



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ- ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΠΜΣ: "ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ"  
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙ-  
ΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΣΤΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ-  
SCIENCE, ENVIRONMENT AND TECHNOLOGY IN EDUCATION

## ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΑΝΑΠΤΥΞΗ, ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΙΑΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ  
ΜΑΘΗΣΙΑΚΗΣ  
ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΥΚΛΟ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ»



ΦΩΤΙΑΔΗΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ, Α.Μ. 651

ΦΛΩΡΙΝΑ 2017



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ- ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ:ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ  
ΣΤΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ-  
SCIENCE, ENVIRONMENT AND TECHNOLOGY IN EDUCATION

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΑΝΑΠΤΥΞΗ, ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ  
ΜΙΑΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗΣ  
ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ  
ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΥΚΛΟ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ»

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΦΩΤΙΑΔΗΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ, Α.Μ. 651

ΥΠΕΥΘΥΝΟΙ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ:

ΚΑΡΙΩΤΟΓΛΟΥ Π., ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΤΝ/ΠΔΜ (επιβλέπων)

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ Π., ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΡΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΠΤΝ/ΠΔΜ (Β' βαθμολογήτρια)

ΜΑΛΑΝΔΡΑΚΗΣ Γ., ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΤΔΕ/ΠΔΜ (Γ' βαθμολογήτης)

ΦΛΩΡΙΝΑ 2017

## Ευχαριστίες

Αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους ανθρώπους που στάθηκαν δίπλα μου και με στήριξαν καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης αυτής της εργασίας. Θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Καριώτογλου Πέτρο και κατόπιν την αναπληρώτρια καθηγήτρια κα Παπαδοπούλου Πηνελόπη, για τη διαρκή καθοδήγηση και υποστήριξη που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια συγγραφής της παρούσας εργασίας. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επίκουρο καθηγητή κ. Μαλανδράκη Γιώργο για τη συνεισφορά του ως βαθμολογητή της εργασίας.

Επίσης πολλά ευχαριστώ στους 20 μαθητές του 1<sup>ου</sup> Γυμνασίου Φλώρινας στο οποίο πραγματοποιήθηκε η παρούσα έρευνα για τη συνεργασία που είχαμε καθώς και στον εξωτερικό συνεργάτη κ. Στράγγα Αντώνη για τις πολύτιμες συμβουλές του και τη συνεργασία μας κατά τη διάρκεια συμπλήρωσης των Φύλλων Παρατήρησης της παρούσας έρευνας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Συμεωνίδου Άννα, Λιάμπα Ευστάθιο και Στράγγα Αντώνη για το υλικό που χρησιμοποίησα από τις διπλωματικές τους εργασίες.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τη σύζυγο και τα παιδιά μου για την υπομονή τους και τη στήριξη όλα αυτά τα χρόνια των μεταπτυχιακών μου σπουδών και να αφιερώσω την παρούσα εργασία στη μητέρα μου που πρόσφατα έχασα.

## Περίληψη

Σκοπός της μελέτης ήταν ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη και η αξιολόγηση μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας για τη διδασκαλία του κύκλου του νερού σε παιδιά ηλικίας 14-15 ετών και πιο συγκεκριμένα α) την αξία του νερού για τη δημιουργία και διατήρηση της ζωής καθώς και την ερμηνεία του προβλήματος της λειψυδρίας, β) τη διάκριση των τριών φυσικών καταστάσεων του νερού και την πρόβλεψή τους ανάλογα με τη θερμοκρασία, γ) την αναγνώριση, περιγραφή και ερμηνεία των 7 βασικών φαινομένων του νερού που σχετίζονται με τον κύκλο του νερού στη φύση (εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση, απορροή, διήθηση, εκφόρτιση, διαπνοή), δ) την περιγραφή του κύκλου του νερού ως ένα σύνολο διαδοχικών φαινομένων και την αναπαράστασή του ως μοντέλο και ε) τη διατήρηση της ποσότητας του νερού κατά την διάρκεια των αλλαγών φάσης του.

Η εφαρμογή της διδασκαλίας της ΔΜΑ ο κύκλος του νερού έγινε στο 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο Φλώρινας στο πλαίσιο περιβαλλοντικού προγράμματος με θέμα ο κύκλος του νερού στη φύση. Οι συνολικά 20 μαθητές που συμμετείχαν προέρχονταν και από τα τέσσερα τμήματα της Γ' τάξης του Γυμνασίου μετά από δική τους επιθυμία. Πιο συγκεκριμένα αποτελούνταν από 8 κορίτσια και 12 αγόρια με τους περισσότερους να έχουν μια κλίση προς τις θετικές επιστήμες.

Η επίτευξη των στόχων που τέθηκαν αξιολογήθηκε από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των ερωτηματολογίων προελέγχου και μεταελέγχου, από το φύλλο παρατήρησης του «ειδικού» και το αναστοχαστικό κείμενο του ερευνητή.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας έγιναν εμφανείς ποιοτικές βελτιώσεις στις απαντήσεις των μαθητών σχετικά με τους παραπάνω στόχους. Πιο συγκεκριμένα στον στόχο της αναγνώρισης της αξίας του νερού για τη δημιουργία και διατήρησης της ζωής οι μαθητές βελτιώθηκαν αρκετά με σημαντικά περιθώρια περαιτέρω προόδου ειδικά στην πρώτη περίπτωση. Στην ερμηνεία της λειψυδρίας υπήρξε από τα παιδιά μια πιο ποιοτική προσέγγιση και ως προς τον ορισμό αλλά και ως προς την αιτιολόγηση της δίνοντας περιβαλλοντική προσέγγιση στις απαντήσεις τους. Οι μαθητές ανταποκρίθηκαν πολύ καλά στη διάκριση των τριών φυσικών καταστάσεων του νερού όταν τους δίνονταν οποιαδήποτε μορφή νερού, φάνηκε όμως να διατηρούν σημαντικές δυσκολίες στη διάκριση της δομής του νερού στις τρεις φυσικές καταστάσεις, κυρίως της στερεής. Όσον αφορά την πρόβλεψη από τους μαθητές της φυσικής κατάστασης του νερού ανάλογα με την θερμοκρασία προκύπτει ότι προϋπήρχε μια αρκετά καλή γνώση του θέματος με σημαντική πρόοδο μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ. Επίσης ως προς τα 7 βασικά φαινόμενα του κύκλου του νερού μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ οι περισσότεροι μαθητές μπορούσαν να τα αναγνωρίζουν και να τα περιγράφουν, με πολύ καλά αποτελέσματα επίσης στην εξήγηση της εξάτμισης αλλά με δυσκολίες στην κατακρήμνιση και τη συμπύκνωση (μόνο οι μισοί μαθητές περίπου κατάφεραν να τα εξηγήσουν σωστά). Στον στόχο της σωστής διαδο-

χής των φαινομένων παρουσιάστηκε σημαντική βελτίωση με περίπου τα 2/3 των μαθητών να απαντούν σωστά και τους υπόλοιπους να αποτυπώνουν σωστά κυρίως το ατμοσφαιρικό μέρος του κύκλου. Στην αναπαράσταση του κύκλου του νερού με την μορφή μοντέλου μετά την παρέμβαση, το 60% των μαθητών έδωσαν αποδεκτές αναπαραστάσεις το δε υπόλοιπο 40% μερικώς αποδεκτές αποτυπώνοντας σωστά μόνο κάποια μέρη του κύκλου του νερού. Όσον αφορά τη διατήρηση της συνολικής ποσότητας του νερού τριπλασιάστηκαν οι σωστές απαντήσεις μετά τη διδασκαλία με το σύνολο σχεδόν των μαθητών όχι μόνο να τη γνωρίζουν αλλά και να την αιτιολογούν μέσω των φαινομένων του ΚτΝ.

Τέλος, προτάθηκαν τρόποι βελτίωσης στα σημεία εκείνα που οι στόχοι δεν επετεύχθησαν σε ικανοποιητικό βαθμό, για μια μελλοντική εφαρμογή.

## Summary

The purpose of this research was the development, implementation and evaluation of Teaching Learning Course (TLC) about Water Cycle Teaching for Children aged 14-15 and more specifically: a) the value of water for the creation and preservation of life as well as the interpretation of the problem of water scarcity, b) discrimination of the three physical conditions of water and the prediction of them according to temperature, c) the identification, description and interpretation of the seven basic water phenomena associated with the water cycle in nature (evaporation, concentration, precipitation, emanation, filtration, discharging, transpiration), d) description of the water cycle as a set of successive phenomena and its representation as a model and e) preservation of the quantity of water during its phase changes.

The implementation of the TLC teaching of the water cycle took place at the 1st Gymnasium of Florina as part of an environmental program with regard to the cycle of water in nature. The total of 20 students attended, came from all four classes of third Grade of the Gymnasium after their own wish. More specifically, it consisted of 8 girls and 12 boys.

Achievement of the aim that was set was evaluated by the analysis of the results of the pre-audit and post-audit questionnaires, from the observation sheet of the "specialist" and the reflective text of the researcher.

The results of the survey revealed qualitative improvements in student responses to the above objectives. In particular, the objective of recognizing the value of water for the creation and preservation of life has improved significantly with considerable scope for further progress, especially in the first case. In the interpretation of water scarcity, children had a more qualitative approach both in terms of definition and justification by giving an environmental approach to their responses. The pupils responded very well to the distinction of the three natural states of water when given any form of water, but they seemed to have considerable difficulty in distinguishing the structure of water in the three physical situations, mainly of the solid state. With regard to the student's prediction of the physical condition of water according to the temperature, there appears to be a good knowledge of the subject with significant progress after the implementation of the TLC. Also, with regard to the 7 main water cycle phenomena following the implementation of the TLC, most students could identify and describe them, with very good results also in explanation of evaporation but with difficulty in precipitation and condensation (only approximately half of students managed to explain them correctly). The goal of proper succession of phenomena has been markedly improved with about two-thirds of students responding correctly and the others understanding mainly the atmospheric part of the cycle correct. In the representation of the water cycle in the form of a model after the intervention, 60% of the students gave acceptable representations, while the remaining

40% were partially accepted, capturing correctly only some parts of the water cycle. With regard to the maintenance of the total amount of water, the correct answers tripled after the teaching with almost all students not only knowing it but also justifying it through the phenomenon of the water cycle.

Finally, ways have been suggested to improve on those points where the objectives have not been achieved to a satisfactory extent, for a future implementation.

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>10</b>
1.1 Προβληματισμός.....	10
1.2 Η Δομή της ΔΜΑ .....	11
<b>ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ</b>	<b>13</b>
<b>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ - ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ</b>	<b>13</b>
1.1. Τα μοντέλα διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες .....	13
1.2 Μοντέλα- Μοντελοποίηση .....	16
1.3 Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες (ΔΜΑ).....	19
<b>Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> ΤΟ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ</b>	<b>22</b>
2.1 Επιστημονικό περιεχόμενο του κύκλου του νερού .....	22
2.1.1 Ο υδρολογικός κύκλος .....	22
2.1.2 Η σημασία του νερού .....	32
2.1.3 Κατανομή του νερού. Αλλαγές στον τόπο και στον χρόνο .....	35
2.2 Βασικά στοιχεία επιστημονικού περιεχομένου .....	37
2.3 Ιστορική θεώρηση του κύκλου του νερού .....	39
<b>Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ</b>	<b>42</b>
3.1 Οι ιδέες των μαθητών για τον κύκλο του νερού και τα επιμέρους φαινόμενα .....	42
3.2 Σύνοψη ιδεών των μαθητών για τον ΚτΝ και τα επιμέρους φαινόμενα .....	48
<b>ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ</b>	<b>50</b>
<b>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ</b>	<b>50</b>
1.1 Σκοπός της έρευνας .....	50
1.2 Ερευνητικά ερωτήματα .....	50
1.3 Δείγμα έρευνας.....	50
<b>Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΔΜΑ</b>	<b>52</b>
2.1 Το μετασηματισμένο περιεχόμενο του υδρολογικού κύκλου .....	52
2.2 Διδακτικός μετασηματισμός-Αιτιολόγηση.....	56
2.3 Βασικά στοιχεία μετασηματισμένου περιεχομένου .....	58
2.4 Πρόταση εννοιολογικής αλλαγής .....	59
2.5 Εργαλεία διδασκαλίας και αξιολόγησης – Η Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία.....	61
2.6 Παιδαγωγική προσέγγιση .....	65
<b>Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΜΑ</b>	<b>67</b>
3.1 Ερευνητικά εργαλεία .....	67
3.1.1 Μαθησιακά αποτελέσματα (ερωτηματολόγια πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ) 67	
3.1.2 Φύλλο παρατήρησης .....	68
3.1.3 Αναστοχαστικό κείμενο .....	68
3.2 Μέθοδος ανάλυσης δεδομένων .....	68
3.2.1 Ερωτηματολόγια προελέγχου/μεταελέγχου .....	68
3.2.2 Αναστοχαστικό κείμενο .....	75
3.2.3 Φύλλο παρατήρησης .....	76
3.2.4 Σύνδεση ερευνητικών εργαλείων .....	76
<b>Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ</b>	<b>78</b>
4.1 Αποτελέσματα ανά ενότητα ερώτηση και στόχο των τεστ προ-ελέγχου και μετά-ελέγχου της έρευνας .....	78
4.1.1 Η αξία του νερού .....	78



4.1.2 Μορφές και καταστάσεις του νερού .....	80
4.1.3 Φαινόμενα σε σχέση με το νερό στη φύση .....	84
4.1.4 Ο κύκλος του νερού .....	87
4.2 Αναστοχαστικό κείμενο .....	93
4.3 Σύνοψη φύλλων παρατήρησης .....	106
<b>Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup> ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ .....</b>	<b>114</b>
5.1 Γενικά σχόλια .....	114
5.2 Συζήτηση .....	114
5.3 Συμπεράσματα.....	119
5.4 Περιορισμοί .....	121
5.5 Προτάσεις .....	122
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>124</b>
Ελληνόγλωσση .....	124
Ξενόγλωσση .....	126
Διαδικτυακές πηγές .....	131
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</b>	<b>133</b>
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: Το ερωτηματολόγιο προελέγχου της έρευνας.....	133
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: Το ερωτηματολόγιο μεταελέγχου της έρευνας.....	138
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: Συνοπτικός πίνακας βιβλίου δραστηριοτήτων .....	143
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4: Βιβλίο δραστηριοτήτων .....	145
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5: Φύλλο Παρατήρησης .....	163
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6: Δείγμα ερωτηματολογίου προελέγχου-μεταελέγχου .....	192

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Προβληματισμός

Τα μαθήματα που αποτελούν τις ΦΕ χαρακτηρίζονται από τους περισσότερους μαθητές ως μαθήματα αυξημένης δυσκολίας. Σημαντικός παράγοντας για την αποτελεσματική διδασκαλία τους είναι η μελέτη των προϋπαρχουσών ιδεών των μαθητών σε συνδυασμό με το σχεδιασμό ελκυστικών και αποτελεσματικών εκπαιδευτικών περιβαλλόντων και την ενίσχυση της διδασκαλίας τους με τη χρήση ΤΠΕ. Οι ΦΕ αποτελούνται από μαθήματα με το στρατηγικό πλεονέκτημα να εμπεριέχουν πειράματα. Η πειραματική δραστηριότητα αλλά και η δυνατότητα αυτών των μαθημάτων να μπορούν να ερμηνεύσουν τον φυσικό και τεχνολογικό κόσμο που ζούμε θα έπρεπε να κατατάσσει αυτά τα μαθήματα στα πιο αγαπημένα στις προτιμήσεις των μαθητών. Δυστυχώς συμβαίνει το ακριβώς αντίθετο.

