηση). Σκοπός της έρευνάς τους ήταν να προωθήσουν την εννοιολογική αλλαγή και να διερευνήσουν την αποτελεσματικότητά της στην κατανόηση της έννοιας της εξάτμισης από 52 πρωτοετείς φοιτητές του Τμήματος Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης Φυσικών Επιστημών. Ο τρόπος συλλογής δεδομένων, ήταν ένα τεστ που αποτελούνταν από οκτώ ερωτήσεις. Η στρατηγική PDEODE, σχεδιάστηκε με βάση τις πρότερες αντιλήψεις των φοιτητών. Η εννοιολογική αλλαγή στην κατανόηση του φαινομένου της εξάτμισης από τους φοιτητές, αξιολογήθηκε με τη χορήγηση του ίδιου τεστ (pre-test) το οποίο δόθηκε αμέσως μετά την παρέμβαση (post-test) αλλά και μετά από ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα (delayed post-test). Η ανάλυση των τεστ έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στις βαθμολογίες των pre-tests, των post-tests και των delayed post-tests κάτι που υποδηλώνει ότι η στρατηγική βοήθησε τους φοιτητές να επιτύχουν καλύτερη εννοιολογική κατανόηση του φαινομένου της εξάτμισης. Ωστόσο, το σημαντικό είναι ότι δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στις βαθμολογίες των post-tests και των delayed post-tests, γεγονός που υποδηλώνει ότι με τη συγκεκριμένη στρατηγική διδασκαλίας, οι φοιτητές κατάφεραν να διατηρήσουν τις νέες αντιλήψεις τους στην μακροπρόθεσμη μνήμη τους.

Σε μια άλλη έρευνα που έγινε το 2011 από τους Sari, Kärkkäinen και Keinonen (Sari, et al., 2011) σε 52 μαθητές δημοτικού σχολείου της Φινλανδίας, ηλικίας 10 ως 11 χρόνων, χρησιμοποιήθηκε η προσέγγιση μελέτης Επιστήμη – Τεχνολογία – Κοινωνία (STS). Στόχος της έρευνας ήταν να αποκτηθούν περισσότερες γνώσεις σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές αντιλαμβάνονται το νερό, με βάση τα δοκίμια και τις ζωγραφιές που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διαδικασία διδασκαλίας και μάθησης STS. Σύμφωνα με την έρευνα αυτή, πριν από τη διδασκαλία και τη μάθηση, οι αντιλήψεις των μαθητών της πέμπτης τάξης ήταν πολύ κατακερματισμένες και ατομιστικές. Περιέγραψαν πολλές λεπτομέρειες από την καθημερινή ζωή που αφορούσαν το νερό. Η αναψυχή συνδεόταν συχνά με το νερό, όπως επίσης και η καθαριότητα. Το νερό ως καθημερινό εργαλείο φάνηκε να ήταν οικείο στους μαθητές της τετάρτης και της πέμπτης τάξης, αλλά η αντίληψή τους για τον υδρολογικό κύκλο δεν έγινε εμφανής. Μετά τη διδασκαλία και τη μάθηση, οι μαθητές περιέγραψαν τη σχέση μεταξύ των υδάτινων πόρων και του ρόλου του νερού για τη ζωή και εξέτασαν το νερό από φυσική και γεωγραφική άποψη. Παρόλο που οι περιγραφές ήταν πιο συμπαγείς και περιορισμένες από ό,τι πριν, ήταν πιο συστημικές και περιλάμβαναν αρκετές πτυχές αιτιώδους σχέσης στις οποίες συνδυάζονταν κατακερματισμένες αντιλήψεις.

Οι Levy και Mensah από το 2016 ως το 2017 (Levy & Mensah, 2021), μελέτησαν δύο τμήματα μαθητών φυσικών επιστημών της έκτης τάξης από ένα σχολείο χαρισματικών και ταλαντούχων μαθητών στο Κουίνς της Νέας Υόρκης. Και οι 56 μαθητές που έλαβαν μέρος, εισήχθησαν σε ένα πρόγραμμα σπουδών για το νερό με βάση τη βιωματική μάθηση, το οποίο σχεδιάστηκε για να ανταποκριθεί στις ανάγκες των προτύπων των στοιχειωδών φυσικών επιστημών μέσω της χρήσης αυθεντικής μάθησης περιβαλλόντων, φυσικής και εννοιολογικής μοντελοποίησης και συστημικής σκέψης. Τα ερευνητικά μέσα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν pre-tests και post-tests, σχέδια πριν και μετά την παρέμβαση, επιστημονικά σημειωματάρια, ημερολόγια, αναστοχασμοί και παρατηρήσεις. Μετά τη συμμετοχή στη βιωματική ενότητα για το νερό, οι περισσότεροι μαθητές κατανόησαν περισσότερο τις έννοιες που συνδέονται με το νερό, τα συστατικά του και τις διεργασίες του υδρολογικού κύκλου από τα επιφανειακά στα υπόγεια ύδατα, τις φυσικές ιδιότητες της ύλης, και υδρογεωλογικές έννοιες. Οι δεξιότητες συστημικής σκέψης εξελίχθηκαν από τη δομική σκέψη στη δυναμική σκέψη. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης δείχνουν ότι η βιωματική μάθηση είναι ένα αποτελεσματικό παιδαγωγικό εργαλείο για τους μαθητές των φυσικών επιστημών του δημοτικού για να αναπτύξουν τον υδατικό γραμματισμό και τις πρακτικές της επιστήμης και της μηχανικής.

Η White με τους συνεργάτες της έκαναν έρευνα το 2021 (White, et al., 2021) σε 209 μαθητές γυμνασίου εξετάζοντας τις αντιλήψεις τους για τα υπόγεια ύδατα. Η έρευνα είχε διάρκεια τρεις εβδομάδες, και η διδακτική παρέμβαση, σχεδιάστηκε γύρω από ένα εργαλείο μοντελοποίησης των υπογείων υδάτων, βασισμένο σε δεδομένα και υπολογιστές, το Hydrogeology Challenge. Οι μαθητές ολοκλήρωσαν μια σειρά από εργασίες χρησιμοποιώντας το μοντέλο για να σκεφτούν και να συμμετάσχουν στην επίλυση προβλημάτων σχετικά με μια πραγματική σεναριακή πρόκληση για το νερό. Οι ερευνητές εστίασαν στον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές συσχετίζουν ή χαρτογραφούν τα στοιχεία του μοντέλου με τα συστατικά των πραγματικών φαινομένων που έχουν σχέση με το νερό. Τα αποτελέσματα της έρευνας στηρίχθηκαν σε ποσοτική και ποιοτική ανάλυση των στοιχείων που παρέδωσαν οι μαθητές και σε συνεντεύξεις. Τα ευρήματα έδειξαν ότι οι μαθητές μπορούσαν ευκολότερα να ερμηνεύσουν και να κατανοήσουν στοιχεία του μοντέλου που αντιπροσωπεύουν ανθρώπινες διαστάσεις των συστημάτων των υπόγειων υδάτων, όπως τα πηγάδια, απ' ό,τι στοιχεία που αντιπροσωπεύουν διαστάσεις και διαδικασίες, όπως η κατεύθυνση ροής των υπόγειων υδάτων. Τα ευρήματα παρέχουν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τη συλλογιστική των μαθητών, που έχουν διδαχτεί με την χρήση μοντέλων, για τα υπόγεια ύδατα και τη διδασκαλία και μάθηση σχετικά με τα συζευγμένα ανθρωπο-υδρολογικά συστήματα.

3.4. Η επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται στη «μάθηση μέσω πρακτικών» για τον υδρολογικό κύκλο στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών

Ο Gunckel με τους συνεργάτες του (Gunckel, et al., 2012) διερεύνησαν τις αφηγήσεις μαθητών 23 τμημάτων Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, ηλικίας από 10 έως 17 ετών, σε σχολεία του Κολοράντο και του Μίσιγκαν, για το νερό και τις ουσίες στο νερό που κινούνται μέσω ατμοσφαιρικών, επιφανειακών και εδαφικών/υπόγειων υδάτινων συστημάτων, συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπινων συστατικών αυτών των συστημάτων, χρησιμοποιώντας μια επαναληπτική διαδικασία σχεδιασμού, αξιολόγησης και ερμηνείας μοντέλου. Κατέληξαν στο συμπέρασμα, ότι η σύνδεση των στοιχείων του υδρολογικού κύκλου, που είναι ορατά και αυτών που δεν είναι, καθώς και η κατανόησή τους, αποτελεί μια δύσκολη διαδικασία για τους μαθητές, κυρίως σε μικρή ηλικία, λόγω έλλειψης εμπειριών και παρατήρησης και ως λύση, πρότειναν τη χρήση 3D μοντέλων.

Ο Ben-Zvi Assaraf και οι συνεργάτες του (Assaraf, et al., 2012), ερεύνησαν τις αντιλήψεις 72 ισραηλινών μαθητών της Δ' τάξης για τον υδρολογικό κύκλο. Συγκεκριμένα αναρωτήθηκαν ποιες είναι οι διαφορές στις αντιλήψεις των μαθητών για τον σχηματισμό νεφών και της βροχόπτωσης, την πρόσληψη νερού από τα φυτά, τη ροή του νερού στη γεώσφαιρα και τις αλληλεπιδράσεις του ανθρώπου με τον κύκλο του νερού. Οι μαθητές που πήραν μέρος στην έρευνα, ανήκαν σε διαφορετικό κοινωνικοπολιτικό επίπεδο. Η μία ομάδα αποτελούνταν από βεδουίνους μαθητές, που είναι βαθιά θρησκευόμενοι και ζούσαν στην έρημο και η άλλη ομάδα είχε εβραίους μαθητές, που ζούσαν κοσμικά, σε μια μικρή επαρχιακή πόλη. Σκοπός της έρευνας ήταν να συγκρίνει τις δύο ομάδες μαθητών στα αυθόρμητα και μη αυθόρμητα νοητικά μοντέλα φαινομένων που σχετίζονται με τον υδρολογικό κύκλο. Οι αντιλήψεις των μαθητών αναδείχθηκαν με τη χρήση του Repertory Grid και με τις ζωγραφιές τους για το "τι συμβαίνει στο νερό στη φύση;". Η έρευνα έδειξε ότι οι βεδουίνοι μαθητές είχαν πιο ολοκληρωμένη εικόνα του μοντέλου του υδρολογικού κύκλου, συμπεριλαμβανομένων και των κρυφών στοιχείων του, όπως είναι οι ρίζες των δέντρων και των φυτών, τα υπόγεια ύδατα, καθώς επίσης και την επίδραση που έχει ο άνθρωπος στον υδρολογικό κύκλο. Εκλάμβαναν, μάλιστα, τον εαυτό τους ως μέρος του υδρολογικού κύκλου και του περιβάλλοντος, που ζουν.

Ο Forbes και οι συνεργάτες του (Forbes, et al., 2015), έκαναν έρευνα βασισμένη στο σχεδιασμό για την προώθηση και τη διερεύνηση των βασισμένων σε μοντέλα εξηγήσεων των μαθητών της Γ' τάξης του δημοτικού για τον υδρολογικό κύκλο. Ανέπτυξαν ένα σύνολο μαθησιακών επιδόσεων βασισμένων σε εμπειρικά δεδομένα για τις εξηγήσεις των μαθητών για τον υδρολογικό

κύκλο, που ενσωματώνουν βασικές έννοιες ειδικού επιστημονικού πεδίου και την πρακτική της επιστημονικής μοντελοποίησης. Στο πλαίσιο αυτό, θεμελίωσαν την επαναληπτική προσαρμογή και βελτίωση μια κοινώς χρησιμοποιούμενης διδακτικής ενότητας που ασχολείται με το νερό και έθεσαν τα θεμέλια για τη συνεχή ανάπτυξη μια σχετικής μαθησιακής εξέλιξης που εκτείνεται σε μεγαλύτερες τάξεις. Τα ευρήματά, που συλλέχθηκαν, συνάδουν με τα συμπεράσματα παλαιότερων ερευνών. Με την ανάλυση των στοιχείων, φάνηκε ότι υπήρχε ανάπτυξη της κατανόησης των εννοιών που αφορούν τον υδρολογικό κύκλο. Οι μαθητές ήταν σε θέση να απεικονίσουν περισσότερες, επιστημονικά ακριβείς, αναπαραστάσεις των μορφών του νερού, του νερού σε κίνηση και των αλληλεπιδράσεων του νερού και των υλικών της γης. Τα συνολικά αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές δεν τελειοποίησαν ουσιαστικά στοιχεία στα μοντέλα τους.

Η έρευνα της Zangori και των συνεργατών της, το 2017 (Zangori, et al., 2017), εστιάστηκε στην εννοιολογική αλλαγή των απόψεων μαθητών πέντε τμημάτων Γ' τάξης, από τις ΗΠΑ, που αφορούσαν τα φυσικά συστήματα της γης και συγκεκριμένα τα υπόγεια νερά. Συμμετείχαν σε ένα πολυετές έργο, που σχεδιάστηκε για να υποστηρίξει την διατύπωση εξηγήσεων των μαθητών, που βασίζονται σε μοντέλα (Model based explanations–MBE) για τα υδρολογικά φαινόμενα, συμπεριλαμβανομένων των υπόγειων υδάτων, μέσω διδακτικού προγράμματος και διδακτικής υποστήριξης. Σε αυτή την οιονεί πειραματική συγκριτική μελέτη, τα ευρήματα της ανάλυσης των MBE που δημιούργησαν οι μαθητές στο πλαίσιο της εμπειρίας τους σε βασική διδακτική παρέμβαση κατά το 1^ο έτος και σε μια ενισχυμένη διδακτική παρέμβαση με μοντελοποίηση κατά το 2^ο έτος, έδειξαν ότι οι μαθητές σημείωσαν σημαντική βελτίωση τόσο στην εννοιολογική κατανόηση, όσο και στην επιχειρηματολογία σχετικά με τα υπόγεια νερά. Ωστόσο, η βελτίωση δεν ήταν ίδια σε όλα τα τμήματα. Μεγαλύτερη βελτίωση σημείωσαν δύο από τα πέντε τμήματα, στα οποία δόθηκε κατά το 2^ο έτος, πρόσθετη διδακτική υποστήριξη από τους εκπαιδευτικούς, οι οποίοι καθοδήγησαν τους μαθητές στην ανάπτυξη ενός συναινετικού μοντέλου. Κατά τη διαδικασία μοντελοποίησης με συναίνεση, οι μαθητές συζήτησαν ως σύνολο στην τάξη, ποια στοιχεία από τα ατομικά τους μοντέλα θα έπρεπε να συμπεριληφθούν προκειμένου να δημιουργηθεί το συναινετικό μοντέλο που είχε σχεδιάσει ο εκπαιδευτικός. Η έρευνα έδειξε ότι η επιστημονική μοντελοποίηση έπαιξε σημαντικό ρόλο στην βαθύτερη κατανόηση και στη δημιουργία ενός τελικού αντικειμένου που αντανακλούσε τις επιστημονικές γνώσεις που κατακτήθηκαν για τον υδρολογικό κύκλο.

Ο Baumfalk με τους συνεργάτες του, το 2018 (Baumfalk, et al., 2018), διεξήγαγαν έρευνα που στηρίχθηκε σε προγενέστερες μελέτες τους (Forbes, et al., 2015; Forbes, et al., 2015; Zangori, et al., 2017), η οποία βασιζόταν σε επιστημονική μοντελοποίηση. Στην έρευνά τους αυτή,

περιέγραψαν μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση του πενταετούς προγράμματος έρευνας, βασισμένου στο σχεδιασμό ερευνητικού έργου, που επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη, την εφαρμογή, την αναθεώρηση και τη δοκιμή μιας βελτιωμένης, επικεντρωμένης σε μοντέλα εκδοχής, του προγράμματος Full Option Science System (FOSS) για το νερό, σε μαθητές της Γ' τάξης του δημοτικού σχολείου. Πραγματοποιήθηκε μια συγκριτική ανάλυση των μαθητικών αποτελεσμάτων σε δύο ομάδες τάξεων. Στη μία εφαρμόστηκε το ενισχυμένο πρόγραμμα FOSS για το νερό, με βάση το μοντέλο, το οποίο αναπτύχθηκε από την ερευνητική ομάδα και στην άλλη χρησιμοποιήθηκε η τυπική, μη τροποποιημένη έκδοση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι εκπαιδευτικοί αντιμετώπισαν και τις δύο εκδοχές με σχετική αδιαφορία. Οι μαθητές όμως που εργάστηκαν με την ενισχυμένη έκδοση του προγράμματος, παρουσίασαν μεγαλύτερη βελτίωση στις εξηγήσεις τους, σχετικά με την υδρόσφαιρα. Η επαφή και η ενασχόληση των μαθητών με την επιστημονική μοντελοποίηση, τους επέτρεψε να εντοπίσουν και να αναγνωρίσουν τα διάφορα στοιχεία που αποτελούν την υδρόσφαιρα, να περιγράψουν τον τρόπο με τον οποίο τα στοιχεία αυτά επηρεάζουν την κίνηση του νερού στην υδρόσφαιρα και τέλος να παρουσιάσουν με επιτυχία τις διαδικασίες που διέπουν την κίνηση του νερού μέσα σ' αυτή.

3.5. Η έρευνα για την αποτελεσματικότητα διδακτικών παρεμβάσεων με ψηφιακά και φυσικά μέσα

Τα φυσικά εργαστηριακά περιβάλλοντα, χρησιμοποιούνται παραδοσιακά και συνήθως στα μαθήματα των φυσικών επιστημών. Ωστόσο, οι εκπαιδευτικοί συχνά αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην παρουσίαση πρακτικών εργαστηρίων λόγω περιορισμών που σχετίζονται με το εργαστηριακό περιβάλλον (Nivalainen, et al., 2010), όπως οι πιθανοί κίνδυνοι από χημικές ουσίες, το υψηλό κόστος του εργαστηριακού εξοπλισμού και των υλικών, οι υποχρέωσεις από την χρήση εργαλείων ή άλλως εργαστηριακών υλικών και η χρήση ωρών διδασκαλίας για την συνεχή οργάνωση παραδοσιακών πειραμάτων (Scalise, et al., 2011). Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων με τα φυσικά εργαστηριακά περιβάλλοντα, τα εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα που παρέχονται από την τεχνολογία των υπολογιστών (De Jong, et al., 2013), μπορούν να αποτελέσουν εναλλακτική λύση που προσφέρει μια ασφαλή και οικονομικά αποδοτική λύση (Hsu & Thomas, 2010). Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα των εικονικών εργαστηρίων είναι ότι φαινόμενα που δεν μπορούν να γίνουν ορατά στον πραγματικό κόσμο, μπορούν να γίνουν ορατά στα εικονικά εργαστήρια, όπως για παράδειγμα το ηλεκτρικό ρεύμα (Kollöffel & De Jong, 2013), ή οι δέσμες φωτός (Olymriou, et al., 2013). Εκτός από την επαυξημένη πραγματικότητα στα εικονικά εργαστήρια, η πραγματικότητα μπορεί επίσης να απλοποιηθεί ώστε οι μαθητές να μπορούν να επικεντρωθούν στις βασικές έννοιες και να μη

χρειάζεται να δίνουν προσοχή σε λεπτομέρειες και άσχετες πληροφορίες (Trundle & Bell, 2010). Επιπλέον, είναι επίσης δυνατό να ενσωματωθούν εργαλεία σκαλωσιάς (scaffolding tools) για την υποστήριξη των μαθητών στην διερευνητική μαθησιακή διαδικασία (De Jong, et al., 2014). Όλες αυτές οι δυνατότητες καθιστούν τα εικονικά εργαστήρια χρήσιμα ως βάση για τη μάθηση. Ωστόσο, και τα περιβάλλοντα των φυσικών εργαστηρίων έχουν τις δικές τους δυνατότητες. Για παράδειγμα, σε ένα φυσικό εργαστήριο υπάρχει άμεση επαφή με τα φυσικά υλικά και τις συσκευές (Zacharia, 2015), γεγονός που βοηθά τους μαθητές να αναπτύξουν τις πρακτικές εργαστηριακές τους δεξιότητες (De Jong, et al., 2013). Αυτό είναι σημαντικό όχι μόνο για την ενίσχυση της μάθησης, αλλά και για την ανάπτυξη των ψυχοκινητικών ικανοτήτων των μαθητών (Kontra, et al., 2015).

Πρόσφατα, οι έρευνες έχουν επικεντρωθεί στη χρήση φυσικών και εικονικών εργαστηρίων σε συνδυασμό ή σε αλληλουχία, επειδή οι καλά σχεδιασμένοι συνδυασμοί ή αλληλουχίες των δύο εργαστηριακών περιβαλλόντων, οδηγούν σε μεγαλύτερη κατανόηση σε σύγκριση με τη χρήση του ενός τύπου περιβάλλοντος (Jaakkola & Nurmi, 2008; Olympiou & Zacharia, 2012; Wang & Tseng, 2018; Zacharia & Michael, 2016). Παρ' όλα αυτά, ο τρόπος συνδυασμού των δύο τύπων εργαστηρίων σε περιβάλλοντα διδασκαλίας, εξακολουθεί να είναι υπό συζήτηση. Οι Toth και οι συνεργάτες του (2014) (Toth, et al., 2014), δήλωσαν ότι ο συνδυασμός των φυσικών και των εικονικών εργαστηρίων, θα πρέπει να ακολουθεί την εξής σειρά. Πρώτα το εικονικό και μετά το φυσικό εργαστήριο. Υποστήριξαν ότι τα εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα, προσφέρουν ευκαιρίες για τους μαθητές όπως απλοποίηση και επαύξηση, που τα καθιστούν πιο κατάλληλα για τη διδασκαλία βασικών εννοιών. Η εκμάθηση διασκεδαστικών στοιχείων του θέματος μέσω ενός εικονικού εργαστηρίου και η αξιοποίηση ενός φυσικού εργαστηρίου αργότερα, μπορεί να επιτρέψει στους μαθητές να αποκτήσουν βαθύτερες και πιο σύνθετες αντιλήψεις. Παρομοίως οι Zacharia και de Jong (2014) (Zacharia & Jong, 2014), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ένα εικονικό εργαστήριο θα πρέπει να προηγείται του φυσικού εργαστηριακού περιβάλλοντος. Διερεύνησαν διαφορετικούς συνδυασμούς εργαστηριακών περιβαλλόντων για τη διδασκαλία φυσικών εννοιών που σχετίζονται με τον ηλεκτρισμό, σε προπτυχιακούς φοιτητές, και δήλωσαν ότι δεν έχουν όλοι οι συνδυασμοί φυσικών και εικονικών εργαστηριακών περιβαλλόντων τον ίδιο αντίκτυπο στις εννοιολογικές γνώσεις των φοιτητών. Υποστήριξαν ότι ένα εικονικό εργαστήριο, είναι πιο κατάλληλο για την απόκτηση βασικών γνώσεων, καθώς παρέχει άμεση ανατροφοδότηση, η οποία διευκολύνει τη μάθηση. Ισχυρίστηκαν επίσης, ότι το να εργαστούν πρώτα σε εικονικά εργαστήρια, μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να αποκτήσουν δεξιότητες που σχετίζονται με τη διαδικασία και τις οποίες χρειάζονται για να εργαστούν αργότερα σε φυσικά εργαστήρια. Σε μια άλλη μελέτη, οι Sullivan et al. (2017) (Sullivan, et al., 2017), χρησιμοποίησαν

δύο διαφορετικούς συνδυασμούς εργαστηρίων, φυσικό εργαστήριο, ακολουθούμενο από εικονικό εργαστήριο ή εικονικό εργαστήριο, ακολουθούμενο από φυσικό εργαστήριο και σύγκριναν τις προκύπτουσες αντιλήψεις των μαθητών γυμνασίου με τις έννοιες της φυσικής σχετικές με τις τροχαλίες. Οι εν λόγω συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι δεν μπόρεσαν να βρουν σαφείς αποδείξεις ότι ο ένας συνδυασμός ήταν καλύτερος από τον άλλο. Παρομοίως, με βάση την έρευνά τους, οι Chini et al. (2012) (Chini, et al., 2012), υποστήριζαν ότι δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ διαφορετικών συνδυασμών εργαστηριακών περιβαλλόντων για τη διδασκαλία των τροχαλιών στο μάθημα της φυσικής στο πανεπιστήμιο. Ωστόσο, σε μια άλλη έρευνα που έγινε από τους Smith και Puntambekar (2010) (Smith & Puntambekar, 2010), βγαίνει το συμπέρασμα ότι οι μαθητές γυμνασίου που χρησιμοποίησαν ένα φυσικό εργαστηριακό περιβάλλον και στη συνέχεια ένα εικονικό εργαστηριακό περιβάλλον, παρουσίασαν καλύτερη επίδοση όσον αφορά το θέμα των τροχαλιών από τους μαθητές που ακολούθησαν την αντίστροφη σειρά.

3.6. Συζήτηση – Πρωτοτυπία της εργασίας

Από τα προηγούμενα προέκυψε ότι είναι εκτεταμένη η έρευνα που διερευνά τις αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο (Henriques, 2002; Sari, et al., 2011; Shepardson, et al., 2009; Σάλτα & Στούμπα, 2015; Σκουμιός, 2012; Ξανθή, 2008). Τα αποτελέσματα των ερευνών που έχουν γίνει για τη μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών για θέματα σχετικά με τον υδρολογικό κύκλο (Shepardson, et al., 2009) καταδεικνύουν ότι οι μαθητές:

- δεν έχουν σαφή εικόνα για την κυκλική πορεία του νερού στη γη και για το πώς αυτό κατανέμεται. Έτσι όταν αναπαριστούν στις ζωγραφιές τους τον υδρολογικό κύκλο, ζωγραφίζουν την εξάτμιση να γίνεται μόνο από τη θάλασσα και τη βροχή να πέφτει μόνο στο χώμα (Kastens, 2010).
- δεν έχουν ολοκληρωμένη αντίληψη για τον υδρολογικό κύκλο και δεν είναι ικανοί να κατανοήσουν τη σχέση μεταξύ των γήινων συστημάτων (Λαμπρινός & Ρέλλου, 2011).
- η γνώση τους για τον υδρολογικό κύκλο ως ένα σύστημα είναι κατακερματισμένη, κάτι που σημαίνει ότι ενώ καταλαβαίνουν κάποιες λειτουργίες του συστήματος, δεν αντιλαμβάνονται τη δυναμική διαδικασία της κυκλικής και συστημικής φύσης του (Assaraf & Orion, 2001).
- οι σχολικές γνώσεις για τον υδρολογικό κύκλο δεν συνδέονται με τις καθημερινές τους δραστηριότητες (Assaraf & Orion, 2005a; Shepardson, et al., 2005; Agelidou, et al., 2001; Dove, et al., 1999).

Όμως, όπως φαίνεται από τη βιβλιογραφία, είναι περιορισμένη η έρευνα που μελετά την επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων για τον υδρολογικό κύκλο στις αντιλήψεις των μαθητών (Coştu, et al.,

2010; Forbes, et al., 2015; Zangori, et al., 2017; Levy & Mensah, 2021; White, et al., 2021). Οι έρευνες που έχουν γίνει, καταδεικνύουν ότι πολλές από τις αρχικές αντιλήψεις των μαθητών είναι αρκετά διαφορετικές από την αποδεκτή επιστημονική άποψη. Και αυτό φαίνεται από τις εξηγήσεις τους και τον τρόπο που επιχειρηματολογούν, προφορικά ή γραπτά, προκειμένου να εξηγήσουν τα φυσικά φαινόμενα που σχετίζονται με τον υδρολογικό κύκλο.

Έχει υποστηριχθεί ότι η κατανόηση των ιδεών των Φυσικών Επιστημών, βασίζεται στην εμπλοκή τους με πρακτικές των Φ.Ε. και της Μηχανικής (μάθηση μέσω πρακτικών) (NRC, 2012). Όμως, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που μελετά την επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων για τον υδρολογικό κύκλο σε πρακτικές των Φυσικών Επιστημών που αναπτύσσουν οι μαθητές (Forbes, et al., 2015; Zangori, et al., 2017). Οι παραπάνω έρευνες αφορούν κυρίως σε μαθητές των μεσαίων ή των μεγαλύτερων τάξεων του δημοτικού και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ενώ απουσιάζουν αντίστοιχες έρευνες με μαθητές των μικρότερων τάξεων του δημοτικού σχολείου. Επιπρόσθετα, απουσιάζουν έρευνες που να διερευνούν την επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται στη μάθηση μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών αξιοποιώντας φυσικά ή ψηφιακά μέσα για τον υδρολογικό κύκλο, στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών.

Η πρωτοτυπία της εργασίας αυτής είναι ότι θα προσπαθήσει να διερευνήσει το κατά πόσο μπορεί να συμβάλει μια διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στη μάθηση μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής, με την αξιοποίηση φυσικών και ψηφιακών μέσων για τον υδρολογικό κύκλο, στην αλλαγή των αντιλήψεων και στην ανάπτυξη πρακτικών των Φυσικών Επιστημών (όπως είναι η ανάπτυξη και χρήση μοντέλων και η συγκρότηση εξηγήσεων) σε μαθητές της Β' τάξης του δημοτικού σχολείου, ζητήματα για τα οποία δεν υπάρχουν εμπειρικά δεδομένα.

3.7. Ανακεφαλαίωση

Στην ενότητα αυτή, έγινε βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που έχουν γίνει σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο καθώς και για την επίδραση των διδακτικών παρεμβάσεων για τον υδρολογικό κύκλο στις αντιλήψεις των μαθητών. Στη συνέχεια έγινε βιβλιογραφική αναφορά των ερευνών για την επίδραση των διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται στη «μάθηση μέσω πρακτικών» στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών. Ακολούθως, έγινε βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που συγκρίνουν διδακτικές παρεμβάσεις με ψηφιακά μέσα με αυτές με φυσικά μέσα. Τέλος, συνοψίστηκαν τα αποτελέσματα των ερευνών που έχουν γίνει για το συγκεκριμένο θέμα και καταδείχθηκε η πρωτοτυπία της εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί η μεθοδολογία, δηλαδή ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της ερευνητικής διαδικασίας της παρούσας εργασίας. Το κεφάλαιο αποτελείται από πέντε ενότητες. Στην πρώτη ενότητα αναφέρεται ο σκοπός της εργασίας και τα ερευνητικά ερωτήματα (βλ. ενότητα 4.2.). Στην δεύτερη ενότητα παρουσιάζεται το δείγμα της έρευνας (βλ. ενότητα 4.3.). Στην τρίτη ενότητα αναλύονται τα στάδια της ερευνητικής διαδικασίας (βλ. ενότητα 4.4.). Στην τέταρτη ενότητα αναφέρεται το εκπαιδευτικό υλικό το οποίο αναπτύχθηκε (βλ. ενότητα 4.5.). Τέλος στην πέμπτη ενότητα, παρουσιάζεται τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή των δεδομένων της έρευνας (βλ. ενότητα 4.6.)

4.2. Σκοπός της εργασίας και ερευνητικά ερωτήματα

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της επίδρασης μιας διδακτικής παρέμβασης που βασίζονται στη διδακτική προσέγγιση της μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής αξιοποιώντας φυσικά και ψηφιακά μέσα για τον υδρολογικό κύκλο, στις αντιλήψεις και τις πρακτικές που αφορούν την ανάπτυξη μοντέλων και τη συγκρότηση εξηγήσεων των μαθητών της Β' τάξης του δημοτικού σχολείου.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν είναι τα ακόλουθα:

Ερευνητικό ερώτημα 1: Ποια η επίδραση μιας διδακτικής παρέμβασης για τον υδρολογικό κύκλο που βασίζεται στη μάθηση μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής αξιοποιώντας φυσικά και ψηφιακά μέσα στις αντιλήψεις των μαθητών της Β' τάξης του δημοτικού σχολείου;

Ερευνητικό ερώτημα 2: Ποια η επίδραση μιας διδακτικής παρέμβασης για τον υδρολογικό κύκλο που βασίζεται στη μάθηση μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής αξιοποιώντας φυσικά και ψηφιακά στις ικανότητες των μαθητών να αναπτύσσουν μοντέλα;

Ερευνητικό ερώτημα 3: Ποια η επίδραση μιας διδακτικής παρέμβασης για τον υδρολογικό κύκλο που βασίζεται στη μάθηση μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής αξιοποιώντας φυσικά και ψηφιακά στις ικανότητες των μαθητών να συγκροτούν εξηγήσεις;

4.3. Το δείγμα της έρευνας

Η παρούσα έρευνα έγινε σε δύο τμήματα δημοτικών σχολείων της Ρόδου, τα οποία βρίσκονται σε ημιαστική περιοχή του νησιού της Ρόδου. Συγκεκριμένα, στην έρευνα πήραν μέρος 28 μαθητές, δύο τμημάτων της Β' τάξης του δημοτικού, 12 αγόρια και 16 κορίτσια, ηλικίας 7 ετών. Η

διδασκτική μέθοδος και τα μέσα διδασκαλίας που χρησιμοποιήθηκε και στα δυο τμήματα ήταν η ίδια. Το μεγαλύτερο ποσοστό των παιδιών ήταν Ελληνικής υπηκοότητας, αλλά όλα μιλούσαν την Ελληνική γλώσσα. Όσον αφορά το κοινωνικό και μορφωτικό επίπεδο των οικογενειών των μαθητών, η πλειοψηφία τους ανήκε σε μέσο ως υψηλό επίπεδο.

4.4. Τα στάδια της ερευνητικής διαδικασίας

Η έρευνα ακολούθησε τη μεικτή προσέγγιση. Η ερευνητική διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, δημιουργήθηκε νέο εκπαιδευτικό υλικό και συντάχθηκε ένα ερωτηματολόγιο. Το εκπαιδευτικό υλικό, βασίστηκε στη διδασκτική προσέγγιση της μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής αξιοποιώντας φυσικά ή ψηφιακά μέσα, για τον υδρολογικό κύκλο και εφαρμόστηκε σε δύο τμήματα μαθητών.