Στην πράξη η διδασκαλία των ΦΕ ειδικά στο Γυμνάσιο συναντά σήμερα σημαντικές αντιστάσεις που οφείλονται κυρίως στη μη σύνδεση της ύλης με το δημοτικό, στα υπάρχοντα αναλυτικά προγράμματα, στις "παραδοσιακές" δασκαλοκεντρικές μεθόδους διδασκαλίας που ακολουθούν οι εκπαιδευτικοί (συνήθως εξ' αιτίας ελλιπούς επιμόρφωσης) και στην έλλειψη υλικοτεχνικής υποδομής στα σχολεία. Ως συνέπεια παρατηρείται αποστασιοποίηση των μαθητών από τα μαθήματα των ΦΕ ενώ πολλοί μαθητές τα θεωρούν χωρίς ενδιαφέρον και αποκομμένα από την καθημερινή πραγματικότητα.

Όσον αφορά τον κύκλο του νερού από αποτελέσματα ερευνών από τους Ben-Zvi Assaraf και Orion (2005) προκύπτει ότι οι περισσότεροι μαθητές εισάγονται στο Γυμνάσιο με μια μερική και αποσπασματική αντίληψη του κύκλου του νερού και αποφοιτούν με σχεδόν τις ίδιες παρεξηγήσεις. Τις περισσότερες φορές η διδασκαλία του κύκλου του νερού στο δημοτικό περιορίζεται στο ατμοσφαιρικό μέρος του, αλλά και στο Γυμνάσιο δεν γίνεται αναφορά σε σημαντικές διεργασίες και έννοιες όπως για παράδειγμα η διαπνοή, η διατήρηση της μάζας κατά τη διάρκεια των φαινομένων του κύκλου, η δυναμικότητα του κύκλου, ο κύκλος του νερού ως σύστημα και ως μοντέλο.

Στο πλαίσιο που περιγράφηκε παραπάνω οι ερευνητές είναι πολύ σημαντικό να δημιουργήσουν Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες (ή Σειρές) (ΔΜΑ ή ΔΜΣ) δηλαδή μικρά αναλυτικά προγράμματα με θέματα που έχουν σχέση με τα ενδιαφέροντα το νοητικό επίπεδο και την καθημερινότητα των μαθητών, όπου θα λαμβάνουν υπ' όψιν τις προϋπάρχουσες ιδέες τους. Η δομή τους θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εμπλέκει τους μαθητές σε διαδικασίες στις οποίες θα ανακαλύπτουν και κατακτούν την γνώση από μόνοι τους δουλεύοντας όπως οι επιστήμονες. Η διαδικασία μέσα από τη διερεύνηση είναι μια από τις κυρίαρχες τάσεις στην διδακτική των ΦΕ

(<https://tinyurl.com/y9bj5sy6>) όπου η μάθηση στις ΦΕ προτείνεται ως διαδικασία διερεύνησης σε αυθεντικά περιβάλλοντα που συντελούν στην κατασκευή νοήματος για τον ίδιο το μαθητή. Οι ΔΜΣ είναι μεσαίας κλίμακας αναλυτικά προγράμματα (διάρκειας 5-15 ωρών)(Καριωτογλου, 2002), οι οποίες αποτελούν προϊόντα *Αναπτυξιακής Έρευνας*(*Developmental Research*) (Lijnse, 1995). Αποτελούν δε, μία από τις σημαντικές περιοχές έρευνας στη ΔΦΕ τις τελευταίες τρεις δεκαετίες. Πιο συγκεκριμένα, η έρευνα αυτή αφορά στο σχεδιασμό, ανάπτυξη, εφαρμογή και αξιολόγηση των ΔΜΣ (Duit, 1999, Lijnse, 1995, Méheut & Psillos, 2004) και έχει προκύψει ως αποτέλεσμα της έρευνας που κυριάρχησε τη δεκαετία του '80, σχετικά με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών γύρω από διάφορα φυσικά φαινόμενα, καθώς και της επικράτησης του εποικοδομητισμού, εκείνη την περίοδο, στη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ (Méheut & Psillos, 2004).

Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές οι ΔΜΑ δομούνται πάνω σε δύο διαστάσεις, την «επιστημονική» που αφορά την ανάλυση του περιεχομένου της ακολουθίας ή το διδακτικό μετασχηματισμό του, και την «παιδαγωγική» που αφορά τη σχέση μεταξύ εκπαιδευτικού και μαθητών, όπως τη διδακτική μέθοδο που εφαρμόζεται στη ΔΜΑ, το ρόλο του εκπαιδευτικού και των μαθητευομένων. Ο συνδυασμός των δύο αυτών διαστάσεων στοχεύει στη δημιουργία μιας ομάδας δραστηριοτήτων, οι οποίες προσαρμόζονται στους συλλογισμούς των μαθητευομένων και είναι επικεντρωμένες σε ένα συγκεκριμένο επιστημονικό περιεχόμενο (Καμίδου, Σπύρτου & Καριώτογλου, 2007).

## **1.2 Η Δομή της ΔΜΑ**

Στη σχεδίαση της συγκεκριμένης Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας (ΔΜΑ) «Ο κύκλος του νερού» λαμβάνοντας υπ' όψιν τα παραπάνω έγινε προσπάθεια να συνδυάσει επιστημονικά πεδία που προέρχονται από τις Φυσικές, Τεχνολογικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες, δημιουργώντας επιστημονικούς κρίκους απαραίτητους για τη διαθεματική οργάνωση. Επιδίωξη ήταν οι μαθητές να μελετήσουν τον κύκλο του νερού και την αξία του για την ζωή εστιάζοντας στη διερεύνηση της σημασίας του νερού για την δημιουργία και την διατήρηση της ζωής καθώς και στη διερεύνηση του προβλήματος της λειψυδρίας σε κάποιες περιοχές του πλανήτη αναδεικνύοντας τα αίτια, τα αποτελέσματα καθώς και τους τρόπους αντιμετώπισης του ώστε να καταλάβουν οι μαθητές πόσο σημαντικό είναι το νερό για την βίοσφαιρα (έμβια όντα), την Αειφορία και την περιβαλλοντική συνείδηση. Σύμφωνα με το πρόγραμμα της UNESCO (2010) μια κατάλληλη απάντηση στην κρίση του νερού απαιτεί μια σε βάθος γνώση των μερών του υδρολογικού κύκλου (Ben Zvi Assaraf et al, 2012). Επομένως έγινε προσπάθεια οι μαθητές ως μελλοντικοί διαχειριστές των υδάτινων πόρων του πλανήτη μας, να αναπτύξουν βασικές επιστημονικές γνώσεις για το νερό και πιο συγκεκριμένα για τη λειτουργία του υδρολογικού κύκλου ως ένα μοντέλο (σύμφωνα με τους Smith et al., 1992 τα μοντέλα είναι εργαλεία για το μετασχηματι-

σμό της αφελούς θεωρίας σε επιστημονική), αλλά και ως ένα δυναμικό σύστημα όπου η συνολική ποσότητα νερού διατηρείται σταθερή. Να αντιληφθούν την μοναδικότητά του νερού το οποίο εμφανίζεται και στις τρεις φυσικές καταστάσεις στις συνθήκες που επικρατούν στη Γη, την ικανότητά του να «αυτοκαθαρίζεται» όταν διηθείται από το χώμα ή όταν εξατμίζεται από τις αποθήκες του και να διερευνήσουν τα κυριότερα φαινόμενα που εμφανίζονται κατά την διάρκειά του κύκλου του νερού (εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση, απορροή, διήθηση, εκφόρτιση και διαπνοή) με εστίαση κυρίως στο πώς και γιατί συμβαίνουν.

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την σχεδίαση, εφαρμογή και αξιολόγηση μιας ΔΜΑ με θέμα τον κύκλο του νερού στη Γ' Γυμνασίου, πεδίο το οποίο δεν είναι ιδιαίτερα μελετημένο ειδικά στον Ελλαδικό χώρο. Με σκοπό λοιπόν την παραπάνω μελέτη, στο πρώτο μέρος αυτής της εργασίας παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο που αναφέρεται στα μοντέλα διδασκαλίας, στις Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες και στα πλαίσια στα οποία μπορούν να αναπτυχθούν και να αξιολογηθούν καθώς και στη σημασία της μοντελοποίησης στην διδασκαλία των ΦΕ. Στη συνέχεια γίνεται η παρουσίαση του επιστημονικού περιεχομένου, οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τον κύκλο του νερού και τα επιμέρους φαινόμενα καθώς και μια σύντομη ιστορική ανασκόπηση του κύκλου του νερού. Στο ερευνητικό μέρος και στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο αυτού παρουσιάζεται το μεθοδολογικό πλαίσιο της εργασίας με αναφορά στο σκοπό και στόχους της έρευνας, τα ερευνητικά ερωτήματα και το δείγμα, στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρατίθεται το μετασχηματισμένο περιεχόμενο με την αιτιολόγησή του, η πρόταση εννοιολογικής αλλαγής, τα εργαλεία διδασκαλίας και αξιολόγησης και τέλος η παιδαγωγική προσέγγιση, ακολούθως στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο παραθέτονται τα ερευνητικά εργαλεία και η μέθοδος ανάλυσης των δεδομένων. Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση των αποτελεσμάτων των ερωτηματολογίων προελέγχου και μεταελέγχου, των αποτελεσμάτων του αναστοχαστικού κειμένου του ερευνητή και η σύνοψη του φύλλου παρατήρησης. Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα της έρευνας και οι περιορισμοί, και προτείνονται κάποιες βελτιωτικές προτάσεις. Ακολουθεί η βιβλιογραφία και τα παραρτήματα όπου υπάρχει το ερωτηματολόγιο προελέγχου, το ερωτηματολόγιο μεταελέγχου, το βιβλίο δραστηριοτήτων και το φύλλο παρατήρησης καθώς και ένα δείγμα ερωτηματολογίου προελέγχου-μεταελέγχου της έρευνας.

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

### Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

#### ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ - ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ

##### 1.1. Τα μοντέλα διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες

Ένα μοντέλο διδασκαλίας είναι η περιγραφή ενός περιβάλλοντος μάθησης, συμπεριλαμβανομένης της συμπεριφοράς του εκπαιδευτικού, τα οποία ξεκινούν από το σχεδιασμό μαθημάτων και φτάνουν ως το σχεδιασμό εκπαιδευτικού υλικού (Joyce et al., 2004). Σύμφωνα με τον Καριώτογλου (2006) τα κυρίαρχα μοντέλα διδασκαλίας των ΦΕ είναι τα εξής:

- *παραδοσιακό/μεταφορά γνώσης*
- *ανακαλυπτικό*
- *επικοινωνιακό*
- *διερευνητικό.*

Πιο συγκεκριμένα:

##### **α) Μοντέλο μεταφοράς (παραδοσιακό):**

Το διδακτικό μοντέλο της μεταφοράς της γνώσης χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα σε όλο τον κόσμο πριν τη δεκαετία του 1960, όμως και σήμερα, λόγω της απλής δομής του, χρησιμοποιείται ακόμη (Καριώτογλου, 2006). Βασική επιδίωξη του μοντέλου μεταφοράς αποτελεί η επιλογή και εφαρμογή κατάλληλων διδακτικών μεθόδων (ερέθισμα) ώστε να οδηγηθούμε στα επιθυμητά αποτελέσματα (αντίδραση). Κύρια χαρακτηριστικά του είναι ο σεβασμός στο περιεχόμενο των ΦΕ και η επίδειξη των πειραμάτων ως επιβεβαίωση του περιεχομένου. Επίσης, θεωρεί τον μαθητή ως παθητικό υποκείμενο της διδασκαλίας, ενώ η μάθηση θεωρείται ως σωρευτική διαδικασία πληροφορίας που μεταβιβάζει ο εκπαιδευτικός στον μαθητή. Αναγνωρίζει σαν δομικά στοιχεία της διδακτικής πράξης τον εκπαιδευτικό, τη γνώση/διδακτικό αντικείμενο και το μαθητή. Τα τρία αυτά στοιχεία δημιουργούν το διδακτικό τρίγωνο, με το ρόλο του πρώτου να είναι πρωταρχικός και το ρόλο του τελευταίου εξαρτημένος (Σπύρτου, 2001). Στόχος της διδασκαλίας είναι οι μαθητές να είναι σε θέση να αναπαράγουν όσα διδάχθηκαν. Οι διδακτικές στρατηγικές που υιοθετεί ο εκπαιδευτικός κυρίως είναι η διάλεξη, οι ερωτήσεις και σε μερικές περιπτώσεις, το πείραμα επίδειξης (Ashiq, Azeem, Shakoor, 2011). Στο πλαίσιο αυτής της παραδοσιακής προσέγγισης, ο εκπαιδευτικός είναι υπεύθυνος ώστε μέσα από δραστηριότητες επαναλαμβανόμενης εξάσκησης, να βελτιωθούν οι απομνημονευτικές δυνατότητες του μαθητή (Ράπτης, 2003).