Και στα δύο τμήματα των μαθητών, χρησιμοποιήθηκαν φυσικά και ψηφιακά μέσα. Ειδικότερα, αξιοποιήθηκαν φυσικά μέσα διδασκαλίας (σχολικό εγχειρίδιο, εννοιολογικοί χάρτες, αφήγηση παραμυθιού, κινήγι θησαυρού, πειράματα σε φυσικό περιβάλλον, δημιουργία μοντέλων), ψηφιακά μέσα (Google Earth, βίντεο, προσομοιώσεις, διαδικτυακά κουίζ, χρήση λογισμικού ζωγραφικής Tux Paint) καθώς επίσης και προσομοιώσεις και δημιουργία ψηφιακής ιστορίας με την πλατφόρμα blippaR, η οποία δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να δημιουργήσει έργα εικονικής πραγματικότητας, ζωντανεύοντας στατικές εικόνες.

Στο ερωτηματολόγιο υπήρχαν ερωτήσεις με τις οποίες διερευνήθηκαν οι αρχικές αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο και τα στάδιά του. Υπήρχαν επίσης ερωτήσεις οι οποίες έδωσαν τη δυνατότητα στους μαθητές να δημιουργήσουν μοντέλα και να συγκροτήσουν εξηγήσεις, για τον υδρολογικό κύκλο.

Επίσης, έγινε πιλοτική εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού σε μικρό αριθμό μαθητών. Με βάση τα αποτελέσματά της διαμορφώθηκε το εκπαιδευτικό υλικό στην τελική του εκδοχή.

Στο δεύτερο στάδιο της ερευνητικής διαδικασίας, απαντήθηκαν από τους μαθητές οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που συντάχθηκε από την ερευνήτρια, πριν τη διδασκτική παρέμβαση και έγινε εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε. Η παρέμβαση έγινε κατά τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο και είχε διάρκεια περίπου 15 διδασκτικές ώρες στο κάθε τμήμα. Όταν ολοκληρώθηκε η παρέμβαση απαντήθηκαν και πάλι οι ίδιες ερωτήσεις, ώστε να αξιολογηθούν οι αλλαγές που έγιναν στις αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο, καθώς επίσης και στη βελτίωση δημιουργίας μοντέλων και στην πιο ολοκληρωμένη συγκρότηση

εξηγήσεων, βασισμένων σε αποδεικτικά στοιχεία, για τον υδρολογικό κύκλο. Τέλος, έγινε η ομαδοποίηση των στοιχείων που συλλέχθηκαν και στη συνέχεια η ανάλυσή τους.

4.5. Το εκπαιδευτικό υλικό

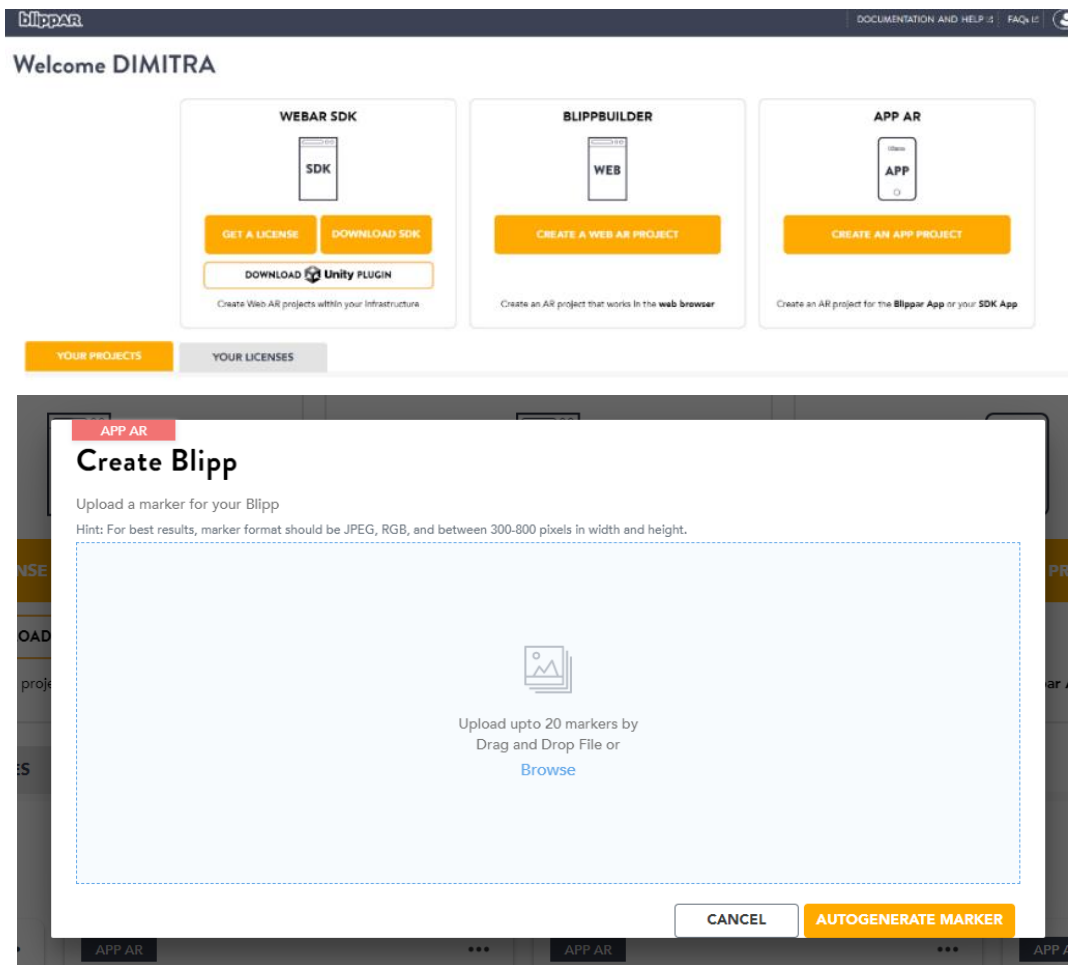
4.4.1. Οι ψηφιακές πλατφόρμες που αξιοποιήθηκαν

4.4.1.1. Blippar

Η επαυξημένη πραγματικότητα έχει κατακτήσει εδώ και αρκετά χρόνια τους χρήστες των εξελιγμένων πια κινητών τηλεφώνων ή tablet. Είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει στον χρήστη να ενσωματώσει σε πραγματικό χρόνο στο υπάρχον περιβάλλον, ψηφιακά τρισδιάστατα αντικείμενα και να αλληλοεπιδράσει μ' αυτά μέσω της συσκευής του (Cai, et al., 2014). Η δημιουργία και δημοσίευση επαυξημένης πραγματικότητας έχει αναδειχθεί ως ένα εργαλείο που μεταμορφώνει την τάξη προς το καλύτερο. Τα οφέλη που προσφέρει στην εκπαίδευση είναι ότι τα παιδιά μαθαίνουν, με βάση την ανακάλυψη, φαινόμενα που δεν είναι δυνατόν να βιώσουν στην καθημερινότητά τους και να καταλάβουν (Tarnng, et al., 2015). Αυτό το είδος μάθησης είναι εξαιρετικό για να απαντήσει στη φυσική περιέργεια των παιδιών τα οποία μέσα από τις εφαρμογές της επαυξημένης πραγματικότητας, πετυχαίνουν καλύτερες μαθησιακές επιδόσεις (Chen, et al., 2017). Συγχρόνως με τη χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας, παρατηρείται θετική συνεργασία και αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών κάτι το οποίο ενισχύει σημαντικά του πιο αδύναμους μαθητές (Lu & Liu, 2015).

Η ψηφιακή εφαρμογή που χρησιμοποιήθηκε για την διεξαγωγή της έρευνας ήταν η διαδικτυακή μορφή του Blippar (blippar.com). Πρόκειται για μια πλατφόρμα η οποία επιτρέπει τη δημιουργία χωρίς κανένα κόστος και χωρίς ο χρήστης να γνωρίζει καμία κωδικοποίηση ή προγραμματισμό, έργα επαυξημένης πραγματικότητας. Η AR μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για περιβάλλοντα βασισμένα στο διαδίκτυο όσο και για οποιαδήποτε εφαρμογή μέσω του Blippar, όπου οι μαθητές μπορούν να δημιουργήσουν ή να εμπλακούν με ένα τρισδιάστατο μοντέλο φυσικού μεγέθους ενός αντικειμένου, ή μιας έννοιας, ή μιας τυχαίας οντότητας.

Στη συγκεκριμένη πλατφόρμα, μπορούν να δημιουργηθούν βιβλία εικονικής πραγματικότητας, τα οποία να χαρίζουν στους αναγνώστες ψηφιακές και τρισδιάστατες εμπειρίες μιας ιστορίας κάνοντας την ανάγνωσή τους πολύ διασκεδαστική. Επίσης, ξεκινώντας από μια εικόνα αναφοράς και προσθέτοντας επαυξημένο περιεχόμενο σ' αυτή (ήχο, βίντεο, κείμενο, υπερσύνδεση κ.ά.) μπορεί να δημιουργήσουμε διαδραστικό περιεχόμενο για οποιοδήποτε στοιχείο μελέτης θέλουμε να διδάξουμε κάνοντας τη μάθηση πιο ελκυστική.



Εικόνα 4.1: Το περιβάλλον εργασίας του blippaR

Η επαυξημένη πραγματικότητα εκπαιδεύει και τις δεξιότητες των ατόμων που την χρησιμοποιούν, βοηθώντας τους να μάθουν πώς να ολοκληρώσουν σωστά την εργασία τους και να εφαρμόσουν την καλύτερη τεχνική για την επίλυση των προβλημάτων που θα παρουσιαστούν. Ωφελεί δηλαδή στην εκπαίδευση, γιατί οι χρήστες της βελτιώνουν την ανάπτυξη της χωρικής κατανόησης του χώρου και των αντικειμένων, αυξάνουν τη δημιουργικότητά τους και βελτιώνουν τη διατήρηση της μνήμης και της γνώσης.

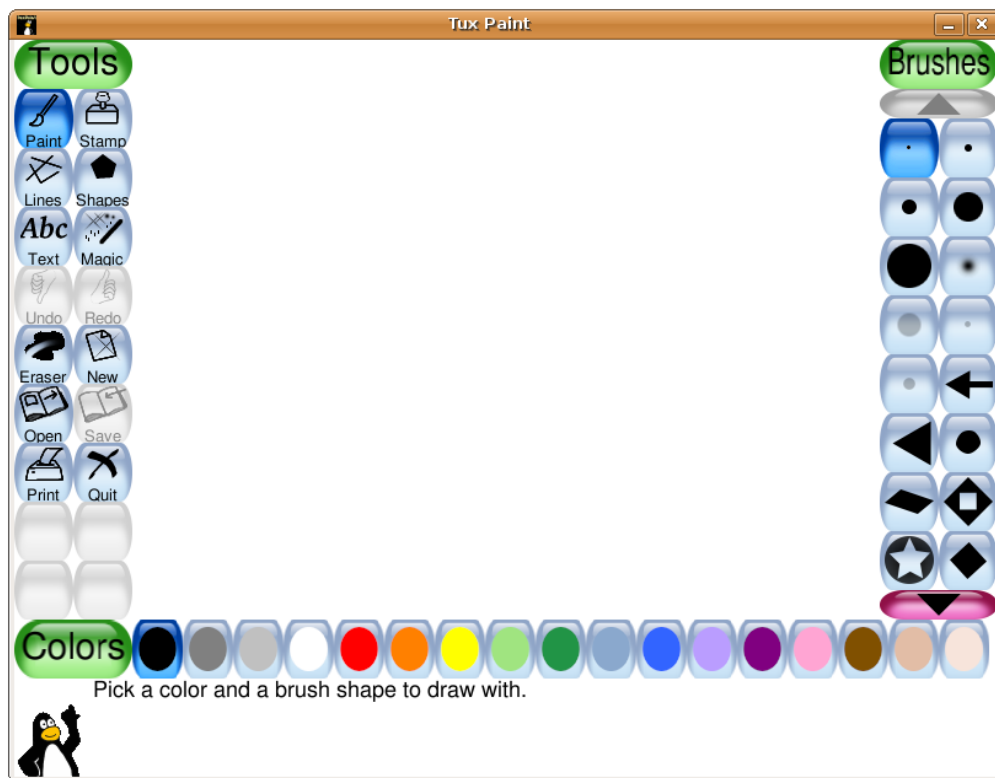
4.4.1.2. Tux Paint

Το Tux Paint είναι ένα δωρεάν διαδικτυακό πρόγραμμα ζωγραφικής, το οποίο απευθύνεται σε παιδιά προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας (3-12 ετών). Χρησιμοποιείται από μαθητές σχολείων σε όλο τον κόσμο. Με τη χρήση του, οι μαθητές αποκτούν ικανότητες ψηφιακής σχεδίασης καθώς αναπτύσσουν τη δημιουργικότητά τους. Είναι εύχρηστο καθώς έχει μια μασκώτ που καθοδηγεί τα παιδιά κατά τη διάρκεια της χρήσης του προγράμματος.

Το Tux Paint ξεχωρίζει από τα τυπικά λογισμικά επεξεργασίας γραφικών (όπως το GIMP ή το Photoshop) επειδή σχεδιάστηκε για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από παιδιά ηλικίας. Το περιβάλλον του χρήστη χρησιμοποιεί εικονίδια, ηχητική ανατροφοδότηση και υποδείξεις κειμένου για να εξηγήσει πώς λειτουργεί το λογισμικό. Το φωτεινό χρωματιστό περιβάλλον εργασίας, τα ηχητικά εφέ και η μαस्कόντ καρτούν (Tux, η μαस्कόντ του πυρήνα Linux) έχουν σκοπό να προσελκύσουν τα παιδιά.

Το περιβάλλον εργασίας του Tux Paint χωρίζεται σε πέντε ενότητες:

- ✓ Εργαλειοθήκη, που περιέχει τα διάφορα βασικά εργαλεία και τα στοιχεία ελέγχου της εφαρμογής (αναίρεση, αποθήκευση, νέα, εκτύπωση)
- ✓ Καμβάς, όπου σχεδιάζονται και επεξεργάζονται οι εικόνες
- ✓ Παλέτα χρωμάτων, όπου μπορούν να επιλεγούν τα χρώματα
- ✓ Εργαλειοθήκη, που παρέχει διάφορα επιλέξιμα αντικείμενα (π.χ. πινέλα, γραμματοσειρές ή υποεργαλεία, ανάλογα με το εργαλείο που ήδη χρησιμοποιείται)
- ✓ Περιοχή πληροφοριών, όπου παρέχονται οδηγίες, συμβουλές και ενθάρρυνση
- ✓ Μια απλή λειτουργία προβολής διαφανειών επιτρέπει την προβολή αποθηκευμένων εικόνων ως βασική κινούμενη εικόνα flip-book ή ως παρουσίαση διαφανειών.



Εικόνα 9.2.: Το περιβάλλον εργασίας του Tux Paint

Το Tux Paint περιλαμβάνει μια σειρά από "φίλτρα" και "ειδικά εφέ" που μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα σχέδιο, όπως θόλωση, ξεθώριασμα και να κάνει την εικόνα να μοιάζει σαν να έχει σχεδιαστεί με κιμωλία στο πεζοδρόμιο. Αυτά είναι διαθέσιμα μέσω του εργαλείου "Magic" στο Tux Paint.

Μια μεγάλη συλλογή έργων τέχνης και φωτογραφικών εικόνων είναι επίσης διαθέσιμες (με άδεια χρήσης που επιτρέπει την ελεύθερη αναδιανομή) και μπορούν να τοποθετηθούν μέσα σε σχέδια χρησιμοποιώντας το εργαλείο "Rubber Stamp" του Tux Paint. Οι σφραγίδες μπορούν να είναι είτε σε μορφή raster (bitmap) (σε μορφή PNG, που υποστηρίζει 24bpp και πλήρη διαφάνεια άλφα), είτε ως διανυσματικά γραφικά (σε μορφή SVG) σε πολλές πλατφόρμες που υποστηρίζει το Tux Paint.

Στις λειτουργίες του Tux Paint έχουν προστεθεί επιλογές διαμόρφωσης που επιτρέπουν στους γονείς και τους εκπαιδευτικούς να απενεργοποιούν λειτουργίες και να αλλάζουν τη συμπεριφορά για να ταιριάζουν καλύτερα στις ανάγκες των παιδιών ή των μαθητών τους ή για να ενσωματώσουν καλύτερα το λογισμικό στο οικιακό ή σχολικό υπολογιστικό περιβάλλον. Διατίθενται τυπικές επιλογές, όπως η ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση των ηχητικών εφέ και η λειτουργία πλήρους οθόνης. Υπάρχουν επίσης επιλογές που βοηθούν στο να γίνει το Tux Paint κατάλληλο για παιδιά μικρότερης ηλικίας ή με ειδικές ανάγκες, όπως η εμφάνιση κειμένου χρησιμοποιώντας μόνο κεφαλαία γράμματα ή αγνοώντας τη διάκριση μεταξύ των κουμπιών του ποντικιού.

4.4.2. Η συγκρότηση του εκπαιδευτικού υλικού

Προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος της έρευνας, δηλαδή η αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών καθώς και η δημιουργία ερμηνευτικών μοντέλων και η συγκρότηση εξηγήσεων βασισμένων σε αποδεικτικά στοιχεία από τους μαθητές για τον υδρολογικό κύκλο, δημιουργήθηκε εκπαιδευτικό υλικό, που βασίστηκε στη μάθηση Φυσικών Επιστημών μέσω πρακτικών και έγινε χρήση του μαθησιακού μοντέλου 5E του Bybee (Bybee, et al., 2006) και των Νέων Τεχνολογιών.

Το διδακτικό υλικό που δημιουργήθηκε, χωρίστηκε σε τρεις ενότητες. Η πρώτη αφορά την εξάτμιση, η δεύτερη τη σύσταση των σύννεφων και την προέλευση της βροχής και η τρίτη την απορροή.

Οι πρακτικές των Φυσικών επιστημών που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε φάση, αποτυπώνονται στον παρακάτω πίνακα.

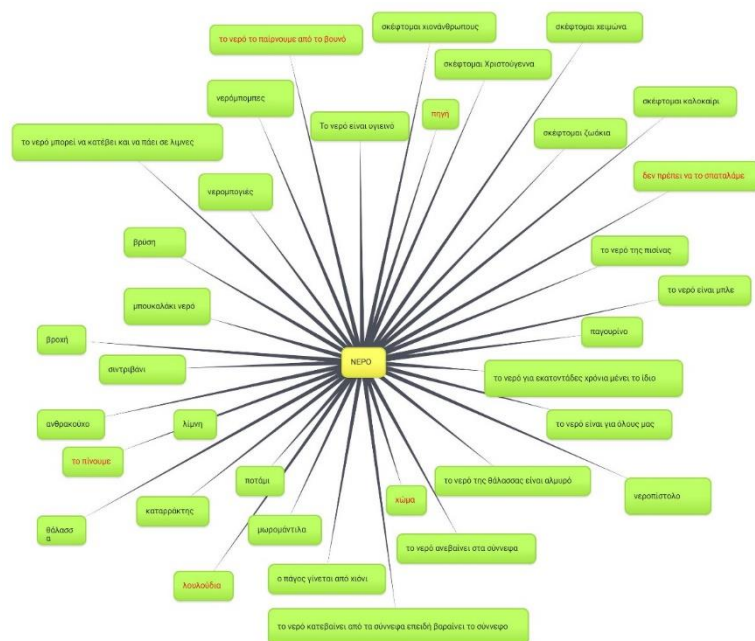
Πίνακας 4.2: Φάσεις διδασκαλίας και Πρακτικές των Φ.Ε. και της Μηχανικής που χρησιμοποιήθηκαν

Ενότητες μαθημάτων	Φάσεις διδασκαλίας	Πρακτικές των Φ.Ε. και της Μηχανικής
Εξάτμιση	Ενεργοποίηση	Υποβολή ερωτημάτων και καθορισμός προβλημάτων Σχεδίαση έρευνας Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων
	Εξερεύνηση	Διεξαγωγή διερεύνησης Υποβολή ερωτημάτων Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων Συγκρότηση εξηγήσεων και σχεδίαση λύσεων
	Επεξήγηση	Σχεδίαση και διεξαγωγή διερεύνησης Συγκρότηση εξηγήσεων Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία με τη χρήση αποδείξεων Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων
	Επεξεργασία	Σχεδίαση και διεξαγωγή διερεύνησης Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία με τη χρήση αποδείξεων Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών
	Αξιολόγηση	Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών
Σύσταση σύννεφων Προέλευση βροχής	Ενεργοποίηση	Υποβολή ερωτημάτων και καθορισμός προβλημάτων
	Εξερεύνηση	Σχεδίαση και διεξαγωγή διερεύνησης Συγκρότηση εξηγήσεων
	Επεξήγηση	Συγκρότηση εξηγήσεων Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία με τη χρήση αποδείξεων Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων
	Επεξεργασία	Σχεδίαση και διεξαγωγή διερεύνησης Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία με τη χρήση αποδείξεων Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών
	Αξιολόγηση	Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών
Απορροή	Ενεργοποίηση	Υποβολή ερωτημάτων και καθορισμός προβλημάτων
	Εξερεύνηση	Σχεδίαση και διεξαγωγή διερεύνησης

		Υποβολή ερωτημάτων
	Επεξήγηση	Συγκρότηση εξηγήσεων Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία με τη χρήση αποδείξεων Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων
	Επεξεργασία	Σχεδίαση και διεξαγωγή διερεύνησης Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία με τη χρήση αποδείξεων Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων
	Αξιολόγηση	Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών

4.4.3. Παρουσίαση του εκπαιδευτικού υλικού και της εφαρμογής του

Οι φάσεις που ακολουθήθηκαν σύμφωνα με το εκπαιδευτικό μοντέλο 5E του Bybee (Bybee, et al., 2006) ήταν οι παρακάτω:



Εικόνα 4.3.: Ψηφιακός εννοιολογικός χάρτης

Φάση 1^η – ενεργοποίηση: Στη φάση αυτή, το εισαγωγικό ερέθισμα για την ανάδειξη των αντιλήψεων των μαθητών έγινε αρχικά με συζήτηση στην τάξη για το νερό και το πόσο πολύτιμο είναι στα έμβια πλάσματα. Μετά από αυτό, η δασκάλα, συνδέθηκε στην ελεύθερη πλατφόρμα δημιουργίας εννοιολογικού χάρτη bubbl.us επέλεξε την κυκλική μορφή και έγραψε στη μέση τη λέξη «ΝΕΡΟ» (Εικόνα 4.3.). Στη συνέχεια, κάλεσε τα

παιδιά να πουν αυτά που σκέφτηκαν μόλις είδαν την λέξη (ιδεοθύελλα). Αφού ακούστηκαν όλα τα παιδιά, τους μοίρασε το φύλλο εργασίας 1, που ήταν μία κόλλα A4 η οποία στη μέση είχε ένα συννεφάκι με τη λέξη «ΝΕΡΟ» (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ) και ζήτησε από το κάθε παιδί, να γράψει πάνω στην κόλλα του τις σκέψεις του για το νερό (ατομικός εννοιολογικός χάρτης). Όταν όλα τα παιδιά τελείωσαν, η δασκάλα έγραψε όλες τις απαντήσεις των μαθητών, δημιουργώντας έτσι τον ομαδικό εννοιολογικό χάρτη ο οποίος αντιπροσώπευε τις αντιλήψεις της ολομέλειας.

Ο εννοιολογικός χάρτης αποτελεί ένα εργαλείο που βοηθάει τους μαθητές να εκφραστούν ελεύθερα αλλά και να διαπραγματευτούν αυτά που γράφονται σ' αυτόν, προκειμένου να ενισχυθούν και να εμπλουτιστούν οι μέθοδοι επίλυσης προβλημάτων (problem solving) και ταυτόχρονα να παραχθούν εναλλακτικές επιλογές και λύσεις (Ausubel, et al., 1978).

Η πρακτική της εννοιολογικής χαρτογράφησης, είναι χρήσιμο βοήθημα και για τον εκπαιδευτικό, διότι μέσα από τον εννοιολογικό χάρτη, μπορεί να διακρίνει τις παρερμηνείες που δυσχεραίνουν την αναδόμηση των αντιλήψεων των μαθητών και να προσαρμόσει τις διδακτικές του πρακτικές για την επίτευξη της απόκτησης της νέας γνώσης (Novak & Cañas, 2008).

Στη συνέχεια, προκειμένου να ετοιμαστούν οι μικροί μαθητές για την έρευνα, διατυπώθηκαν ερωτήσεις όπως «Πού βρίσκουμε νερό στη φύση;», «Από τι είναι φτιαγμένα τα σύννεφα;» κ.ά. Οι απαντήσεις των παιδιών καταγράφηκαν και ως επί το πλείστο ήταν οι αντιλήψεις αυτές που είχαν καταγραφεί αρχικά στον ομαδικό εννοιολογικό χάρτη. Οποιαδήποτε νέα σκέψη προέκυπτε, η δασκάλα τη συμπλήρωνε στον ομαδικό εννοιολογικό χάρτη, με άλλο χρώμα.

Κατόπιν, έγινε η προετοιμασία του πειράματος 1 (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ) για την μελέτη του φαινομένου της εξάτμισης/συμπύκνωσης. Η δασκάλα γέμισε δύο ίδια βαζάκια με νερό και σημείωσε τη στάθμη του νερού και στα δύο με μαρκαδόρο. Έπειτα τα τοποθέτησε στο περβάζι

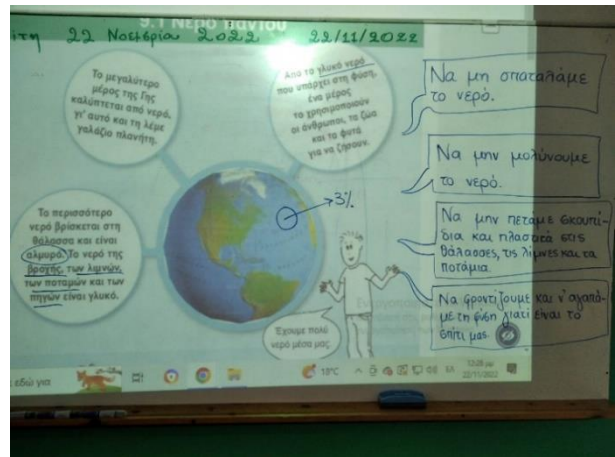


Εικόνα 4.4.: Σχέδια μαθητών για το τι πιστεύουν ότι θα συμβεί στο νερό στα βαζάκια

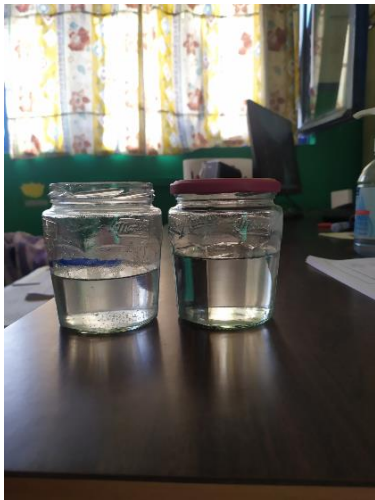
του παραθύρου της τάξης, για να τα βλέπει ο ήλιος, το ένα ανοιχτό (χωρίς καπάκι) και το άλλο κλειστό (με το καπάκι). Οι μαθητές έκαναν υποθέσεις για το τι θα συμβεί στο νερό στα βαζάκια όσο αυτά θα βρίσκονται στον ήλιο και οι ιδέες τους καταγράφηκαν. Την ώρα των εικαστικών τους ζητήθηκε να κάνουν ένα σχέδιο που θα έδειχνε τι θα συνέβαινε στο νερό που βρισκόταν στα βαζάκια (Εικόνα 4.4.). Η δασκάλα πρότεινε στα παιδιά να βάλουν και αυτά στο περβάζι του παραθύρου του σπιτιού τους, να το βλέπει ο ήλιος, ένα βαζάκι με νερό, να σημειώσουν την στάθμη του και να το παρατηρήσουν πριν έρθουν στο σχολείο τη Δευτέρα.

Φάση 2^η – εξερεύνηση: Στο ξεκίνημα της ώρας, οι μαθητές παρακολούθησαν την γη μας μέσω της ιστοσελίδας Google Earth, Τα παιδιά παρατήρησαν ότι το μεγαλύτερο κομμάτι της γης μας είναι μπλε, κάτι που σημαίνει την παρουσία νερού. Έπειτα άνοιξαν το σχολικό εγχειρίδιο και

στην ενότητα του κεφαλαίου 9.1. Νερό παντού (Εικόνα 4.5.), διάβασαν τα συννεφάκια και έμαθαν ότι το 70% της γης μας αποτελείται από νερό. Όμως, όπως αναφέρεται και το σχολικό εγχειρίδιο, το μεγαλύτερο μέρος του νερού που υπάρχει στη φύση είναι αλμυρό ή μολυσμένο και μόνο το 3% του νερού του πλανήτη είναι γλυκό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα έμβια πλάσματα.



Εικόνα 4.5.: Σχολικό εγχειρίδιο, ενότητα 9.1.



Εικόνα 4.6.: Πείραμα 1

Ακολούθησε συζήτηση και καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι το νερό δεν ανανεώνεται αλλά ανακυκλώνεται εδώ και εκατομμύρια χρόνια. Επίσης, έγινε αναφορά για την ρύπανση του νερού και καταγράφηκαν οι απαντήσεις των μαθητών στο ερώτημα «Τι πρέπει να κάνουμε για να έχουμε πάντα καθαρό νερό;».

Κατόπιν, τα παιδιά παρατήρησαν τα βαζάκια με νερό, που είχαν τοποθετηθεί στο παράθυρο της τάξης. Στο βαζάκι που ήταν ανοιχτό, παρατήρησαν ακριβώς το ίδιο, που παρατήρησαν και στο βαζάκι που είχαν τοποθετήσει στο περβάζι του παραθύρου του σπιτιού τους (27 από τα 30 παιδιά έκαναν το πείραμα) ότι

δηλαδή η στάθμη του νερού είχε κατέβει, ενώ είδαν ότι στο κλειστό βαζάκι η στάθμη του νερού δεν άλλαξε (Εικόνα 4.6.). Έγινε συζήτηση, οι μαθητές είπαν τις απόψεις τους για το «πού πήγε το νερό;» και «γιατί δεν κατέβηκε η στάθμη του νερού στο κλειστό βαζάκι;» οι οποίες καταγράφηκαν. Κατόπιν, τους δόθηκε το φύλλο εργασίας 2 το οποίο συμπλήρωσαν (βλ.



Εικόνα 4.7.: Σχέδια μαθητών για το τι πιστεύουν ότι θα συμβεί στο νερό στα βαζάκια

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ). Στην ώρα των εικαστικών ζωγράρισαν στο μπλοκ τους την παρατήρησή τους (Εικόνα 4.7.).

Στη συνέχεια, τα παιδιά παρακολούθησαν την [προσομοίωση της εξάτμισης](#) στο ΦΩΤΟΔΕΝΤΡΟ, έπαιξαν με τις μεταβλητές και στο τέλος ζωγράρισαν το φαινόμενο στο Tux Paint (Εικόνα 4.8.).

Στο σημείο αυτό έγινε αναφορά στον όρο ΥΔΡΑΤΜΟΙ, ο οποίος γράφτηκε στον πίνακα.



Εικόνα 4.8.: Σχέδια μαθητών για το φαινόμενο της εξάτμισης μετά την παρατήρηση του πειράματος

Την επόμενη ώρα, η δασκάλα χώρισε τους μαθητές σε ανομοιογενείς ομάδες των 3-4 ατόμων και έδωσε σε κάθε ομάδα ένα ποτήρι και ένα μπουκαλάκι με παγωμένο νερό. Ζήτησε από τα παιδιά να βάλουν στο ποτήρι το νερό (στο οποίο η δασκάλα πρόσθεσε και μερικά παγάκια για να επισπεύσει τη διαδικασία), να το καλύψουν με ένα κομμάτι χαρτόνι και να το παρατηρήσουν. Τα παιδιά παρατήρησαν ότι το ποτήρι θόλωσε και στο εξωτερικό του, μετά από λίγη ώρα, είχαν σχηματιστεί σταγόνες νερού (Εικόνα 4.9.).



Εικόνα 4.9.: Πείραμα 2

Οι παρατηρήσεις των μαθητών και οι απαντήσεις τους στην ερώτηση «Γιατί υπάρχει υγρασία στο εξωτερικό του ποτηριού;» καταγράφηκαν. Την ώρα των εικαστικών τους ζητήθηκε να ζωγραφίσουν την άποψή τους. Η δασκάλα ενημέρωσε τους μαθητές ότι η διαδικασία αυτή ονομάζεται ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ και έγραψε τον όρο στον πίνακα.

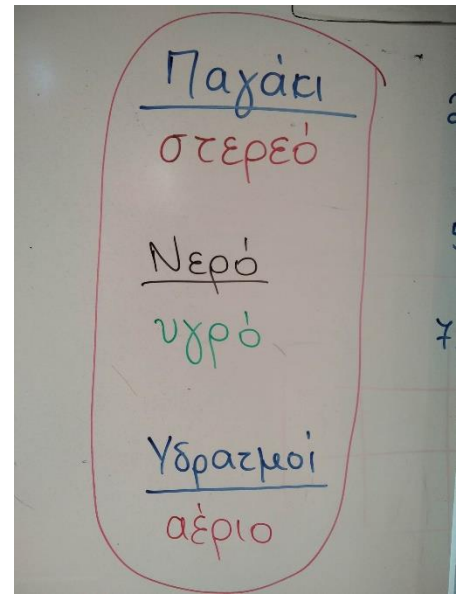


Εικόνα 4.10.: Πείραμα 3

Στη συνέχεια, προκειμένου τα παιδιά να παρατηρήσουν το φαινόμενο της συμπύκνωσης, η δασκάλα έκανε το πείραμα δημιουργίας σύννεφου, χρησιμοποιώντας ένα βάζο, νερό, πάγο και σπέρτα (Εικόνα 4.10.). Τα παιδιά ενθουσιάστηκαν με το αποτέλεσμα και μετά από συζήτηση για το «πώς δημιουργήθηκε

το σύννεφο;», «γιατί ήταν απαραίτητος ο πάγος στο πείραμα;» έγινε αναφορά για τη διαφορά θερμοκρασίας μιας περιοχής που βρίσκεται χαμηλά, κοντά στη θάλασσα και σε ένα μέρος που βρίσκεται ψηλότερα, πάνω στο βουνό. Έτσι τα παιδιά έβγαλαν το συμπέρασμα ότι όσο πιο ψηλά ανεβαίνει ο υδρατμός, ψύχεται και σχηματίζει τα μικρά σταγονίδια νερού, τα οποία όταν ενώνονται, σχηματίζουν τα σύννεφα.