### **β) Ανακαλυπτικό μοντέλο:**

Στην ανακαλυπτική προσέγγιση το βασικό εγχείρημα είναι ότι η γνώση ανακαλύπτεται από τον ίδιο το μαθητή. Εξακολουθεί ο σεβασμός στο περιεχόμενο, ωστόσο αλλάζει ο ρόλος του πειράματος που έχει ως στόχο την ανακάλυψη της γνώσης από τους μαθητές. Έτσι ο μαθητής θεωρείται ενεργό υποκείμενο της διδασκαλίας και η μάθηση ως ενεργητική διαδικασία.

Κατά τον Σκουμιά (2012), η μάθηση εκλαμβάνεται ως ανακάλυψη νέων γνώσεων, επινόηση νέων γνωστικών σχημάτων από την πλευρά του μαθητή. Η διδασκαλία είναι διαδικασία ανακάλυψης γνώσεων από τους μαθητές. Στόχος δεν είναι ο μαθητής να απομνημονεύσει όσο μεγαλύτερο όγκο πληροφοριών μπορεί, αλλά να μπορεί να εξηγήσει τα όσα ανακάλυψε μέσα από διαδικασίες πειραματισμού, ως μέλος μιας ομάδας. Διδακτικές στρατηγικές που ευνοούν την εφαρμογή της ανακαλυπτικής μεθόδου είναι το πείραμα, οι ερωτήσεις, η διερεύνηση και η συζήτηση. Ο μαθητής, οφείλει να ενεργήσει για να ανακαλύψει τη γνώση, να εμπλακεί, να αυτενεργήσει, να παρατηρήσει, να αλληλεπιδράσει με αντικείμενα και πρόσωπα. Οι μαθητές εργάζονται χωρισμένοι σε ομάδες, ενώ ο εκπαιδευτικός συντονίζει τις ομάδες μαθητών, οργανώνει, καθοδηγεί, συμβουλεύει και εμπνέει. Παρέχει κατάλληλα εργαλεία και ερεθίσματα, ώστε να κατανοήσουν τα παιδιά το φυσικό κόσμο που τους περιβάλλει. Δεν προσφέρει έτοιμη τη γνώση, αλλά σχεδιάζει καταστάσεις διερεύνησης. Έτσι, ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι να δημιουργεί κατάλληλες συνθήκες και να δίνει ευκαιρίες για εξάσκηση.

### **γ) Εποικοδομητικό μοντέλο:**

Η εποικοδομητική προσέγγιση στη διδασκαλία δεν είναι απλά ένα διδακτικό μοντέλο των Φ.Ε. αλλά ένα σύνολο διδακτικών απόψεων οι οποίες μπορεί να αποκλίνουν σημαντικά μεταξύ τους. Αυτές οι διδακτικές απόψεις, στις ακραίες τους εκδοχές υποστηρίζουν από τις θεωρίες της προσωπικής εποικοδόμησης που οδηγούν το μαθητή σε ενδοπροσωπική σύγκρουση και υποστηρίζονται από τον Piaget, έως τις θεωρίες των κοινωνιογνωστικών προσεγγίσεων που οδηγούν το μαθητή σε διαπροσωπική σύγκρουση και υποστηρίζονται από το Vygotsky (Καριώτογλου, 2006). Το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας άρχισε να κάνει την εμφάνισή του στις αρχές τις δεκαετίας του 1980 με το ρεύμα της εποικοδόμησης και τα αντίστοιχα προγράμματα εποικοδομητικής κατεύθυνσης. Στηρίζεται στην εποικοδομητική υπόθεση στη μάθηση, σύμφωνα με την οποία οι μαθητευόμενοι κατασκευάζουν προσωπικά νοήματα για το περιεχόμενο της διδασκαλίας τόσο στις προϋπάρχουσες ιδέες τους, όσο και στη διδασκαλία (Καριώτογλου, 2010). Έτσι προϋπόθεση για την εφαρμογή του συγκεκριμένου μοντέλου είναι η ύπαρξη των εναλλακτικών ιδεών των μαθητευομένων, από των οποίων την ανάδειξη ξεκινά η διδασκαλία ως φάση εξοικείωσης. Με αυτό τον τρόπο ο μαθητής θεωρείται ενήμερος των απόψεων του και «κα-

τασκευάζει» τη γνώση του, θεωρώντας την νέα γνώση ένα επίπεδο πιο πάνω της αρχικής.

Η πιο συνηθισμένη στρατηγική της εποικοδομητικής προσέγγισης είναι αυτή της γνωστικής σύγκρουσης, κατά την οποία έρχονται σε αντιπαράθεση οι αρχικές προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών με τις επιστημονικές μέσω κατάλληλων συζητήσεων και παραδειγμάτων, με σκοπό την αλλαγή των εναλλακτικών ιδεών σε ιδέες πιο κοντά στις επιστημονικές. Συνήθως η δομή της εποικοδομητικής προσέγγισης περιλαμβάνει τέσσερις φάσεις: α) Ανάδειξης των ιδεών των μαθητών β) Δοκιμασίας των ιδεών γ) Καταγραφή των αποτελεσμάτων των ιδεών δ) Εισαγωγής του επιστημονικού προτύπου ε) Εφαρμογής του επιστημονικού προτύπου στ) Μεταγνωστική φάση. Από την οργάνωση μιας εποικοδομητικής προσέγγισης φαίνεται ότι περιλαμβάνει γνωστικές δεξιότητες οργάνωσης, ανάλυσης και υπέρβασης δεδομένων (Καριώτογλου, 2006). Επίσης οι μεταγνωστικές δραστηριότητες βοηθάνε τους μαθητευομένους να συνειδητοποιήσουν τον τρόπο σκέψης που ανέπτυξαν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας.

#### **δ) Διερευνητικό μοντέλο:**

Εμφανίζεται στις αρχές του 21ου αιώνα, σε μία εποχή όπου τα υπάρχοντα Προγράμματα Σπουδών των Φυσικών Επιστημών εστιάζουν στο περιεχόμενο και τη μάθηση ως σώμα γεγονότων, αποκομμένο από τις διαδικασίες παραγωγής και τη φιλοσοφία της επιστήμης, το διερευνητικό μοντέλο μάθησης αποτελεί μία διαφορετική οπτική. Σύμφωνα με τον Bybee (2006), διερεύνηση είναι ο τρόπος με τον οποίο δουλεύουν οι επιστήμονες, αλλά και οι δραστηριότητες μέσα από τις οποίες μαθαίνουν οι μαθητές τόσο τις επιστημονικές έννοιες όσο και τις επιστημονικές διαδικασίες.

Συγκεκριμένα στην εκπαίδευση, η διερεύνηση έχει δυο εκδοχές. Πρώτον είναι ένα μέσο για τη μάθηση του περιεχομένου των ΦΕ. Δεύτερον, είναι ένας μαθησιακός στόχος, ο οποίος απαιτεί την άσκηση δεξιοτήτων της επιστημονικής διερεύνησης και τον αναστοχασμό για την κατανόηση της φύσης της (Waight & Abd-El-Khalick, 2007). Η διερευνητική προσέγγιση φαίνεται να ενσωματώνει πολλά στοιχεία των προηγούμενων ρευμάτων. Στόχος της είναι η πολύπλευρη μύηση του μαθητή στο περιεχόμενο, τις διαδικασίες και τη φύση της επιστήμης, παρά η μάθηση κάποιων γεγονότων, εννοιών, νόμων και άλλων στοιχείων που ίσχυε μέχρι τότε (Καριώτογλου κ.α., 2012).

Το μοντέλο αυτό βοηθά να ξεφύγουμε από την αφελή θεωρία που έχουν ήδη διαμορφώσει οι μαθητές για τα φυσικά φαινόμενα και τις αντίστοιχες έννοιες (Carey, 1985), παραδείγματος χάρη για τον κύκλο του νερού. Αυτό θα το πετύχουμε μέσω του εμπλουτισμού της εκπαίδευσης των ΦΕ με στοιχεία των επιστημονικών μεθόδων.

δων (Καριώτογλου κ.α., 2012), όπως είναι η διδασκαλία του κύκλου του νερού ως ενιαίο μοντέλο.

Συνοπτικά η διερεύνηση έχει σημαντικό πλεονέκτημα σε σχέση με τα προγενέστερα διδακτικά μοντέλα, αφού ενσωματώνει όλα τα μοντέλα σε ένα. Έχει όμως και σημαντικές δυσκολίες όπως η επιλογή περιεχομένου, αρχών και κριτηρίων για διδακτικό μετασχηματισμό του ώστε να είναι κατάλληλο για διδασκαλία σε συγκεκριμένο πληθυσμό μαθητευομένων και επίσης η ανάγκη εκπαίδευσης τόσο εκπαιδευτικών όσο και μαθητευομένων στο νέο μοντέλο- φιλοσοφία, κυρίως σε κοινότητες που προέρχονται από παραδοσιακή εκπαίδευση (Καριώτογλου, 2004 · Καριώτογλου, 2010).

## **1.2 Μοντέλα- Μοντελοποίηση**

Τα μοντέλα αποτελούν οργανικό στοιχείο της επιστημονικής σκέψης και ως εκ τούτου, ένα από τα πιο χαρακτηριστικά γνωρίσματα των Φ.Ε. Από τις απαρχές της επιστημονικής σκέψης οι άνθρωποι προσπαθούσαν να κατανοήσουν τον κόσμο με τη βοήθεια μοντέλων (π.χ. κοσμολογικά μοντέλα Ιώνων φιλοσόφων του 6<sup>ου</sup> αιώνα π.Χ.). Χαλκιά (2012). Πιο συγκεκριμένα είναι βασικό συστατικό της διδακτικής και μαθησιακής διαδικασίας και ταυτόχρονα αποτελούν «μέσο» και «σκοπό». Από τις αρχές της δεκαετίας του 1970 έγινε φανερό η σημασία των μοντέλων και της μοντελοποίησης στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο κύκλος του νερού, ο οποίος αποτελεί ένα μοντέλο.

Σύμφωνα με το Ζουπίδη (2010) ένα μοντέλο είναι αναπαράσταση της πραγματικότητας μέσα από κάποια αναλογία και όχι ακριβές αντίγραφο ενός στόχου (δηλαδή ενός αντικειμένου, μιας έννοιας, μιας διαδικασίας ή/και ενός φαινομένου). Ο στόχος του μοντέλου μπορεί να είναι: η περιγραφή, η εξήγηση, η πρόβλεψη ενός από τους παραπάνω στόχους. Κάποιος χρησιμοποιεί ένα μοντέλο για να αναπαραστήσει έναν στόχο έχοντας ένα σκοπό (Ζουπίδης 2012). Σύμφωνα με τον ίδιο ερευνητή η λειτουργία ενός μοντέλου δεν είναι ψυχαγωγική (με την έννοια της ομορφιάς, της αισθητικής και της διασκέδασης), αλλά χρησιμεύει ως εργαλείο με κύριο στόχο την περιγραφή, την ερμηνεία ή/και την πρόβλεψη ενός φαινομένου. Η κατανόηση αυτή θεωρείται σημαντική, διότι οι μαθητές που θεωρούν ότι τα μοντέλα είναι ακριβή αντίγραφα (replica) του στόχου, δυσκολεύονται να κατανοήσουν την έννοια του επιστημονικού μοντέλου. Σχετικά με τη φύση των μοντέλων έχουμε: α) πολλαπλότητα των μοντέλων, δηλαδή ότι ένας στόχος μπορεί να αναπαρίσταται από περισσότερα από ένα μοντέλα (π.χ. ηλιοκεντρικό μοντέλο υλικής υπόστασης και σκίτσο), και β) συστατικά στοιχεία ενός μοντέλου, δηλαδή ότι τα στοιχεία ενός μοντέλου μπορεί να είναι αντικείμενα, μεταβλητές, διαδικασίες ή και αλληλεπιδράσεις, επομένως δεν είναι απαραίτητο να μοιάζουν με τον στόχο που αναπαριστούν.



Η μοντελοποίηση έχει ένα συγκεκριμένο σκοπό που μπορεί να είναι η περιγραφή ενός φαινομένου, ο καθορισμός των στοιχείων από τα οποία αποτελείται καθώς και των σχέσεων μεταξύ τους, η εξήγηση ή η πρόβλεψη ενός φαινομένου, ή τέλος συνδυασμός των παραπάνω (Gilbert et al. 1998).

Στόχος των διδακτικών προσεγγίσεων που πραγματοποιούνται μέσα από τη διαδικασία της μοντελοποίησης είναι η συμμετοχή του μαθητή σε αυθεντικές διαδικασίες χρήσης νοητικών μοντέλων ως εργαλεία εξερεύνησης, σύνθεσης, πρόβλεψης και τελικά οικοδόμησης της γνώσης (Constantinou 1999).

Τα παιδιά, μέσα από αυτή τη διαδικασία είναι δυνατόν να κατανοήσουν καλύτερα τις ΦΕ, δηλαδή τις επιστημονικές έννοιες και τις διαδικασίες, κυρίως όταν επικεντρώνονται στην επέκταση και τη βελτίωση μοντέλων (Gilbert et al. 1998).

Η μοντελοποίηση, τόσο στην επιστήμη όσο και στη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών, αφορά στην οικοδόμηση και την αναθεώρηση ή βελτιωτική ρύθμιση μοντέλων (Justi & Gilbert 2002).

Επιπρόσθετα οι Justi & Gilbert (2002) όρισαν πέντε (5) διδακτικές προσεγγίσεις για τη διδασκαλία των μοντέλων και της μοντελοποίησης, οι οποίες είναι οι εξής:

- *Μάθηση ενός επιστημονικού μοντέλου ή ενός μοντέλου αναλυτικού προγράμματος, σύμφωνα με την ταξινόμηση του Gilbert et al., (2000), χρησιμοποιώντας ένα άλλο διδακτικό μοντέλο.*
- *Μάθηση της χρήσης των μοντέλων σε συγκεκριμένο πλαίσιο ή φαινόμενο.*
- *Μάθηση της διαδικασίας της βελτιωτικής αλλαγής ενός γνώριμου μοντέλου για το μαθητή.*
- *Μάθηση της οικοδόμησης ενός μοντέλου που είναι ήδη γνωστό και αποδεκτό από τους επιστήμονες.*
- *Μάθηση της οικοδόμησης ενός μοντέλου εκ νέου.*

Ένα παράδειγμα της πρώτης προσέγγισης είναι ο διδακτικός κύκλος της μοντελοποίησης του Halloun (2004), ο οποίος εφαρμόζεται κυρίως σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, αφού θέτει ως στόχο την ανάπτυξη της δεξιότητας της μοντελοποίησης, αλλά και την οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης. Από την άλλη, ο κύκλος της μοντελοποίησης που προτείνεται από τον Constantinou (1999) εφαρμόζεται σε παιδιά δημοτικού καθώς έχει μικρό εννοιολογικό φορτίο και βασική επιδίωξη την ανάπτυξη της δεξιότητας της μοντελοποίησης και όχι τόσο την κατάκτηση επιστημονικών εννοιών. Η τελευταία αυτή περίπτωση αποτελεί παράδειγμα της δεύτερης προσέγγισης.

Παράλληλα, οι σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών υποστηρίζουν ότι οι μαθητές πρέπει να εμπλέκονται σε δραστηριότητες επίλυσης προβλημάτων από την καθημερινή ζωή, καθώς και σε δραστηριότητες μοντελοποι-

ησης, αναγνωρίζοντας σε αυτές τα πλεονεκτήματα της διεπιστημονικής προσέγγισης στην επιστημονική γνώση και της χρήσης μεθόδων και πρακτικών που είναι ανάλογες με αυτές της αυθεντικής επιστημονικής δραστηριότητας. Στο πλαίσιο αυτό, σύμφωνα με τον Κόμη (2004) η ανάπτυξη δεξιοτήτων μοντελοποίησης αποτελεί σημαντικό άξονα έρευνας στις παιδαγωγικές επιστήμες και στη διδακτική.

Συγκεκριμένα, οι διαδικασίες μοντελοποίησης συντελούν ουσιαστικά στη βαθύτερη κατανόηση των προς μελέτη φαινομένων και για το λόγο αυτό θεωρούνται ως ουσιαστικές διδακτικές και μαθησιακές δραστηριότητες των γνωστικών αντικειμένων. Το κύριο ερώτημα λοιπόν που δημιουργείται είναι το εξής: «Κάτω από ποιες προϋποθέσεις μπορούμε να αξιοποιήσουμε τα μοντέλα και τη διαδικασία μοντελοποίησης στη διδασκαλία και ειδικότερα στη μάθηση των θετικών επιστημών»;

Οι σύγχρονες διδακτικές θεωρήσεις (κυρίως στο χώρο της διδακτικής των φυσικών επιστημών αλλά και των μαθηματικών) υποστηρίζουν ότι οι μαθητές πρέπει να εμπλέκονται σε δραστηριότητες μοντελοποίησης αναγνωρίζοντας σε αυτές τα πλεονεκτήματα της διεπιστημονικής προσέγγισης και της χρήσης μεθόδων και πρακτικών που μοιάζουν με τις αυθεντικές επιστημονικές δραστηριότητες (Weil-Barais, 1994; Gilbert & Boulter 2000). Σύμφωνα με τα παραπάνω, το ζητούμενο της μάθησης δεν περιορίζεται μόνο στην απόκτηση του συγκεκριμένου μοντέλου (επιστημονικό ή διδακτικό) αλλά επεκτείνεται και στην ανάπτυξη όλων εκείνων των γνωστικών εργαλείων που επιτρέπουν τις πρακτικές της μοντελοποίησης (Ραβάνης, 1999). Η προσέγγιση που βοηθά τους μαθητές να εκφράζουν και να σκέφτονται με όρους μοντέλων και όχι με μαθηματικά σύμβολα ή γλωσσικές εκφράσεις φαίνεται ότι ενισχύουν την κατανόησή τους και όχι τη στείρα απομνημόνευση (Βοσνιάδου, 1998).

Επίσης σημαντικό θέμα προς συζήτηση αποτελεί η διδακτική μέθοδος που βασίζεται σε δραστηριότητες μοντελοποίησης να λαμβάνει υπόψη της τη συγκρότηση των νοητικών μοντέλων των μαθητών και τις αναπαραστάσεις που βασίζονται στην προϋπάρχουσα εμπειρία τους σχετικά με τα προς μελέτη φαινόμενα ή επιστημονικές έννοιες. Στο πλαίσιο αυτό, οι προτεινόμενες στους μαθητές διδακτικές δραστηριότητες πρέπει να αφορούν στην επίλυση ουσιαστών προβλημάτων για τα παιδιά και να αφορμώνται από τις καθημερινές τους πολιτισμικές εμπειρίες.

Σύμφωνα με τον Κόμη κ.ά. (2004), οι προϋποθέσεις για μια ουσιαστική και αποτελεσματική χρήση των μοντέλων και της μοντελοποίησης στη διδασκαλία των θετικών επιστημών είναι οι ακόλουθες:

- Υποστήριξη της έκφρασης καθώς επίσης και διερεύνηση και κατανόηση των νοητικών μοντέλων των μαθητών από τον εκπαιδευτικό
- Παροχή έμπρακτων, αυθεντικών και αλληλεπιδραστικών μαθησιακών καταστάσεων στο πλαίσιο επίλυσης ουσιαστών προβλημάτων για τους μαθητές

- Ενίσχυση ενός πλαισίου μάθησης (που διαμεσολαβείται και υποστηρίζεται από συμβολικά και πραγματικά εργαλεία) στη ζώνη της επικείμενης γνωστικής ανάπτυξης των μαθητών
- Ανάπτυξη διδακτικών καταστάσεων με στόχο την εννοιολογική αλλαγή
- Προσφορά εργαλείων και ενίσχυση της κοινωνικής αλληλεπίδρασης για τη δημιουργία γνωστικών και κοινωνικογνωστικών συγκρούσεων
- Ενίσχυση των μεταγνωσιακών δεξιοτήτων.

### **1.3 Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες (ΔΜΑ)**

Οι διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες (ΔΜΑ) αποτελούν μικρής ή και μεσαίας τάξης Αναλυτικά Προγράμματα, για τη διδασκαλία και τη μάθηση επιλεγμένων περιοχών των Φυσικών Επιστημών (Καριώτογλου, 2004), δηλαδή διδακτικές παρεμβάσεις που εφαρμόζονται σε λίγες διδακτικές ώρες. Στη σύγχρονη βιβλιογραφία θεωρούνται δυναμικά εργαλεία για τη βελτίωση της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών (Kariotoglou et al., 2003, Meheut 2005), ενώ επιπλέον αποτελούν προϊόντα Αναπτυξιακής Έρευνας (Developmental Research) (Lijnse, 1995). Πιο συγκεκριμένα η επιτυχία των διδακτικών προτάσεων συντελείται μέσω τη εκ βάθους μελέτης και ανάλυσης του περιεχομένου και μέσω της μελέτης των ιδεών των διδασκόμενων (Meuheut & Psillos 2004, Kariotoglou 2004, στο Καριώτογλου 2004). Η διάρκειά τους είναι μεταξύ 5-15 διδακτικών ωρών και δίνουν έμφαση τόσο στο επιστημονικό και στο μετασχηματισμένο περιεχόμενο της διδασκαλίας, όσο και στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών (Tiberghien, Vince & Gaidoz, 2009).

Οι ΔΜΑ δομούνται πάνω σε δύο διαστάσεις, την «επιστημονική» και την «παιδαγωγική». Η «επιστημονική» διάσταση αφορά τη σχέση ανάμεσα στην επιστημονική γνώση και τον υλικό κόσμο, για παράδειγμα την ανάλυση του περιεχομένου της ακολουθίας ή το διδακτικό μετασχηματισμό του, ενώ η «παιδαγωγική» διάσταση αφορά τη σχέση μεταξύ εκπαιδευτικού και μαθητών, όπως τη διδακτική μέθοδο που εφαρμόζεται στη ΔΜΑ, το ρόλο του εκπαιδευτικού και των μαθητευομένων (Meheut & Psillos 2004). Ο συνδυασμός των δύο αυτών διαστάσεων στοχεύει στη δημιουργία μιας ομάδας δραστηριοτήτων, οι οποίες προσαρμόζονται στους συλλογισμούς των μαθητευομένων και είναι επικεντρωμένες σε ένα συγκεκριμένο επιστημονικό περιεχόμενο (Καμίδου, Σπύρτου & Καριώτογλου, 2007).

Επιπρόσθετα, πολλές έρευνες επικεντρώθηκαν στην ανάπτυξη θεωρητικών πλαισίων, τα οποία περιγράφουν και δίνουν έμφαση στους παράγοντες που επιτρέπουν την περιγραφή και ανάλυση των διαδικασιών σχεδιασμού και ανάπτυξης μιας ΔΜΑ ως ερευνητική δραστηριότητα (Méheut & Psillos, 2004). Σύμφωνα με τον Ζουπίδη (2012) τα κύρια θεωρητικά πλαίσια που αναπτύχθηκαν για την περιγραφή και ανάλυση της διαδικασίας σχεδιασμού και ανάπτυξης μιας ΔΜΑ είναι τα εξής:

- το μοντέλο της Αναπτυξιακής Έρευνας (*Developmental Research*) (*Lijnse, 1995*): δίνει έμφαση στο μαθητή ως κανονιστικό παράγοντα της ανάπτυξης της ΔΜΑ και έχει κυρίως ψυχολογική διάσταση.
- το μοντέλο της Εκπαιδευτικής Επανικοδόμησης (*Educational Reconstruction*) (*Duit, 2007*): εστιάζει στο μαθητή, τον εκπαιδευτικό και στην μεταξύ τους αλληλεπίδραση μέσα στη τάξη και έχει ψυχοκοινωνική διάσταση.
- το μοντέλο του Διδακτικού Ρόμβου (*Didactical Rhombus*) (*Méheut & Psillos, 2004*): δίνει βαρύτητα στην ανάδειξη στοιχείων των ΔΜΑ και των σχέσεων μεταξύ τους. Αυτά τα στοιχεία μπορεί να είναι επιστημολογικής διάστασης (σχέση επιστημονικής γνώσης και υλικού κόσμου) ή παιδαγωγικής διάστασης (δασκαλοκεντρική, μαθητοκεντρική προσέγγιση)
- το μοντέλο Κόσμος-Ιδέες-Τεκμήρια (*Cosmos-Ideas-Evidence*) (*Psillos, Tselfes & Kariotoglou, 2004*): θεωρείται πως μπορεί να εφαρμοστεί για το σχεδιασμό και την ανάδειξη σημαντικών χαρακτηριστικών των επιμέρους διδακτικών, μαθησιακών δραστηριοτήτων μιας ΔΜΑ.
- το μοντέλο της Βασισμένης στο Σχεδιασμό Έρευνας (*Design-based Research*) (*Brown, 1992, Design-based Research Collective, 2003, Tiberghien et al., 2009*): δίνει έμφαση στη σύνδεση μεταξύ έρευνας και πράξης.

Παρόλο που παρατηρούνται διαφορές ανάμεσα στα πέντε θεωρητικά πλαίσια, όλα εστιάζουν στη διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης μιας ΔΜΑ, η οποία είναι βασισμένη στην έρευνα. Συγκεκριμένα οι ΔΜΑ δίνουν κυρίως βαρύτητα:

- στο περιεχόμενο που πρόκειται να διδαχθεί (έννοιες και διαδικασίες των Φυσικών Επιστημών),
- στην έρευνα σχετικά με τη διδασκαλία και τη μάθηση (εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σχετικά με φαινόμενα και έννοιες),
- στην έρευνα σχετικά με την ανάπτυξη και αξιολόγηση της εφαρμογής μιας ΔΜΑ.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι έρευνες που σχετίζονται με τις ΔΜΑ πρέπει να εστιάζουν σε θέματα όπως το εκπαιδευτικό σύστημα στο οποίο εφαρμόζεται μια Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία, όπως υποστηρίζεται από πολλούς ερευνητές. Με αυτόν τον τρόπο θα εξετάζονται οι δυσκολίες που προκύπτουν, δηλαδή στοιχεία όπως το αναλυτικό πρόγραμμα, οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται, η οργάνωση της τάξης και οι υλικοτεχνικές υποδομές που προσφέρονται στο σχολείο (*Méheut & Psillos, 2004*). Εξίσου σημαντικό θεωρείται να μελετηθούν και να ληφθούν υπόψη τα αποτελέσματα έρευνας σχετικά με τις ιδέες των μαθητών και των δασκάλων σχετικά με τον επιστημονικό γραμματισμό (*Duit, 2007*).