Στο σημείο αυτό τα παιδιά παρακολούθησαν το παραμύθι «Το παγάκι που φοβότανε να λιώσει», ώστε τα παιδιά να έρθουν σε επαφή με τις τρεις καταστάσεις του νερού οι οποίες καταγράφηκαν στον πίνακα (Εικόνα 4.11.).



Εικόνα 4.11.: Οι τρεις καταστάσεις του νερού

Την επόμενη ημέρα που η μέρα ήταν συννεφιασμένη και ετοιμαζόταν για βροχή, τα παιδιά βγήκαν έξω στην αυλή και παρατήρησαν τα σύννεφα. Έπειτα, κλήθηκαν να δουλέψουν σε ομάδες και να βρουν 5 επίθετα που να περιγράφουν τα σύννεφα. Τους ζητήθηκε να προβλέψουν αν θα βρέξει και να εξηγήσουν την απάντησή τους χρησιμοποιώντας είτε τα επίθετα που είχαν καταγράψει νωρίτερα, είτε νέα για να περιγράψουν τα σύννεφα που «φέρνουν» βροχή. Όταν μετά από λίγη ώρα ξεκίνησε να βρέχει, τα παιδιά παρατήρησαν τα σύννεφα που βρισκόταν στον ουρανό και συζήτησαν μεταξύ τους για τα επίθετα που είχαν χρησιμοποιήσει, αλλάζοντας κάποια από αυτά και προσθέτοντας καινούρια (βαρύ, χοντρό, σκούρο). Στο σημείο αυτό, έγινε αναφορά και σε άλλες μορφές κατακρήμνισης (χιονόνερο, χιόνι, χαλάζι). Έτσι γράφτηκε και η λέξη ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗ στον πίνακα. Τέλος, τους δόθηκε το φύλλο εργασίας 3 το οποίο συμπλήρωσαν (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ).

Η επόμενη ερώτηση που κλήθηκαν οι μαθητές να απαντήσουν ήταν «πού πηγαίνει η βροχή όταν πέφτει από τα σύννεφα;». Τα παιδιά έκαναν αναφορά στις θάλασσες, τις λίμνες, τα ποτάμια, αλλά και στα φυτά και τα ζώα. Έγινε συζήτηση για την απορροή του νερού σε υδάτινα ρεύματα, τα οποία καταλήγουν στη θάλασσα. Συζήτηση έγινε και για το νερό που απορροφάται από το έδαφος και χρησιμοποιείται από τα φυτά αλλά μέρος του καταλήγει βαθιά μέσα στη γη και δημιουργεί τα υπόγεια νερά, τα οποία με τη σειρά τους όταν βρουν άνοιγμα στο έδαφος, βγαίνουν είτε με τη μορφή ρυακιού είτε με τη μορφή νερού πηγής. Κατόπιν, αναφέρθηκε από τη δασκάλα και καταγράφηκε στον πίνακα ότι το φαινόμενο αυτό το ονομάζουμε ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ. Στο σημείο αυτό στα παιδιά δόθηκε προς συμπλήρωση το φύλλο εργασίας 4 (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ)

Στη συνέχεια, οι μαθητές παρακολούθησαν το βίντεο της Μαρίνας Γιώτη, [«Η "Στιγμούλα" εξηγεί τον Κύκλο του Νερού»](#). Ακολούθησε και στις δύο ομάδες συζήτηση για τα στοιχεία που μας αποκαλύπτουν για την κίνηση του νερού στη φύση. Στη συνέχεια, τα παιδιά άκουσαν το παραμύθι «Το ταξίδι του Άκη του Σταγονάκη», το οποίο έγραψε η δασκάλα για τους σκοπούς της έρευνας, βλέποντας μια σειρά από εικόνες του ήρωα. Τα παιδιά ξανά είδαν την ιστορία κομμάτι-κομμάτι, ανάλογα με τη δραστηριότητα του νερού στην οποία γίνεται αναφορά. Οι παρατηρήσεις και οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις «Τι κάνει το νερό σε κάθε δραστηριότητα; Παραμένει στην ίδια μορφή ή αλλάζει μορφές; Τι μορφή παίρνει κάθε φορά;», «Τι χρειάζεται για να αλλάξει μορφή το νερό; Ποιος είναι υπεύθυνος για την αλλαγή αυτή;» και «Πιστεύετε ότι το νερό εξαφανίζεται ποτέ τελείως; Γιατί;» καταγράφηκαν.

Στο τέλος της ώρας ετοιμάστηκε το πείραμα του κύκλου του νερού από τη δασκάλα και αφέθηκε προς παρατήρηση για το επόμενο μάθημα. Έγινε συζήτηση προκειμένου να καταγραφούν οι προβλέψεις των παιδιών για το αποτέλεσμα.

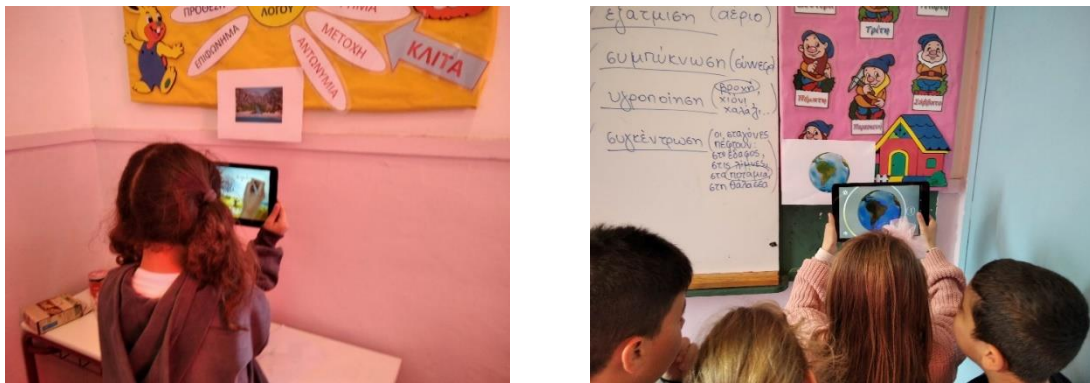
Φάση 3^η: επεξήγηση: Μετά από δύο μέρες τα παιδιά παρατήρησαν τα αποτελέσματα του πειράματος (σταγόνες στην μεμβράνη, νερό μέσα στο ποτηράκι) (Εικόνα 4.12.). Η δασκάλα κατέγραψε τις παρατηρήσεις τους στο ίδιο χαρτί που είχε γράψει τις προβλέψεις τους. Κατόπιν, έγινε σύγκριση των προβλέψεων και των παρατηρήσεων. Η δασκάλα, ζήτησε από τους μαθητές να περιγράψουν τις διαφορές μεταξύ του νερού που έμεινε στο μεγάλο μπολ και στο νερό που συγκεντρώθηκε στο μικρό μπολ. Τα παιδιά παρατήρησαν ότι ενώ το νερό στο μεγάλο μπολ ήταν χρωματισμένο μπλε, στο μικρό μπολ το νερό ήταν διαυγές και ζεστό στην αφή. Οι απαντήσεις των παιδιών καταγράφηκαν.



Εικόνα 4.12.: Πείραμα 4

Στο τέλος της ώρας, τα παιδιά κλήθηκαν να δημιουργήσουν τον κύκλο του νερού στο [φύλλο εργασίας 5](#) που τους έδωσε η δασκάλα, περιλαμβάνοντας τις νέες έννοιες (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ)

Φάση 4^η – επεξεργασία: Στη συνέχεια, οι μαθητές, χωρίστηκαν σε ανομοιογενείς ομάδες 3-4 ατόμων και έπαιξαν το παιχνίδι του χαμένου θησαυρού. Το παιχνίδι είχε ως εξής: Τα παιδιά έπρεπε να ανακαλύψουν διάφορες φωτογραφίες που είχαν τοποθετηθεί από τη δασκάλα στην τάξη αλλά και σε κοινόχρηστους χώρους του σχολείου, που είχαν σχέση με το νερό (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ). Ανάμεσά τους υπήρχαν και κάποιες φωτογραφίες «παγίδες» οι οποίες δεν είχαν σχέση με το θέμα το οποίο μελετούσαμε. Όταν έγινε η συλλογή όλων των εικόνων, τα παιδιά σκάναραν με το τάμπλετ (το οποίο σύμφωνα με την δασκάλα, είχε φέρει δώρο ο κύριος Νεράκης από την ΔΕΥΑΡ) κάθε μια από τις εικόνες με την εφαρμογή blippar και άκουσαν αφηγήσεις, είδαν βίντεο, περιηγήθηκαν σε ισότοπους, προκειμένου να πάρουν πληροφορίες για τη σύνδεση της κάθε φωτογραφίας με τον κύκλο του νερού (Εικόνα 4.13.). Στη συνέχεια, συλλέχθηκαν όλες οι φωτογραφίες και τα παιδιά συζητώντας με την ομάδα τους, προσπάθησαν να τις βάλουν στη



Εικόνα 4.13.: Το κνήγι του θησαυρού

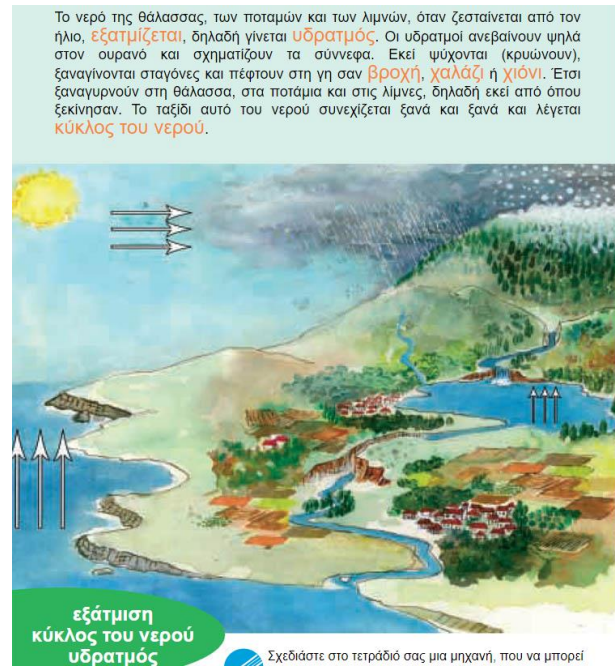


σωστή σειρά σύμφωνα με τα όσα είχαν ακούσει για τον κύκλο του νερού.

Έπειτα, πριν ανακοινώσουν τα αποτελέσματα στην ολομέλεια, παρακολούθησαν στο Youtube το παραμύθι «[Οι περιπέτειες της μικρής σταγόνας](#)» από τη σειρά Ελληνικά Παραμύθια και μετά από αυτό, τους δόθηκε χρόνος να αναθεωρήσουν τη σειρά των φωτογραφιών και να την αλλάξουν αν πίστευαν πως υπήρχε λόγος. Κατόπιν, κάθε ομάδα παρουσίασε τον δικό της κύκλο, ανάλογα με τη σειρά που είχε βάλει τις εικόνες. Έγινε συζήτηση στην ολομέλεια και τελικά συμφωνήθηκε η σωστή σειρά.

Φάση 5^η – αξιολόγηση: Στο φάση αυτή τα παιδιά άνοιξαν το σχολικό εγχειρίδιο στην ενότητα 9.2. Ο κύκλος του νερού και διάβασαν το κείμενο και υπογράμμισαν τις μορφές που παίρνει το νερό κατά τη διάρκεια του υδρολογικού κύκλου (Το νερό της θάλασσας, υδρατμός, σύννεφα, βροχή-χαλάζι-χιόνι) και τις έγραψαν με τη σειρά στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 4.14.).

Στη συνέχεια, οι μαθητές κλήθηκαν να σύρουν τις εικόνες του υδρολογικού κύκλου στη σωστή σειρά σε [ψηφιακό φύλλο εργασίας](#) (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ) και



Εικόνα 4.14: Σχολικό εγχειρίδιο, ενότητα 9.2.



Εικόνα 4.15: Χειροτεχνία με τον κύκλο του νερού

διασκέδασαν αξιοποιώντας τις νέες τους γνώσεις στο [κουίζ](#) του κύκλου του νερού. Στη συνέχεια τα παιδιά διασκέδασαν με το λαβύρινθο της σταγόνας (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ). Στην ώρα των εικαστικών και οι δύο ομάδες, έφτιαξαν με χάρτινα πιατάκια και υλικό που τους έδωσε η δασκάλα, τον υδρολογικό κύκλο (Εικόνα 4.15.).

4.5. Τα εργαλεία συλλογής δεδομένων

Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή δεδομένων είναι το ερωτηματολόγιο, οι παρατηρήσεις της εκπαιδευτικής πράξης, τα φύλλα εργασίας των μαθητών.

4.5.1. Το ερωτηματολόγιο

Το ερωτηματολόγιο είναι ένα εργαλείο που συναντάται ευρέως σε έρευνες προκειμένου να γίνει συλλογή δεδομένων (Cohen, et al., 2008). Η χρήση του παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι ότι μπορεί να απευθυνθεί σε μεγάλο αριθμό ατόμων, ακόμα και αν αυτά ανήκουν σε διαφορετικές ομάδες και διαφορετικό τόπο. Τα δεδομένα που θα συλλεχθούν είναι αξιόπιστα, δεδομένου ότι οι απαντήσεις δίνονται ανώνυμα, χωρίς να αγχώνουν και να περιορίζουν χρονικά τους ερωτώμενους. Οι απαντήσεις μπορούν να ομαδοποιηθούν και να συγκριθούν για να βγουν τα τελικά συμπεράσματα.

4.5.1.1. Η συγκρότηση του ερωτηματολογίου

Το ερωτηματολόγιο το οποίο συντάχθηκε, στόχο είχε να διερευνήσει τις αντιλήψεις των παιδιών για τον υδρολογικό κύκλο, καθώς επίσης να εξετάσει την ικανότητα των μαθητών να δημιουργήσουν μοντέλα και να συγκροτήσουν εξηγήσεις βασισμένες σε αποδεικτικά στοιχεία. Πριν οριστικοποιηθεί το περιεχόμενό του προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για την έρευνα, δόθηκε σε ερευνητή της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών για να ελεγχθεί και να διορθωθεί ώστε να πάρει την τελική του μορφή.

Στην πρώτη σελίδα του ερωτηματολογίου, υπάρχει εισαγωγικό σημείωμα προς τους μαθητές όπου εξηγείται ο σκοπός της έρευνας. Καλούνται οι μαθητές να απαντήσουν ελεύθερα, χωρίς περιορισμούς και τονίζεται ότι δεν θα αξιολογηθούν οι απαντήσεις τους.

Το ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει έξι ερωτήσεις. Στις τέσσερις πρώτες, που αφορούν τα φαινόμενα της εξάτμισης, της δημιουργίας σύννεφων, της προέλευσης της βροχής και της απορροής, οι μαθητές καλούνται, αφού διαβάσουν το σενάριο να επιλέξουν μία και μοναδική απάντηση μέσα από μια σειρά τριών απαντήσεων (κλειστού τύπου). Η ερώτηση πέντε, στόχο έχει διερευνήσει τις ικανότητες των μαθητών να αναπτύσσουν μοντέλα για τον υδρολογικό κύκλο. Στην έκτη ερώτηση, καλούνται οι μαθητές, αφού παρακολουθήσουν βίντεο σχετικό με πείραμα απόσταξης νερού (ο κύκλος του νερού), να καταγράψουν τους ισχυρισμούς τους, να τους αιτιολογήσουν με αποδεικτικά στοιχεία. Στόχος αυτής της ερώτησης ήταν να διερευνήσει τις ικανότητες των μαθητών να συγκροτούν εξηγήσεις (που βασίζονται σε αποδεικτικά στοιχεία) για τον υδρολογικό κύκλο.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ζητήματα που διερευνήθηκαν.

Πίνακας 4.2.: Ζητήματα προς διερεύνηση και οι αντίστοιχες ερωτήσεις

Ζήτημα προς διερεύνηση	Ερωτήσεις
Αντιλήψεις για την εξάτμιση του νερού	1
Αντιλήψεις για τη σύσταση των σύννεφων	2
Αντιλήψεις για την προέλευση της βροχής	3
Αντιλήψεις για την απορροή του νερού	4
Ανάπτυξη μοντέλων για την πορεία του νερού της βροχής	5
Συγκρότηση εξηγήσεων σχετικά με την πορεία του νερού στον υδρολογικό κύκλο	6

Στη συνέχεια γίνεται περιγραφή των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου:

1^η Ερώτηση: Στόχος της συγκεκριμένης ερώτησης, ήταν να διερευνήσει τις αντιλήψεις των μαθητών για το φαινόμενο της εξάτμισης. Ο κάθε μαθητής έπρεπε να διαβάσει ένα σενάριο το

οποίο εκτυλισσόταν στο σχολείο και συγκεκριμένα στην αυλή του σχολείου, να συμφωνήσει με μία από τις τρεις αντιλήψεις των συμμαθητών του για το τι συνέβη στο νερό της βροχής που ήταν στην αυλή. Οι απαντήσεις που γράφηκαν είναι προς την κατεύθυνση της σχετικής βιβλιογραφίας.

2^η Ερώτηση: Η δεύτερη ερώτηση διερεύνησε τις αντιλήψεις των παιδιών για την σύσταση των σύννεφων. Το σενάριο εκτυλίχθηκε και αυτό στην αυλή του σχολείου με μια μαθήτριά να ζητά την γνώμη των παιδιών για τη σύσταση των σύννεφων. Και σ' αυτή την ερώτηση ο κάθε μαθητής έπρεπε να επιλέξει μια από τις τρεις αντιλήψεις των συμμαθητών του για να συμφωνήσει. Πάλι οι απαντήσεις που δόθηκαν συνάδουν με την σχετική βιβλιογραφία.

3^η Ερώτηση: Στην τρίτη ερώτηση, ο μαθητής, έπρεπε να επιλέξει ανάμεσα σε τρεις αντιλήψεις συμμαθητών του για την προέλευση της βροχής, όταν αυτοί παρατηρούσαν τη βροχή να πέφτει. Οι απαντήσεις που δίνονται και αυτές είναι προς την κατεύθυνση της συναφούς βιβλιογραφίας.

4^η Ερώτηση: Το σενάριο της τέταρτης ερώτησης, που εξέταζε τις αντιλήψεις των μαθητών για την απορροή του νερού, εκτυλισσόταν σε κάποιο βουνό, όταν κατά τη διάρκεια της εκδρομής των παιδιών, έπιασε μια ξαφνική μπόρα. Αναρωτήθηκαν, όταν είδαν το χώμα να γεμίζει με το νερό της βροχής, πού πάει το νερό αυτό. Ο κάθε μαθητής έπρεπε και σ' αυτή την ερώτηση, να επιλέξει ανάμεσα σε τρεις απαντήσεις, οι οποίες συνάδουν με τη σχετική βιβλιογραφία.

5^η Ερώτηση: Στην ερώτηση αυτή ζητήθηκε από τον κάθε μαθητή να σχεδιάσει σε μια έτοιμη εικόνα, η οποία περιλάμβανε όλα τα στάδια του υδρολογικού κύκλου, να σημειώσει είτε με λέξεις είτε με αριθμούς την πορεία του νερού της βροχής, πάνω και κάτω από το έδαφος. Σκοπός της ερώτησης αυτής είναι να αναπτύξουν οι μαθητές μοντέλα για την πορεία του νερού της βροχής και να αναπαραστήσουν τον υδρολογικό κύκλο.

6^η Ερώτηση: Μετά την παρακολούθηση του βίντεο που περιλαμβάνει το πείραμα του κύκλου του νερού, ζητήθηκε από τους μαθητές να καταγράψουν τον ισχυρισμό τους για το τι νόμιζαν ότι έγινε το νερό που υπήρχε στο μεγάλο μπολ και να γράψουν την πορεία του, να αιτιολογήσουν όσα έγραψαν στον ισχυρισμό τους και τελικά να πουν με τι ταιριάζουν από αυτά που ξέρουν, αυτά που παρατήρησαν. Στόχος της ερώτησης ήταν να μπορέσουν οι μαθητές να συγκροτήσουν εξηγήσεις σχετικά με την πορεία του νερού στον υδρολογικό κύκλο.

4.5.2. Τα φύλλα εργασίας των μαθητών

Σε αυτή τη έρευνα χρησιμοποιήθηκαν επίσης φύλλα εργασίας για την συλλογή και την ανάλυση του λόγου των μαθητών κατά τη διδασκαλία. Αυτό το εργαλείο χρησιμοποιείται συχνά σε περιγραφικού τύπου έρευνα. Η ανάλυση του λόγου γίνεται για να γίνει ανάλυση πληροφοριών σε γραπτά στοιχεία και αναφέρεται στη συστηματική περιγραφή του περιεχομένου αυτών των

στοιχείων (Anderson, 1994). Άρα, εμπεριέχει μέτρηση εννοιών, λέξεων ή γεγονότων από γραπτά στοιχεία και την παρουσίασή τους σε συνοπτική μορφή (Platt, 1981). Τα αποτελέσματα που λαμβάνονται με τα φύλλα εργασίας είναι έγκυρα, ειδικά σε διάφορα επίπεδα σύνθετης χρήσης. Αναλύοντας το περιεχόμενο των φύλλων εργασίας που δόθηκαν στους μαθητές, μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα για τα μαθησιακά αποτελέσματα. Τα φύλλα εργασίας που μελετήθηκαν περιλαμβάνονται στο Παράρτημα της παρούσας εργασίας (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ)

Το πρώτο φύλλο εργασίας, αφορούσε τη δημιουργία ενός εννοιολογικού χάρτη για να καταγραφούν οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών. Τα παιδιά που έβλεπαν τη λέξη «νερό» έπρεπε να γράψουν τη λέξη που τους ήρθε στο μυαλό. Νέος εννοιολογικός χάρτης δημιουργήθηκε με τις αντιλήψεις των παιδιών για το νερό μετά την παρέμβαση

Στο δεύτερο φύλλο εργασίας ήταν γραμμένο ένα σενάριο που αφορούσε το φαινόμενο της εξάτμισης. Τα παιδιά, αφού διάβασαν το σενάριο, επέλεξαν τη σωστή, σύμφωνα με την άποψή τους από τις απαντήσεις που δίνονταν. Έπειτα ζωγράρισαν την άποψή τους.

Στο τρίτο φύλλο εργασίας, οι μαθητές ζωγράρισαν ένα σχέδιο που απεικόνιζε την εξάτμιση, την συμπύκνωση και τη βροχόπτωση (δημιουργία μοντέλων)

Στο τέταρτο φύλλο εργασίας τα παιδιά, σύμφωνα με τις εικόνες, συμπλήρωσαν τα κενά στο ποίημα του Ζαχαρία Παπαντωνίου «Το ποταμάκι».

Στο πέμπτο φύλλο εργασίας οι μαθητές τοποθέτησαν στη σωστή θέση τους επιστημονικούς όρους των φάσεων του υδρολογικού κύκλου.

Τα δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν οι απαντήσεις των μαθητών στα φύλλα εργασίας κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας.

4.6. Ανακεφαλαίωση

Στο κεφάλαιο αυτό έγινε αναφορά στη μεθοδολογία της έρευνας. Αρχικά παρουσιάστηκε το δείγμα και τα στάδια που ακολουθήθηκαν κατά την ερευνητική διαδικασία. Επίσης έγινε παρουσίαση των ερευνητικών εργαλείων του και εκπαιδευτικού υλικού που δημιουργήθηκε και χρησιμοποιήθηκε. Τέλος αναφέρθηκαν τα εργαλεία συλλογής των δεδομένων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

5.1. Εισαγωγή

Προκειμένου να γίνει η ανάλυση των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας, μελετήθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών στο ερωτηματολόγιο το οποίο δόθηκε στην αρχή και μετά το τέλος της παρέμβασης, οι απαντήσεις τους στα φύλλα εργασίας καθώς και οι προφορικές απαντήσεις τους στα ερωτήματα που τέθηκαν κατά τη διάρκεια της παρέμβασης.

Ειδικότερα μελετήθηκαν τα μαθησιακά αποτελέσματα, μέσα από την εφαρμογή του υλικού που δημιουργήθηκε

- για αντιλήψεις των μαθητών σε ζητήματα του υδρολογικού κύκλου, πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση,
- για την εξέλιξη των ικανοτήτων των μαθητών να αναπτύσσουν και να χρησιμοποιούν μοντέλα
- για την εξέλιξη των ικανοτήτων των μαθητών να συγκροτούν εξηγήσεις για τον υδρολογικό κύκλο.

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει τρεις ενότητες. Στην πρώτη ενότητα παρουσιάζεται η διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων σε σχέση με τα εργαλεία συλλογής τους και τα ζητήματα προς διερεύνηση (βλ. ενότητα 5.2.). Στη δεύτερη ενότητα παρουσιάζεται η διαδικασία ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου (βλ. ενότητα 5.3.). Τέλος στη τρίτη ενότητα παρουσιάζεται η διαδικασία ανάλυσης των Φύλλων Εργασίας (βλ. ενότητα 5.4.).

5.2. Η διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων σε σχέση με τα εργαλεία συλλογής τους και τα ζητήματα προς διερεύνηση

Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται τα ζητήματα προς διερεύνηση, τα εργαλεία συλλογής δεδομένων και η διαδικασία ανάλυσής τους.

Πίνακας 5.1. Ζητήματα προς διερεύνηση, τα εργαλεία συλλογής δεδομένων και η διαδικασία ανάλυσής τους

Ζητήματα προς διερεύνηση	Εργαλεία συλλογής δεδομένων	Ανάλυση δεδομένων
Επίδραση των διδακτικών παρεμβάσεων στις αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο	Ερωτήσεις 1, 2, 3, 4 ερωτηματολογίου. Απαντήσεις μαθητών στα φύλλα εργασίας.	Κατηγοριοποίηση των απαντήσεων σε επίπεδα. Επίπεδο 0: απάντηση που παραπέμπει σε εναλλακτικές αντιλήψεις

		Επίπεδο 1: απάντηση σύμφωνη με τη σχολική γνώση
Επίδραση των διδακτικών παρεμβάσεων στις ικανότητες των μαθητών να αναπτύσσουν μοντέλα για τον υδρολογικό κύκλο	Ερώτηση 5 ερωτηματολογίου. Σχέδια μαθητών στα φύλλα εργασίας.	Κατηγοριοποίηση των σχεδίων σε επίπεδα με βάση το πλαίσιο των Baumfalk et al. (2018)
Επίδραση των διδακτικών παρεμβάσεων στις ικανότητες των μαθητών να συγκροτούν εξηγήσεις για τον υδρολογικό κύκλο	Ερώτηση 6 ερωτηματολογίου.	Κατηγοριοποίηση των εξηγήσεων σε επίπεδα με βάση το πλαίσιο των McNeill και Krajcik (2007)

5.3. Η διαδικασία ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου

Στις τέσσερις πρώτες απαντήσεις του ερωτηματολογίου, που αφορούσαν σε ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών, έγινε κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των μαθητών σε δύο επίπεδα. (βλ. Πίνακα 5.2).

Πίνακας 5.2.: Κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών του ερωτηματολογίου

Επίπεδα	Περιγραφή
0	Ο/Η μαθητής/τρια επέλεξε απάντηση που παραπέμπει σε εναλλακτικές αντιλήψεις
1	Ο/Η μαθητής/τρια επέλεξε απάντηση σύμφωνη με τη σχολική γνώση

Για την ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου, που αφορά την ανάπτυξη μοντέλων (αναπαραστάσεις), χρησιμοποιήθηκε (βλ. Πίνακας 5.3) το πλαίσιο ανάλυσης μοντέλων των (Baumfalk, et al., 2018).

Πίνακας 5.3.: Το πλαίσιο ανάλυσης μοντέλων των Baumfalk et al. (2018)

Επίπεδα	Συστατικά στοιχεία
0	Στο μοντέλο δεν περιλαμβάνονται στοιχεία που αντιπροσωπεύουν μια τουλάχιστον μορφή νερού
1	Το μοντέλο περιλαμβάνει μία αναπαράσταση και κατανομή «ΟΡΑΤΩΝ» μορφών νερού. Δεν περιλαμβάνει αναπαράσταση μη ορατών μορφών. Π.χ. νερό σε υγρή μορφή (λίμνες, ποτάμια κ.ά.), υδρατμοί με τη μορφή σύννεφων ή/και νερό σε στερεή μορφή (πάγος, χιόνι)

2	Το μοντέλο περιλαμβάνει δύο ή περισσότερες αναπαραστάσεις του νερού σε ΟΡΑΤΕΣ ή/και ΜΗ ΟΡΑΤΕΣ μορφές. Π.χ. υγρό, στερεό και αέριο (ως σύννεφο) καταναμεμένα στον ουρανό και πάνω από το έδαφος
3	Το μοντέλο περιλαμβάνει τις αναπαραστάσεις του νερού σε «ΟΡΑΤΕΣ» ΚΑΙ «ΜΗ ΟΡΑΤΕΣ» μορφές. Π.χ. νερό σε υγρή, στερεή και αέρια μορφή που κατανέμεται στον ουρανό, πάνω από το έδαφος και κάτω από το έδαφος μόνο (φυσικές πηγές νερού)
Ερμηνευτική διαδικασία	
0	Στο μοντέλο δεν περιλαμβάνονται ερμηνευτικές διαδικασίες που εστιάζουν στο νερό
1	Ο/Η μαθητής/τρια αρκείται μόνο με μία περιγραφή σχετικά με τα δεδομένα. Δεν είναι σε θέση να περιγράψει ή να συμπεριλάβει στο μοντέλο του «κρυφά συστατικά» όπως οι «αόρατοι» υδρατμοί στην ατμόσφαιρα. Οι περιγραφές και τα μοντέλα επικεντρώνονται στις ανάγκες των ανθρώπων και στα «ορατά» συστατικά που βασίζονται σε καθημερινές γνώσεις που αποκτούν οι μαθητές/τριες από τις εμπειρίες της ζωής τους
2	Δίνεται περιγραφή της θερμοκρασίας ως μηχανισμού που διέπει ορισμένες αλλαγές φάσης, αλλά αναφέρεται μόνο στο πώς είναι ο υποκείμενος μηχανισμός. Δεν διευκρινίζεται γιατί εκδηλώνεται ο υποκείμενος μηχανισμός. Ο/Η μαθητής/τρια μπορεί να βασίζεται σε έναν παράγοντα ως αιτιώδη μηχανισμό («τα σύννεφα της βροχής μαζεύουν νερό και το ρίχνουν»). Εξακολουθεί να υπάρχει δυσκολία αναπαράστασης με τα «κρυφά» συστατικά. Το μοντέλο χρησιμεύει για να διευκρινίσει και να επεξεργαστεί, αλλά δεν μπορεί να αποδώσει περαιτέρω πληροφορίες για την εξήγηση των φαινομένων
3	Αναπαριστά σωστά πώς και γιατί η θερμοκρασία επηρεάζει όλες τις αλλαγές φάσεων. Ο μαθητής/τρια είναι σε θέση να εντοπίσει μια αιτιώδη εξήγηση που περιλαμβάνει «κρυφές» διαδικασίες, όπως η εξάτμιση και η συμπύκνωση, αλλά δεν εξετάζει όλους τους αιτιώδεις μηχανισμούς που μπορεί να υπάρχουν μέσα στο σύστημα
Διαδοχή	
0	Στο μοντέλο δεν περιλαμβάνονται αλληλουχίες (αλλαγές νερού)
1	Το μοντέλο περιγράφει μόνο μία αλλαγή (παράδειγμα: αέρια μορφή νερού σε υγρή μορφή)
2	Το μοντέλο περιγράφει δύο ή περισσότερες μεταβολές (αέριο σε υγρό ΚΑΙ υγρό σε στερεό). Η διαδοχή έχει μόνο μία κατεύθυνση
3	Περιγράφει δύο ή περισσότερες μεταβολές (αέριο σε υγρό ΚΑΙ υγρό σε υδρατμούς) και η διαδοχή έχει δύο κατευθύνσεις
Απεικόνιση	
0	Στο μοντέλο δεν υπάρχει καμία απεικόνιση που να υπονοείται ή να μην υπάρχει

1	Δεν υπάρχει κάποια δήλωση ή υπάρχει δήλωση που περιγράφει μόνο λεπτομέρειες σχετικά με το μοντέλο και δεν συνδέει τον τρόπο με τον οποίο αυτό σχετίζεται με τον φυσικό κόσμο. Δεν περιλαμβάνει μηχανισμούς για το φαινόμενο («οι κουκίδες στο μοντέλο είναι βροχή»)
2	Υπάρχει δήλωση που εξηγεί κάποια μορφή φυσικού φαινομένου που συνδέεται με το μοντέλο («αυτή η διαδικασία είναι σαν να βρέχει έξω»)
3	Υπάρχει δήλωση που συνδέει το μοντέλο για να εξηγήσει πώς αυτό σχετίζεται με το φυσικό φαινόμενο και ανιχνεύει μια πλήρη αιτιώδη εξήγηση για το τι συμβαίνει (αυτή η διαδικασία είναι σα να βρέχει. Το μοντέλο μου δείχνει με αυτές τις τελείες, με αυτά τα βέλη, με αυτό το χρώμα, με αυτούς τους αριθμούς, λέξεις, ότι όταν έχει κρύο έξω, βρέχει)
Επιστημονική αρχή	
0	Καμία επιστημονική αρχή με επίκεντρο το νερό δεν αναπαριστάτε στο μοντέλο
1	Μπορεί να κατονομάζεται μια επιστημονική αρχή, αλλά δεν αποσαφηνίζεται πώς εφαρμόζεται η επιστημονική αρχή. Η επιστημονική αρχή μπορεί να αφορά ή να μην αφορά με κάποιο τρόπο το φαινόμενο
2	Περιλαμβάνει μέρος μια επιστημονικής αρχής, αλλά δεν είναι πλήρης ή δεν αφορά πλήρως το φαινόμενο
3	Περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία της επιστημονικής αρχής που αφορούν στο νερό

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται ενδεικτικά παραδείγματα μοντέλων των μαθητών μετά τη διδακτική παρέμβαση και η ανάλυσή τους.