Τέλος, ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για τις ΔΜΑ είναι η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς τους. Στη βιβλιογραφία παρουσιάζονται δύο μεθοδολογικές προσεγγίσεις (Méhéut & Psillos, 2004):

α) Σύγκριση τελικής και αρχικής γνωστικής κατάστασης των μαθητών (final and initial cognitive state): στόχος της μεθοδολογίας είναι να ελεγχθεί το πόσο αποτελεσματική είναι η ΔΜΑ σε σχέση με συγκεκριμένους διδακτικούς στόχους που τίθενται. Τα δεδομένα συλλέγονται με ερωτηματολόγια πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ. Στην περίπτωση που γίνει σύγκριση των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές που παρακολούθησαν την παρέμβαση τότε ονομάζεται «εσωτερική», ενώ όταν γίνει σύγκριση αυτών των απαντήσεων με άλλων μαθητών του ίδιου επιπέδου που όμως δεν παρακολούθησαν την παρέμβαση, τότε η αξιολόγηση ονομάζεται «εξωτερική». Στόχος της «εσωτερικής» αξιολόγησης αποτελεί η εξέταση της αποτελεσματικότητας της σειράς σε σχέση με τους αρχικούς διδακτικούς στόχους, ενώ της «εξωτερικής» αξιολόγησης είναι η επιβεβαίωση ότι για τους ίδιους διδακτικούς στόχους, η συγκεκριμένη ΔΜΑ είναι αποτελεσματικότερη σε σχέση με άλλες προσεγγίσεις.

β) Αναδεικνύοντας γνωστικά μαθησιακά μονοπάτια (cognitive learning pathways), τα οποία ακολουθούν οι μαθητές κατά τη διάρκεια της διδακτικής μαθησιακής διαδικασίας (Psillos & Kariotoglou, 1999): στόχο της μεθοδολογίας αποτελεί η μελέτη και η ανάδειξη των μαθησιακών διαδικασιών. Η λεπτομερής αυτή ανάλυση των μαθησιακών μονοπατιών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη συζήτηση της αποτελεσματικότητας συγκεκριμένων μαθησιακών καταστάσεων και στον έλεγχο υποθέσεων με βάση τις οποίες σχεδιάστηκαν οι μαθησιακές καταστάσεις και τέλος στη βελτίωση αυτών των καταστάσεων (Méhéut & Psillos, 2004).

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> ΤΟ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

### 2.1 Επιστημονικό περιεχόμενο του κύκλου του νερού

#### 2.1.1 Ο υδρολογικός κύκλος

Η κυρίαρχη φυσική λειτουργία της Γης που εξασφαλίζει το συνεχή εφοδιασμό της βιόσφαιρας με νερό είναι ο *υδρολογικός κύκλος*: η αέναη κίνηση του νερού ανάμεσα στους ωκεανούς, την ατμόσφαιρα και την ξηρά που συνοδεύεται και από αλλαγές ανάμεσα στην υγρή, την αέρια και τη στερεή φάση του (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 2016).

Η συνολική ποσότητα του νερού στον πλανήτη μας μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι αρκετά σταθερή, αλλά όχι και η διαθεσιμότητά του. Το νερό βρίσκεται σε συνεχή μετακίνηση αλληλεπιδρώντας με τις φυσικές διεργασίες που παρουσιάζονται στην ατμόσφαιρα, στη λιθόσφαιρα και στη βιόσφαιρα και μπορεί να θεωρηθεί ότι διακινείται μέσα σε ένα κλειστό κύκλωμα (υδρολογικός κύκλος).

Σύμφωνα με την Γεωλογική Υπηρεσία των ΗΠΑ (USGS) οι συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου γνωστού και ως κύκλος του νερού είναι οι παρακάτω (Εικόνα 1): η αποθήκευση του νερού στη θάλασσα, η εξάτμιση, η εξατμισοδιαπνοή, η εξάχνωση, το νερό στην ατμόσφαιρα, η συμπύκνωση, τα κατακρημνίσματα (υετός), η αποθήκευση του νερού σε πάγους και χιόνια, η απορροή από λιώσιμο χιονιού, η επιφανειακή απορροή, η αποθήκευση του νερού σε πάγους και χιόνια, η απορροή από λιώσιμο του χιονιού, η επιφανειακή απορροή και η ροή σε υδατορεύματα, η αποθήκευση γλυκού νερού, η διήθηση, η αποθήκευση και εκφόρτιση υπόγειου νερού και τέλος οι πηγές (Perlman, Makropoulos, Koutsoyiannis, 2005).

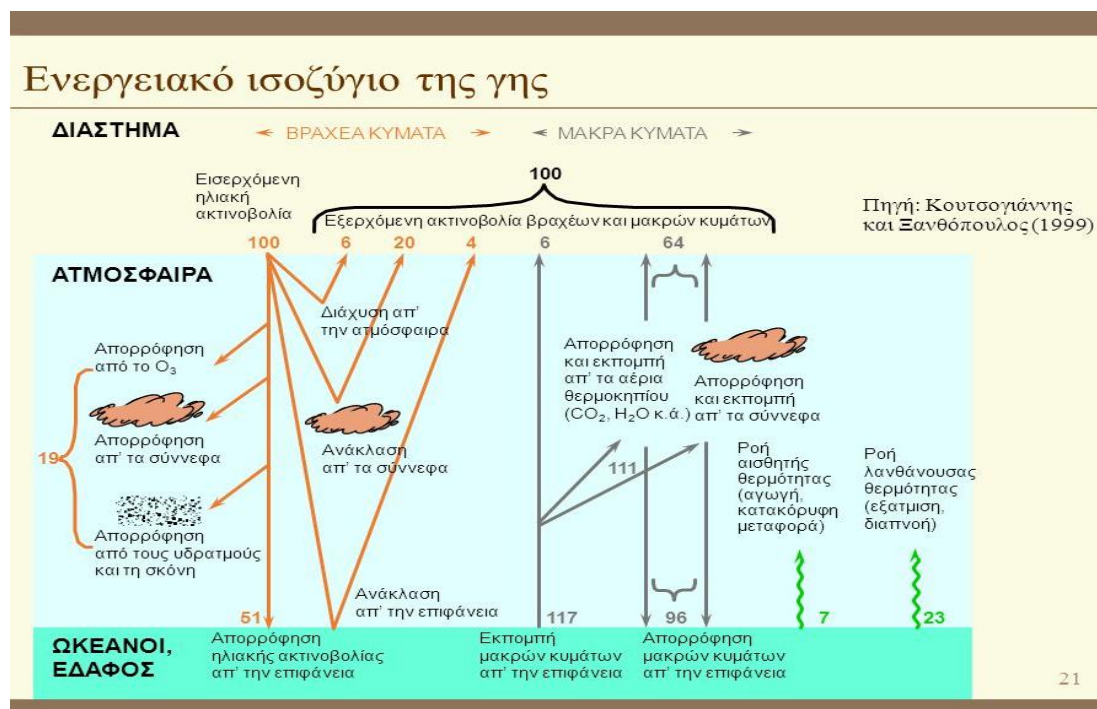


Εικόνα1: Εννοιολογικό μοντέλο υδρολογικού κύκλου (Γεωλογική Υπηρεσία ΗΠΑ) <https://tinyurl.com/yda8dam3>, ανακτήθηκε 30/09/16

Ο κύκλος του νερού αποτελεί αντικείμενο του επιστημονικού κλάδου της Υδρολογίας για ότι συμβαίνει ή παρατηρείται στο έδαφος και της Μετεωρολογίας για ότι συμβαίνει εξαιτίας του στην ατμόσφαιρα. Ανάμεσα στο έδαφος και στο συμβατικό όριο των 3000Km περίπου η ατμόσφαιρα διαιρείται σε 5 στρώματα: τροπόσφαιρα, στρατόσφαιρα, μεσόσφαιρα, θερμόσφαιρα, εξώσφαιρα.

Όμως μόνο το πρώτο στρώμα έχει σημασία για τους μετεωρολόγους και τους υδρολόγους. Κι αυτό επειδή όλα τα φαινόμενα που συνθέτουν τον καιρό δημιουργούνται μέσα στην τροπόσφαιρα (μεταξύ εδάφους και ύψους 12 ως 17 Km κατά μέσον όρο). Μέσα σε αυτήν τη ζώνη αναπτύσσονται τα σύννεφα και δημιουργούνται οι άνεμοι.

Ο υδρολογικός κύκλος, ενεργοποιείται από την ηλιακή ενέργεια η οποία προκαλεί την εξάτμιση του νερού από τους ωκεανούς, θάλασσες, λίμνες, ποτάμια κτλ. Σύμφωνα με το Μαμάση (2009) η φυσική διεργασία της εξάτμισης τροφοδοτείται ενεργειακά από την ηλιακή ακτινοβολία. Η ενεργειακή διαφορά (Εικόνα 2) της ηλιακής ακτινοβολίας (μικρού μήκους κύματος) και της γήινης υπέρυθρης (μεγάλου μήκους κύματος) ακτινοβολίας παρέχει την λανθάνουσα θερμότητα που χρειάζεται για την εξάτμιση του νερού ενώ ένα άλλο μέρος αυτής της διαφοράς αποδίδεται ως αισθητή θερμότητα μέσω των μηχανισμών αγωγής και κατακόρυφης μεταφοράς.



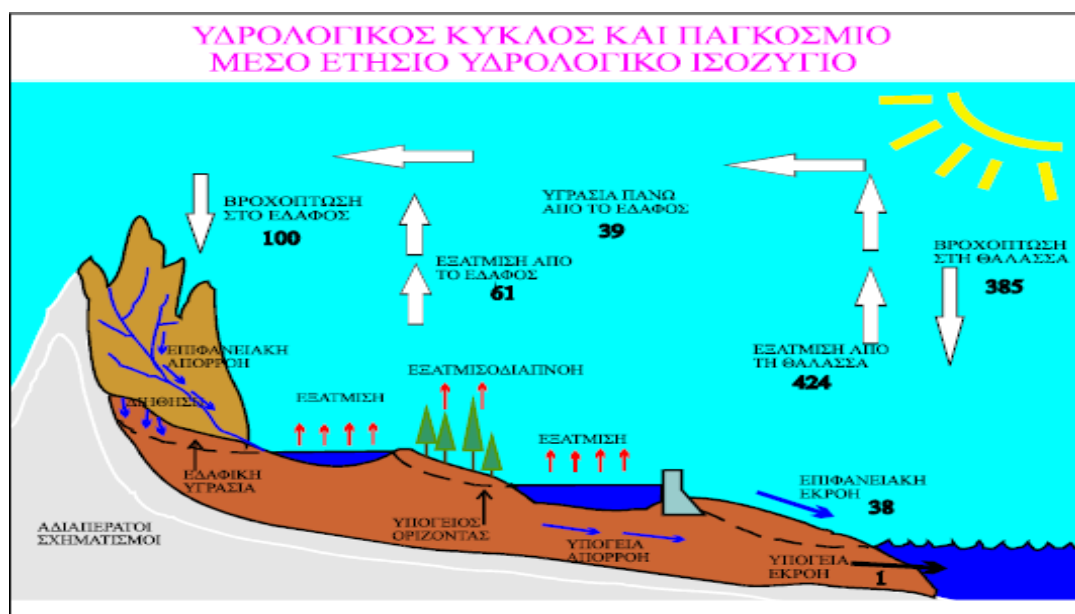
Εικόνα 2: Ενεργειακό ισοζύγιο στην ατμόσφαιρα (τα μεγέθη δίνονται ως ποσοστά επί της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Πηγή: Κουτσογιάννης, Δ., και Ξανθόπουλος, Θ., Τεχνική Υδρολογία, έκδοση 3η, 418 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999), ανακτήθηκε στις 10/10/16 από <https://tinyurl.com/yb5xbzhh>

Από μικροσκοπικής άποψης, το νερό μετατρέπεται από την υγρή στην αέρια φάση (υδρατμοί) όταν ορισμένα μόρια νερού που βρίσκονται στην ελεύθερη επιφάνειά

του εξασφαλίσουν κατά τις συγκρούσεις τους με τα άλλα μόρια την απαραίτητη μέση κινητική ενέργεια ώστε να εξουδετερώσουν τις ελκτικές δυνάμεις με αποτέλεσμα να απομακρυνθούν από την υγρή φάση και να μεταβούν στην αέρια.

Η εξάτμιση είναι μια διαδικασία ψύξης επειδή κατά τις συγκρούσεις τα μόρια που παραμένουν στην υγρή κατάσταση χάνουν μέρος της μέσης κινητικής τους ενέργειας. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα ταχέα μόρια που διαφεύγουν από την επιφάνεια επιβραδύνονται καθώς απομακρύνονται, λόγω της έλξης που υφίστανται από την επιφάνεια. Έτσι αν και το υγρό ψύχεται μέσω της εξάτμισης, ο αέρας από πάνω του δε θερμαίνεται σε ανάλογο βαθμό κατά τη διαδικασία αυτή (Hewitt, 2005).

Οι θερμοκρασίες στις οποίες παρατηρείται το φυσικό αυτό φαινόμενο είναι κάτω από το σημείο βρασμού του νερού, με την αύξηση της θερμοκρασίας να ευνοεί την ένταση του φαινομένου. Η εξάτμιση ευνοείται επίσης όσο η ελεύθερη επιφάνεια του νερού είναι αυξημένη, τους ανέμους, καθώς και από την απουσία υγρασίας στην ατμόσφαιρα. Το μεγαλύτερο μέρος του νερού που εξατμίζεται από την επιφάνεια της γης και μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα προέρχεται από τους ωκεανούς (Εικόνα 3), το 91% του οποίου επιστρέφει πάλι πίσω μέσω συνήθως βροχοπτώσεων ενώ το υπόλοιπο 9% μεταφέρεται από τους ανέμους στις ηπειρωτικές περιοχές όπου κάτω από συγκεκριμένες κλιματολογικές διεργασίες καταπέφτει στην ξηρά με την μορφή κατακρημνισμάτων. Για τη διατήρηση του υδατικού ισοζυγίου η ποσότητα αυτή του νερού επανέρχεται στους ωκεανούς μέσω της επιφανειακής και υπόγειας απορροής.