Μοντέλο 1, πρώτο τμήμα, μετά την διδακτική παρέμβαση

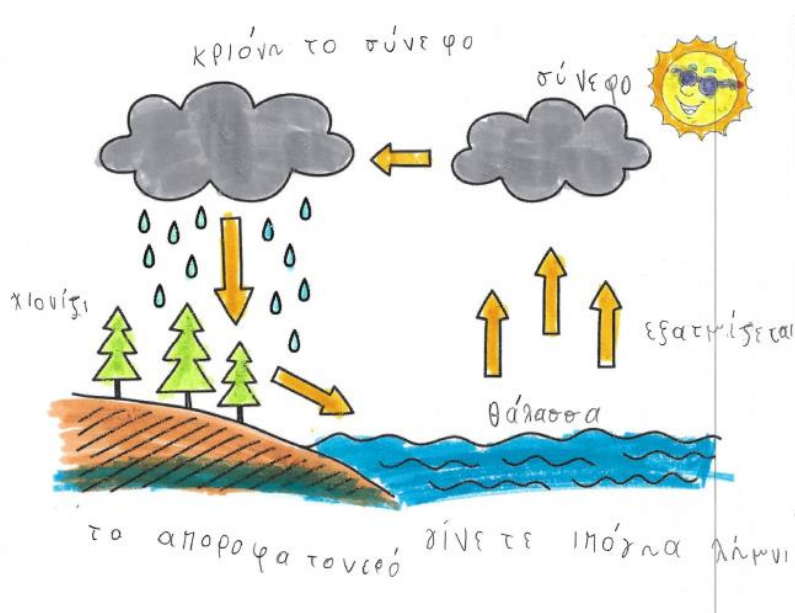


Εικόνα 5.10.: Μοντέλο 1

Το συγκεκριμένο μοντέλο, σύμφωνα με τον Πίνακα 5.3. αναλύεται όπως φαίνεται παρακάτω:

Αξονες	Επίπεδα
Συστατικά στοιχεία	3
Ερμηνευτική διαδικασία	2
Διαδοχή	3
Απεικόνιση	3
Επιστημονική αρχή	3

Μοντέλο 2, πρώτο τμήμα, μετά την διδακτική παρέμβαση



Εικόνα 5.2.: Μοντέλο 2

Το συγκεκριμένο μοντέλο, σύμφωνα με τον πίνακα 5.3. αναλύεται όπως φαίνεται παρακάτω:

Αξονες	Βαθμολογία
Συστατικά στοιχεία	2
Ερμηνευτική διαδικασία	2
Διαδοχή	2
Απεικόνιση	3
Επιστημονική αρχή	2



Εικόνα 5.3.: Μοντέλο 3

Μοντέλο 3, δεύτερο τμήμα, μετά την διδακτική παρέμβαση

Το συγκεκριμένο μοντέλο, σύμφωνα με τον πίνακα 5.3. αναλύεται όπως φαίνεται παρακάτω:

Άξονες	Βαθμολογία
Συστατικά στοιχεία	2
Ερμηνευτική διαδικασία	1
Διαδοχή	2
Απεικόνιση	1
Επιστημονική αρχή	1



Εικόνα 5.4.: Μοντέλο 4

Μοντέλο 4, δεύτερο τμήμα, μετά την διδακτική παρέμβαση

Το συγκεκριμένο μοντέλο, σύμφωνα με τον πίνακα 5.3. αναλύεται όπως φαίνεται παρακάτω:

Αξονες	Βαθμολογία
Συστατικά στοιχεία	2
Ερμηνευτική διαδικασία	2
Διαδοχή	2
Απεικόνιση	1
Επιστημονική αρχή	2

Για την ερώτηση 6 του ερωτηματολογίου, που αφορά την αξιολόγηση της ποιότητας των γραπτών εξηγήσεων των μαθητών στις ΦΕ, έχει προταθεί από τους McNeill και Krajcik (McNeill & Krajcik, 2007) μια κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων, που περιλαμβάνει τα τρία στοιχεία που συνθέτουν την εξήγηση, τον ισχυρισμό τις αποδεικτικά στοιχεία και το συλλογισμό καθώς και τα τρία επίπεδα αξιολόγησης για το καθένα. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας έγινε μια αναπροσαρμογή που οδήγησε στη διαμόρφωση του πλαισίου που παρουσιάζεται στους Πίνακες 5.4., 5.5. και 5.6.

Πίνακας 5.4.: Πλαίσιο ανάλυσης του ισχυρισμού που προτείνει ο μαθητής

	Επίπεδο		
	0	1	2
Ισχυρισμός	Δεν προτείνει ισχυρισμό ή προτείνει έναν λανθασμένο ισχυρισμό	Προτείνει έναν ακριβή αλλά ελλιπή ισχυρισμό	Προτείνει έναν ακριβή και πλήρη ισχυρισμό

Πίνακας 5.5.: Πλαίσιο ανάλυσης των αποδεικτικών στοιχείων που προτείνει ο μαθητής

	Επίπεδο		
	0	1	2
Αποδεικτικά στοιχεία	Δεν προτείνει αποδεικτικά στοιχεία ή προτείνει μη κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία (αποδεικτικά στοιχεία που δεν υποστηρίζουν τον ισχυρισμό)	Προτείνει κατάλληλα αλλά ανεπαρκή αποδεικτικά στοιχεία. Μπορεί να υπάρχουν και μη κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία	Προτείνει κατάλληλα και επαρκή αποδεικτικά στοιχεία

Πίνακας 5.6.: Πλαίσιο ανάλυσης του συλλογισμού που προτείνει ο μαθητής.

	Επίπεδο		
	0	1	2
Συλλογισμός	Δεν προτείνει συλλογισμό που να αναφέρεται στον υδρολογικό κύκλο	Προτείνει συλλογισμό που αναφέρεται σε ορισμένες διαστάσεις του υδρολογικού κύκλου	Προτείνει συλλογισμό που αναφέρεται ευθέως στον υδρολογικό κύκλο

Παρακάτω αναφέρονται ενδεικτικά κάποιες εξηγήσεις των μαθητών στην ερώτηση 6 του ερωτηματολογίου, με τις αναλύσεις τους, πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση.

Ερώτηση 6^η

Παρακολούθησε το παρακάτω βίντεο <https://www.youtube.com/watch?v=TnZtZdZEnW4&t=16s> και στη συνέχεια συμπλήρωσε τα παρακάτω.

α) Τι έγινε με το νερό που υπήρχε στο μεγάλο μπολ; Γράψε όλη την πορεία του νερού.

Νομίζω ότι.....

β) Ποιες παρατηρήσεις σε κάνουν να πιστεύεις αυτά που έγραψες παραπάνω;

Παρατήρησα ότι.....

γ) Με τι ταιριάζουν αυτά που παρατήρησες, σύμφωνα με αυτά που γνωρίζεις;

Αυτά που παρατήρησα ταιριάζουν

Εξήγηση 1 (πριν τη διδακτική παρέμβαση)

Απάντηση στην ερώτηση 6α (ισχυρισμός): Νομίζω ότι το νερό εξατμίστηκε, όμως κόλλησε πάνω στη ζελατίνα.

Απάντηση στην ερώτηση 6β (αποδεικτικά στοιχεία): Παρατήρησα ότι το νερό πήγε στη ζελατίνα και μέσα στο μικρό μπολ.

Απάντηση στην ερώτηση 6γ (συλλογισμός): Αυτά που παρατήρησα ταιριάζουν με τα σύννεφα που ρίχνουν βροχή.

Οι παραπάνω απαντήσεις αναλύονται σύμφωνα με τους Πίνακες 5.4., 5.5. και 5.6, στα επόμενα

Αξονες	Επίπεδο
Ισχυρισμός	1
Αποδεικτικά στοιχεία	1
Συλλογισμός	1

Εξήγηση 2 (πριν τη διδακτική παρέμβαση)

Απάντηση στην ερώτηση 6α (ισχυρισμός): Νομίζω ότι το νερό το ζέστανε ο ήλιος πολύ, κόλλησε πάνω στη ζελατίνα και έμεινε.

Απάντηση στην ερώτηση 6β (αποδεικτικά στοιχεία): Παρατήρησα ότι το νερό από το μπολ είχε πάει πάνω στο σελοφάν. Το νερό πήγε μέσα στο μικρό ποτήρι.

Απάντηση στην ερώτηση 6γ (συλλογισμός): Αυτά που παρατήρησα ταιριάζουν με την υγροποίηση.

Οι παραπάνω απαντήσεις αναλύονται σύμφωνα με τους Πίνακες 5.4., 5.5. και 5.6, στα επόμενα

Αξονες	Βαθμολογία
Ισχυρισμός	1
Αποδεικτικά στοιχεία	1
Συλλογισμός	1

Εξήγηση 3 (πριν τη διδακτική παρέμβαση)

Απάντηση στην ερώτηση 6α (ισχυρισμός): Νομίζω ότι πρώτα εξατμίστηκε το νερό και πήγε πάνω.

Απάντηση στην ερώτηση 6β (αποδεικτικά στοιχεία): Παρατήρησα ότι είχε σταγονούλες πάνω στη ζελατίνα.

Απάντηση στην ερώτηση 6γ (συλλογισμός): Αυτά που παρατήρησα ταιριάζουν στην εξάτμιση.

Οι παραπάνω απαντήσεις αναλύονται σύμφωνα με τους Πίνακες 5.4., 5.5. και 5.6, στα επόμενα

Άξονες	Βαθμολογία
Ισχυρισμός	1
Αποδεικτικά στοιχεία	0
Συλλογισμός	1

Εξήγηση 4 (πριν τη διδακτική παρέμβαση)

Απάντηση στην ερώτηση 6α (ισχυρισμός): Νομίζω ότι εξατμίστηκε το νερό και πήγε στον ουρανό στα σύννεφα.

Απάντηση στην ερώτηση 6β (αποδεικτικά στοιχεία): Παρατήρησα ότι γέμισε το μικρό ποτήρι από νερό.

Απάντηση στην ερώτηση 6γ (συλλογισμός): Αυτά που παρατήρησα ταιριάζουν στην εξάτμιση.

Οι παραπάνω απαντήσεις αναλύονται σύμφωνα με τους Πίνακες 5.4., 5.5. και 5.6, στα επόμενα

Άξονες	Βαθμολογία
Ισχυρισμός	1
Αποδεικτικά στοιχεία	0
Συλλογισμός	1

Εξήγηση 5 (μετά τη διδακτική παρέμβαση)

Απάντηση στην ερώτηση 6α (ισχυρισμός): Νομίζω ότι το νερό από τη ζέστη έγινε υδρατμός και πήγε προς τα πάνω στη ζελατίνα που κρύωσε και έγινε νερό και έπεσε στο μικρό ποτήρι.

Απάντηση στην ερώτηση 6β (αποδεικτικά στοιχεία): Παρατήρησα ότι όταν πέρασε λίγη ώρα το νερό πήγε πάνω στη ζελατίνα και όταν έπεσε πήγε μέσα στο μικρό μπολ.

Απάντηση στην ερώτηση 6γ (συλλογισμός): Αυτά που παρατήρησα ταιριάζουν με αυτά που μας έδειξε η κυρία για τον κύκλο του νερού.

Οι παραπάνω απαντήσεις αναλύονται σύμφωνα με τους Πίνακες 5.4., 5.5. και 5.6, στα επόμενα

Άξονες	Βαθμολογία
Ισχυρισμός	2
Αποδεικτικά στοιχεία	1
Συλλογισμός	2

Εξήγηση 6 (μετά τη διδακτική παρέμβαση)

Απάντηση στην ερώτηση 6α (ισχυρισμός): Νομίζω ότι ζέστανε ο ήλιος το νερό, έγινε υδρατμός και έγινε μικρές σταγόνες που έπεσαν.

Απάντηση στην ερώτηση 6β (αποδεικτικά στοιχεία): Παρατήρησα ότι είχε στη ζελατίνα νερό και λίγο μέσα στο ποτήρι.

Απάντηση στην ερώτηση 6γ (συλλογισμός): Αυτά που παρατήρησα ταιριάζουν με τον υδρατμό με το νερό και με τον κύκλο του νερού.

Οι παραπάνω απαντήσεις αναλύονται σύμφωνα με τους Πίνακες 5.4., 5.5. και 5.6, στα επόμενα

Άξονες	Βαθμολογία
Ισχυρισμός	2
Αποδεικτικά στοιχεία	1
Συλλογισμός	2

Εξήγηση 7 (μετά τη διδακτική παρέμβαση)

Απάντηση στην ερώτηση 6α (ισχυρισμός): Νομίζω ότι το νερό έγινε υδρατμός και πήγε στη ζελατίνα και λίγο νερό στο νησί.

Απάντηση στην ερώτηση 6β (αποδεικτικά στοιχεία): Παρατήρησα ότι μπήκε λίγο νερό στο νησάκι.

Απάντηση στην ερώτηση 6γ (συλλογισμός): Αυτά που παρατήρησα ταιριάζουν με τη θάλασσα, το νησί και τον ουρανό.

Οι παραπάνω απαντήσεις αναλύονται σύμφωνα με τους Πίνακες 5.4., 5.5. και 5.6, στα επόμενα

Άξονες	Βαθμολογία
Ισχυρισμός	2
Αποδεικτικά στοιχεία	1
Συλλογισμός	1

Εξήγηση 8 (μετά τη διδακτική παρέμβαση)

Απάντηση στην ερώτηση 6α (ισχυρισμός): Νομίζω ότι το νερό ανέβηκε στη ζελατίνα που γέμισε με νερά.

Απάντηση στην ερώτηση 6β (αποδεικτικά στοιχεία): Παρατήρησα ότι από τη θάλασσα που φτιάχτηκε, το νερό έκανε τον κύκλο του.

Απάντηση στην ερώτηση 6γ (συλλογισμός): Αυτά που παρατήρησα ταιριάζουν με το ότι το νερό μπορεί να περνάει από τα ποτάμια τις λίμνες και τα σιντριβάνια.

Οι παραπάνω απαντήσεις αναλύονται σύμφωνα με τους Πίνακες 5.4., 5.5. και 5.6, στα επόμενα

Αξονες	Βαθμολογία
Ισχυρισμός	1
Αποδεικτικά στοιχεία	2
Συλλογισμός	1

Για να καθοριστεί η εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών και των πρακτικών των Φ.Ε. και της μηχανικής για τα θέματα που μελετήθηκαν, χρησιμοποιήθηκε το τεστ χ^2 -McNemar, προκειμένου να γίνει σύγκριση των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές στο ερωτηματολόγιο πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση. Τα αποτελέσματα θα καταγραφούν σε πίνακες με τη μορφή εκατοστιαίων συχνοτήτων.

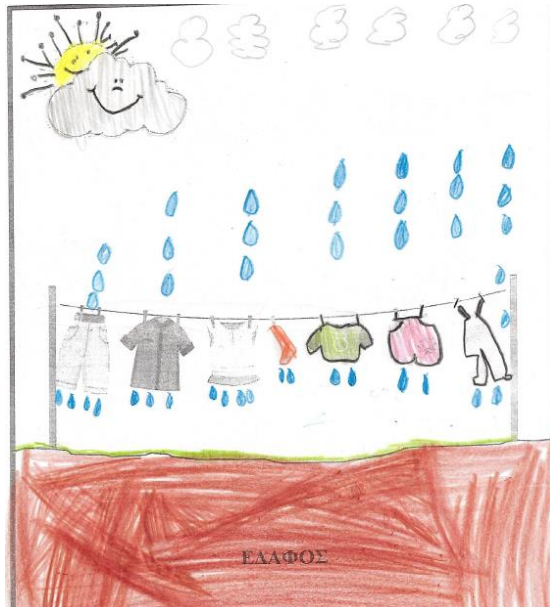
5.4. Η διαδικασία ανάλυσης των Φύλλων Εργασίας

Κατά τη διάρκεια της διδακτικής διαδικασίας, δόθηκαν στους μαθητές πέντε φύλλα εργασίας προκειμένου να μελετηθεί η πορεία της εξέλιξης των αντιλήψεών τους, των ικανοτήτων τους να αναπτύσσουν μοντέλα και να συγκροτούν εξηγήσεις μέσα από τη μελέτη του γραπτού τους λόγου. Συγκεκριμένα μελετήθηκαν οι απαντήσεις και τα σχέδια τους και έτσι δημιουργήθηκαν πίνακες που αποτυπώνουν τις «νοητικές διαδρομές» των μαθητών.

Πίνακας 5.7.: Κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση πολλαπλών επιλογών του φύλλου εργασίας 2

Επίπεδα	Περιγραφή
0	Ο/Η μαθητής/τρια επέλεξε απάντηση που παραπέμπει σε εναλλακτικές αντιλήψεις
1	Ο/Η μαθητής/τρια επέλεξε απάντηση σύμφωνη με τη σχολική γνώση

Για τα φύλλα εργασίας 2β και 3 που αφορούν δημιουργία μοντέλων, χρησιμοποιήθηκε ο πίνακας αξιολόγησης 5.3. (βλ. Πίνακα 5.3.).



Εικόνα 5.5.: Μοντέλο 5

Μοντέλο 5: Το συγκεκριμένο μοντέλο, σύμφωνα με τον πίνακα 5.3. αναλύεται όπως φαίνεται παρακάτω:

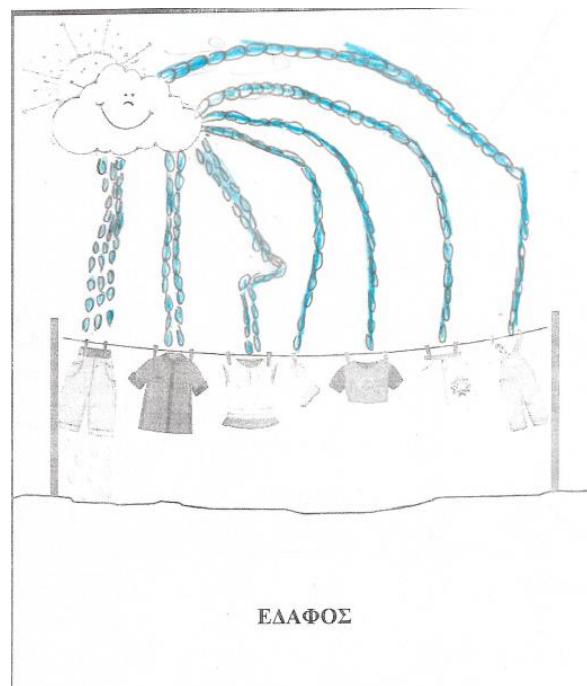
Άξονες	Βαθμολογία
Συστατικά στοιχεία	2
Ερμηνευτική διαδικασία	2
Διαδοχή	2
Απεικόνιση	1
Επιστημονική αρχή	0



Εικόνα 5.6.: Μοντέλο 6

Μοντέλο 6: Το συγκεκριμένο μοντέλο, σύμφωνα με τον πίνακα 5.3. αναλύεται όπως φαίνεται παρακάτω:

Άξονες	Βαθμολογία
Συστατικά στοιχεία	2
Ερμηνευτική διαδικασία	0
Διαδοχή	1
Απεικόνιση	1
Επιστημονική αρχή	0



Εικόνα 5.7.: Μοντέλο 7

Μοντέλο 7: Το συγκεκριμένο μοντέλο, σύμφωνα με τον πίνακα 5.3. αναλύεται όπως φαίνεται παρακάτω:

Άξονες	Βαθμολογία
Συστατικά στοιχεία	2
Ερμηνευτική διαδικασία	0
Διαδοχή	1
Απεικόνιση	0
Επιστημονική αρχή	1



Εικόνα 5.8.: Μοντέλο 8

Μοντέλο 8: Το συγκεκριμένο μοντέλο, σύμφωνα με τον πίνακα 5.3. αναλύεται όπως φαίνεται παρακάτω:

Αξονες	Βαθμολογία
Συστατικά στοιχεία	1
Ερμηνευτική διαδικασία	1
Διαδοχή	1
Απεικόνιση	1
Επιστημονική αρχή	2

5.5. Ανακεφαλαίωση

Στο κεφάλαιο αυτό, έγινε ανάλυση των στοιχείων που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας. Ειδικότερα έγινε ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου και αναφέρθηκαν παραδείγματα αυτών, που δόθηκαν πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Επίσης έγινε ανάλυση και των απαντήσεων των Φύλλων Εργασίας που συμπλήρωσαν οι μαθητές κατά τη διάρκεια της διδακτικής διαδικασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας της παρούσας εργασίας. Στην πρώτη ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που έχουν σχέση με τις αντιλήψεις των μαθητών για την εξάτμιση του νερού πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση (βλ. ενότητα 6.2.). Στη δεύτερη ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που σχετίζονται με τις αντιλήψεις των μαθητών για την σύσταση των σύννεφων του νερού πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.(βλ. ενότητα 6.3.). Στην τρίτη ενότητα αναφέρονται τα αποτελέσματα που σχετίζονται με τις αντιλήψεις των μαθητών για την προέλευση της βροχής πριν και μετά την παρέμβαση (βλ. ενότητα 6.4.). Στην τέταρτη ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που έχουν σχέση με τις αντιλήψεις των μαθητών για τη απορροή του νερού πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση (βλ. ενότητα 6.5.). Στην πέμπτη ενότητα αναφέρονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για τις αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογική κύκλο (βλ. ενότητα 6.6.). Στην έκτη ενότητα αναφέρονται τα αποτελέσματα της συμβολής της διδακτικής παρέμβασης στην ανάπτυξη μοντέλων για τον υδρολογικό κύκλο, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση (βλ. ενότητα 6.7.). Στην έβδομη ενότητα αναφέρονται τα αποτελέσματα της συμβολής της διδακτικής παρέμβασης στην ανάπτυξη της ποιότητας των γραπτών εξηγήσεων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο (βλ. ενότητα 6.8.). Στην όγδοη ενότητα γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων που αφορούν στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας (βλ. ενότητα 6.9.). Τέλος, στην ένατη ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν την εξέλιξη των επιπέδων των μοντέλων για τον υδρολογικό κύκλο κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας (βλ. ενότητα 6.10.).

6.2. Οι αντιλήψεις των μαθητών για την εξάτμιση του νερού

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της συμβολής της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για την εξάτμιση του νερού. Η διερεύνηση των αντιλήψεων αυτών έγινε μέσω των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές στην ερώτηση 1 του ερωτηματολογίου «Εσύ τι πιστεύεις ότι συνέβη στο νερό της βροχής;». Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκαν πίνακες όπου κατηγοριοποιούνται, οι αντιλήψεις των μαθητών πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 6.1.: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών ανά απάντηση στην ερώτηση 1 που αναφέρεται στην εξάτμιση του νερού στο προ-τεστ και το μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά

Αντιλήψεις των μαθητών για την εξάτμιση του νερού	Συχνότητες και ποσοστά			
	προ τεστ		μετά τεστ	
	f	f%	f	f%
Το νερό της βροχής πήγε στον αέρα.	12	42,9%	18	64,3%
Το νερό της βροχής απλά εξαφανίστηκε.	10	35,7%	6	21,4%
Το νερό της βροχής το ρούφηξε το τσιμέντο.	10	21,4%	4	14,3%

Από τον πίνακα 6.1. προκύπτει ότι πριν την διδακτική παρέμβαση το 42,9% των μαθητών, επέλεξαν να απαντήσουν στην ερώτηση «Τι πιστεύεις ότι συνέβη στο νερό της βροχής;», ότι «το νερό της βροχής πήγε στον αέρα», απάντηση που εκφράζει αντίληψη προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Το 35,7% των μαθητών απάντησε ότι «το νερό της βροχής απλά εξαφανίστηκε» και το 21,4% ότι «το νερό της βροχής το ρούφηξε το τσιμέντο», απαντήσεις που διαφέρουν από τη σχολική γνώση αλλά αποτελούν εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών (βλ. Πίνακα 6.1.).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση, βλέπουμε στον ίδιο πίνακα, ότι το ποσοστό των μαθητών που επέλεξαν την απάντηση που είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, αυξήθηκε (64,3%), ενώ το ποσοστό των μαθητών που επέλεξαν να απαντήσουν ότι «το νερό της βροχής απλά εξαφανίστηκε» (21,4%), και αυτών που απάντησαν ότι «Το νερό της βροχής το ρούφηξε το τσιμέντο», (εναλλακτικές αντιλήψεις) μειώθηκε (14,3%) (βλ. Πίνακα 6.1.).

Πίνακας 6.2.: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών ανά επίπεδο στην ερώτηση 1 που αναφέρεται στην εξάτμιση του νερού, στο προ-τεστ και το μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά

Αντιλήψεις των μαθητών για την εξάτμιση του νερού	Συχνότητες και ποσοστά			
	προ τεστ		μετά τεστ	
	f	f%	f	f%
Επίπεδο 0	16	57,1%	10	35,7%
Επίπεδο 1	12	42,9%	18	64,3%

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων, διαπιστώνουμε ότι πριν την διδακτική παρέμβαση, λίγο κάτω από τους μισούς μαθητές, είχαν αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης (42,9%) ενώ οι υπόλοιποι, που ήταν λίγο πάνω από τους μισούς (57,1%) είχαν εναλλακτικές αντιλήψεις για το φαινόμενο της εξάτμισης του νερού. Μετά τη διδακτική παρέμβαση, το ποσοστό

των μαθητών που η απάντησή τους ήταν προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, αυξήθηκε (64,3%) ενώ αυτών που έδωσαν τις απαντήσεις της κατηγορίας των εναλλακτικών αντιλήψεων μειώθηκε (35,7%) (βλ. Πίνακα 6.2.).

Συνεπώς βελτιώθηκαν οι αντιλήψεις των μαθητών για το φαινόμενο της εξάτμισης του νερού, προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης.

6.3. Οι αντιλήψεις των μαθητών για την σύσταση των σύννεφων

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της συμβολής της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για την σύσταση των σύννεφων. Η διερεύνηση των αντιλήψεων αυτών έγινε μέσω των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές στην ερώτηση 2 του ερωτηματολογίου «Από τι είναι φτιαγμένα τα σύννεφα;». Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκαν πίνακες όπου κατηγοριοποιούνται οι αντιλήψεις των μαθητών πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 6.3.: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών ανά απάντηση στην ερώτηση 2 που αναφέρεται στη σύσταση των σύννεφων στο προ-τεστ και το μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά

Αντιλήψεις των μαθητών για τη σύσταση των σύννεφων	Συχνότητες και ποσοστά			
	προ τεστ		μετά τεστ	
	f	f%	f	f%
Τα σύννεφα είναι φτιαγμένα από βαμβάκι	14	50%	8	28,6%
Τα σύννεφα είναι φτιαγμένα από μικρές σταγόνες νερού	8	28,6%	16	57,1%
Τα σύννεφα είναι φτιαγμένα από καπνό	6	21,4%	4	14,3%

Στον πίνακα 6.3., που αφορά τις αντιλήψεις των μαθητών όπως αυτές προέκυψαν από τις απαντήσεις που δόθηκαν στην ερώτηση 2 του ερωτηματολογίου «Από τι είναι φτιαγμένα τα σύννεφα;», παρατηρούμε ότι πριν την διδακτική παρέμβαση, οι μισοί μαθητές (50%) πίστευαν ότι «τα σύννεφα είναι φτιαγμένα από βαμβάκι», ενώ το 28,6% των μαθητών πίστευαν ότι «τα σύννεφα είναι φτιαγμένα από καπνό», απαντήσεις που δεν συνάδουν με τη σχολική γνώση και αποτελούν εναλλακτικές αντιλήψεις. Μόνο ένα ποσοστό 21,4% των μαθητών πίστευαν ότι «τα σύννεφα είναι φτιαγμένα από σταγόνες νερού», απάντηση που εκφράζει αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης (βλ. Πίνακα 6.3.)

Μετά τη διδακτική παρέμβαση, παρατηρούμε στον ίδιο πίνακα ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών (57,1%) επέλεξε την απάντηση που εκφράζει την αντίληψη που είναι προς την

κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, ενώ έχουν μειωθεί αρκετά (28,6 και 14,3%) τα ποσοστά των απαντήσεων που αποτελούν εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών (βλ. Πίνακα 6.3.)

Πίνακας 6.4.: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών ανά επίπεδο στην ερώτηση 2 που αναφέρεται στη σύσταση των σύννεφων στο προ-τεστ και το μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά

Αντιλήψεις των μαθητών για τη σύσταση των σύννεφων	Συχνότητες και ποσοστά			
	προ τεστ		μετά τεστ	
	f	f%	f	f%
Επίπεδο 0	20	71,4%	12	42,9%
Επίπεδο 1	8	28,6%	16	57,1%

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, διαπιστώνουμε ότι υπάρχουν αλλαγές στις αντιλήψεις των μαθητών για το φαινόμενο της σύστασης των σύννεφων. Συγκεκριμένα, πριν τη διδακτική παρέμβαση, μόνο το 28,6% των μαθητών συμφωνούσε με την απάντηση που είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, ενώ το 71,4% απέκλινε της σχολικής γνώσης με εναλλακτικές αντιλήψεις. Μετά την διδακτική παρέμβαση, το ποσοστό των μαθητών που οι αντιλήψεις τους ήταν προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, ανέβηκε στο 57,1% ενώ αυτών που είχαν εναλλακτικές αντιλήψεις μειώθηκε στο 42,9% (βλ. Πίνακα 6.4.).

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι βελτιώθηκαν οι αντιλήψεις των μαθητών προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, για το φαινόμενο της σύστασης των σύννεφων.

6.4. Οι αντιλήψεις των μαθητών για την προέλευση της βροχής

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της συμβολής της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για την προέλευση της βροχής. Η διερεύνηση των αντιλήψεων αυτών έγινε μέσω των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές στην ερώτηση 3 του ερωτηματολογίου «Από πού έρχεται η βροχή;». Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκαν πίνακες όπου κατηγοριοποιούνται οι αντιλήψεις των μαθητών πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 6.5.: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών ανά ερώτηση στην ερώτηση 3 που αναφέρεται στην προέλευση της βροχής στο προ-τεστ και το μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά

Αντιλήψεις των μαθητών για την προέλευση της βροχής	Συχνότητες και ποσοστά			
	προ τεστ		μετά τεστ	
	f	f%	f	f%
Η βροχή έρχεται από το γαλάζιο του ουρανού	6	21,4%	4	14,3%
Η βροχή έρχεται από τα σύννεφα	10	35,7%	16	57,1%
Η βροχή είναι τα δάκρυα του Θεούλη	12	42,9%	8	28,6%

Στον πίνακα 6.5. παρατηρούμε ότι πριν τη διδακτική παρέμβαση, ένα μεγάλο ποσοστό των μαθητών, επέλεξε να απαντήσει στην ερώτηση «Από πού έρχεται η βροχή;» ότι «Η βροχή έρχεται από το γαλάζιο του ουρανού» (21,4%) ή ότι «Η βροχή είναι τα δάκρυα του Θεούλη» (42,9%) αντιλήψεις που δεν είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, αλλά αποτελούν εναλλακτικές αντιλήψεις για το φαινόμενο της υγροποίησης του νερού. Το ποσοστό των μαθητών που επέλεξαν την απάντηση «Η βροχή έρχεται από τα σύννεφα», η οποία είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, ήταν 35,7% (βλ. Πίνακα 6.5.).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση, διαπιστώνουμε ότι το 57,1% των μαθητών έδωσε την απάντηση «Η βροχή έρχεται από τα σύννεφα», που είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, ενώ το 14,3% των μαθητών απάντησαν ότι «Η βροχή έρχεται από το γαλάζιο του ουρανού» και το 28,6% επέλεξαν να απαντήσουν ότι «Η βροχή είναι τα δάκρυα του Θεούλη» που απέχουν από τη σχολική γνώση αλλά αποτελούν εναλλακτικές αντιλήψεις (βλ. Πίνακα 6.5.).

Πίνακας 6.6.: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών ανά επίπεδο στην ερώτηση 3 που αναφέρεται στην προέλευση της βροχής, στο προ-τεστ και το μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά

Αντιλήψεις των μαθητών για την προέλευση της βροχής	Συχνότητες και ποσοστά			
	προ τεστ		μετά τεστ	
	f	f%	f	f%
Επίπεδο 0	18	64,3%	12	42,9%
Επίπεδο 1	10	35,7%	16	57,2%

Από τη σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών στο προ τεστ, διαπιστώνουμε ότι, το 35,7% των μαθητών, είχαν αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, ενώ οι υπόλοιποι, που αποτελούσαν το 64,3% του συνόλου της τάξης, είχαν εναλλακτικές αντιλήψεις για το φαινόμενο

της προέλευσης της βροχής. Μετά τη διδακτική παρέμβαση, το ποσοστό των μαθητών που η απάντησή τους ήταν προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, αυξήθηκε (57,2%) ενώ αυτών που έδωσαν τις απαντήσεις της κατηγορίας των εναλλακτικών αντιλήψεων μειώθηκε (42,9%) (βλ. Πίνακα 6.6.).

Επομένως βελτιώθηκαν οι αντιλήψεις των μαθητών για την προέλευση της βροχής, προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης.

6.5. Οι αντιλήψεις των μαθητών για την απορροή του νερού

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της συμβολής της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για την απορροή του νερού. Η διερεύνηση των αντιλήψεων αυτών έγινε μέσω των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές στην ερώτηση 4 του ερωτηματολογίου «Πού πάει το νερό της βροχής;». Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκαν πίνακες όπου κατηγοριοποιούνται οι αντιλήψεις των μαθητών πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 6.7.: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών ανά ερώτηση στην ερώτηση 4 που αναφέρεται στην απορροή του νερού στο προ-τεστ και το μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά

Αντιλήψεις των μαθητών για την απορροή του νερού	Συχνότητες και ποσοστά			
	προ τεστ		μετά τεστ	
	f	f%	f	f%
Το νερό θα μείνει πάνω στο χώμα	10	35,7%	4	14,3%
Το νερό θα μπει στο χώμα και θα πάει στα σπίτια και στις πισίνες	6	21,4%	4	14,3%
Το νερό θα μπει στο χώμα και θα πάει προς τη θάλασσα	12	42,9%	20	71,4%

Παρατηρώντας τον πίνακα 6.7. βλέπουμε ότι πριν την διδακτική παρέμβαση, το 35,7% των μαθητών, όταν ρωτήθηκε «Πού πάει το νερό της βροχής;» επέλεξε την απάντηση «Το νερό θα μείνει πάνω στο χώμα» ενώ το 21,4% απάντησε ότι «Το νερό θα μπει στο χώμα και θα πάει στα σπίτια και στις πισίνες», αντιλήψεις που δεν είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, αλλά αποτελούν εναλλακτικές αντιλήψεις. Ένα ποσοστό 35,7% των μαθητών, επέλεξε την απάντηση «Το νερό θα μπει το χώμα και θα πάει προς τη θάλασσα», που αποτελεί αντίληψη που είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης (βλ. Πίνακα 6.7.)

Μετά τη διδακτική παρέμβαση, δύο μαθητές (14,3%) επέλεξαν την απάντηση «Το νερό θα μείνει πάνω στο χώμα», ενώ άλλοι δύο (14,3%) «Το νερό θα μπει στο χώμα και θα πάει στα σπίτια και

στις πισίνες», απαντήσεις που αποτελούν εναλλακτικές αντιλήψεις. Το 42,9% των μαθητών, επέλεξαν την απάντηση «Το νερό θα μπει στο χώμα και θα πάει προς τη θάλασσα», που αποτελεί αντίληψη στην κατεύθυνση της σχολικής γνώσης (βλ. Πίνακα 6.7.).

Πίνακας 6.8.: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών ανά επίπεδο στην ερώτηση 4 που αναφέρεται στην απορροή του νερού στο προ-τεστ και το μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά

Αντιλήψεις των μαθητών για την απορροή του νερού	Συχνότητες και ποσοστά			
	προ τεστ		μετά τεστ	
	f	f%	f	f%
Επίπεδο 0	16	57,1%	8	28,6%
Επίπεδο 1	12	42,9%	20	71,4%

Από τη συγκριτική μελέτη των αποτελεσμάτων των απαντήσεων των μαθητών για την απορροή του νερού, διαπιστώνουμε ότι πριν την διδακτική παρέμβαση, το 42,9% των μαθητών είχαν αντιλήψεις που είναι στην κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, ενώ το 57,1% είχε εναλλακτικές αντιλήψεις για το φαινόμενο της απορροής του νερού. Μετά τη διδακτική παρέμβαση, το ποσοστό των μαθητών που οι αντιλήψεις τους ήταν στην κατεύθυνση της σχολικής γνώσης ανέβηκε στο 71,4% ενώ αυτών που είχαν εναλλακτικές αντιλήψεις μειώθηκε στο 28,6% (βλ. Πίνακα 6.8.)

Συνεπώς, βελτιώθηκαν οι αντιλήψεις των μαθητών για το φαινόμενο της απορροής προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης.

6.6. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για τις αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο

Στον Πίνακα 6.9. παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά συγκριτικά αποτελέσματα για τις αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 6.9.: Σύγκριση συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων για τις αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά.

Αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο	Συχνότητες και ποσοστά			
	προ τεστ		μετά τεστ	
	f	f%	f	f%
Επίπεδο 0	70	62,5%	44	39,3%
Επίπεδο 1	42	37,5%	68	60,7%

Με την παρατήρηση του Πίνακα 6.9. διαπιστώνουμε ότι πριν τη διδακτική παρέμβαση το ποσοστό των μαθητών που οι αντιλήψεις τους ήταν προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης ήταν 37,5% ενώ των μαθητών που είχαν εναλλακτικές αντιλήψεις 62,5%. Αντίθετα, μετά τη διδακτική παρέμβαση το ποσοστό των μαθητών που οι αντιλήψεις τους ήταν στην κατεύθυνση της σχολικής γνώσης αυξήθηκαν σημαντικά (60,7%), ενώ το ποσοστό των μαθητών που είχαν εναλλακτικές αντιλήψεις μειώθηκε στο 39,3% (βλ. Πίνακα 6.9).

Με το τεστ McNemar, διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών (επίπεδο 0, επίπεδο 1) και στο είδος του τεστ (προ-τεστ, μετά-τεστ), με $\chi^2 = 24,038$, $df=1$, $p < 0,0001$. Επομένως, προέκυψε σημαντική βελτίωση στις αντιλήψεις των μαθητών προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, από το προ-τεστ στο μετά-τεστ.

6.7. Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην ανάπτυξη μοντέλων για τον υδρολογικό κύκλο

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της συμβολής της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη της δημιουργίας και ανάπτυξης μοντέλων από τους μαθητές. Η διερεύνηση των αντιλήψεων αυτών έγινε μέσω των σχεδίων των μαθητών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκαν πίνακες που βασίστηκαν στην κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων αξιολόγησης των μοντέλων (βλ. ενότητα 5.3.).

Συστατικά στοιχεία

Στον Πίνακα 6.10. παρουσιάζονται οι κατηγορίες των μοντέλων των μαθητών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου, ως προς τα συστατικά στοιχεία, πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 6.10.: Οι κατηγορίες των μοντέλων των μαθητών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου ως προς τα συστατικά στοιχεία στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά

Επίπεδα	Συχνότητες και ποσοστά			
	προ τεστ		μετά τεστ	
	f	f%	f	f%
0	8	28,6%	2	7,1%
1	16	57,1%	6	21,4%
2	4	14,3%	18	64,4%
3	0	0%	2	7,1%

Από την παρατήρηση του Πίνακα 6.10, διαπιστώνουμε ότι πριν την διδακτική παρέμβαση, οι μαθητές, όταν τους ζητήθηκε (βλ. ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου), να κάνουν ένα σχέδιο και να δείξουν «με λέξεις ή/και αριθμούς τα στάδια που ακολουθεί το νερό της βροχής αφού φτάσει στο έδαφος», το 28,6% των μαθητών δεν περιέλαβαν στο μοντέλο τους στοιχεία που να αντιπροσωπεύουν τουλάχιστον μία μορφή νερού. Το 57,1% των μαθητών περιέλαβαν στο μοντέλο τους μια αναπαράσταση και κατανομή μόνο «Ορατών» μορφών νερού, χωρίς να περιλαμβάνουν αναπαράσταση για «Μη ορατές» μορφές νερού. Το 14,3% περιέλαβε στο μοντέλο τους δύο ή περισσότερες αναπαραστάσεις του νερού σε «Ορατές» και/ή «Μη Ορατές» μορφές. Τέλος, κανένα μοντέλο (0%) δεν περιλάμβανε τις αναπαραστάσεις του νερού σε «Ορατές» και «Μη Ορατές» μορφές του νερού (βλ. Πίνακα 6.10).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση, όπως παρατηρείται στον ίδιο πίνακα, το 7,1% των μοντέλων των μαθητών δεν περιλάμβαναν στοιχεία που αντιπροσώπευαν μια τουλάχιστον μορφή νερού. Το 21,4% των μαθητών περιλάμβανε στο μοντέλο τους μία αναπαράσταση και κατανομή «Ορατών» μορφών νερού, χωρίς να περιλαμβάνονται «Μη Ορατές» μορφές. Το 64,4% των μαθητών περιλάμβανε στο μοντέλο τους δύο ή περισσότερες αναπαραστάσεις του νερού σε «Ορατές» και/ή «Μη Ορατές» μορφές του νερού. Τέλος το 7,1% των μοντέλων περιλάμβανε αναπαραστάσεις του νερού σε «Ορατές» και «Μη Ορατές» μορφές (βλ. Πίνακα 6.10).

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι βελτιώθηκαν τα επίπεδα των μοντέλων των μαθητών ως προς τα συστατικά στοιχεία τους.

Ερμηνευτική διαδικασία

Στον Πίνακα 6.11. παρουσιάζονται οι κατηγορίες των μοντέλων των μαθητών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου, ως προς την ερευνητική διαδικασία, στο προ τεστ και στο μετά τεστ.

Πίνακας 6.11.: *Οι κατηγορίες των μοντέλων των μαθητών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου ως προς την ερμηνευτική διαδικασία στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά*

Επίπεδα	Συχνότητες και ποσοστά			
	προ τεστ		μετά τεστ	
	f	f%	f	f%
0	6	21,4%	2	7,1%
1	18	64,3%	8	28,6%
2	4	14,3%	16	57,2%
3	0	0%	2	7,1%

Από τον πίνακα 6.11. προκύπτει ότι πριν τη διδακτική παρέμβαση, το 21,4% των μαθητών, δεν περιέλαβαν στα μοντέλα τους ερμηνευτικές διαδικασίες που εστίαζαν στο νερό. Το 64,3% των μαθητών αρκέστηκε σε μία μόνο περιγραφή σχετικά με τα στοιχεία του μοντέλου τους, χωρίς να είναι σε θέση να περιγράψουν ή να συμπεριλάβουν σ' αυτό «κρυφά συστατικά» και επικεντρώθηκαν στα «ορατά» συστατικά, σύμφωνα με τις εμπειρίες της καθημερινότητάς τους. Το 14,3% των μαθητών, έδωσε περιγραφή της θερμοκρασίας ως μηχανισμού που διέπει ορισμένες αλλαγές φάσης του νερού, χωρίς να διευκρινίζει το γιατί εκδηλώνεται ο υποκείμενος μηχανισμός. Δεν μπορεί το μοντέλο να αποδώσει περαιτέρω πληροφορίες για την εξήγηση των φαινομένων που απεικονίζει. Τέλος κανένας μαθητής (0%) δεν εντόπισε με το μοντέλο του τους αιτιώδεις μηχανισμούς («κρυφές διαδικασίες») που υπάρχουν μέσα στο σύστημα (βλ. Πίνακα 6.11.).

Μετά την διδακτική παρέμβαση, το 7,1% δεν περιέλαβε στο μοντέλο του ερμηνευτικές διαδικασίες που εστιάζουν στο νερό. Το 28,6% των μαθητών δεν ήταν σε θέση να περιγράψουν ή να συμπεριλάβουν στο μοντέλο τους «κρυφά συστατικά» που σχετίζονται με το νερό. Το 57,2% των μαθητών αναφέρουν στα μοντέλα τους μόνο το πώς και όχι το γιατί εκδηλώνεται ο υποκείμενος μηχανισμός και έχουν δυσκολία να αποδώσουν περαιτέρω πληροφορίες για την εξήγηση των φαινομένων. Τέλος το 7,1% των μαθητών, αναπαριστά σωστά το πώς και το γιατί η θερμοκρασία επηρεάζει όλες τις αλλαγές φάσεων του νερού και περιλαμβάνουν στο μοντέλο τους «κρυφές» διαδικασίες χωρίς όμως να εξετάζει όλους τους αιτιώδεις μηχανισμούς που υπάρχουν μέσα στο σύστημα (βλ. Πίνακα 6.11.).

Άρα, βελτιώθηκαν τα επίπεδα των μοντέλων των μαθητών ως προς την ερμηνευτική διαδικασία.

Διαδοχή

Στον Πίνακα 6.12. παρουσιάζονται οι κατηγορίες των μοντέλων των μαθητών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου, ως προς τη διαδοχή, πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 6.12.: Οι κατηγορίες των μοντέλων των μαθητών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου ως προς την διαδοχή στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά

Επίπεδα	Συχνότητες και ποσοστά			
	προ τεστ		μετά τεστ	
	f	f%	f	f%
0	12	42,9%	6	21,4%
1	12	42,9%	6	21,4%
2	4	14,2%	14	50%
3	0	0%	2	7,2%

Στον πίνακα 6.12. παρατηρούμε ότι το 42,9% των μοντέλων των μαθητών, δεν περιλάμβαναν αλληλουχίες (αλλαγές νερού). Το 42,9% των μοντέλων των μαθητών περιέγραφαν μόνο μία αλλαγή στη φυσική κατάσταση του νερού. Το 14,2% των μοντέλων των μαθητών περιέγραφαν δύο ή περισσότερες μεταβολές στη φυσική κατάσταση του νερού, αλλά η διαδοχή είναι μόνο μία κατεύθυνση. Τέλος, κανένας μαθητής (0%) δεν περιέγραφε στο μοντέλο του δύο ή περισσότερες μεταβολές της φυσικής κατάστασης του νερού και η διαδοχή να έχει δύο κατευθύνσεις (βλ. Πίνακα 6.12.).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση, το 21,4% των μοντέλων των μαθητών δεν περιλάμβανε αλλαγές νερού. Το 21,4% των μοντέλων περιέγραφε μόνο μια αλλαγή της φυσικής κατάστασης του νερού. Το 50% των μοντέλων περιέγραφε δύο ή περισσότερες μεταβολές στη φυσική κατάσταση του νερού, με τη διαδοχή να έχει μόνο μία κατεύθυνση. Τέλος το 7,2% των μοντέλων των μαθητών περιέγραφαν δύο ή περισσότερες μεταβολές και η διαδοχή είχε δύο κατευθύνσεις (βλ. Πίνακα 6.12.).

Συνεπώς, βελτιώθηκαν τα επίπεδα των μοντέλων των μαθητών ως προς τη διαδοχή.

Απεικόνιση

Στον Πίνακα 6.13. παρουσιάζονται οι κατηγορίες των μοντέλων των μαθητών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου, ως προς την απεικόνιση, πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 6.13.: *Οι κατηγορίες των μοντέλων των μαθητών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου ως προς την απεικόνιση στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά*

Επίπεδα	Συχνότητες και ποσοστά			
	προ τεστ		μετά τεστ	
	f	f%	f	f%
0	8	28,6%	2	7,1%
1	14	50%	10	35,8%
2	6	21,4%	14	50%
3	0	0%	2	7,1%

Στον πίνακα 6.13. παρατηρούμε ότι πριν την διδακτική παρέμβαση, οι μαθητές σε ποσοστό 28,5% δεν είχαν καμία απεικόνιση στο μοντέλο τους που να υπονοείται ή να μην υπάρχει. Το 50% των μαθητών δεν είχαν καμία δήλωση στο μοντέλο τους ή είχαν δήλωση που περιέγραφε μόνο λεπτομέρειες σχετικά με το μοντέλο και όχι για τον τρόπο με τον οποίο συνδέεται το μοντέλο με τον φυσικό κόσμο. Στο 21,4% των μοντέλων υπήρχε δήλωση που εξηγούσε κάποια μορφή

φυσικού φαινομένου που συνδεόταν με το μοντέλο. Τέλος, σε κανένα μοντέλο (0%) δεν υπήρχε δήλωση που να εξηγεί πώς το μοντέλο σχετίζεται με το φυσικό φαινόμενο και πώς ανιχνεύει μια πλήρων αιτιώδη εξήγηση για το τι συμβαίνει (βλ. Πίνακα 6.13.).

Όπως καταγράφεται στον ίδιο πίνακα, μετά τη διδακτική παρέμβαση, το 7,1% των μαθητών δημιούργησαν μοντέλα που δεν είχαν καμία απεικόνιση που να υπονοείται ή να μην υπάρχει. Το 35,8% των μοντέλων δεν είχαν καμία δήλωση ή είχαν μια δήλωση που περιέγραφε μόνο λεπτομέρειες για το μοντέλο και όχι τον τρόπο που αυτό σχετίζεται με τον φυσικό κόσμο. Το 50% δεν είχαν καμία δήλωση στο μοντέλο τους που να εξηγεί κάποια μορφή του φαινομένου που συνδεόταν με το μοντέλο. Τέλος, το 7,1% των μαθητών είχαν δήλωση που εξηγούσε πώς το μοντέλο τους σχετίζεται με το φυσικό φαινόμενο δίνοντας μια πλήρη αιτιώδη εξήγηση για το τι συμβαίνει (βλ. Πίνακα 6.13.).

Από τα παραπάνω, προκύπτει ότι βελτιώθηκαν τα επίπεδα των μοντέλων των μαθητών ως προς την απεικόνιση.

Επιστημονική αρχή

Στον Πίνακα 6.14. παρουσιάζονται οι κατηγορίες των μοντέλων των μαθητών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου, ως προς την επιστημονική αρχή, πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 6.14.: *Οι κατηγορίες των μοντέλων των μαθητών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου ως προς την επιστημονική αρχή στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά*

Επίπεδα	Συχνότητες και ποσοστά			
	προ τεστ		μετά τεστ	
	f	f%	f	f%
0	6	21,4%	2	7,1%
1	18	64,3%	10	35,7%
2	4	14,3%	16	57,2%
3	0	0%	0	0%

Στον Πίνακα 6.14. παρατηρούμε ότι οι μαθητές πριν την διδακτική παρέμβαση, σε ποσοστό 21,4%, δεν κατονόμασαν καμία επιστημονική αρχή με επίκεντρο το νερό στο μοντέλο τους. Το 64,3%, των μαθητών, κατονόμασαν μια επιστημονική αρχή, αλλά δεν αποσαφήνισαν πώς εφαρμόζεται αυτή η επιστημονική αρχή. Το 14,3% των μαθητών, περιλάμβαναν στο μοντέλο τους μια επιστημονική αρχή, αλλά δεν ήταν πλήρης ή δεν αφορούσε πλήρως το φαινόμενο. Τέλος,

κανένας (0%) μαθητής δεν περιέλαβε στο μοντέλο του όλα τα στοιχεία της επιστημονικής αρχής που αφορούσαν το νερό (βλ. Πίνακα 6.14.).

Μετά την διδακτική παρέμβαση, παρατηρούμε στον ίδιο Πίνακα, ότι το 7,1% των μαθητών δεν περιλάμβαναν στο μοντέλο τους καμία επιστημονική αρχή. Το 35,7% των μαθητών, κατονομάζαν μια επιστημονική αρχή που δεν αποσαφηνιζόταν πώς εφαρμόζονταν. Το 57,2% των μαθητών, περιλάμβαναν μια επιστημονική αρχή στο μοντέλο τους αλλά δεν ήταν πλήρης ή δεν αφορούσε πλήρως το φαινόμενο. Τέλος, κανένας (0%) μαθητής δεν περιέλαβε όλα τα στοιχεία της επιστημονικής αρχής που αφορούσαν το νερό, στο μοντέλο του (βλ. Πίνακα 6.14.).

Άρα, βελτιώθηκαν τα επίπεδα των μοντέλων των μαθητών ως προς την επιστημονική αρχή.

6.7.1. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την ανάπτυξη των μοντέλων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο

Τα μοντέλα χωρίστηκαν σε 4 επίπεδα, ανάλογα με την αθροιστική βαθμολογία που είχαν σε όλους τους άξονες. Στο Επίπεδο 0 είναι τα μοντέλα που συγκέντρωσαν συνολική βαθμολογία από 0 έως 5, στο Επίπεδο 1, είναι τα μοντέλα που συγκέντρωσαν συνολική βαθμολογία από 6 έως 10, στο Επίπεδο 2 αυτά που η συνολική τους βαθμολογία είναι από 11 έως 15 και τέλος στο επίπεδο 3 είναι τα μοντέλα που συγκέντρωσαν συνολική βαθμολογία από 16-20 (βλ. Πίνακα 6.15.).

Πίνακας 6.15.: Οι κατηγορίες των βαθμολογιών των μοντέλων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά

Επίπεδα (συνολική βαθμολογία)	Συχνότητες και ποσοστά			
	προ τεστ		μετά τεστ	
	f	f%	f	f%
Επίπεδο 0 (Βαθμ. 0-5)	20	64,3%	8	28,6%
Επίπεδο 1 (Βαθμ. 6-10)	8	35,7%	16	57,1%
Επίπεδο 2 (Βαθμ. 11-15)	0	0%	4	14,3%
Επίπεδο 3 (Βαθμ. 16-20)	0	0%	0	0%

Από την ανάλυση του Πίνακα 6.15. παρατηρούμε ότι πριν τη διδακτική παρέμβαση, το ποσοστό των μοντέλων που βαθμολογήθηκαν από 0-5 ήταν 64,3%, των μοντέλων που βαθμολογήθηκαν από 6-10, 35,7%, ενώ κανένα μοντέλο δεν βαθμολογήθηκε από 11-20 (βλ. Πίνακα 6.15.).

Στον ίδιο Πίνακα, παρατηρούμε ότι μετά τη διδακτική παρέμβαση, το 28,6% των μοντέλων συγκέντρωσαν συνολική βαθμολογία με 0-5, το 57,1% των μοντέλων είχαν συνολική βαθμολογία

με 6-10 και το 14,3% βαθμολογήθηκε συνολικά από 11-15. Τέλος κανένα μοντέλο δεν είχε συλλέξει την υψηλότερη αθροιστική βαθμολογία, από 16-20 (βλ. Πίνακα 6.15).

Με το τεστ McNemar, διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στα επίπεδα των μοντέλων των μαθητών (επίπεδο 0, επίπεδα 1, 2, 3) και στο είδος του τεστ (προ-τεστ, μετά-τεστ), με $\chi^2 (1)=10,083$, $p=0,0015<0,05$. Επομένως, προέκυψε σημαντική βελτίωση στα επίπεδα των μοντέλων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο, από το προ-τεστ στο μετά-τεστ.

6.8. Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην ανάπτυξη της ποιότητας των γραπτών εξηγήσεων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της συμβολής της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη συγκρότησης εξηγήσεων από τους μαθητές. Η διερεύνηση των αντιλήψεων αυτών έγινε μέσω των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές στην ερώτηση 6 του ερωτηματολογίου. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκαν πίνακες ανάλυσης των γραπτών εξηγήσεων των μαθητών πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση.

Ισχυρισμός

Στον Πίνακα 6.16. παρατηρούμε τις κατηγορίες των ισχυρισμών των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο, πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 6.16.: Οι κατηγορίες των ισχυρισμών των μαθητών στη ερώτηση 6α του ερωτηματολογίου στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά

Επίπεδα	Συχνότητες και ποσοστά			
	προ τεστ		μετά τεστ	
	f	f%	f	f%
0	12	42,9%	4	14,3%
1	16	57,1%	16	57,1%
2	0	0%	8	28,6%

Στον Πίνακα 6.16., όπου αποτυπώνεται το πλαίσιο των ισχυρισμών των μαθητών στην ερώτηση 6α του ερωτηματολογίου, παρατηρούμε ότι πριν την διδακτική παρέμβαση, το 42,9% των μαθητών δεν πρότειναν ισχυρισμό ή πρότειναν έναν λανθασμένο. Το 57,1% των μαθητών πρότειναν έναν ακριβή αλλά ελλιπή ισχυρισμό. Τέλος κανένας (0%) μαθητής δεν πρότεινε έναν πλήρη ισχυρισμό (βλ. Πίνακα 6.16.).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση, το 14,3% των μαθητών δεν πρότειναν ισχυρισμό, ή πρότειναν έναν λανθασμένο ισχυρισμό. Το 57,1% των μαθητών, πρότειναν έναν ακριβή αλλά ελλιπή ισχυρισμό. Τέλος, το 28,6% των μαθητών πρότειναν έναν ακριβή και πλήρη ισχυρισμό (βλ. Πίνακα 6.16.).

Συνεπώς, βελτιώθηκαν οι γραπτές εξηγήσεις των μαθητών ως προς τους ισχυρισμούς που χρησιμοποίησαν.

Αποδεικτικά στοιχεία

Στον Πίνακα 6.17. παρουσιάζονται οι κατηγορίες των αποδεικτικών στοιχείων που χρησιμοποίησαν οι μαθητές στις εξηγήσεις τους για τον υδρολογικό κύκλο, πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 6.17.: Οι κατηγορίες των αποδεικτικών στοιχείων των στη ερώτηση 6β του ερωτηματολογίου στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά

Επίπεδα	Συχνότητες και ποσοστά			
	προ τεστ		μετά τεστ	
	f	f%	f	f%
0	14	50%	2	7,1%
1	14	50%	20	71,4%
2	0	0%	6	21,5%

Στον Πίνακα 6.17., όπου αναλύονται τα αποδεικτικά στοιχεία που πρότειναν οι μαθητές στην ερώτηση 6β του ερωτηματολογίου, παρατηρούμε ότι το 50% των μαθητών δεν πρότειναν αποδεικτικά στοιχεία, ή πρότειναν μη κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία που δεν υποστήριζαν τον ισχυρισμό. Το 50% των μαθητών πρότειναν κατάλληλα αλλά ανεπαρκή αποδεικτικά στοιχεία. Τέλος, κανένας μαθητής (0%) δεν πρότεινε κατάλληλα και επαρκή αποδεικτικά στοιχεία (βλ. Πίνακα 6.17.).

Μετά την διδακτική παρέμβαση, παρατηρούμε ότι το 7,1% των μαθητών δεν πρότειναν αποδεικτικά στοιχεία ή πρότειναν μη κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία. Το 71,4% των μαθητών πρότειναν κατάλληλα αλλά ανεπαρκή αποδεικτικά στοιχεία. Τέλος, το 21% των μαθητών πρότειναν κατάλληλα και επαρκή αποδεικτικά στοιχεία (βλ. Πίνακα 6.17.).

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι υπήρχε βελτίωση στις γραπτές εξηγήσεις των μαθητών, όσον αφορά τα αποδεικτικά στοιχεία.

Συλλογισμός

Στον Πίνακα 6.18. παρουσιάζονται οι κατηγορίες των συλλογισμών που χρησιμοποίησαν οι μαθητές στις εξηγήσεις τους για τον υδρολογικό κύκλο, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 6.18.: Οι κατηγορίες των συλλογισμών των στη ερώτηση δγ του ερωτηματολογίου στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά

Επίπεδα	Συχνότητες και ποσοστά			
	προ τεστ		μετά τεστ	
	f	f%	f	f%
0	20	71,4%	2	7,1%
1	8	28,6%	14	50%
2	0	0%	12	42,9%

Στο πλαίσιο του συλλογισμού που έγραψαν οι μαθητές στην ερώτηση δγ του ερωτηματολογίου, όπως καταγράφεται στον Πίνακα το 71,4% των μαθητών δεν πρότειναν συλλογισμό που να αναφέρεται στον υδρολογικό κύκλο. Το 28,6% των μαθητών πρότειναν συλλογισμό που αναφέρεται σε ορισμένες διαστάσεις του υδρολογικού κύκλου. Τέλος, κανένας (0%), μαθητής δεν πρότεινε συλλογισμό που να αναφέρεται ευθέως στον υδρολογικό κύκλο (βλ. Πίνακα 6.18.).

Μετά την διδακτική παρέμβαση, παρατηρούμε στον ίδιο Πίνακα, ότι το 7,1% των μαθητών δεν πρότειναν συλλογισμό που να αναφέρεται στον υδρολογικό κύκλο. Το 50% των μαθητών πρότειναν συλλογισμό που αναφέρεται σε ορισμένες διαστάσεις του υδρολογικού κύκλου. Τέλος το 42,9% των μαθητών, πρότειναν συλλογισμό που αναφέρεται ευθέως στον υδρολογικό κύκλο (βλ. Πίνακα 6.18.).

Συνεπώς, βελτιώθηκαν οι γραπτές εξηγήσεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο, ως προς τον συλλογισμό.

6.8.1. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την ανάπτυξη της ποιότητας των γραπτών εξηγήσεων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο

Οι εξηγήσεις χωρίστηκαν σε 2 επίπεδα, ανάλογα με την αθροιστική βαθμολογία που είχαν σε όλους τους άξονες. Στο Επίπεδο 0 είναι οι εξηγήσεις που συγκέντρωσαν συνολική βαθμολογία από 0 έως 1 και στο Επίπεδο 1, είναι οι εξηγήσεις που συγκέντρωσαν συνολική βαθμολογία από 2 έως 3 (βλ. Πίνακα 6.19.).

Πίνακας 6.19: Οι κατηγορίες των βαθμολογιών των εξηγήσεων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο στο προ τεστ και στο μετά τεστ: συχνότητες και ποσοστά

Επίπεδα (συνολική βαθμολογία)	Συχνότητες και ποσοστά			
	προ τεστ		μετά τεστ	
	f	f%	f	f%
Επίπεδο 0 (Βαθμ. 0-1)	22	78,6%	9	32,1%
Επίπεδο 1 (Βαθμ. 2-3)	6	21,4%	19	67,9%

Από την ανάλυση του Πίνακα 6.19. παρατηρούμε ότι πριν τη διδακτική παρέμβαση, το ποσοστό των εξηγήσεων που βαθμολογήθηκαν από 0-1 ήταν 78,6%, ενώ των εξηγήσεων που βαθμολογήθηκαν από 2-3 ήταν 21,4% (βλ. Πίνακα 6.15.).

Στον ίδιο Πίνακα, παρατηρούμε ότι μετά τη διδακτική παρέμβαση, το 32,1%% των εξηγήσεων συγκέντρωσαν συνολική βαθμολογία με 0-1, ενώ το 67,9% συγκέντρωσε βαθμολογία από 2-3 (βλ. Πίνακα 6.19).

Με το τεστ McNemar, διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στα επίπεδα των εξηγήσεων των μαθητών (επίπεδο 0, επίπεδο 1) και στο είδος του τεστ (προ-τεστ, μετά-τεστ), με $\chi^2(1)=11,077$, $p=0,0009<0,05$. Επομένως, προέκυψε σημαντική βελτίωση στην ανάπτυξη των γραπτών εξηγήσεων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο, από το προ-τεστ στο μετά-τεστ.

6.9. Η εξέλιξη των αντιλήψεων για την εξάτμιση του νερού κατά τη διδασκαλία

Προκειμένου να φανεί η εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για το φαινόμενο της εξάτμισης του νερού, θα γίνει στην ενότητα αυτή, σύγκριση ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών, όπως αυτές προέκυψαν από τις απαντήσεις των μαθητών:

- στην ερώτηση 1 του ερωτηματολογίου στο προ τεστ,
- που έδωσαν κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης σε ερωτήσεις σχετικές με το φαινόμενο της εξάτμισης,
- στο Φύλλο Εργασίας 2α και
- στην ερώτηση 1 του ερωτηματολογίου στο μετά τεστ (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ). Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε ο παρακάτω Πίνακας (βλ. Πίνακα 6.20.).

Πίνακας 6.20: Η εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για την εξάτμιση. Συγκριτικός πίνακας προ τεστ, δραστηριότητας 1, ΦΕ2α και μετά τεστ, ανά μαθητή

Μαθητές	Προ-τεστ	Δραστ. 1	ΦΕ2α	Μετά-τεστ	Αλλαγή
M 1	0	1	1	1	B
M 2	0	0	1	1	B
M 3	0	0	1	1	B
M 4	0	0	1	1	B
M 5	0	0	1	1	B
M 6	0	0	1	1	B
M 7	1	1	1	1	Σ
M 8	0	0	0	0	Σ
M 9	1	1	1	1	Σ
M 10	0	0	0	0	Σ
M 11	1	1	1	1	Σ
M 12	1	1	0	1	Π
M 13	1	0	1	1	Π
M 14	1	0	1	1	Π

Υπόμνημα: B: Βελτίωση, Σ: Σταθερότητα, Π: Παλινδρομήσεις

Από τον παραπάνω πίνακα, διαπιστώνεται ότι διαμορφώνονται τρεις ομάδες μαθητών (Ομάδα 1, Ομάδα 2 και Ομάδα3).

Ομάδα 1: Στην ομάδα 1 εντάχθηκαν οι μαθητές που η εξέλιξη των αντιλήψεών τους χαρακτηρίζεται από βελτίωση («B») κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Πρόκειται για 6 μαθητές.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται ενδεικτικά παραδείγματα απαντήσεων των μαθητών που ανήκουν στην ομάδα 1

M2:

Προ τεστ: Το νερό της αυλής το ρούφηξε το τσιμέντο. (επίπεδο 0)

Δραστ.1: Το νερό το ήπιαν τα πουλάκια. (επίπεδο 0)

ΦΕ2α: Ο ήλιος και ο αέρας έκαναν το νερό ν' ανέβει στα σύννεφα. (επίπεδο 1)

Μετά τεστ: Το νερό πήγε στον αέρα. (επίπεδο 1)

M4:

Προ τεστ: Το νερό απλά εξαφανίστηκε. (επίπεδο 0)

Δραστ.1: Το νερό έγινε καπνός, επειδή ζεστάθηκε από τον ήλιο. (επίπεδο 0)

ΦΕ2α: Ο ήλιος και ο αέρας έκαναν το νερό ν' ανέβει στα σύννεφα. (επίπεδο 1)

Μετά τεστ: Το νερό πήγε στον αέρα. (επίπεδο 1)

Ομάδα 2: Στην ομάδα 2 εντάχθηκαν οι μαθητές που η εξέλιξη των αντιλήψεών τους χαρακτηρίζεται από σταθερότητα («Σ») κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Πρόκειται για 5 μαθητές.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται ενδεικτικά παραδείγματα απαντήσεων των μαθητών που ανήκουν στην ομάδα 3

M7:

Προ τεστ: Το νερό πήγε στον αέρα. (επίπεδο 1)

Δραστ.1: Το νερό ζεστάθηκε, έγινε αέρας και πήγε στα σύννεφα. (επίπεδο 1)

ΦΕ2α: Ο ήλιος και ο αέρας έκαναν το νερό ν' ανέβει στα σύννεφα. (επίπεδο 1)

Μετά τεστ: Το νερό πήγε στον αέρα. (επίπεδο 1)

Ομάδα 3: Στην ομάδα 3 εντάχθηκαν οι μαθητές που η εξέλιξη των αντιλήψεών τους χαρακτηρίζεται από παλινδρομήσεις («Π») κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Πρόκειται για 3 μαθητές.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται ενδεικτικά παραδείγματα απαντήσεων των μαθητών που ανήκουν στην ομάδα 2.

M12:

Προ τεστ: Το νερό πήγε στον αέρα. (επίπεδο 1)

Δραστ.1: Το νερό ζεστάθηκε, έγινε αέρας και πήγε στα σύννεφα. (επίπεδο 1)

ΦΕ2α: Το νερό το απορρόφησαν τα ρούχα. (επίπεδο 0)

Μετά τεστ: Το νερό πήγε στον αέρα. (επίπεδο 1)

M13

Προ τεστ: Το νερό πήγε στον αέρα. (επίπεδο 1)

Δραστ.1: Το νερό ζεστάθηκε και το απορρόφησε το δοχείο. (επίπεδο 0)

ΦΕ2α: Ο ήλιος και ο αέρας έκαναν το νερό ν' ανέβει στα σύννεφα. (επίπεδο 1)

Μετά τεστ: Το νερό πήγε στον αέρα. (επίπεδο 1)

6.10. Η εξέλιξη των επιπέδων των μοντέλων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας

Στον Πίνακα 6.21. παρουσιάζονται οι Μ.Ο. των επιπέδων τεσσάρων μοντέλων/δραστηριοτήτων που δημιουργήθηκαν κατά την διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης. Σκοπός του Πίνακα, είναι να δείξει την αλλαγή στην εξέλιξη των μοντέλων των μαθητών.