Εικόνα 3: Υδατικό ισοζύγιο της Γης Πηγή: Κουτσογιάννης Ξανθόπουλος (1999), ανακτήθηκε στις 10/10/16 από <http://water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html>

Η διαπνοή των φυτών και η εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους είναι δύο ακόμη λειτουργίες που αποδίδουν υδρατμούς στην ατμόσφαιρα. Η εξάτμιση και δια-



πνοή από την ξηρά συχνά δεν διακρίνονται και έτσι μιλούμε για εξατμοδιαπνοή. (Perlman, Makropoulos, Koutsoyiannis, 2005).

Αν και σε πολλούς ορισμούς της εξατμοδιαπνοής (ή εξατμισοδιαπνοής) υπάγεται και η εξάτμιση από λίμνες ή ίσως και από τη θάλασσα, εδώ η εξατμοδιαπνοή ορίζεται ως το νερό που διαφεύγει στην ατμόσφαιρα ως εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους και ως διαπνοή από τα φύλλα των φυτών. Το νερό αυτό μπορεί να είναι υπόγειο που φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους μέσω τριχοειδών εδαφικών σωληνίσκων και στα φύλλα των φυτών μέσω του τριχοειδούς αγγειακού συστήματος των φυτών. Τα φυτά απορροφούν νερό από το έδαφος μέσω των δυνάμεων συνάφειας που αναπτύσσουν τα μόριά του με το αγγειακό σύστημα του φυτού (τριχοειδή φαινόμενα) και το οδηγούν στην πράσινη επιφάνεια των φύλλων για να χρησιμοποιηθεί για τη φωτοσύνθεση. Στην κάτω επιφάνεια των φύλλων των φυτών υπάρχουν περιοχές που ανοίγουν και κλείνουν και ονομάζονται στόματα. Από τα στόματα εξατμίζεται το περισσότερο από το νερό των φυτών. Αυτή η διαδικασία λέγεται διαπνοή. Η διαπνοή είναι σημαντική για τη μεταφορά και κίνηση των θρεπτικών συστατικών προς τα πάνω στο φυτό. Καθώς το νερό διαπνέεται από τα φύλλα, περισσότερο νερό μπορεί τότε να απορροφηθεί δια των ριζών μαζί με τα θρεπτικά συστατικά από το έδαφος. (<http://ebooks.edu.gr/> )

Δεδομένου ότι ο ρυθμός διαπνοής ελέγχεται από τα φυτά μέσω της ρύθμισης του ανοίγματος των στομάτων, η διαπνοή ελαττώνεται όταν η διαθεσιμότητα νερού είναι μικρή και μηδενίζεται κατά τη διάρκεια της νύκτας όπου η διαδικασία της φωτοσύνθεσης διακόπτεται και τα στόματα κλείνουν (N. Μαμάσης, 2009).

Σύμφωνα με τον Perlman (2005) άλλοι παράγοντες που καθορίζουν τους ρυθμούς διαπνοής είναι οι παρακάτω:

- *Θερμοκρασία: Οι ρυθμοί διαπνοής ανεβαίνουν όσο ανεβαίνει η θερμοκρασία ειδικά στις εποχές ανάπτυξης των φυτών, όταν ο αέρας είναι ζεστός.*
- *Σχετική υγρασία: Όσο αυξάνει η σχετική υγρασία του αέρα που περιβάλλει το φυτό ο ρυθμός διαπνοής μειώνεται. Είναι πιο εύκολο να εξατμιστεί νερό σε ξηρό παρά σε υγρό αέρα.*
- *Άνεμος: Αύξηση της ταχύτητας του ανέμου κοντά στο φυτό αυξάνει το ρυθμό διαπνοής.*
- *Τύπος φυτού: Διαφορετικά φυτά έχουν διαφορετικούς ρυθμούς διαπνοής. Φυτά που μεγαλώνουν σε ξηρά κλίματα, όπως οι κάκτοι, διαπνέουν λιγότερο από τα άλλα φυτά.*

Εκτιμάται ότι περίπου 10% της υγρασίας στην ατμόσφαιρα προέρχεται από τη διαπνοή των φυτών. Η εξατμοδιαπνοή αποτελεί μια πολύ σημαντική παράμετρο στην εφαρμοσμένη κλιματολογία και την ταξινόμηση των κλιμάτων.

Επίσης μια μικρή ποσότητα υδρατμών στην ατμόσφαιρα προέρχεται από την εξάχνωση η οποία είναι μια διαδικασία με την οποία μόρια παγωμένου νερού ή χιονιού αφού απορροφήσουν αρκετή ποσότητα ενέργειας μεταβαίνουν απευθείας από τη στερεά στην αέρια φάση χωρίς προηγουμένως να περάσουν από την υγρή φάση. Επειδή τα μόρια του νερού είναι ισχυρά συνδεδεμένα μεταξύ τους στη στερεά φάση, το παγωμένο νερό δεν εξατμίζεται (εξαχνώνεται) τόσο εύκολα όσο το υγρό. Παρ' όλα αυτά, η εξάχνωση προκαλεί σημαντικές απώλειες σε μάζες χιονιού και πάγου, ιδιαίτερα στα ξηρά κλίματα και σε μεγάλα υψόμετρα τις ηλιόλουστες ημέρες (Hewitt, 2005).

Οι υδρατμοί που δημιουργούνται με τις παραπάνω διεργασίες μεταφέρονται με ανοδικά και οριζόντια ρεύματα αέρα. Πιο συγκεκριμένα, ο ατμοσφαιρικός αέρας, από την ηλιακή ακτινοβολία που διέρχεται απ' αυτόν, απορροφά πολύ μικρά ποσά θερμότητας και έτσι, η επιφάνεια του εδάφους θερμαίνεται πολύ περισσότερο. Τα επιφανειακά στρώματα του αέρα επομένως, θερμαίνονται ισχυρότερα από τα ανώτερα τους. Γίνονται γι αυτό ελαφρότερα και ανέρχονται, μεταφέροντας υδρατμούς και θερμότητα στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Έχουμε δηλαδή ανάμιξη θερμών και ψυχρών αέριων μαζών. Επίσης ανάμιξη θερμών και ψυχρών αέριων μαζών και γενικά, μεταβολές θερμότητας δημιουργούνται κυρίως από την ανομοιομορφη θέρμανση της γήινης επιφάνειας εξαιτίας των οποίων προκαλούνται οριζόντιες και κατακόρυφες κινήσεις του αέρα.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω μια συνιστώσα του υδρολογικού κύκλου είναι η αποθήκευση του νερού στην ατμόσφαιρα, όπου αν και οι ποσότητες νερού στις διάφορες ορατές και αόρατες μορφές του (υδρατμοί, σύννεφα, κτλ) είναι σχετικά μικρές μπορεί να χαρακτηριστεί ως η ταχύτερη οδός μετακίνησής του.

Μέτρο της ποσότητας των υδρατμών που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα είναι η υγρασία (μάζα νερού ανά όγκο αέρα). Ένα άλλο μέγεθος που χρησιμοποιείται συχνά είναι η σχετική υγρασία δηλαδή η ποσότητα υδρατμών που υπάρχει στην ατμόσφαιρα σε δεδομένη θερμοκρασία ως ποσοστό της μέγιστης ποσότητας υδρατμών που μπορεί να περιέχει ο αέρας στη θερμοκρασία αυτή (Hewitt, 2005).

Μετά τον μηχανισμό της εξάτμισης που εφοδιάζει την ατμόσφαιρα με υδρατμούς ο επόμενος μηχανισμός είναι αυτός της συμπύκνωσης των υδρατμών την μετατροπή δηλαδή από την αέρια στην υγρή μορφή (υγροποίηση) ή στην στερεή μορφή (απόθεση). Μακροσκοπικά το φαινόμενο εκδηλώνεται με την εμφάνιση σύννεφων. Το νέφος (ή σύννεφο) αποτελεί ορατό σύνολο υδρατμών, λεπτότατων υδροσταγονιδίων ενδεικτικής μέσης διαμέτρου 10 έως 30  $\mu\text{m}$  ή λεπτότατων παγοκρυστάλλων (ανάλογα με τη θερμοκρασία που επικρατεί), ή συνδυασμό των προηγουμένων, που προέρχονται από την συμπύκνωση των υδρατμών που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα. Από μικροσκοπικής άποψης καθώς ψύχονται οι υδρατμοί τα μόρια που τους συγκροτούν αρχίζουν να κινούνται επιβραδυντικά. Κατά τις συγκρούσεις των μορί-

ων μεταξύ τους κάποια από αυτά (τα περισσότερο βραδέως κινούμενα) προσκολλώνται μεταξύ τους. Έτσι σιγά σιγά ισχυροποιούνται οι μεταξύ τους ελκτικές δυνάμεις με αποτέλεσμα το αέριο να συμπυκνώνεται σε υγρό (μικροσταγονίδια) ή στερεό (παγοκρυστάλλους). Η συμπύκνωση γίνεται σε θερμοκρασίες ανάμεσα στο σημείο τήξης και το σημείο βρασμού και είναι μια διαδικασία θέρμανσης.

Η συμπύκνωση γίνεται με τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

- *Να αρχίσει η ψύξη του αέρα*
- *Να υπάρχουν στην ατμόσφαιρα υγροσκοπικά σωματίδια (πυρήνες συμπύκνωσης)*
- *Ο αέρας να βρίσκεται κοντά στο σημείο κορεσμού σε υδρατμούς.*

Ο αέρας στην ατμόσφαιρα, εκτός από την καθ' ύψος ελάττωση της θερμοκρασίας του, ψύχεται και αδιαβατικά. Μια μάζα αέρα που βρίσκεται κοντά στο έδαφος θερμαίνεται, στη συνέχεια διαστέλλεται, μικραίνει η πυκνότητά της και καθώς γίνεται ελαφρύτερη αρχίζει να ανεβαίνει υψηλότερα. Η διαστολή της ανερχόμενης αυτής αέριας μάζας έχει ως συνέπεια την πτώση της θερμοκρασίας της αφού τα μόριά της αρχίζουν να απομακρύνονται μεταξύ τους. Αυτή η μετακίνηση όμως των μορίων σημαίνει ακόμη παραγωγή έργου. Για να παραχθεί λοιπόν αυτό το έργο απαιτείται κάποια ενέργεια και σαν τέτοια ενέργεια ξοδεύεται η θερμότητα που έχει αυτή η αέρια μάζα. Αυτός ο τρόπος ελάττωσης της θερμότητας της αέρινης μάζας που ανέρχεται, στην επιστήμη της θερμοδυναμικής χαρακτηρίζεται αδιαβατική ψύξη, που σημαίνει, ψύξη χωρίς ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον στη δε Μετεωρολογία ισούται αυτή με 1 βαθμό Κελσίου για κάθε 100 μέτρα περίπου ανύψωση ξηρού αέρα ( el.wikipedia.org). Την αδιαβατική ψύξη (εκτόνωση) του αέρα ευνοεί και η ορογραφική ανύψωσή του όταν αναγκάζεται να υπερπηδήσει τις οροσειρές που παρεμβάλλονται στην πορεία του. Πολλές φορές τα χαμηλά βαρομετρικά πεδία δηλαδή πεδία με χαμηλή πίεση που δημιουργούνται με τις παραπάνω διαδικασίες προμηνύουν κακοκαιρία.

Πυρήνες συμπύκνωσης μπορεί να αποτελέσουν μικροσκοπικά σωματίδια σκόνης, αλάτων, καπνού (ετερογενής συμπύκνωση) καθώς και σταγονίδια ήδη συμπυκνωμένων υδρατμών (ομογενής συμπύκνωση). Η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς έχει ένα ανώτατο όριο, το όριο κορεσμού, το οποίο αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας και την ελάττωση της πίεσης. Έτσι, αν προστεθούν υδρατμοί πάνω από το όριο κορεσμού, αυξηθεί η πίεση αλλά κυρίως αν ψυχθεί μια αέρια μάζα μειώνεται το όριο κορεσμού, οπότε οι πλεονάζοντες υδρατμοί υγροποιούνται γύρω από τους πυρήνες συμπύκνωσης σχηματίζοντας σε μικροσκοπικό επίπεδο σταγονίδια ή παγοκρυστάλλους και σε μακροσκοπικό επίπεδο σύννεφα. Με βάση τη μορφή τους τα νέφη διακρίνονται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες: τα στρώματα, τους σωρείτες, τους μελανίες, και τους θυσάνους. Παράλληλα θέτοντας ως κριτήριο το ύψος στο οποίο βρίσκονται οι βάσεις τους, τα νέφη διακρίνονται σε ανώτερα,

μέσα, κατώτερα και σε νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης. Η ονομασία κάθε νέφους προκύπτει από το συνδυασμό των παραπάνω κριτηρίων. Το ύψος εισέρχεται στο όνομα ως πρόθεμα και η μορφή ως κατάληξη.

Ορισμένα σύννεφα παράγουν κατακρημνίσματα (πτώση νερού με τη μορφή βροχής, χιονιού, χιονόνερου και χαλαζιού) το βασικότερο δηλαδή τρόπο με τον οποίο επιστρέφει το νερό στην επιφάνεια της Γης. Άλλα πάλι θερμαινόμενα μέσω ακτινοβολίας μικρού και μεγάλου μήκους κύματος ή από τυχόν καθοδικές κινήσεις τους, βαθμιαία διαλύονται με επανεξάτμιση των σταγονιδίων τους. Τα σύννεφα αποτελούνται κυρίως από πολύ μικρά σταγονίδια νερού τόσο που είναι αόρατα με γυμνό μάτι. Αυτά τα σταγονίδια είναι πολύ ελαφρά και αιωρούνται συνεχώς υποστηριζόμενα από ανοδικά ρεύματα αέρα. Καμιά φορά όμως, όταν για παράδειγμα η θερμοκρασία μεταβληθεί, συγκρούονται μεταξύ τους και συγχωνεύονται. Γίνονται τότε πραγματικές σταγόνες νερού και επειδή πλέον είναι πολύ βαριές για να παραμείνουν στον αέρα πέφτουν στο έδαφος. Καθώς πέφτουν συναντούν και άλλες σταγόνες ενώνονται με αυτές και γίνονται ακόμα μεγαλύτερες. Τελικά φτάνοντας στην γη αποκτούν το μέγεθος ενός μικρού βόλου με διάμετρο από 1 έως 5 mm. Η ταχύτητά τους κυμαίνεται από 3 με 4Km/h στις ψιχάλες, στα 30 με 45Km/h περίπου, στις πόρες της άνοιξης. Αυτό είναι το φαινόμενο της βροχής.

Το νερό όμως που πέφτει από τον ουρανό με την μορφή βροχής αλλάζει κατάσταση αν συναντήσει στρώματα πολύ ψυχρού αέρα και η θερμοκρασία πέσει κάτω από τους 0 °C. Οι σταγόνες του νερού κάτω από αυτές τις συνθήκες μετατρέπονται σε παγωμένους κρυστάλλους που το σχήμα τους είναι πολύ συγκεκριμένο (νιφάδες χιονιού). Το χιόνι μπορεί επίσης να δημιουργηθεί μέσα στα νέφη με απ' ευθείας συμπύκνωση υδρατμών σε μικροκρυστάλλους πάγου, που κατά την σύγκρουσή τους ενώνονται μεταξύ τους χαλαρά σχηματίζοντας εξαγωνικές δομές, τις λευκές και ελαφρές χιονονιφάδες. Μεγάλες ποσότητες χιονονιφάδων σχηματίζονται στα ψηλά νέφη σε όλα τα πλάτη της Γης. Αν και είναι κοινότατο στους πόλους εν τούτοις σχηματίζεται περισσότερο στις βόρειες εύκρατες ζώνες επειδή ο αέρας περιέχει περισσότερη υγρασία. Στα πολικά όρη, οροπέδια αλλά και στα ψηλότερα όρη πέφτει σε μεγάλη ποσότητα, έκταση και βάθος ώστε η πίεση των τελευταίων στρώσεων το μετατρέπει σε πάγο, σχηματίζοντας έτσι τους παγετώνες που στις πολικές περιοχές καλύπτουν χιλιάδες τετραγωνικά μίλια. Επίσης το χιονόνερο είναι εκδήλωση κατακρημνίσης μεταξύ βροχής και εν μέρει λιωμένου χιονιού. Αυτό το φαινόμενο συμβαίνει όταν η θερμοκρασία στο έδαφος είναι κοντά στους 0°C (el.wikipedia.org).

Τέλος το χαλάζι είναι μια μορφή υετού, που αποτελείται από κομμάτια πάγου, σφαιρικής μορφής ή άλλων σχημάτων, που ονομάζονται χαλαζόκοκκοι και πέφτουν κατά τη διάρκεια καταιγίδων, από μεγάλα καταιγιδοφόρα σύννεφα (σωρειτομελανίες). Οι σωρειτομελανίες είναι σύννεφα που έχουν μεγάλο εύρος βάσης-κορυφής, η βάση τους βρίσκεται σε ύψος 2000 m τουλάχιστον και η κορυφή τους αγγίζει τα

12000 m και καμιά φορά και τα 18000 m πάνω από τις ισημερινές περιοχές. Σε τέτοιες συνθήκες υπάρχει μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στην βάση και στην κορυφή. Στο εσωτερικό ενός τέτοιου σωρειτομελανία υπάρχουν ισχυρά ανοδικά ρεύματα δηλαδή κατακόρυφοι άνεμοι που πνέουν από τα χαμηλά προς τα ψηλά. Αυτοί μεταφέρουν σταγονίδια νερού που καθώς ανεβαίνουν, μετατρέπονται σε πάγο. Μεγαλώνοντας περιβάλλονται συνεχώς από καινούρια στρώματα πάγου και επομένως γίνονται πιο βαριά. Τελικά τα ανοδικά ρεύματα αέρα δεν μπορούν πια να συγκρατήσουν τους χαλαζόκοκκους. Το χαλάζι πέφτει τότε στο έδαφος με ταχύτητα ανάλογη του μεγέθους του. Αυτή η πτώση διαρκεί πολύ λίγη ώρα και έτσι ο πάγος δεν προλαβαίνει να λιώσει. Αν κόψουμε ένα βόλο από χαλάζι που μόλις έπεσε θα ανακαλύψουμε τις διάφορες φλούδες πάγου που το συνθέτουν και θυμίζουν τα απανωτά στρώματα κρεμμυδιού (Πιέρ Κλέρ και Βαλερί Στεττέν «Η μετεωρολογία ο καιρός και οι εποχές»).

Συμπυκνώσεις μικρής κλίμακας πραγματοποιούνται στο επιφανειακό στρώμα του αέρα κοντά ή πάνω στην επιφάνεια της γης και οι σημαντικότερες από αυτές είναι η δροσός (ή δροσιά) δηλαδή τα σταγονίδια του νερού, που βλέπουμε την άνοιξη και το φθινόπωρο αλλά όχι σπάνια και το καλοκαίρι πάνω στη χλόη και στα φύλλα των δέντρων. Στις ξásτερες νύχτες η χλόη και τα φύλλα χάνουν θερμότητα, συνήθως μέσω ακτινοβολίας. Τότε, οι υδρατμοί της ατμόσφαιρας, που έρχονται σ' επαφή μαζί τους, υγροποιούνται και σχηματίζουν τη δροσιά. Η πάχνη η οποία εμφανίζεται την ψυχρότερη εποχή του χρόνου, σχηματίζεται με τις ίδιες συνθήκες που ευνοούν το σχηματισμό της δροσιάς, με τη διαφορά ότι η θερμοκρασία θα πρέπει να είναι αρνητική για να καταλήξει η συμπύκνωση σε στερεή μορφή. Καλύπτει με τη μορφή ενός λευκού-πυκνού πέπλου το έδαφος και τα χαμηλά φυτά. Τέλος η ομίχλη, σχηματίζεται κοντά στο έδαφος ή τη θάλασσα και αποτελείται από λεπτότατα σταγονίδια νερού που βρίσκονται στον αέρα και που σχηματίστηκαν πάνω στα αναρίθμητα σωματίδια (πυρήνες συμπύκνωσης) που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα. Τα υδροσταγονίδια της ομίχλης είναι τόσο μικροσκοπικά και ελαφρά που η παραμικρή πνοή του ανέμου δεν τα αφήνει στο μεγαλύτερο μέρος τους να πέσουν αλλά μένουν αιωρούμενα κοντά στην επιφάνεια της Γης ενώ όσα από αυτά πέφτουν, η πτώση τους είναι πολύ αργή τόσο που δεν γίνεται άμεσα αισθητή αυτή ως βροχή. Γίνεται όμως αντιληπτή από το αποτέλεσμα όπως τα ρούχα που υγραίνονται, η εκείνα που έχουν απλωθεί και δεν στεγνώνουν.

Κατά τη μετατροπή του νερού από την μία κατάσταση στην άλλη συντελούνται ανταλλαγές ενέργειας μεταξύ του νερού και του περιβάλλοντός του, που στην κατεύθυνση στερεό-υγρό-αέριο μεταφράζονται σε απορρόφηση ενέργειας ενώ στην αντίθετη κατεύθυνση, αέριο-υγρό-στερεό σε έκλυση. Πιο αναλυτικά σύμφωνα με το (Hewitt, 2005) κατά την διάρκεια αλλαγής φάσης 1 gr καθαρού νερού σε πίεση 1 atm από την στερεή μορφή (πάγος) στην υγρή (νερό) απαιτούνται 80 θερμίδες με την θερμοκρασία να παραμένει σταθερή στους 0 °C (λανθάνουσα θερμότητα τήξης),

στη συνέχεια για την αύξηση της θερμοκρασίας του στους 100 °C απαιτούνται 100 θερμίδες, ενώ κατά την διάρκεια αλλαγής φάσης από την υγρή στην αέρια φάση (υδρατμός) απορροφώνται 540 θερμίδες (λανθάνουσα θερμότητα εξαέρωσης) με τη θερμοκρασία να παραμένει σταθερή στους 100 °C. Ο όρος λανθάνουσα υποδηλώνει ότι πρόκειται για ενέργεια που δεν μπορεί να φανεί με το θερμόμετρο δηλαδή που είναι «κρυμμένη». Με τις παραπάνω διαδικασίες το νερό καθίσταται ενεργειακός ρυθμιστής μεταξύ της βιόσφαιρας, ατμόσφαιρας, υδρόσφαιρας και γεώσφαιρας.

Μέρος των κατακρημνισμάτων που πέφτουν πάνω στο έδαφος, κυλούν επιφανειακά προς τα ποτάμια υπό την επίδραση της βαρύτητας, σχηματίζοντας την επιφανειακή απορροή. Η μεγαλύτερη ποσότητα της επιφανειακής απορροής μεταφέρεται στους ωκεανούς από τα ποτάμια, με τη μορφή ροής σε υδατορεύματα (ποτάμια, ρέματα, ρυάκια). Μπορεί ακόμη να καταλήξει στις λίμνες, που αποτελούν, μαζί με τους ποταμούς, τις κυριότερες αποθήκες γλυκού νερού. Συνήθως, τμήμα της βροχής που πέφτει, ποτίζει το έδαφος. Όταν το έδαφος είναι κορεσμένο ή αδιαπέρατο, το νερό αρχίζει να ρέει προς τα χαμηλά με τη μορφή απορροής. Σημαντική συνιστώσα στην επιφανειακή απορροή αποτελεί το λιώσιμο του χιονιού και του πάγου προς τα υδατορεύματα η οποία μεταβάλλεται από εποχή σε εποχή και από χρόνο σε χρόνο. Όπως συμβαίνει με όλα τα μέρη του υδρολογικού κύκλου, η σχέση μεταξύ των κατακρημνισμάτων και της επιφανειακής απορροής μεταβάλλεται στο χρόνο και το χώρο. Η απορροή εξαρτάται τόσο από μετεωρολογικούς παράγοντες, όσο και από τη γεωλογία και το ανάγλυφο της περιοχής. Μόνο το ένα τρίτο περίπου του όγκου των κατακρημνισμάτων που πέφτει πάνω στο έδαφος, απορρέει σε υδατορεύματα και γυρίζει στη θάλασσα. Τα υπόλοιπα δύο τρίτα, εξατμίζονται, ή διηθούνται προς τα υπόγεια νερά. Τμήμα της επιφανειακής απορροής χρησιμοποιείται επίσης από τον άνθρωπο για δικές του χρήσεις.

Για την κατανόηση της λειτουργίας του υδρολογικού κύκλου είναι σημαντική η έννοια των λεκανών απορροής των ποταμιών. Η λεκάνη απορροής είναι εδαφική έκταση που φιλοξενεί το ποτάμι και όλους τους παραποτάμους του, ακόμη και τα μικρά ρυάκια που καταλήγουν σε αυτό. Ακριβέστερα, λεκάνη απορροής σε μια δεδομένη θέση ενός υδατορεύματος είναι η γεωγραφική περιοχή που τα νερά της συνεισφέρουν στην απορροή που περνά από τη θέση αυτή του υδατορεύματος. Οι λεκάνες απορροής είναι πολύ σημαντικές διότι η ποσότητα και η ποιότητα του νερού στα ποτάμια εξαρτώνται από ό,τι συμβαίνει μέσα στις λεκάνες, είτε το έχει προκαλέσει ο άνθρωπος είτε όχι. Τμήμα του νερού που διηθείται μένει κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και μπορεί να καταλήξει τελικά σε ένα υδατόρευμα. Ένα άλλο τμήμα του νερού, μπορεί να διηθηθεί πιο βαθιά και να τροφοδοτήσει υπόγειους υδροφορείς. Αν οι υδροφορείς είναι κοντά στην επιφάνεια και αρκετά πορώδεις, ώστε να επιτρέπουν τη γρήγορη κίνηση του νερού, μπορεί να φτιαχτούν πηγάδια και να αντληθεί νερό για διάφορες ανάγκες.

Το νερό μπορεί να ταξιδέψει μεγάλες αποστάσεις ή να μείνει αποθηκευμένο υπόγεια για μεγάλα χρονικά διαστήματα πριν επανέλθει στην επιφάνεια μπαίνοντας σε ποτάμια ή τη θάλασσα ως εκφόρτιση υπόγειου νερού. Άλλες φορές όταν βρίσκει διόδους προς της επιφάνεια της γης εμφανίζεται με τη μορφή πηγών. Καθώς το νερό διηθείται προς το υπέδαφος, σχηματίζει συνήθως μια ακόρεστη και μια κορεσμένη ζώνη (Εικόνα 3). Στην ακόρεστη ζώνη υπάρχει νερό αλλά και αέρας στα κενά (πόρους) του εδαφικού σχηματισμού, δηλαδή τα κενά αυτά δεν είναι τελείως γεμάτα με νερό. Το άνω μέρος της ακόρεστης ζώνης είναι η εδαφική ζώνη. Η εδαφική ζώνη έχει κενά που δημιουργούνται από τις ρίζες των φυτών, τα οποία επιτρέπουν στο νερό να διηθηθεί. Το νερό στην ανώτερη αυτή ζώνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά. Κάτω από την ακόρεστη ζώνη βρίσκεται η κορεσμένη, στην οποία το νερό γεμίζει όλους τους πόρους του εδάφους. Το άνω όριο της ζώνης κορεσμού καλείται υδροφόρος ορίζοντας. Η βασική διαφορά στην κίνηση του νερού μέσα στις δύο ζώνες είναι ότι στη μεν ακόρεστη ζώνη γίνεται κατά την κατακόρυφη διεύθυνση, ενώ στην κορεσμένη κατά την οριζόντια (υπόγεια απορροή).