Πίνακας 6.21: Η εξέλιξη των επιπέδων τεσσάρων μοντέλων κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης ανά μαθητή

Μαθητές	Μοντέλο 1	Μοντέλο 2	Μοντέλο 3	Μοντέλο 4	Αλλαγή
M 1	0,6	1	1	1,8	B
M 2	0,6	1,6	1,8	2	B
M 3	0,6	1,6	1,8	2	B
M 4	0,6	0,6	1,2	1,6	B
M 5	1	0,8	1,4	1,4	B
M 6	0,6	0,8	0,8	1	B
M 7	0,4	1,2	1,2	1,6	B
M 8	0,4	0,6	0,8	1	B
M 9	1	1,2	1	1,2	Σ
M 10	0,6	1	1	1	Σ
M 11	1	1,6	1,2	1,6	Π
M 12	0,8	1,4	1	1,2	Π
M 13	1,2	1,8	1,6	1,2	Π
M 14	0,8	1,8	1,2	1,4	Π

Υπόμνημα: B: Βελτίωση, Σ: Σταθερότητα, Π: Παλινδρομήσεις

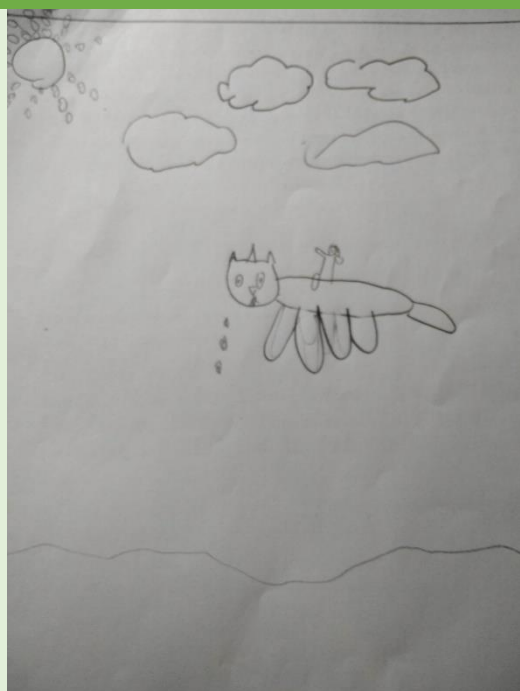
Διαπιστώνεται ότι διαμορφώνονται τρεις ομάδες μαθητών (Ομάδα 1, Ομάδα 2 και Ομάδα3)

Ομάδα 1: Στην ομάδα 1 εντάχθηκαν οι μαθητές που η εξέλιξή τους χαρακτηρίζεται από βελτίωση («B») κατά τη διάρκεια της συμμετοχής τους σε δραστηριότητες. Πρόκειται για 8 μαθητές.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται ενδεικτικά παραδείγματα μοντέλων των μαθητών που ανήκουν στην ομάδα 1

Μαθήτρια 3			
Δραστηριότητα 1		Δραστηριότητα 3	
Επίπεδα		Επίπεδα	
Συστατικά στοιχεία:	1	Συστατικά στοιχεία:	2
Ερμηνευτική διαδικασία:	0	Ερμηνευτική διαδικασία:	1
Διαδοχή:	1	Διαδοχή:	2
Απεικόνιση:	1	Απεικόνιση:	2
Επιστημονική αρχή:	0	Επιστημονική αρχή:	2

Μαθήτρια 4



Δραστηριότητα 1

Δραστηριότητα 4

	Επίπεδα		Επίπεδα
Συστατικά στοιχεία:	1	Συστατικά στοιχεία:	2
Ερμηνευτική διαδικασία:	0	Ερμηνευτική διαδικασία:	1
Διαδοχή:	1	Διαδοχή:	2
Απεικόνιση:	1	Απεικόνιση:	2
Επιστημονική αρχή:	0	Επιστημονική αρχή:	1

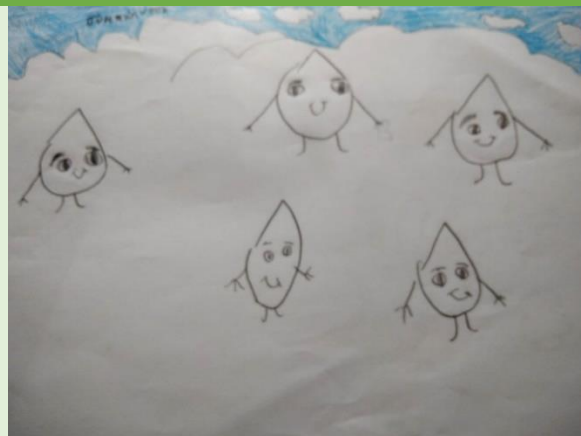
Ομάδα 2: Στην ομάδα 2 εντάχθηκαν οι μαθητές που η εξέλιξή τους χαρακτηρίζεται από σταθερότητα («Σ») κατά τη διάρκεια της συμμετοχής τους σε δραστηριότητες. Πρόκειται για 4 μαθητές.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται ενδεικτικά παραδείγματα μοντέλων των μαθητών που ανήκουν στην ομάδα 3.

Μαθήτρια 9



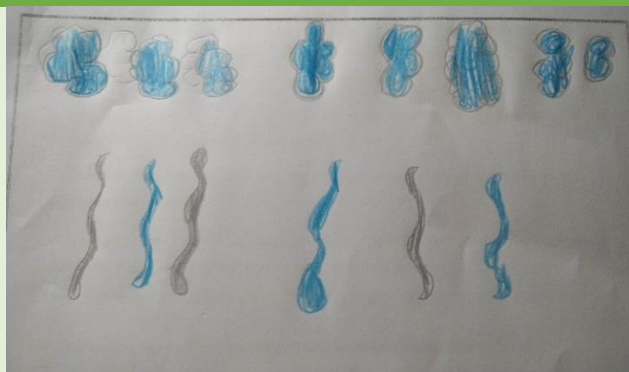
Δραστηριότητα 1



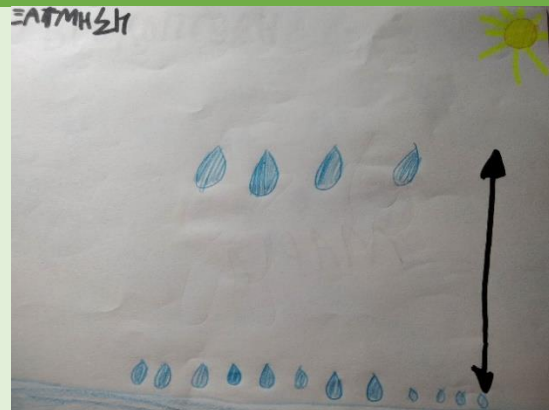
Δραστηριότητα 3

Επίπεδα		Επίπεδα	
Συστατικά στοιχεία:	3	Συστατικά στοιχεία:	2
Ερμηνευτική διαδικασία:	0	Ερμηνευτική διαδικασία:	1
Διαδοχή:	1	Διαδοχή:	1
Απεικόνιση:	1	Απεικόνιση:	1
Επιστημονική αρχή:	0	Επιστημονική αρχή:	0

Μαθήτρια 10



Δραστηριότητα 2



Δραστηριότητα 4

Επίπεδα		Επίπεδα	
Συστατικά στοιχεία:	2	Συστατικά στοιχεία:	1
Ερμηνευτική διαδικασία:	0	Ερμηνευτική διαδικασία:	1
Διαδοχή:	1	Διαδοχή:	1
Απεικόνιση:	1	Απεικόνιση:	1
Επιστημονική αρχή:	1	Επιστημονική αρχή:	1

Ομάδα 3: Στην ομάδα 3 εντάχθηκαν οι μαθητές που η εξέλιξή τους χαρακτηρίζεται από παλινδρομήσεις («Π») κατά τη διάρκεια της συμμετοχής τους σε δραστηριότητες. Πρόκειται για 2 μαθητές.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται ενδεικτικά παραδείγματα μοντέλων των μαθητών που ανήκουν στην ομάδα 2

Μαθητής 11



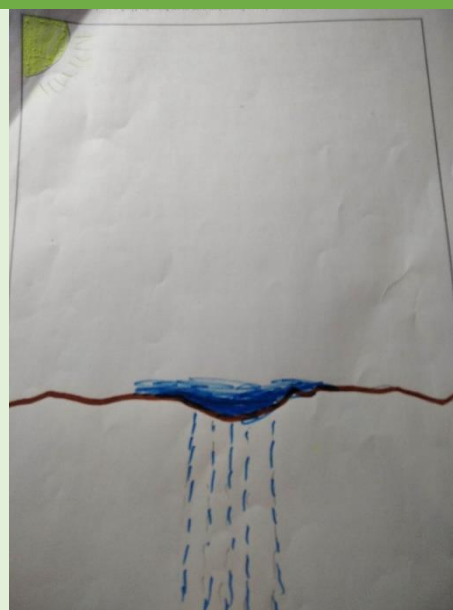
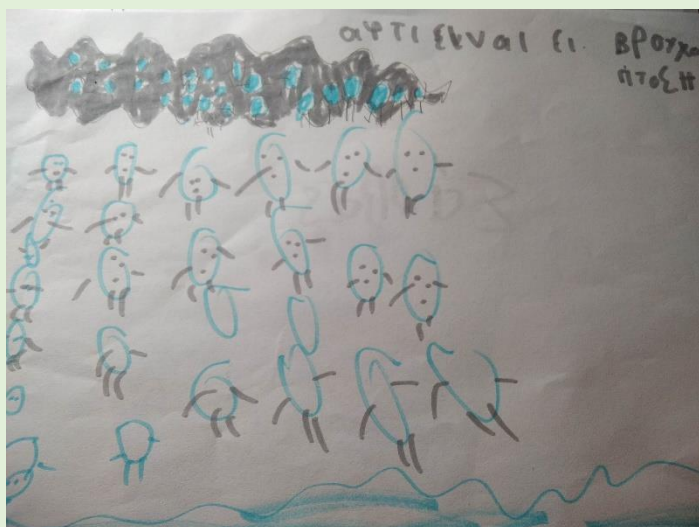
Δραστηριότητα 1



Δραστηριότητα 3

Επίπεδα		Επίπεδα	
Συστατικά στοιχεία:	3	Συστατικά στοιχεία:	2
Ερμηνευτική διαδικασία:	0	Ερμηνευτική διαδικασία:	1
Διαδοχή:	1	Διαδοχή:	2
Απεικόνιση:	1	Απεικόνιση:	1
Επιστημονική αρχή:	0	Επιστημονική αρχή:	0

Μαθήτρια 12



Δραστηριότητα 2

Δραστηριότητα 4

	Επίπεδα		Επίπεδα
Συστατικά στοιχεία:	2	Συστατικά στοιχεία:	2
Ερμηνευτική διαδικασία:	0	Ερμηνευτική διαδικασία:	1
Διαδοχή:	2	Διαδοχή:	1
Απεικόνιση:	1	Απεικόνιση:	1
Επιστημονική αρχή:	2	Επιστημονική αρχή:	1

6.13. Ανακεφαλαίωση

Στο κεφάλαιο αυτό έγινε παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας της παρούσας εργασίας. Συγκεκριμένα, παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα που σχετίζονται με τις αντιλήψεις των μαθητών για την εξάτμιση, την σύσταση σύννεφων, την προέλευση της βροχής και την απορροή του νερού καθώς και τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για τις αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο. Κατόπιν, έγινε αναφορά στη συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην ανάπτυξη μοντέλων για τον υδρολογικό κύκλο, και παρουσιάστηκαν τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα της ανάπτυξης μοντέλων. Επίσης, αναφέρθηκε η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην ανάπτυξη της ποιότητας των γραπτών εξηγήσεων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο και έγινε παρουσίαση των συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων. Έπειτα, παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα για την εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για την εξάτμιση του νερού κατά τη διδασκαλία. Τέλος παρουσιάστηκε η εξέλιξη των επιπέδων των μοντέλων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1. Εισαγωγή

Τα τελευταία τριάντα χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες για την διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών, σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης, σε θέματα σχετικά με τις Φυσικές επιστήμες (βλ. ενότητα 2.2.). Επίσης, ένας αρκετά μεγάλος αριθμός ερευνών εστιάζουν στην αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών, με την ενεργό συμμετοχή τους σε διδασκαλίες που στηρίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες (βλ. ενότητα 2.2.4.). Επιπλέον, έχει υποστηριχθεί ότι οι διανοητικές και πρακτικές εργασίες που έχουν σχέση με την αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών στηρίζονται στην εμπλοκή τους με πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής (βλ. ενότητα 2.3.).

Ειδικότερα, πολλές είναι οι έρευνες που έχουν γίνει για τις αντιλήψεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο, κυρίως για τα φαινόμενα της εξάτμισης και της συμπύκνωσης, για την προέλευση της βροχής και τη δημιουργία σύννεφων (Piaget, 1930; Driver, et al., 1998; Bar, 1989; Assaraf, et al., 2012; Savva, 2014) όμως είναι συγκριτικά λιγότερες αυτές που ερευνούν πώς επιδρά μια διδακτική παρέμβαση για τον υδρολογικό κύκλο, στη βελτίωση των αντιλήψεων αυτών. Περιορισμένες είναι επίσης οι έρευνες που μελετούν την επίδραση των διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται στη «μάθηση μέσω πρακτικών» για τον υδρολογικό κύκλο, στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών (Forbes, et al., 2015; Vo, et al., 2015).

Οι παραπάνω έρευνες αφορούν κυρίως σε μαθητές των μεσαίων ή των μεγαλύτερων τάξεων του δημοτικού σχολείου και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ενώ απουσιάζουν αντίστοιχες έρευνες που να διερευνούν την επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται στην μάθηση μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής αξιοποιώντας φυσικά και ψηφιακά μέσα για τον υδρολογικό κύκλο, στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών πρώτης σχολικής ηλικίας.

Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης μιας διδακτικής παρέμβασης για τον υδρολογικό κύκλο που βασίστηκε στη διδακτική προσέγγιση της μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής, με την αξιοποίηση φυσικών και ψηφιακών μέσων, στις αντιλήψεις και τις πρακτικές που αφορούν την ανάπτυξη μοντέλων και τη συγκρότηση εξηγήσεων των μαθητών της Β' τάξης του δημοτικού σχολείου.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν ήταν τα ακόλουθα:

Ερευνητικό ερώτημα 1: Ποια η επίδραση μιας διδακτικής παρέμβασης για τον υδρολογικό κύκλο που βασίζεται στη μάθηση μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής

αξιοποιώντας φυσικά και ψηφιακά μέσα στις αντιλήψεις των μαθητών της Β' τάξης του δημοτικού σχολείου;

Ερευνητικό ερώτημα 2: Ποια η επίδραση μιας διδακτικής παρέμβασης για τον υδρολογικό κύκλο που βασίζεται στη μάθηση μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής αξιοποιώντας φυσικά και ψηφιακά στις ικανότητες των μαθητών να αναπτύσσουν μοντέλα;

Ερευνητικό ερώτημα 3: Ποια η επίδραση μιας διδακτικής παρέμβασης για τον υδρολογικό κύκλο που βασίζεται στη μάθηση μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής αξιοποιώντας φυσικά και ψηφιακά στις ικανότητες των μαθητών να συγκροτούν εξηγήσεις;

Για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας, συγκροτήθηκε ερωτηματολόγιο (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ), προκειμένου να διερευνηθούν οι αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τον υδρολογικό κύκλο καθώς και οι πρακτικές των μαθητών που αφορούσαν στην ανάπτυξη μοντέλων και τη συγκρότηση εξηγήσεων. Το εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε, στηρίχθηκε στο μαθησιακό μοντέλο 5E (Bybee, et al., 2006) και αξιοποιήθηκαν φυσικά και ψηφιακά μέσα.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα βασικά ευρήματα της παρούσας έρευνας (βλ. ενότητα 7.2.), διατυπώνονται οι περιορισμοί της έρευνας (βλ. ενότητα 7.3.) και οι προτάσεις για μελλοντική έρευνα (βλ. ενότητα 7.4.).

7.2. Βασικά ευρήματα της έρευνας και σχολιασμός τους

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα βασικά ευρήματα της έρευνας. Συγκεκριμένα στην πρώτη υποενότητα αναφέρεται τη συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο (βλ. υποενότητα 7.2.1.). Στη δεύτερη υποενότητα γίνεται αναφορά στη συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη των μοντέλων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο (βλ. υποενότητα 7.2.2) και η τρίτη υποενότητα αναφέρεται στη συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη της ποιότητας των εξηγήσεων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο (βλ. υποενότητα 7.2.3.).

7.2.1.Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για υδρολογικό κύκλο

Πριν τη διδακτική παρέμβαση, οι περισσότεροι μαθητές εκδήλωσαν αντιλήψεις για τον υδρολογικό κύκλο που ήταν διαφορετικές της σχολικής γνώσης. Αντίθετα, μετά τη διδακτική παρέμβαση, οι περισσότεροι μαθητές εκδήλωσαν αντιλήψεις για τον υδρολογικό κύκλο που ήταν σύμφωνες με τη σχολική γνώση. Επίσης, η μελέτη της εξέλιξης των αντιλήψεων κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας έδειξε ότι οι περισσότεροι μαθητές άλλαξαν αντιλήψεις προς την κατεύθυνση

της σχολικής γνώσης. Προς αυτή την κατεύθυνση συνέβαλαν δραστηριότητες γνωστικής σύγκρουσης. Συνεπώς, η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε συνέβαλε στην αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών.

Τα αποτελέσματα που αφορούν στο προ-τεστ συνάδουν με τα ευρήματα άλλων ερευνών. Συγκεκριμένα και άλλες έρευνες όπως των Osborne και Cosgrove (Osborne & Cosgrove, 1983), των Rysell και Watt, (Russell & Watt, 1990), των Bar και Galili (Bar & Galili, 1994) καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι σε παιδιά μικρής ηλικίας, από 5 έως 8 ετών, υπάρχει η αντίληψη ότι «το νερό εξαφανίζεται» ή ότι «το νερό το ρουφάει το τσιμέντο».

Έχει διαπιστωθεί ότι οι μαθητές πριν τη διδασκαλία ενός ζητήματος έχουν αντιλήψεις διαφορετικές της σχολικής γνώσης (Driver, et al., 1993; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001). Συνεπώς, τα ευρήματα αυτής της εργασίας που αφορούν στο προ-τεστ μπορούν να αποδοθούν σε αυτή τη διαπίστωση. Η αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών μετά τη διδασκαλία μπορεί να αποδοθεί στη διδακτική προσέγγιση που ακολουθήθηκε στην εργασία (μάθηση μέσω πρακτικών). Έχει επισημανθεί ότι η αναθεώρηση των αντιλήψεων των μαθητών εδράζεται στην εμπλοκή τους με πρακτικές των ΦΕ και της Μηχανικής (NRC, 2012). Επίσης, η αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών μπορεί να αποδοθεί σε δραστηριότητες που ενέπλεκαν τους μαθητές με διαδικασίες γνωστικής σύγκρουσης (Skoumios & Hatzinikita, 2005). Η γνωστική σύγκρουση μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να συνειδητοποιήσουν την ανεπάρκεια των αρχικών τους αντιλήψεων και να τους βοηθήσει να οικοδομήσουν την επιστημονική γνώση (Κόκκοτας, 1996). Προς αυτή την κατεύθυνση συνέβαλλε και η χρήση νέων τεχνολογιών που δίνουν τη δυνατότητα στον μαθητή να συλλέξει, να επεξεργαστεί και να παρουσιάσει τις αναγκαίες πληροφορίες και να τις εκμεταλλευτεί προκειμένου να δημιουργήσει ένα νέο περιβάλλον μάθησης. Έτσι ο μαθητής συμμετέχει ενεργά στη διαδικασία της μάθησης μέσα σ' ένα διαδραστικό περιβάλλον. Οι νέες τεχνολογίες στην εκπαίδευση αποτελούν ισχυρό γνωστικό εργαλείο και μπορούν να ενισχύουν τους μαθητές με τα κατάλληλα εργαλεία ώστε να κατανοήσουν σύνθετες επιστημονικές έννοιες και διαδικασίες, όπως είναι η αξιοποίηση περιβάλλοντος πειραματικού σχεδιασμού και διατύπωσης υποθέσεων (Χατζηκρανιώτης & Μολοχίδης, 2017)

Μελετώντας συνολικά τα αποτελέσματα της συμβολής της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο, διαπιστώνουμε ότι είναι εφικτή η επεξεργασία των αντιλήψεων των μαθητών, αφού σημειώθηκε αύξηση του αριθμού των μαθητών που μετά την διδακτική παρέμβαση ενεργοποίησαν αντιλήψεις προς την σχολική γνώση. Παρ' όλα αυτά ήταν αρκετοί οι μαθητές που δεν άλλαξαν αντιλήψεις για τον υδρολογικό κύκλο, ή διαμόρφωσαν αντιλήψεις πανομοιότυπες με την σχολική γνώση, ενσωματώνοντας αυτά που ήδη

γνώριζαν από την καθημερινότητά τους, με τη νέα γνώση. Με αυτό το γεγονός έχουν ασχοληθεί έρευνες σχετικές με την ανθεκτικότητα των αντιλήψεων των μαθητών όλων των βαθμίδων, σε κάθε αλλαγή (Ψύλλος, et al., 1993). Όπως έχει αναφερθεί και στην υποενότητα 2.2.3. ένα από τα γενικά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των μαθητών είναι ότι αντιστέκονται στην αλλαγή. Οι έρευνες έχουν δείξει ότι οι αντιλήψεις των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φ.Ε. είναι σταθερές στον χρόνο. Ακόμα και αν η διδασκαλία περιέχει ισχυρά αποδεικτικά στοιχεία, οι μαθητές διατηρούν τις αρχικές αντιλήψεις τους, επιλέγοντας να τις προσαρμόσουν στα επιστημονικά στοιχεία (Driver, et al., 1993). Η σταθερότητα και η ανθεκτικότητα των αντιλήψεων έχει σχέση με την εννοιολογική αλλαγή, που είναι μια μακροχρόνια και αργή διαδικασία που υπερβαίνει τις συνηθισμένες διδακτικές διαδικασίες (Skoumios & Hatzinikita, 2005).

7.2.2. Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη των μοντέλων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο

Για τη δημιουργία μοντέλων για τον υδρολογικό κύκλο, διαπιστώθηκε ότι πριν την διδακτική παρέμβαση οι μαθητές στην πλειοψηφία τους δεν μπορούσαν να αποδώσουν πλήρως και με σαφήνεια στο μοντέλο τους τις λειτουργίες του υδρολογικού κύκλου, ούτε να περιγράψουν τη σύνδεσή του με τον φυσικό κόσμο. Αντίθετα μετά τη διδακτική παρέμβαση, οι περισσότεροι μαθητές βελτίωσαν τα μοντέλα τους και ήταν σε θέση να απεικονίσουν περισσότερες και επιστημονικά ακριβείς αναπαραστάσεις των μορφών του νερού χωρίς όμως να είναι πλήρεις και ακριβείς οι επιστημονικές εξηγήσεις τους. Κατά τη μελέτη της εξέλιξης των μοντέλων κατά τη διάρκεια της διδακτικής διαδικασίας, φάνηκε ότι υπήρξε βελτίωση στην ανάπτυξη των μοντέλων των μαθητών. Οι δραστηριότητες που συνέβαλαν περισσότερο σ' αυτό ήταν η εμπλοκή των μαθητών στη σχεδίαση και πραγματοποίηση πειραμάτων τα οποία έγιναν ομαδικά, σε φυσικό και ψηφιακό περιβάλλον και η χρήση του ελεύθερου λογισμικού blippaR, το οποίο εισήγαγε τους μαθητές σε περιβάλλον επαυξημένης πραγματικότητας και τους έδωσε τη δυνατότητα να πάρουν πληροφορίες από το διαδραστικό περιεχόμενο που προστέθηκε από την ερευνήτρια, στις εικόνες αναφοράς. Επομένως, η διδακτική παρέμβαση η οποία εφαρμόστηκε, συνέβαλε στην εξέλιξη των μοντέλων των μαθητών.

Αν και δεν έχουν γίνει αρκετές έρευνες για την εξέλιξη της ανάπτυξης των μοντέλων σε μαθητές μικρών τάξεων του δημοτικού σχολείου, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας στο προ τεστ, συνάδουν με ευρήματα άλλων ερευνών. Συγκεκριμένα η διαπίστωση του Gunckel και των συνεργατών του (Gunckel, et al., 2012), στην έρευνα που έκαναν σε μαθητές από 10-17 ετών, διαπίστωσαν ότι η σύνδεση των στοιχείων του υδρολογικού κύκλου, που είναι «ορατά» με αυτά που «δεν είναι ορατά», καθώς και η κατανόησή τους, αποτελεί μια δύσκολη διαδικασία για τους

μαθητές κυρίως σε μικρή ηλικία, λόγω έλλειψης εμπειριών και παρατήρησης. Επίσης, τα αποτελέσματα της έρευνας του Forbes και των συνεργατών του (Forbes, et al., 2015), έδειξαν ότι ενώ οι μαθητές ήταν σε θέση να απεικονίσουν περισσότερες επιστημονικά ακριβείς, αναπαραστάσεις των μορφών του νερού, δεν τελειοποίησαν ουσιαστικά στοιχεία στα μοντέλα τους (Forbes, et al., 2015).

Η βελτίωση των μοντέλων των μαθητών μπορεί να αποδοθεί τόσο στα φυσικά όσο και στα ψηφιακά μέσα διδασκαλίας που χρησιμοποιήθηκαν (σχολικό εγχειρίδιο, πειράματα σε φυσικό και ψηφιακό περιβάλλον, προσομοιώσεις, ψηφιακό παραμύθι, βίντεο) καθώς και στα φύλλα εργασίας που δόθηκαν στη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης. Η εμπλοκή των μαθητών με πρακτικές των ΦΕ και της Μηχανικής συμβάλλει στην αναθεώρηση των αντιλήψεών τους (NRC, 2012). Επίσης, η αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών μπορεί να αποδοθεί στις δραστηριότητες που τους ενέπλεκαν με διαδικασίες γνωστικής σύγκρουσης (Skoumios & Hatzinikita, 2005).

7.2.3. Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη της ποιότητας των γραπτών εξηγήσεων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο

Όπως διαπιστώθηκε από την μελέτη των αποτελεσμάτων για τις γραπτές εξηγήσεις των μαθητών, πριν τη διδακτική παρέμβαση, οι περισσότεροι μαθητές δεν ήταν σε θέση να αποδώσουν μία πλήρη και επαρκή εξήγηση για διαστάσεις του υδρολογικού κύκλου. Μετά τη διδακτική παρέμβαση οι εξηγήσεις των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο βελτιώθηκαν σημαντικά. Επίσης, όπως φάνηκε από την μελέτη της εξέλιξης των γραπτών εξηγήσεων κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, οι περισσότεροι μαθητές βελτίωσαν τις εξηγήσεις τους.

Τα αποτελέσματα στο προ τεστ συμφωνούν με ευρήματα άλλων ερευνών, όπως των Osborne και Cosgrove (Osborne & Cosgrove, 1983) και του Shepardson και των συνεργατών του (Shepardson, et al., 2005) που ερεύνησαν τις αντιλήψεις των μαθητών διαφόρων ηλικιών, για τον υδρολογικό κύκλο μέσω των γραπτών εξηγήσεών τους. Τα αποτελέσματα των ερευνών συγκλίνουν και δείχνουν ότι οι μαθητές κατανοούν ορισμένα στοιχεία του υδρολογικού κύκλου σε συνδυασμό με κάποια άλλα (εξάτμιση-συμπύκνωση) ή μεμονωμένα (λεκάνες απορροής) αλλά δεν μπορούν να εξηγήσουν πλήρως το πώς συμβαίνουν τα φαινόμενα αυτά, ευρήματα που συνάδουν με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας (Osborne & Cosgrove, 1983; Shepardson, et al., 2005).

Η βελτίωση μπορεί να αποδοθεί στο εκπαιδευτικό υλικό και στις δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν και έδιναν την δυνατότητα στους μαθητές να βελτιώσουν την ποιότητα των εξηγήσεών τους, μέσα από τον προβληματισμό, τη συνεργασία, και την αυτοαξιολόγηση. Τα στοιχεία αυτά βελτιώνουν την ποιότητα των εξηγήσεων των μαθητών, όπως φαίνεται σε έρευνες

που έχουν γίνει (McNeill & Krajcik, 2007). Επίσης, όπως έχει διαπιστωθεί από έρευνες, η εμπλοκή των μαθητών με μοντέλα, συμβάλλει στη βελτίωση των εξηγήσεών τους (model based explanations – MBE) για τα υδρολογικά φαινόμενα (Zangori, et al., 2017).

7.2.4. Γενικό συμπέρασμα

Η βελτίωση των αντιλήψεων των μαθητών της Β΄ τάξης του δημοτικού σχολείου για τον υδρολογικό κύκλο και των πρακτικών που αφορούν τις Φυσικές Επιστήμες και τη Μηχανική, αναδείχθηκε εφικτή μέσω της διδακτικής παρέμβασης που βασίστηκε στη διδακτική προσέγγιση της μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής, με την αξιοποίηση φυσικών και ψηφιακών μέσων.

7.3. Περιορισμοί της έρευνας

Σημαντικός περιορισμός της παρούσας έρευνας είναι ο μικρός αριθμός των μαθητών που έλαβαν μέρος σ' αυτή, καθώς τα δεδομένα συλλέχθηκαν από 28 μαθητές δύο τμημάτων της Β΄ δημοτικού σχολείου, ενός χωριού της Ρόδου.

Ένας ακόμα περιορισμός που θα μπορούσε να αναφερθεί είναι ότι εκτός του ερωτηματολογίου, για τη συλλογή δεδομένων, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και κάποιο άλλο μέσο, όπως η συνέντευξη, προκειμένου να υπάρξουν πιο σαφή αποτελέσματα για τη δυνατότητα εξέλιξης των αντιλήψεων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο και την βελτίωση των εξηγήσεών τους.

7.4. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Από τους παραπάνω περιορισμούς, προκύπτουν προτάσεις για περαιτέρω έρευνα. Συγκεκριμένα, το εκπαιδευτικό υλικό που δημιουργήθηκε, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε μεγαλύτερο δείγμα μαθητών, είτε της ίδιας τάξης, είτε μαθητών μεγαλύτερων τάξεων και να εφαρμοστεί σε περισσότερες και διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας (διαφορετικό κοινωνικό-πολιτισμικό και οικονομικό υπόβαθρο), προκειμένου η έρευνα να μας δώσει πιο ολοκληρωμένη εικόνα για το πόσο μπορεί να συμβάλει στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών, στη βελτίωση ανάπτυξης μοντέλων και στην εξέλιξη των γραπτών εξηγήσεων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο.

Επίσης, θα μπορούσε να γίνει αξιολόγηση σε μεταγενέστερο χρόνο, να συγκριθούν τα μαθησιακά αποτελέσματα με τα αποτελέσματα που είχαμε αμέσως μετά τη διδακτική παρέμβαση, ώστε να διαπιστωθεί αν η εννοιολογική αλλαγή έχει εδραιωθεί.

Επιπρόσθετα, θα μπορούσε να γίνει πρόσθετη έρευνα η οποία θα χρησιμοποιεί και άλλες πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής (χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων).

Τέλος, θα μπορούσε να αναπτυχθεί νέο εκπαιδευτικό υλικό με την ίδια διδακτική προσέγγιση το οποίο να αφορά σε άλλες εννοιολογικές περιοχές των Φυσικών Επιστημών και να εφαρμοστεί σε μαθητές ώστε να γίνει διερεύνηση της αποτελεσματικότητάς του.

7.5. Ανακεφαλαίωση

Στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας, έγινε παρουσίαση και σχολιασμός των βασικότερων ευρημάτων της παρούσας έρευνας που αφορούσαν τη συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών, στην εξέλιξη της ανάπτυξης μοντέλων και στην εξέλιξη της ποιότητας των γραπτών εξηγήσεων των μαθητών για τον υδρολογικό κύκλο. Τέλος, αναφέρθηκαν οι περιορισμοί της παρούσας έρευνας και διατυπώθηκαν οι προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

- Adúriz-Bravo, A., 2012. A ‘Semantic’ View of Scientific Models for Science Education. *Science & Education*, July, 22(7), p. 19.
- Agelidou, E., Balafoutas, G. & Gialamas, V., 2001. Interpreting how third grade junior high school students represent water. *International Journal of Environmental Education & Information*, 20(1), pp. 19-36.
- Anderson, G., 1994. *Fundamentals of educational research*,. London: Falmer Press.
- Assaraf, B.-Z. & Orion, N., 2001. *Studying the Water Cycle in an Environmental Context: The “Blue Planet” Program*. Nicosia, Cyprus, Imprida Ltd, pp. 385-389.
- Assaraf, B.-Z. & Orion, N., 2005a. A Study of Junior High Students' Perceptions of the Water Cycle. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), pp. 366-373.
- Assaraf, B.-Z., Eshach, H., Orion, N. & Alamour, Y., 2012. Cultural differences and students’ spontaneous models of the water cycle: a case study of Jewish and Bedouin children in Israel. *Cultural Studing of Science Education*, Τόμος 7, pp. 451-477.
- Ausubel, D., Novak, J. & Hanesian, H., 1978. *Educational Psychology: A Cognitive View - 2nd ed.*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Baek, H. και συν., 2011. Engaging Elementary Students in Scientific Modeling: The MoDeLS Fifth-Grade Approach and Findings. Στο: SpringerLink, επιμ. *Models and Modeling-Cognitive Tools for Scientific Enquiry*. New York: Springer, pp. 195-218.
- Bar, V., 1989. Children's views about the water cycle. *Science Education*, Τόμος 73, pp. 481-500.
- Bar, V. & Travis, A. S., 1991. Children's views concerning phase changes. *Journal of Research in Science Teaching*, April, 28(4), pp. 363-382.
- Bar, V. & Galili, I., 1994. Stages of children's views about evaporation. *International Journal of Science Education*, 16(2), pp. 157-174.
- Baumfalk, B. και συν., 2018. Impact of model-based science curriculum and instruction on elementary students’ explanations for the hydrosphere. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(5), pp. 570-597.
- Baviskar, S. N., Hartle, R. T. & Whitney, T., 2009. Essential Criteria to Characterize Constructivist Teaching: Derived from a review of the literature and applied to five constructivist-teaching method articles.. *International Journal of Science Education*,, 31(4), pp. 541-550.
- Bechtel, W. & Abrahamsen, A., 2005. Explanation: a mechanist alternative. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, June, 36(12), pp. 421-441.
- Brody, M., 1993. *Student Understanding of water and water Resources: A Review of the Literature*. Atlanta, Eric, p. 12.
- Bybee, R., 1997. *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*.. Portsmouth: Heinemann.
- Bybee, R. και συν., 2006. *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*, Colorado Springs: BSCS.

Bybee, R., 2011. Scientific and Engineering Practices in K-12 Classrooms: Understanding “A Framework for K-12 Science Education.”. *Science Scope*, 35(4), pp. 10-16.

Cai, S., Wang, X. & Chiang, F. K., 2014. A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, Τόμος 40, pp. 31-40.

Cardak, O., 2009. Science students’ Misconceptions of the Water Cycle According to their Drawings. *Journal of Applied Sciences*, 9(5), pp. 865-873.

Chen, P., Liu, X., Cheng, W. & Huang, R., 2017. A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016. *Innovations in Smart Learning. Lecture Notes in Educational Technology. Springer Singapore*, pp. 13-18.

Chini, J. J. και συν., 2012. Exploration of factors that affect the comparative effectiveness of physical and virtual manipulatives in an undergraduate laboratory. *Physical Review Physics Education Research*, Τόμος 8, pp. 1-12.

Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K., 2008. *Μεθοδολογία εκπαιδευτικής έρευνας*. Αθήνα: Μεταίχμιο.

Coştu, B., Ayas, A. & Niaz, M., 2010. Promoting Conceptual Change in Students’ Understanding of Evaporation. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(3), pp. 5-16.

De Jong, T., Linn, M. & Zacharia, Z., 2013. Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education. *Science*, April, 340(6130), pp. 305-308.

De Jong, T., Sotiriou, S. & Gillet, D., 2014. Innovations in STEM education: the Go-Lab federation of online labs. *Smart Learning Environments*, October, 1(3), pp. 2-16.

Develaki, M., 2006. The Model-Based View of Scientific Theories and the Structuring of School Science Programmes. *Science & Education*, 16 November, p. 725–749.

Dickerson, D. L., Penick, J. E., Dawkins, K. R. & Van Sickle, M., 2007. Groundwater in Science Education. *Journal of Science Teacher Education*, 1 March, 18(1), pp. 45-61.

Dove, J. E., Everett, L. A. & Preece, P. F. W., 1999. Exploring a hydrological concept through children's drawings. *International Journal of Science Education*, 21(5), pp. 485-497.

Driver, R., 1983. *The pupil as scientist?*. Philadelphia, USA: Milton Keynes: Open University Press.

Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A., 1985. *Children' s Ideas in Science..* Philadelphia: Milton Keynes, Open University Press.

Driver, R. & Oldham, V., 1986. A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science.. *Studies in Science Education*, 13(1), pp. 105-122.

Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A., 1993. *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα: Τροχαλία – Ε.Ε.Φ..

Driver, R., Asoko, H., Leach, J. & Mortimer, E., 1994. Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, 1 October, 23(7), pp. 5-12.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood – Robinson, V., 1998. *Οικο-δομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*. Αθήνα: Τυποθήτω, Γιώργος Δαρδανός.

Driver, R., Newton, P. & Osborne, J., 2000. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), pp. 287-312.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V., 2014. *Making sense of secondary science research into children's ideas*. London: Routledge.

Duit, R. & Treagust, D., 1998. Learning in science: From behaviorism towards social constructivism and beyond. Στο: B. Fraser & K. Tobin, επιμ. *International handbook of science education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Duschl, R. A., Schweingruber, H. A. & Shouse, A. W., 2007. *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington: National Research Council of The National Academies.

Forbes, C. T., Zangori, L. V. & Schwarz, C., 2015. Empirical validation of integrated learning performances for hydrologic phenomena: 3rd-grade students' model-driven explanation-construction. *Journal of Research in Science Teaching*, 20 March, 52(7).

Forbes, C., Vo, T., Zangori, L. & Schwarz, C., 2015. Using Models Scientifically-Scientific models help student understand the water cycle. *ResearchGate*, October, pp. 42-49.

Golberg, F. & Otero, V., 2001. The Roles of Laboratory and Computer Simulator Experiments in Helping Students Develop a Conceptual Model of Static Electricity. *Science Education Research in the Knowledge Based Society*.

Gunckel, K., Covitt, B., Salinas, I. & Anderson, C., 2012. A Learning Progression for Water in Socio-Ecological Systems. *Journal of research in Science Teaching*, 49(7), pp. 843-868.

Guzzetti, B. & Glass, G., 1993. Promoting conceptual change in science: A comparative meta-analysis of instructional interventions from reading education and science education. *Reading Research Quarterly*, Issue 28, pp. 116-159.

Harlen, W., 2005. *Teaching, Learning and Assessing Science 5 - 12*. London: Sage Publications, Inc..

Henriques, L., 2002. Children's ideas about weather: A review of the literature. *School Science and Mathematics*, Τόμος 102, pp. 202-215.

Hsu, Y. & Thomas, R., 2010. The impacts of a web-aided instructional simulation on science learning. *International Journal of Science Education*, November, 24(9), pp. 955-979.

Hubbart, J., 2010. Hydrologic Cycle. Στο: C. J. Cleveland, επιμ. *The Encyclopedia Of Earth*. Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment.

Jaakkola, T. & Nurmi, S., 2008. Fostering elementary school students' understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities. *Journal of Computer Assisted Learning*, July, 24(4), pp. 271-283.

Joyce, C., 2008. *What are New Zealand students' ideas about changes of state of water and the water cycle?*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://arbs.nzcer.org.nz/what-are-new-zealand-students-ideas-about-changes-state-water-and-water-cycle>

Kali, Y., Orion, N. & Eylon, B., 2003. The effect of knowledge integration activities on students' perception of the earth's crust as a cyclic system. *Journal of Research in Science Teaching*, Τόμος 40, pp. 545-565.

Kastens, K., 2010. *Teaching Complex Earth Systems using visualizations*. Northfield, Cutting Edge Workshop on "Developing Student Understanding of Complex Earth Systems" Carleton College.

Kerr, K., Beggs, J. & Colette, M., 2006. Comparing children's and student teachers' ideas about science concepts. *Irish Educational Studies*, 17 February, 25(3), pp. 289-302.

Kollöffel, B. & De Jong, T., 2013. Conceptual understanding about electrical circuits in secondary vocational engineering education: combining traditional instruction with inquiry learning in a virtual lab. *Journal of Engineering Education*, October, 102(3), pp. 375-393.

Kontra, C., Lyons, D. J., Fischer, S. M. & Beilock, S. L., 2015. Physical experience enhances science learning. *Psychological Science*, April, 16(6), pp. 737-749.

Krajcik, J. S. & Czerniak, C. M., 2014. *Teaching science in elementary and middle school: A project-based approach*. 4th επιμ. New York and London: Routledge, Taylor & Francis Group.

Levy, A. & Mensah, F., 2021. Learning through the Experience of Water in Elementary. *Water*, 13(1), p. 43.

Lu, S. J. & Liu, Y. C., 2015. Integrating augmented reality technology to enhance children's learning in marine education. *Environmental Education Research*, 21(4), pp. 525-541.

Matthews, M., 1998. *Constructivism in Science Education: A Philosophical Examination*. Dordrecht: Kluwer.

McNeill, K. L. & Krajcik, J., 2007. Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. Στο: M. In Lovett & P. Shah, επιμ. *Thinking with data*. New York: Taylor & Francis Group, LLC., pp. 233-265.

NGSS Lead States, 2013. Next generation science standards: For states, by states. *National Academies Press*.

Nivalainen, V., Asikainen, M., Sormunen, K. & Hirvonen, P., 2010. Preservice and Inservice Teachers' Challenges in the Planning of Practical Work in Physics. *Journal of Science Teacher Education*, 21(4), pp. 393-409.

NOAA, 2016. *Northwest River Forecast Center*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://www.nwrfc.noaa.gov/info/water_cycle/hydrology.cgi

Novak, J. D. & Cañas, A. J., 2008. *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them. Technical Report IHMC CmapTools*, Florida: Institute for Human and Machine Cognition.

NRC, 2000. *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*.. Washington, DC: National Academy Press.

NRC, 2012. *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: Committee on Conceptual Framework for the New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education.

Olympiou, G. & Zacharia, C., 2012. Blending physical and virtual manipulatives: An effort to improve students' conceptual understanding through science laboratory experimentation. *Science Education*, 96(1), pp. 21-47.

Olympiou, G., Zacharia, C. & De Jong, T., 2013. Making the invisible visible: enhancing students' conceptual understanding by introducing representations of abstract objects in a simulation. *Instructional Science*, May, 41(3), pp. 575-596.

Osborne, R. & Cosgrove, M., 1983. Children's Conceptions of the Changes of State of Water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), pp. 825-838.

Osborne, R. J., Bell, B. F. & Gilbert, J. K., 1983. Science teaching and children's views of the world. *European Journal of Science Education*, 5(1), pp. 1-14.

Osborne, R. & Freyberg, P., 1985. *Learning in Science. The Implications of Children's Science..* Auckland: Heinemann Educational Books, Inc..

Patterson, L. & Harbor, J., 2005. Using assessment to evaluate and improve inquiry-based geoenvironmental science activities: case study of a middle school watershed E.coli investigation. *Journal of Geoscience Education*, 53(2), pp. 204-214.

Perlman, H., Makropoulos, C. & Koutsoyiannis, D., 2016. *Ο υδρολογικός κύκλος (The water cycle) - Γεωλογική υπηρεσία ΗΠΑ*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.itia.ntua.gr/el/getfile/660/1/documents/2005watercyclegreek.pdf>
[Πρόσβαση 2022].

Phillips, D. & Shonkoff, J., 2000. *From neurons to neighborhoods: The science of early childhood development..* Washington (DC): National Academies Press.

Piaget, J., 1930. *The child's conception of physical causality*. San Diego: Harcourt Brace & company..

Piaget, J., 1951. *The child's conception of the world*. London: Littlefield Adams Quality Paperbacks.

Platt, J., 1981. Evidence and proof in documentary research: some specific problems of documentary research. *Sociological Review*, 23(1), pp. 31-52.

Ronen, M. & Eliahu, M., 2001. Simulation as a home learning environment - students' views. *Journal of Computer Assisted Learning*, 25 December, 15(4), pp. 258-268.

Russell, T. & Watt, D., 1990. *Evaporation and Condensation (SPACE 1990) pt1*, Liverpool: University Press.

Sari, H., Kärkkäinen, S. & Keinonen, T., 2011. Primary school pupils' perceptions of water in the context of STS study approach. *International Journal of Environmental and Science Education*, 6(4), pp. 321-339.

Savva, S., 2014. Year 3 to year 5 children's conceptual understanding of the mechanism of rainfall: a comparative analysis. *Ikastorratza. e-Revista de didáctica*, Issue 12, p. 13.

Scalise, K. και συν., 2011. Student learning in science simulations: Design features that promote learning gains. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(9), pp. 1050-1078.

Schwarz, C. & White, B., 2005. Meta-modeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), pp. 165-205.

Schwarz, C. V. και συν., 2009. Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 7 July, 46(6), pp. 632-654.

Scott, W. R., 1987. The Adolescence of Institutional Theory. *Administrative Science Quarterly*, 32(4), pp. 493-511.

Sensevy, G. και συν., 2008. An epistemological approach to modeling: Cases studies and implications for science teaching. *Science Education*, May, 92(3), pp. 424-446.

Shepardson, D. P., Harbor, J. & Wee, B., 2005. Water Towers, Pump Houses, and Mountain Streams: Students' Ideas about Watersheds. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), pp. 381-386.

Shepardson, D. και συν., 2009. Water Transformation and Storage in the Mountains and at the Coast: Midwest students' disconnected conceptions of the hydrologic cycle. *International Journal of Science Education*, 31(11), pp. 1447-1471.

Skamp, K., 2012. *Teaching primary science constructively, 4th edition*. Skamp, K. επιμ. South Melbourne: Cengage Learning.

Skoumios, M. & Hatzinikita, V., 2005. The role of cognitive conflict in science concept learning. *International Journal of Learning*, 12(7), pp. 185-194.

Skoumios, M. & Hatzinikita, V., 2006. Research-based teaching about science at the upper-primary school level.. *The International Journal of Learning*, 13(5), pp. 29-42.

Skoumios, M. & Hatzinikita, V., 2009. Studying science class discussion: relations between discourse moves and grounds. *The International Journal of Learning*, 16(2), pp. 199-214.

Smith, G. W. & Puntambekar, S., 2010. *Examining the combination of physical and virtual experiments in an inquiry science classroom*. Warsaw-Poland: Paper presented at the Conference on Computer Based Learning in Science.

Solomon, J., 1987. Social influences on the construction of pupils' understanding of science. *Studies in Science Education*, Issue 14, pp. 63-82.

Sullivan, S., Gnesdilow, D., Puntambekar, S. & Kim, J.-S., 2017. Middle school students' learning of mechanics concepts through engagement in different sequences of physical and virtual experiments. *International Journal of Science Education*, 39(12), pp. 1573-1600.

Taber, K., 2014. Alternative Conceptions/Frameworks/Misconceptions. Στο: R. Gunstone, επιμ. *Encyclopedia of Science Education*. Berlin-Heidelberg: SpringerReference, pp. 37-41.

Taiwo, A., Ray, H., Motswiri, M. J. & Masene, R., 2010. Perceptions of the water cycle among primary school children in Botswana. *International Journal of Science Education*, 29 June, pp. 413-429.

Tarekegn, G., 2009. Can computer simulations substitute real laboratory apparatus?. *DOAJ*, pp. 506-517.

Tarng, W. και συν., 2015. Development of a virtual butterfly ecological system based on augmented reality and mobile learning technologies. *Virtual Reality*, 19(3-4), pp. 253-266.

Toth, E. E., Ludvico, L. R. & Morrow, B. L., 2014. Blended inquiry with hands-on and virtual laboratories: the role of perceptual features during knowledge construction. *Interactive Learning Environments*, 22(5), p. 614-630.

Trundle, K. C. & Bell, R. L., 2010. The use of a computer simulation to promote conceptual change: A quasi-experimental study. *Computers & Education*, May, 54(4), pp. 1078-1088.

Tyler Miller, J. G., 2004. *Περιβαλλοντικές Επιστήμες*. Αθήνα: Ίων.

Tytler, R., 2000. A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression. *International Journal of Science Education*, 22(5), pp. 447-467.

Villarroel, J. & Ros, I., 2013. Young children's conceptions of rainfall: A study of their oral and pictorial explanations.. *International Education Studies*, pp. 1-15.

Vo, T., Forbes, C. T., Zangori, L. & Schwarz, C. V., 2015. Fostering Third- Grade Students' Use of Scientific Models with Water Cycle: Elementary teachers' conceptions and practices.. *International Journal of Science Education*, 37(15), pp. 2415-2432.

Vygotsky, L., 1978. *Mind in society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge: Harvard University Press.

Wang, T.-L. & Tseng, Y.-K., 2018. The Comparative Effectiveness of Physical, Virtual, and Virtual-Physical Manipulatives on Third-Grade Students' Science Achievement and Conceptual Understanding of Evaporation and Condensation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, Issue 16, pp. 203-219.

White, H., Lally, D. & Forbes, C., 2021. Investigating groundwater: Middle school students' mapping data-driven, computer-based models to socio-hydrologic phenomena. *Journal of Geoscience Education*, 70(1), pp. 101-113.

Widolo, A., Duit, R. & Muller, C., 2002. *Constructivist views of teaching and learning in practice: teachers' views and classroom behavior*. New Orleans, Annual meeting of the national Association for Research in Science Teaching.

Z'arour, G., 1976. Interpretation of Natural Phenomena by Lebanese School Children.. *Science Education*, 60(2), pp. 277-287.

Zacharia, Z. & Anderson, O., 2003. The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*, pp. 618-629.

Zacharia, Z., 2007. Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(2), pp. 120-132.

Zacharia, Z. C. & Jong, D., 2014. The effects on students' conceptual understanding of electric circuits of introducing virtual manipulatives within a physical manipulatives-oriented curriculum. *Cognition and Instruction*, 32(2), pp. 101-158.

Zacharia, Z. C., 2015. Examining whether touch sensory feedback is necessary for science learning through experimentation: a literature review of two different lines of research across K-16. *Educational Research Review*, October, Τόμος 16, pp. 116-137.

Zacharia, Z. C. & Michael, M., 2016. Using Physical and Virtual Manipulatives to Improve Primary School Students' Understanding of Concepts of Electric Circuits. Στο: M. Riopel & S. Z., επιμ. *New Developments in Science and Technology Education*. Cham, Swirzerland: Springer, pp. 125-140.

Zangori, L., Forbes, C. T. & Schwarz, C. V., 2015. Exploring the effect of embedded scaffolding within curricular tasks on 3rd-grade students' model-based explanations about hydrologic cycling. *Science, & Education*, 24(7-8), pp. 957-981.

Zangori, L., Vo, T., Forbes, C. T. & Schwarz, C., 2017. Supporting 3rd-grade students' model-based explanations about groundwater: A quasi-experimental study of a curricular intervention. *International Journal of Science Education*, 39(11), p. 1421-1442.

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

Γεωργόπουλος, Α., 1998. *Γη: Ένας μικρός και Εύθραυστος Πλανήτης*. Αθήνα: Gutenberg.

Κόκκοτας, Π., 1996. *Διδακτικές στρατηγικές για εννοιολογικές αλλαγές στις Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα, Gutenberg, pp. 491-532.

Κόκκοτας, Π., 1998. *Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών: Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης*. Αθήνα: Ιδιωτική Έκδοση.

Κόκκοτας, Π., 2004. *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών - Μέρος Α*. 4η επιμ. Αθήνα: Γρηγόρη.

Κολιόπουλος, Δ., 2001. *Από την πρακτικο-βιωματική γνώση στη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης: η εποικοδομητική αντίληψη στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Πάτρα, Ε.Α.Π., pp. 217-252.

Κολιόπουλος, Δ., 2004. *Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών - Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Μεταίχιμο.

Κουζέλης, Γ., 2005. *Ενάντια στα φαινόμενα. Για μια επιστημολογική προσέγγιση της διδακτικής των κοινωνικών επιστημών*. Αθήνα: Νήσος.

Κουλαϊδής, Β., 2001α. *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: αντικείμενο και αναγκαιότητα*. Στο: Β. Κουλαϊδής, Κ. Δημόπουλος & Β. Χατζηνικήτα, επιμ. *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, pp. 25-50.

Κωνσταντίνου, Ν. & Ζαχαρία, Ζ., 2008. *Η επίδραση πραγματικών και εικονικών περιβαλλόντων μάθησης στις αντιλήψεις παιδιών της Α' δημοτικού για την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής αναφορικά με τις έννοιες της θερμότητας και της θερμοκρασίας. Έρευνα και Διδασκαλία*, pp. 294-316.

Λαζαρίδης, Μ., 2010. *Ατμοσφαιρική Ρύπανση με Στοιχεία Μετεωρολογίας*. Θεσσαλονίκη: Τζιόλα.

Λαμπρινός, Ν. & Ρέλλου, Μ., 2011. *Η εξάτμιση και υγροποίηση ως φαινόμενα του κύκλου του νερού στη φύση*. Αλεξανδρούπολη, Πρακτικά: 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση-Αλληλεπιδράσεις εκπαιδευτικής έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες, pp. 958-966.

Μακρογιάννης, Τ. & Σαχσαμάνογλου, Χ., 2004. *Μαθήματα Γενικής Μετεωρολογίας*. Θεσσαλονίκη: Χάρις.

Ξανθή, Σ., 2008. *Οι ιδέες των μαθητών για τα σύννεφα. Εκπαίδευση & Επιστήμη*.

Παναγιωτακόπουλος, Χ. και συν., 2005. *Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας: Πόσο έτοιμοι είναι οι εκπαιδευτικοί μας να τις εφαρμόσουν στη σχολική πρακτική*. Πάτρα, Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και Κοινωνικής Εργασίας, pp. 271-291.

Ραβάνης, Κ., 1996. *Από τη Γενική Διδακτική στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Παιδαγωγική συνέχεια και Επιστημολογική ασυνέχεια*. Στο: Κ. Ραβάνης, επιμ. *Η εξέλιξη της Διδακτικής. Επιστημολογική Θεώρηση*. Αθήνα: Gutenberg.

Σάλτα, Κ. & Στούμπα, Α., 2015. *Οι ιδέες μαθητών Γυμνασίου για τις διαδρομές του νερού*. Θεσσαλονίκη, 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση.

Σκουμιός, Μ., 2011. *Εφαρμοσμένη Διδακτική των Φυσικών*. Ρόδος: Πρακτικές Ασκήσεις Β Φάσης - Σημειώσεις.

Σκουμιός, Μ., 2012. *Αντιλήψεις των μαθητών για τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών και διδακτική τους αντιμετώπιση (Μέρος Α')*. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις: Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Επιστημών της Προσχολικής Αγωγής και του Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού.

Σκουμιός, Μ. & Χατζηνικήτα, Β., 2013. *Η ποιότητα των εξηγήσεων των μαθητών του δημοτικού στις Φυσικές Επιστήμες*. Στο: Πιερράτος, Θ., Αρτέμη, Σ., Πολάτογλου, Χ. & Κουμαράς, Π. (επιμ.), *Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου: «Ποια Φυσική έχει νόημα να διδάσκονται τα παιδιά*

μας σήμερα;». Θεσσαλονίκη, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης και Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, pp. 323-330.

Τσέτσος, Σ. & Σκουμιός, Μ., 2016. *Οι επιστημονικές πρακτικές στις πειραματικές δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου Φυσικών Επιστημών της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου*. Θεσσαλονίκη, ΑΠΘ, pp. 137-146.

Χατζηκρανιώτης, Ε. & Μολοχίδης, Α., 2017. *Εισάγοντας μαθητές Γυμνασίου σε πειραματικές διερευνητικές δραστηριότητες*. Ρέθυμνο, GUTENBERG., pp. 689-697.

Χατζηνικήτα, Β. & Χρηστίδου, Β., 2001. Πρακτικο-βιωματική γνώση των μαθητών: Γενικά χαρακτηριστικά.. Στο: J. Bliss, και συν. επιμ. *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, p. 153–178.

Ψύλλος, Δ., Κουμαράς, Π. & Καριώτογλου, Π., 1993. Επικοινωνία της γνώσης στην τάξη με συνέρευνα δασκάλου και μαθητή. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, Τόμος 70, pp. 34-42.

ΑΛΛΕΣ ΠΗΓΕΣ

Προσομοίωση της εξάτμισης ΦΩΤΟΔΕΝΤΡΟ <http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/8521/7999>),

Το παγάκι που φοβότανε να λιώσει <https://www.youtube.com/watch?v=SwyQu6lNXR0>

Η Στιγμούλα εξηγεί τον κύκλο του νερού <https://www.youtube.com/watch?v=VSeEwnZWrmg>

Ψηφιακό φύλλο εργασίας 5 <https://www.liveworksheets.com/uf1633036ip>

Οι περιπέτειες της μικρής σταγόνας <https://www.youtube.com/watch?v=FlueXHIvRWw>

Κουίζ <https://wordwall.net/el/resource/7902196/o-κύκλος-του-νερού>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Αγαπητό μου παιδί.

Το ερωτηματολόγιο που έχεις στα χέρια σου, σκοπό έχει να καταγράψει τις απόψεις σου για θέματα που αφορούν το νερό! Θέλω να διαβάσεις προσεκτικά τις ερωτήσεις και να προσπαθήσεις να απαντήσεις σε όλες ελεύθερα, χωρίς να βιαστείς!

Να ξέρεις ότι δεν θα βαθμολογηθείς για τις απαντήσεις σου!!

Είμαι σίγουρη ότι θα προσπαθήσεις για το καλύτερο!!

Ερώτηση 1^η

Την ημέρα που είχε βρέξει από βραδύς, ήρθες στο σχολείο και είδες την αυλή γεμάτη με νερά! Περισσότερα παρατήρησες ότι υπήρχαν σε μικρές λακκούβες στο τσιμέντο. Όσο περνούσε η ώρα και ο ήλιος ανέβαινε στον ουρανό, η μέρα είχε ζεστάνει και παρατήρησες ότι το νερό της αυλής άρχισε σιγά σιγά να εξαφανίζεται ώσπου το μεσημέρι, πριν σχολάσεις είδες ότι η αυλή είχε σχεδόν στεγνώσει και τα μόνα σημεία που είχε παραμείνει λίγο νερό ήταν αυτές οι μικρές λακκούβες. Φεύγοντας με τους φίλους σου από το σχολείο τους ρώτησες τι νομίζουν ότι έγινε το νερό της βροχής που ήταν στην αυλή.

Ο Γιάννης είπε ότι το νερό πήγε στον αέρα.

Ο Κώστας είπε ότι το νερό απλά εξαφανίστηκε.

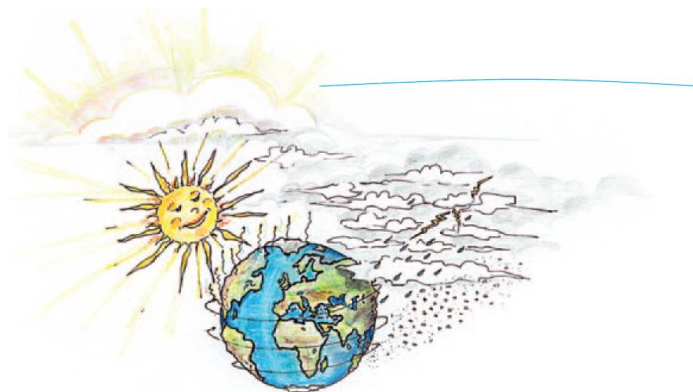
Η Γιώτα είπε ότι το νερό το ρούφηξε το τσιμέντο.

Εσύ τι πιστεύεις ότι συνέβη στο νερό της βροχής; Με ποιον από τους συμμαθητές σου συμφωνείς; Επέλεξε την απάντηση που πιστεύεις ότι είναι σωστή.

α) Το νερό πήγε στον αέρα.

β) Το νερό απλά εξαφανίστηκε.

γ) Το νερό το ρούφηξε το τσιμέντο.



Ερώτηση 2^η

Μια φθινοπωρινή μέρα και ενώ ο ήλιος είχε κρυφτεί πίσω από τα σύννεφα, τα παιδιά πιάσανε κουβέντα στην αυλή του σχολείου. «Από τι είναι φτιαγμένα βρε παιδιά, τα σύννεφα;» ρώτησε η Αρμέλα ενώ κοιτούσε στον ουρανό!

Ο Βασίλης σήκωσε και αυτός τα μάτια του και απάντησε: «Από βαμβάκι είναι φτιαγμένα... Δεν βλέπεις πόσο άσπρα είναι;»

Η Γιάννα σήκωσε και αυτή τα μάτια της και είπε: «Νομίζω ότι είναι φτιαγμένα από μικρές σταγόνες νερού».

«Τι λέτε βρε παιδιά!» είπε ο Σάββας «Δεν ξέρετε ότι τα σύννεφα είναι φτιαγμένα από καπνό! Μοιάζουν με τον καπνό από το τσιγάρο του μπαμπά!»

Από τι είναι φτιαγμένα τα σύννεφα; Με ποιον από τους τρεις φίλους σου συμφωνείς; Διάλεξε μία από τα παρακάτω:

- α) Τα σύννεφα είναι φτιαγμένα από βαμβάκι.
- β) Τα σύννεφα είναι φτιαγμένα από μικρές σταγόνες νερού.
- γ) Τα σύννεφα είναι φτιαγμένα από καπνό.



Ερώτηση 3^η

Η Ελένη στο διάλειμμα, βλέποντας την βροχή να πέφτει, αναρωτήθηκε από πού έρχεται η βροχή.

Η Αλέκα της είπε ότι «το γαλάζιο του ουρανού είναι νερό από εκεί έρχεται.»

Η Βούλα διαφώνησε και της είπε ότι «η βροχή έρχεται από τα σύννεφα»

Ο Γιαννάκης απάντησε «Λάθος κάνετε και οι δύο... Η βροχή είναι τα δάκρυα του Θεούλη»

Η Ελένη προβληματίστηκε με τις απαντήσεις των συμμαθητών της. Μήπως μπορείς να τη βοηθήσεις να απαντήσει στο ερώτημα **από πού έρχεται η βροχή;** Τι πιστεύεις εσύ; Διάλεξε μία από τις τρεις απαντήσεις.

α) Η βροχή έρχεται από το γαλάζιο του ουρανού;

β) Η βροχή έρχεται από τα σύννεφα;

γ) Η βροχή είναι τα δάκρυα του Θεούλη;



Ερώτηση 4^η

Σε μια ξαφνική μπόρα κατά τη διάρκεια της εκδρομής μας στο βουνό, τα παιδιά μαζεύτηκαν κάτω από ένα υπόστεγο και κοιτούσαν την βροχή. Παρατήρησαν ότι το χώμα γέμισε με νερά και ότι σίγουρα δεν θα μπορούσαν να συνεχίσουν το παιχνίδι τους αφού σταματήσει η βροχή. Αναρωτήθηκαν λοιπόν, πού πάει το νερό της βροχής;

Ο Βαγγέλης κοιτάζοντας το χώμα είπε «Το νερό θα μείνει πάνω στο χώμα».

Ο Θανάσης διαφώνησε με τον Βαγγέλη και είπε ότι «Το νερό θα μπει στο χώμα και θα πάει στα σπίτια και στις πισίνες.»

Η Αντιγόνη τους είπε ότι «Το νερό θα μπει στο χώμα και θα πάει προς τη θάλασσα»

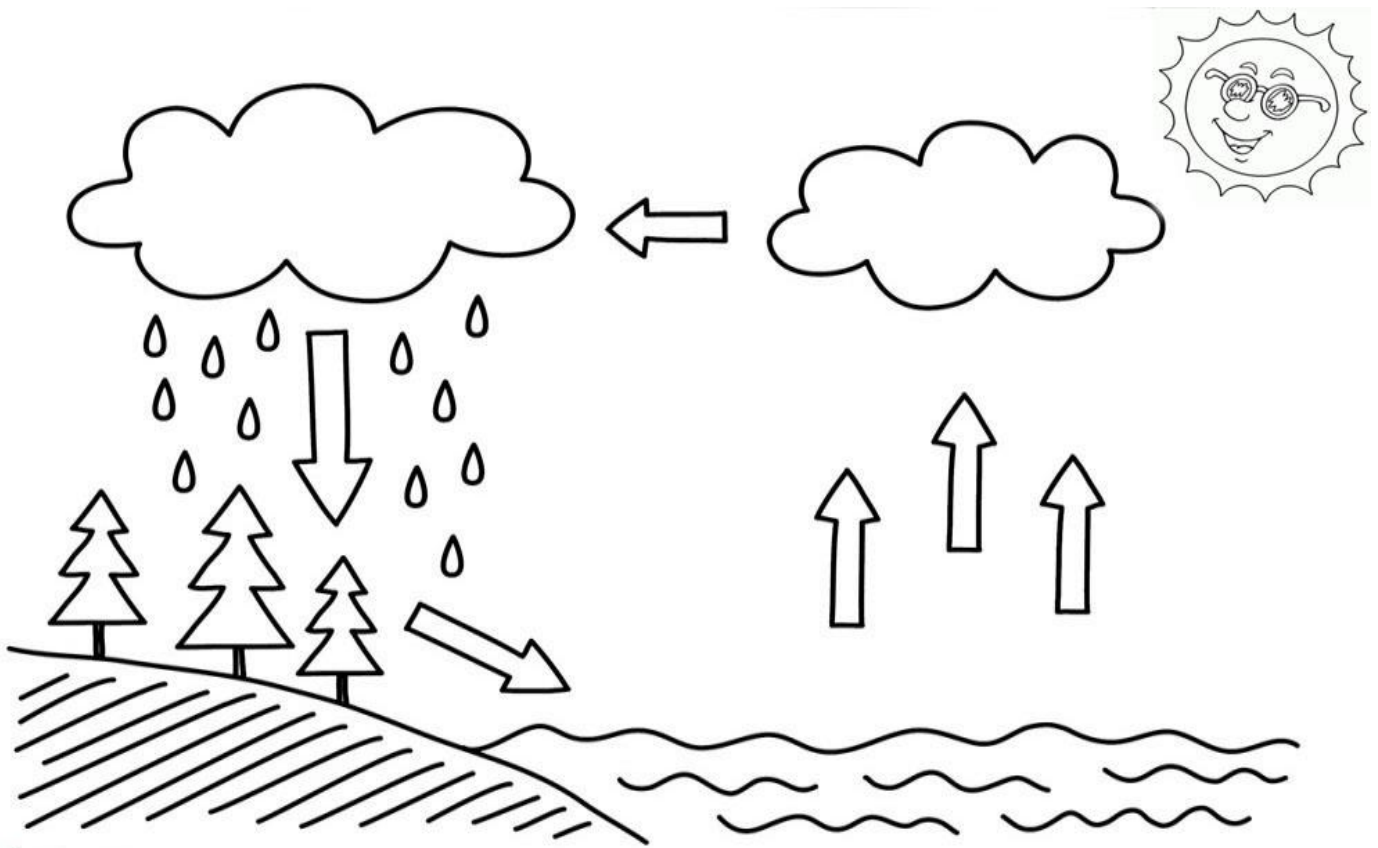
Βοήθησε τα παιδιά να απαντήσουν στην ερώτηση: **Πού πάει το νερό της βροχής;**

- α) Το νερό θα μείνει πάνω στο χώμα;
- β) Το νερό θα μπει στο χώμα και θα πάει στα σπίτια και στις πισίνες;
- γ) Το νερό θα μπει στο χώμα και θα πάει προς τη θάλασσα;



Ερώτηση 5^η

Κάνε ένα σχέδιο στην παρακάτω εικόνα, για να δείξεις τι συμβαίνει με το νερό της βροχής αφού φτάσει στο έδαφος. Συμπεριέλαβε αυτά που πιστεύεις ότι είναι τα πιο σημαντικά που συμβαίνουν στη βροχή όταν αυτή φτάσει στο έδαφος. Συμπεριέλαβε αυτό που πιστεύεις ότι συμβαίνει πάνω και κάτω από το έδαφος όταν βρέχει. Δείξε γιατί συμβαίνουν αυτά στη βροχή όταν φτάνει στο έδαφος. Αν σε βοηθάει, χρησιμοποίησε λέξεις ή/και αριθμούς για να επισημάνεις τα μέρη του σχεδίου σου.



Ερώτηση 6^η

Παρακολούθησε το παρακάτω βίντεο <https://www.youtube.com/watch?v=TnZtZdZEnW4> και στη συνέχεια συμπλήρωσε τα παρακάτω.



Τι έγινε με το νερό που υπήρχε στο μεγάλο μπολ; Γράψε όλη την πορεία του νερού.

Νομίζω ότι.....

.....

.....



Ποιες παρατηρήσεις σε κάνουν να πιστεύεις αυτά που έγραψες παραπάνω;

Παρατήρησα ότι.....

.....

.....



Με τι ταιριάζουν αυτά που παρατήρησες, σύμφωνα με αυτά που γνωρίζεις;

Αυτά που παρατήρησα ταιριάζουν

.....

.....



ΤΟ ΤΑΞΙΔΙ ΤΟΥ ΑΚΗΣ ΤΟΥ ΣΤΑΓΟΝΑΚΗ



Μια φορά κι έναν καιρό, σε μια μεγάλη θάλασσα, όχι και τόσο μακριά από εδώ, ζούσε ο Άκης ο Σταγονάκης, μια μικρή σταγόνα νερού. Κάθε πρωί, συνήθιζε να κολυμπάει στην απέραντη θάλασσα, να κοιτάει ψηλά και να χαμογελάει στον φίλο του τον Ήλιο. Μια μέρα, έπιασε κουβέντα μαζί του.

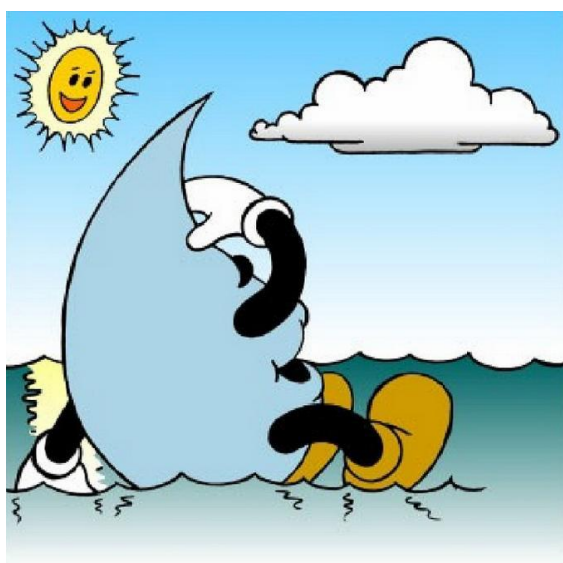
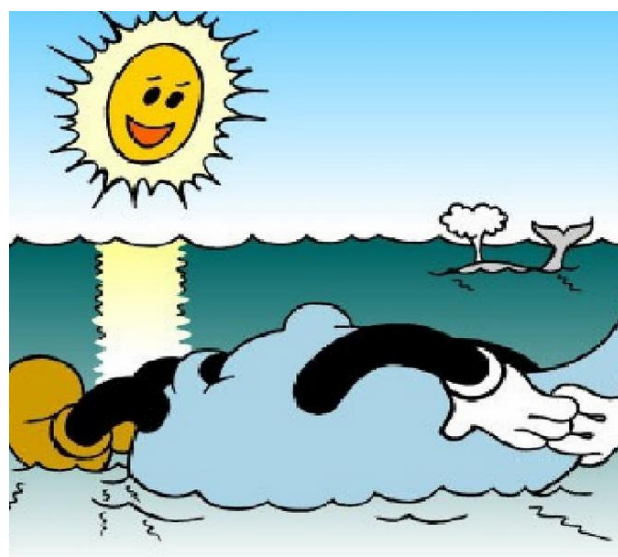
«Υπέροχη μέρα σήμερα για βουτιές!!!», είπε ο Άκης ο Σταγονάκης.

«Λαμπερή και ηλιόλουστη!!», απάντησε ο Ήλιος.

«Ξέρεις φίλε μου, Ήλιε...» είπε ο Άκης. «Ωραίες οι βουτιές στο νερό, αλλά βαρέθηκα πια. Κουράστηκα να ζω και να παίζω στο ίδιο μέρος κάθε μέρα. Θέλω να δω και άλλα μέρη, να ταξιδέψω, να δω τη γη από ψηλά!»

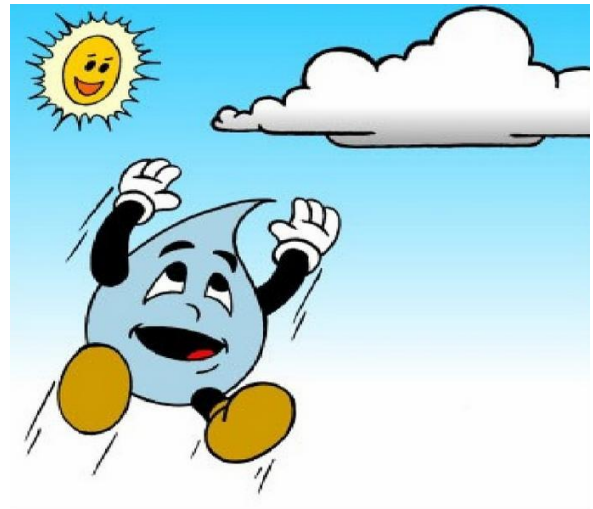
Ο Ήλιος ήθελε πολύ να βοηθήσει το φίλο του και έτσι, ανέβαινε όλο και πιο ψηλά στον ουρανό και δυνάμωνε τις ακτίνες του.

«Ζεσταίνομαι! Ζεσταίνομαι πολύ!», είπε ο Άκης ο Σταγονάκης.



Ξαφνικά ο Σταγονάκης, παρατήρησε ένα σύννεφο που ταξίδευε στον ουρανό και σκέφτηκε. «Αυτό το σύννεφο φαίνεται πολύ όμορφο... και κάνει τόση ζέστη εδώ κάτω. Εύχομαι να μπορούσα να πετάξω ψηλά στον ουρανό, να φτάσω στο σύννεφο, μπας και δροσιστώ λιγάκι.»

Δεν πρόλαβε να τελειώσει την σκέψη του, και ξαφνικά άρχισε να πετάει!! Ψηλά, πιο ψηλά, ψηλότερα!!! Κόντευε να φτάσει μέχρι το όμορφο σύννεφο. Ο Σταγονάκης είχε **εξατμιστεί!**



Πολύ σύντομα, ο Σταγονάκης προσγειώθηκε στο κάτασπρο σύννεφο. Τον χαιρέτησε μια άλλη σταγόνα. «Γεια σου, είμαι ο καπετάν Αλμύρας», είπε η άλλη σταγόνα. «Φαίνεται ότι εγώ και εσύ θα ταξιδέψουμε μαζί»

Έδωσαν τα χέρια. «Η **συμπύκνωση** είναι η αγαπημένη μου στάση του ταξιδιού αυτού», είπε ο καπετάν Αλμύρας και συνέχισε «Είναι ωραίο να είσαι μέρος ενός σύννεφου με άλλες σταγόνες σαν κι εσένα. Οδηγώντας αυτό το σύννεφο, αισθάνομαι σαν να οδηγώ πλοίο!»





Ξαφνικά εμφανίστηκαν και άλλες σταγόνες. «Αυτές είναι οι αδελφές σου!! Μαζεύονται εδώ και μέρες για τον τελικό προορισμό!!» είπε ο καπετάν Αλμύρας.

«Πού πάει το σύννεφο;» ρώτησε ο Σταγονάκης. «Σάλπαρε για εκεί.» είπε ο καπετάν Αλμύρας και έδειξε μια σειρά από ψηλά βουνά. «Μου φαίνεται ότι θα έχουμε καταιγίδα.» συνέχισε, βλέποντας και άλλα σύννεφα να μαζεύονται τριγύρω.



«Ξέρεις τι σημαίνει αυτό;» ρώτησε ο καπετάν Αλμύρας τον Σταγονάκη.

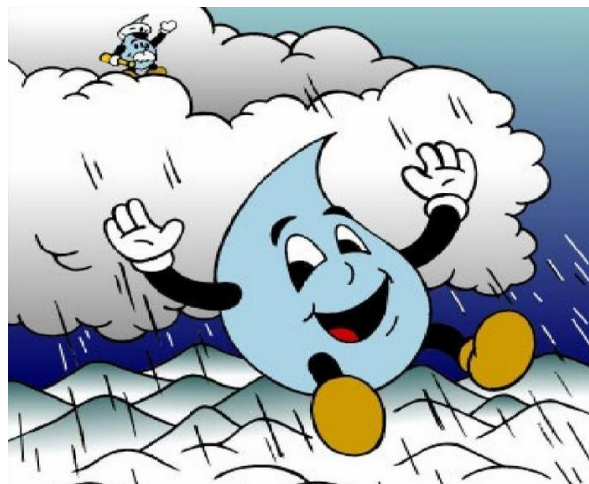
«Σημαίνει ότι θα επισκεφτούμε αυτά τα βουνά;» ρώτησε ο Σταγονάκης ενθουσιασμένος.

«Ω, ναι» είπε ο καπετάν Αλμύρας. «Είναι ώρα να γίνουμε βροχή, χιονόνερο, χαλάζι ή χιόνι! Φτάσαμε στο επόμενο βήμα του ταξιδιού, την **κατακρήμνιση**!! Το σύννεφό μας έχει γεμίσει και πρέπει πραγματικά να γυρίσουμε πίσω στη γη πριν τα πράγματα γίνουν πιο δύσκολα!»

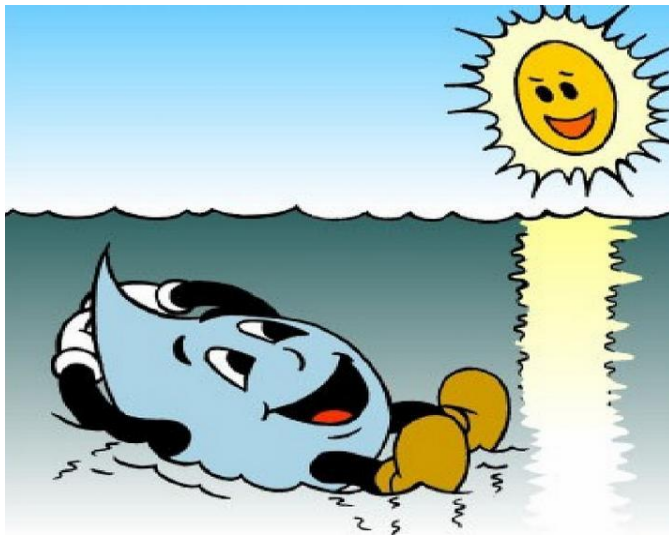


Σχεδόν αμέσως, το σύννεφο άρχισε να ταρακουνιέται. Τότε, ο Άκης ο Σταγονάκης, χαιρέτησε τον καπετάν Αλμύρα και ετοιμάστηκε να πηδήξει.

Έκανε ένα μεγάλο σάλτο και τσούπ... έπεσε μαζί με τη **βροχή**. «Αντίο φίλε μου! Καλό ταξίδι!» φώναξε ο καπετάν Αλμύρας, καθώς ο Άκης έπεφτε και έπεφτε...



Η βροχή σταμάτησε.«Αααα! τι υπέροχα και δροσερά που είναι!» είπε ο Σταγονάκης καθώς ταξίδευε με το ποταμάκι, απολαμβάνοντας τον δροσερό αέρα του βουνού και τις μυρωδιές από τα πεύκα. Ο Σταγονάκης κυλούσε πίσω στον ωκεανό με άλλες σταγόνες που του έκαναν παρέα, σε μια διαδικασία που τη λένε **συγκέντρωση**. «Αυτή είναι ζωή!» αναστέναξε.

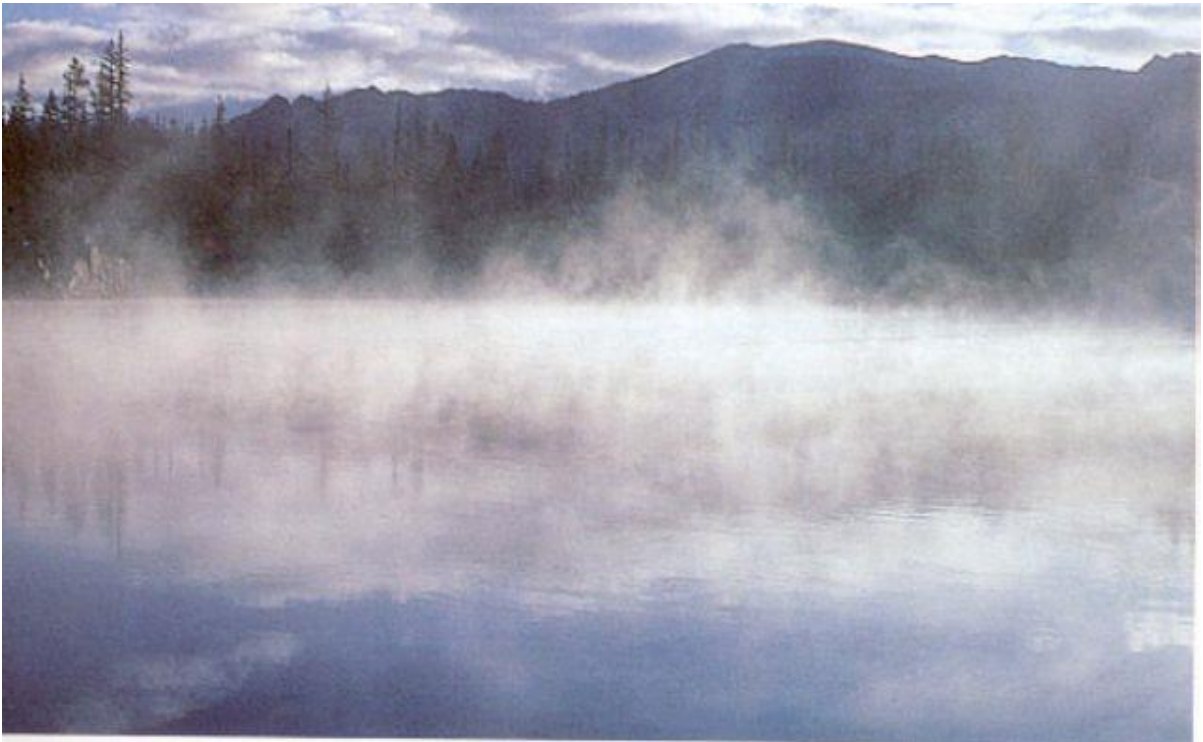


Χωρίς να το καταλάβει, βρέθηκε και πάλι να κολυμπάει στα νερά της μεγάλης θάλασσας, απ' όπου είχε ξεκινήσει. Ξάπλωσε χαμογελώντας και ευχαρίστησε τον φίλο του τον Ήλιο που του είχε χαρίσει αυτό το φανταστικό ταξίδι.

«Θα το ξανά κάνουμε σύντομα, στο υπόσχομαι!» του είπε ο Ήλιος χαμογελώντας.

ΤΕΛΟΣ ή μήπως μια καινούρια ΑΡΧΗ;;;

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΣΤΟ ΒΛΙΠΡΑ

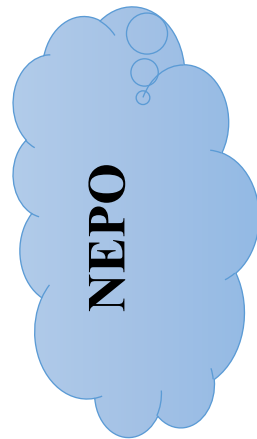






ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Φύλλο εργασίας 1



Φύλλο εργασίας 2

Η μαμά, μια ηλιόλουστη μέρα, έβαλε τα ρούχα στο πλυντήριο, για πλύσιμο. Μετά βγήκε στην αυλή να τα απλώσει και αφού τελείωσε, πήγε γρήγορα στην κουζίνα να ετοιμάσει ένα κέικ γιατί περιμέναμε να μας επισκεφτεί η θεία Γιώτα με τα ξαδέρφια μου, την Δώρα και τους δίδυμους Νίκο και Στράτο. Όταν ήρθαν, η θεία με τη μαμά κάθισαν στο σαλόνι και εμείς, τα παιδιά, πήγαμε να παίζουμε στην αυλή. Η Δώρα είδε τα απλωμένα ρούχα και αναρωτήθηκε: «Πού πάει άραγε το νερό από τα ρούχα της μπουγάδας;»

Ο Νίκος είπε ότι ο αέρας και ο ήλιος έκαναν το νερό να ανέβει στα σύννεφα.

Ο Στράτος είπε ότι το νερό το απορρόφησαν τα ρούχα.

Εγώ τους είπα ότι και οι δύο έχουν άδικο, γιατί το νερό έπεσε στο έδαφος και αυτό το απορρόφησε.

Εσύ με ποιον από τους τρεις συμφωνείς; Πού πιστεύεις ότι πήγε το νερό από τα βρεγμένα ρούχα της μπουγάδας;

α) ο ήλιος και ο αέρας έκαναν το νερό να ανέβει στα σύννεφα;

β) το νερό το απορρόφησαν τα ρούχα;

γ) το νερό έπεσε στο έδαφος και αυτό το απορρόφησε;



Μπορείς να ζωγραφίσεις την πορεία του νερού από τα πλυμένα ρούχα;



ΕΔΑΦΟΣ

Κάνε μία ζωγραφιά για κάθε λέξη.



ΕΞΑΤΜΙΣΗ

ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ

Φύλλο εργασίας 4

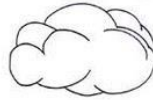
Όνομα : Ημερομηνία :

Αντικατέστησε την εικόνα με τη σωστή λέξη .

ποταμάκι



Σύννεφο



χωράφια



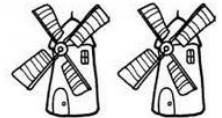
Βουνό



μπόρα



μύλους



Το ποταμάκι

Από που είσαι,

- Από 'κείνο το

- Πώς τον 'λέγαν τον παππού σου;


-  στον ουρανό.

- Ποια είναι η μάνα σου;

- Η

- Πώς κατέβηκες στη χώρα;

- Τα  να ποτίσω

και τους  να γυρίσω.

- Στάσου να σε ιδούμε λίγο,

.....  μου καλό.

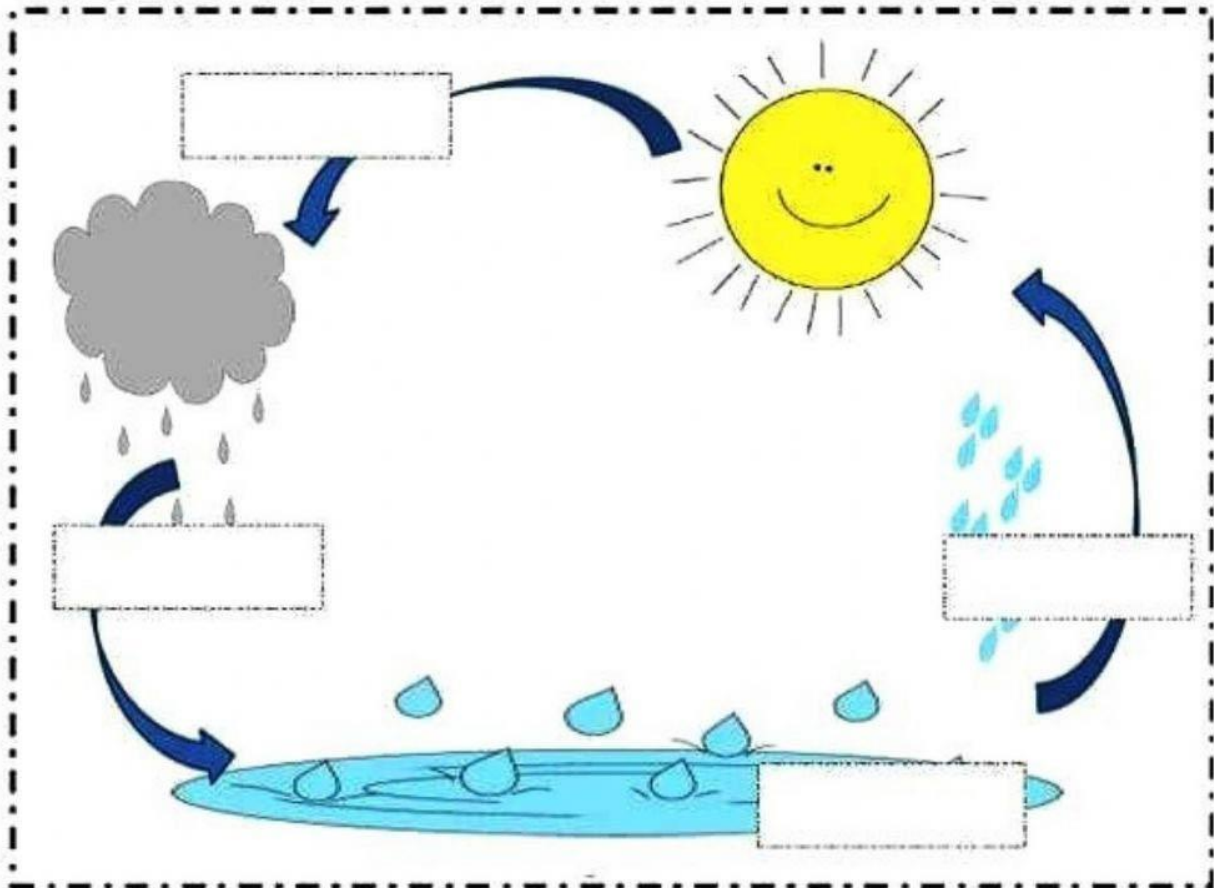
- Βιάζομαι πολύ να φύγω,

ν' ανταμώσω το γιαλό.

Ζαχαρίας Παπαντωνίου

Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Τοποθέτησε τις 4 λέξεις στη σωστή θέση τους.



Εξάτμιση

Συγκέντρωση

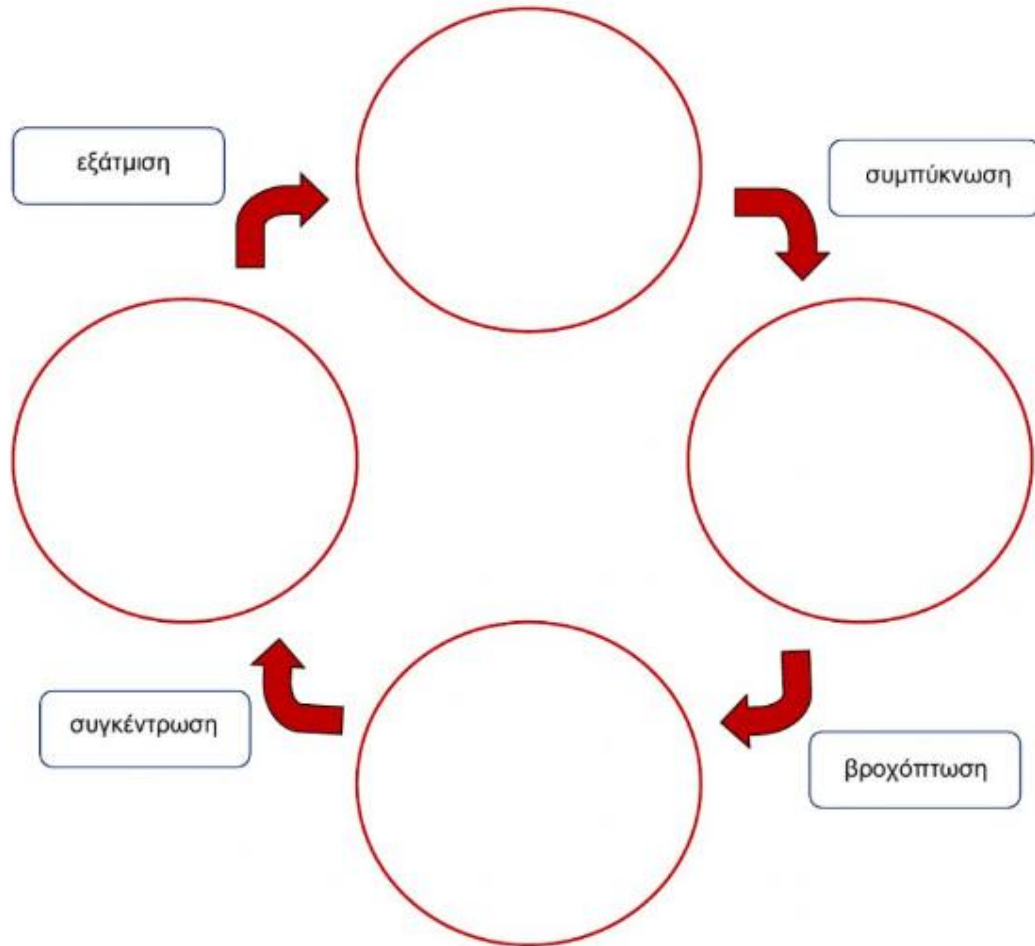
Βροχόπτωση

Συμπύκνωση

ΟΝΟΜΑ: _____

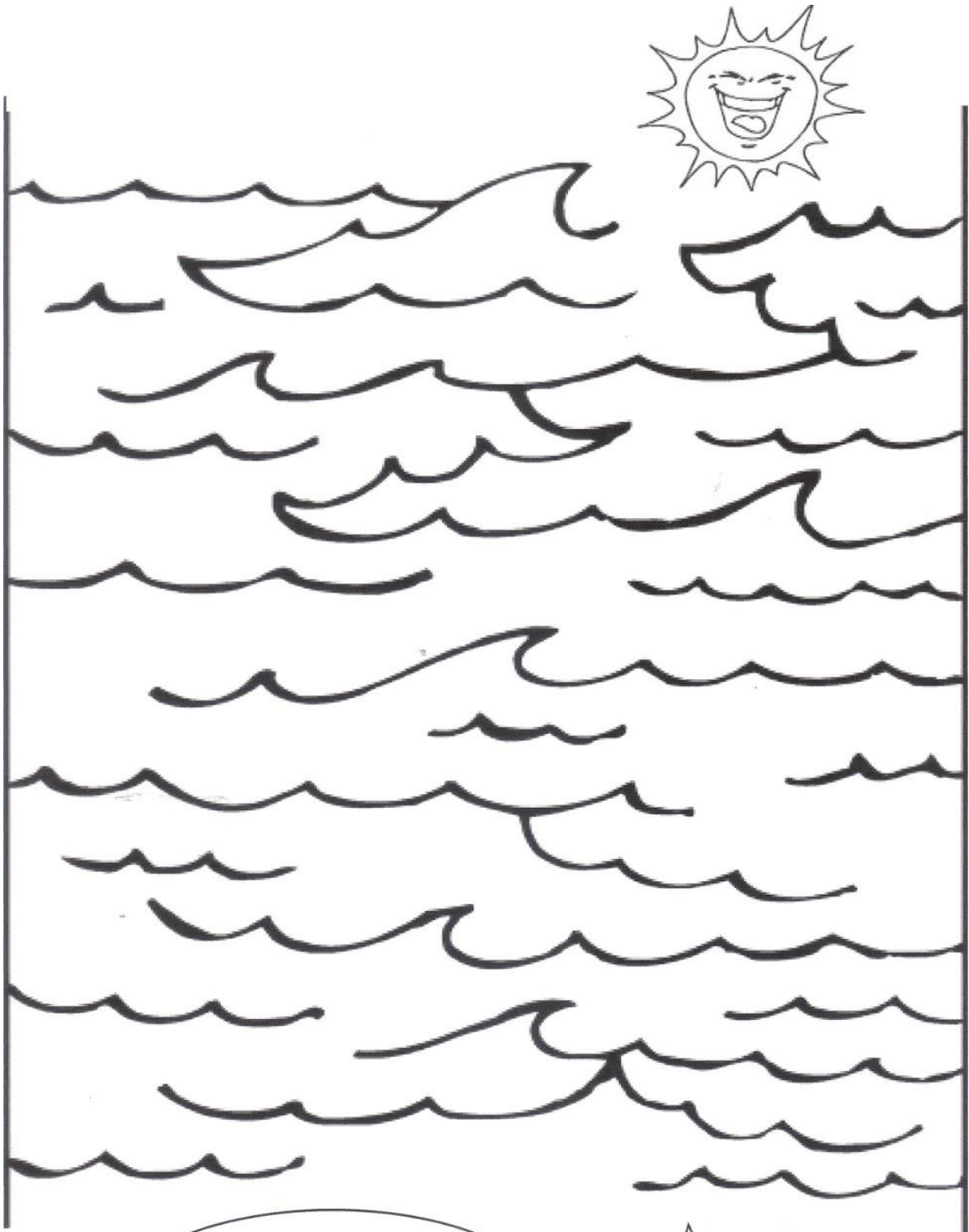
Ψηφιακό φύλλο εργασίας

Σύρε και άφησε τις εικόνες στη σωστή θέση για να σχηματιστεί ο κύκλος του νερού.



Δημιουργός: Ευαγγελία Γιαννέλου

Ο Λαβύρινθος της σταγόνας



Πως θα φτάσω εκεί
ψηλά για να του κάνω
μια αγκαλιά;



ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Πείραμα 1

Υλικά:

2 βαζάκια ίδιου μεγέθους

Νερό

Μαρκαδόρος

Εκτέλεση:

Βάζουμε μέσα στα δύο βαζάκια ίδια ποσότητα νερού. Σημειώνουμε με τον μαρκαδόρο την στάθμη του νερού στο κάθε βαζάκι και τα τοποθετούμε στο περβάζι του παραθύρου, σε ηλιόλουστο μέρος, το ένα με ανοιχτό καπάκι και το άλλο με κλειστό καπάκι.

Παρατήρηση:

Τα παιδιά καθημερινά, παρατηρούν τα βαζάκια και καταγράφουν τα ευρήματα. Θα παρατηρήσουν ότι στο μεν ανοιχτό βαζάκι, η στάθμη του νερού κατεβαίνει γιατί το νερό εξατμίζεται και φεύγει στην ατμόσφαιρα, ενώ στο βαζάκι με το κλειστό καπάκι η στάθμη του νερού παραμένει στο αρχικό επίπεδο γιατί το καπάκι αποτρέπει τους υδρατμούς που δημιουργούνται από την εξάτμιση του νερού να φύγουν στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα όταν η θερμοκρασία τους πέφτει να υγροποιούνται και να ξανά πέφτουν στο νερό.

Πείραμα 2

Υλικά:

Ένα ποτήρι

Ένα μπουκαλάκι με πολύ κρύο νερό

Παγάκια

Ένα κομμάτι χαρτόνι

Εκτέλεση:

Βάζουμε στο ποτήρι μας νερό από το μπουκαλάκι (αν θέλουμε να επισπεύσουμε το αποτέλεσμα, τοποθετούμε στο νερό λίγα παγάκια). Κατόπιν, τοποθετούμε το κομμάτι το χαρτόνι πάνω στο ποτήρι.

Παρατήρηση:

Οι μαθητές παρατηρούν, ότι λίγη ώρα μετά την εκτέλεση του πειράματος, το ποτήρι θολώνει και στο εξωτερικό μέρος του ποτηριού, αρχίζουν να σχηματίζονται σταγόνες νερού. Με τον τρόπο αυτό έρχονται σ' επαφή με το φαινόμενο της υγροποίησης, το οποίο συμβαίνει γιατί οι υδρατμοί του περιβάλλοντος, έρχονται σ' επαφή με την κρύα, εξωτερική επιφάνεια του ποτηριού (κρυώνει λόγω του κρύου νερού που έχει μέσα), πέφτει η θερμοκρασία τους με αποτέλεσμα να υγροποιούνται.

Πείραμα 3

Υλικά:

Ένα γυάλινο βάζο με καπάκι

Ζεστό νερό

Σπίρτα

Παγάκια

Εκτέλεση:

Βάζουμε λίγο ζεστό νερό μέσα στο βάζο. Γυρνάμε το καπάκι του βάζου και το τοποθετούμε στο στόμιό του. Μέσα βάζουμε λίγα παγάκια. Ανάβουμε λίγα σπίρτα και τα αφήνουμε να καούν για λίγο. Έπειτα, σηκώνουμε το καπάκι και ρίχνουμε τα αναμμένα σπίρτα μέσα στο νερό και αμέσως τοποθετούμε και πάλι το καπάκι με τα παγάκια στο στόμιο του βάζου.

Παρατήρηση:

Τα παιδιά παρατηρούν ότι μέσα στο βάζο σχηματίζεται ένα σύννεφο. Ρίχνοντας τα σπίρτα στο νερό, αυξάνουμε τη θερμοκρασία του, οπότε αυτό εξατμίζεται. Οι υδρατμοί που σχηματίζονται, φτάνουν μέχρι το καπάκι που όμως είναι γεμάτο με παγάκια, οπότε η θερμοκρασία τους πέφτει. έτσι ενώνονται και σχηματίζουν το σύννεφό μας.

Πείραμα 4

Υλικά:

Ένα μεγάλο μπολ

Ένα μικρό μπολ

Νερό

Μπλε χρώμα ζαχαροπλαστικής

Πλαστική μεμβράνη

Εκτέλεση:

Γεμίζουμε με νερό μέχρι τη μέση το μεγάλο μπολ. Προσθέτουμε λίγες σταγόνες από το μπλε χρώμα της ζαχαροπλαστικής και ανακατεύουμε να πάρει χρώμα όλο το νερό μας. Στο κέντρο του μεγάλου μπολ τοποθετούμε το μικρότερο. Καλύπτουμε προσεκτικά και πολύ καλά, το μεγάλο μπολ με την πλαστική μεμβράνη. Τοποθετούμε το μπολ μας σε σημείο που να το βλέπει ο ήλιος.

Παρατήρηση:

Τα παιδιά παρατηρούν τι θα συμβεί στη μεμβράνη μετά από λίγες ώρες που το μπολ μας θα μείνει στον ήλιο. Βλέπουν ότι στη μεμβράνη έχουν σχηματιστεί σταγόνες, γιατί ένα μέρος του νερού που βάλαμε στο μπολ, με τη θερμότητα του ήλιου, εξατμίστηκε με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν υδρατμοί. Οι υδρατμοί, δημιούργησαν όλοι μαζί ένα μεγάλο σύννεφο. Βάρυνε όμως όταν κρύωσε και οι σταγόνες έπεσαν πάλι προς τα κάτω. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα και μέσα στο μικρό μπολ να έχει πέσει νερό. Διαπιστώνουν ότι το νερό που έπεσε στο μικρό μπολ, δεν είχε το χρώμα του νερού που υπήρχε μέσα στο μεγάλο μπολ, αλλά ήταν διαυγές και ζεστό στην αφή.