Εικόνα 4: Εννοιολογικό μοντέλο υπόγειων υδάτων (Γεωλογική Υπηρεσία ΗΠΑ), ανακτήθηκε στις 10/10/16 από <http://water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html>

Το υπόγειο νερό κινείται μέσα στα διάκενα εδαφών ή πετρωμάτων που χαρακτηρίζονται ως διαπερατά (ή υδατοπερατά). Τα διάκενα των γεωλογικών σχηματισμών στα οποία μπορεί να κινηθεί το υπόγειο νερό λέγονται υδροφορείς. Τα αδιαπέραστα στρώματα, ενώ έχουν τη δυνατότητα να αποθηκεύσουν έστω και λίγο νερό, εντούτοις επιτρέπουν τη μεταφορά του. Αυτό συμβαίνει στα αργιλικά εδάφη. Ενδιάμεση κατηγορία των δύο παραπάνω στρωμάτων είναι αυτά που χαρα-

κτηρίζονται ως ημιπεραστά. Η θέση της ανώτατης στάθμης του νερού στο έδαφος αποτελεί το βασικό κριτήριο για την ταξινόμηση των υδροφορέων. Το νερό μπορεί να ταξιδέψει μεγάλες αποστάσεις ή να μείνει αποθηκευμένο υπόγεια για μεγάλα χρονικά διαστήματα πριν επανέλθει στην επιφάνεια μπαίνοντας σε ποτάμια τη θάλασσα ή τους ωκεανούς για να ξεκινήσει και πάλι τον κύκλο του.

Ο συνολικός όγκος νερού που υπάρχει στη γη εκτιμάται ότι είναι γύρω στα 1358 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα. Απ' αυτήν την ποσότητα τη μερίδα του λέοντος κατέχει το αλμυρό νερό των ωκεανών ( $1320 \times 10^6 \text{ km}^3$  - 97.2 %) ενώ δεύτερο σε σειρά έρχεται το νερό που εμφανίζεται ως χιόνι ή πάγος ( $30 \times 10^6 \text{ km}^3$  - 2.15 %). Αμέσως μετά έρχεται το υπόγειο νερό που η συνολική του ποσότητα ( $8 \times 10^6 \text{ km}^3$  - 0.62 %) μοιράζεται ακριβώς στο νερό που βρίσκεται σε βάθος κάτω από 800 m από την επιφάνεια της γης – και πρακτικά είναι αδύνατο να εκμεταλλευθεί – και σ' αυτό που βρίσκεται μέχρι το βάθος των 800 m. Το υπόλοιπο, δηλαδή περίπου το 0.03%, αποτελεί το νερό των ποταμών, των λιμνών και το νερό των υδρατμών της ατμόσφαιρας. Η ανανέωση μέρους αυτού του συνολικού όγκου νερού γίνεται από τις κατακρημνίσεις, που το ετήσιο άθροισμα τους εκτιμάται σε  $0.5 \times 10^6 \text{ km}^3$ , δηλαδή περίπου 40 φορές περισσότερο από τον όγκο των υδρατμών στην ατμόσφαιρα.

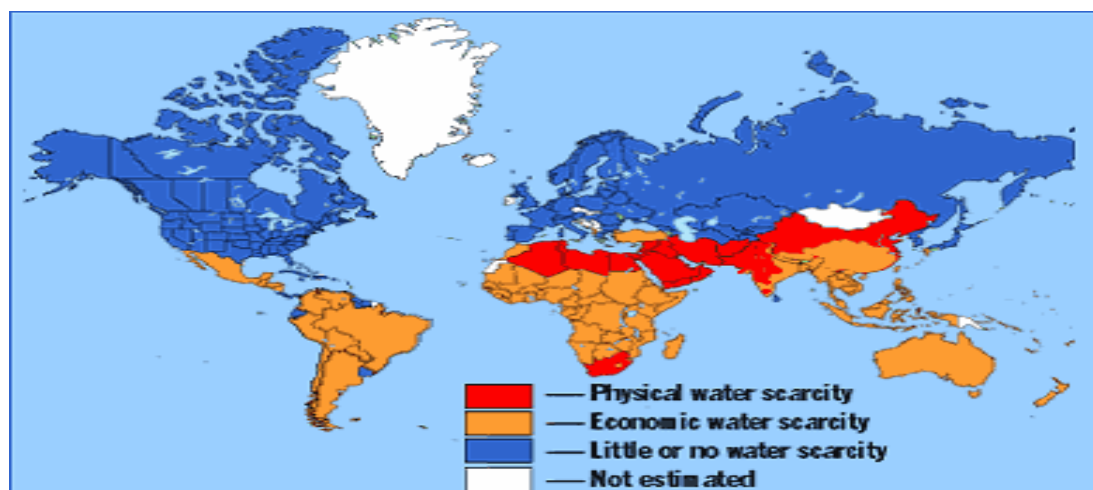
### 2.1.2 Η σημασία του νερού

Οι βιολογικές δομές της χλωρίδας και της πανίδας στον πλανήτη μας, προϋποθέτουν την αδιάλειπτη εξασφάλιση νερού σε κατάλληλη ποιότητα και ικανή ποσότητα. Με θαυμαστή πληρότητα, ο Πίνδαρος περιέγραψε με τρεις μόνο λέξεις την πρωταρχική σημασία του νερού στη βιόσφαιρα: “άριστον μεν ύδωρ”. Το νερό καλύπτει το 70% του πλανήτη μας. Καλύπτει όμως και 70% του οργανισμού μας και κάθε φυτικού οργανισμού. Είναι το βασικό συστατικό, αλλά και τόπος κατοικίας χιλιάδων έμβιων όντων. Μια απλή χημική ένωση ( $\text{H}_2\text{O}$ ) που όμως με τις χαρακτηριστικές ιδιότητες και τις διαφορετικές μορφές της πότε ως χείμαρρος ή ρυάκι, πότε ως σταγόνα βροχής ή χιόνι, πότε ως ατμός ή κρυστάλλινος πάγος, αποτελεί παράγοντα ζωής, υγείας, ομορφιάς, αθλητισμού, μεταφοράς, ενέργειας και κάθαρσης. Με την παρουσία του στα διάφορα μέρη (ατμόσφαιρα, υδρόσφαιρα λιθόσφαιρα) ρυθμίζει την θερμοκρασία και το κλίμα του πλανήτη άλλοτε δρώντας ως ασπίδα και άλλοτε ως μεταφορέας ή αποθήκη θερμότητας. Στο πέρασμά του διαβρώνει και διαλύει πολλές ουσίες ρυθμίζοντας το ανάγλυφο της γης και λειτουργώντας ως διαλύτης των ρύπων.

Με αφορμή το 6ο Παγκόσμιο Φόρουμ Νερού 2012, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο δηλώνει ότι το νερό είναι κοινός πόρος της ανθρωπότητας και η πρόσβαση στο πόσιμο νερό είναι θεμελιώδες ανθρώπινο δικαίωμα. Πώς όμως υλοποιήθηκε μέχρι σήμερα και πώς θα υλοποιηθεί στο μέλλον αυτό το διεθνές θεσμικό πλαίσιο για το νερό, σε έναν κόσμο, όπου 884 εκατομμύρια άνθρωποι (περίπου το 13% του παγκόσμιου πληθυσμού) δεν έχουν πρόσβαση σε καθαρό νερό και 2,6 δισεκατομμύρια άνθρωποι (περίπου το 37% του παγκόσμιου πληθυσμού) δεν έχουν πρόσβαση σε συστήματα υγιεινής; Ποιά μοντέλα διαχείρισης νερού θα αντιμετωπίσουν την πραγματικότητα ενός κόσμου, όπου σε όλο σχεδόν το βόρειο ημισφαίριο δεν υπάρχει καμιά σπανιότητα νερού (ούτε φυσική ούτε οικονομική), ενώ υπάρχει οικονομική σπανιότητα νερού στο νότιο ημισφαίριο και φυσική σπανιότητα σε μια ζώνη που ξεκινά



από τη βόρεια Αφρική και συνεχίζει στη μέση Ανατολή, στον Περσικό Κόλπο και φθάνει μέχρι την άκρη της Ασίας (εικόνα 1);



Εικόνα 5: Παγκόσμιος χάρτης με φυσική και οικονομική σπανιότητα νερού, ανακτήθηκε στις 16/10/16 από κίνηση 136

Την ίδια στιγμή που κάποιοι αλόγιστα το ρυπαίνουν κάποιοι άλλοι αγωνίζονται και κοπιάζουν μεταφέροντάς το χιλιόμετρα μακριά για να επιβιώσουν. Δε μπορούμε να δούμε πάντα αυτή την καταστροφή που κάνουμε. Μερικές φορές μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματά της: πουλιά και ψάρια που βρίσκονται πεθαμένα, ταμπέλες που μας προειδοποιούν ότι δεν επιτρέπεται να πίνουμε το νερό μιας περιοχής, γιατί είναι ρυπασμένο. Εύκολα ρυπαίνουμε το νερό, είναι πολύ δύσκολο όμως να το καθαρίσουμε μετά. Γεγονός αναμφισβήτητο είναι πως το νερό αποτελεί το υπέρτατο αγαθό της φύσης για τον άνθρωπο. Το νερό εξυπηρετεί πολλές χρήσεις ταυτόχρονα. Η ύδρευση των πόλεων, η άρδευση των καλλιεργειών, η βιομηχανία, ο τουρισμός ερίζουν για την εξασφάλιση επαρκών ποσοτήτων καλής ποιότητας νερού για να καλύψουν τις ανάγκες τους. Συχνό φαινόμενο είναι η μεταφορά νερού από μεγάλες αποστάσεις για την ύδρευση των μεγάλων πόλεων ή την άρδευση γεωργικών περιοχών (lifewateragenda.org). Το νερό που χρησιμοποιείται σε κάθε χώρα διανέμεται στη γεωργία, τη βιομηχανία και την οικιακή χρήση. Ωστόσο, η κατανομή του νερού στις τρεις δραστηριότητες εξαρτάται από το βαθμό και το είδος της ανάπτυξης της χώρας. Γενικά η κατανάλωση του νερού για οικιακή χρήση συνήθως είναι ανάλογη με το βιοτικό επίπεδο μιας χώρας( εξαίρεση Ελλάδα). Στα σύγχρονα κράτη όπου η Πολιτεία και οι κοινωνίες έχουν συνειδητοποιήσει τη σημασία εξοικονόμησης αυτού του φυσικού πόρου, γίνονται σοβαρές προσπάθειες περιορισμού της χρήσης του ακόμα και σε επίπεδο οικιακής χρήσης (παράδειγμα Ην. Βασίλειο). Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται η κατανάλωση νερού σε διάφορες χώρες του πλανήτη κατά το έτος 2000. Επιπλέον καταγράφονται τα ποσοστά χρήσης του νερού στους τρεις τομείς (αστική, γεωργική βιομηχανική).

Χώρα	Πληθυσμός*	Συνολική κατανάλωση νερού (10 <sup>6</sup> κυβ. μέτρα )	Κατανάλωση ανά άτομο (κυβ. μέτρα / άτομο)	Ποσοστό οικιακής χρήσης (%)	Ποσοστό γεωργικής χρήσης (%)	Ποσοστό βιομηχανικής χρήσης (%) ***
Ελλάδα	11.048.000	7.760	702	16,4	80,5**	3,22
Γερμανία	82.507.000	47.000	570	12,3	19,8	67,9
Ην. Βασίλειο	59.305.000	9.540	161	21,7	2,94	75,4
Ιταλία	57.880.000	44.400	767	18,2	45,1	36,7
Πολωνία	38.612.000	16.200	420	13	8,33	78,7
Κένυα	32.040.000	1.580	49	29,7	63,9	6,33
Καμερούν	15.455.000	990	64	18,2	73,7	8,08
Ινδία	1.054.373.000	646.000	613	8,09	86,5	5,45
Ιράν	67.587.000	88.500	1.309	5,08	93,8	1,13
Ιαπωνία	127.525.000	88.400	693	19,7	62,5	17,9
Παραγουάη	5.740.000	490	85	20,4	71,4	8,16
ΗΠΑ	289.821.000	479.000	1.654	12,7	41,3	46
Μεξικό	102.946.000	78.200	760	17,4	77,1	5,48

Πίνακας 1: Η κατανάλωση νερού σε διάφορες χώρες του πλανήτη το 2000 – Κατανομή ανά τομέα χρήσης. (\* αναφέρεται στο έτος 2002. Οι τιμές των υπολοίπων στηλών αναφέρονται στο έτος 2000.), ανακτήθηκε στις 5/12/2016 από (<http://www.env-edu.gr>).

Σήμερα τα μηνύματα που μας έρχονται από άκρη σε άκρη του πλανήτη δεν είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά για αυτό το στοιχείο του φυσικού μας περιβάλλοντος που μας διατηρεί στη ζωή. Οι επιστήμονες θεωρούν την έλλειψη νερού ως ένα από τα πλέον ανησυχητικά προβλήματα της νέας χιλιετίας. Τα αποθέματα νερού ανά τον κόσμο δεν είναι αρκετά για να καλύψουν τις ανάγκες της ανθρωπότητας στον 21<sup>ο</sup> αιώνα. Οι ειδικοί προειδοποιούν ότι θα χρειαστεί μια «επανάσταση» προκειμένου να επιτευχθεί η σωστή διαχείριση των υδάτινων πόρων, εάν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα. Οι επόμενοι πόλεμοι θα γίνουν για το νερό και το πρόβλημα θα είναι εντονότερο στον αναπτυσσόμενο και υποανάπτυκτο κόσμο, όπου ο συνδυασμός της αλματώδους πληθυσμιακής ανάπτυξης, της μόλυνσης και της πενιχρής εκπαίδευσης έχει ήδη δημιουργήσει προβλήματα στο συγκεκριμένο τομέα. (<http://microkosmos.uoa.gr>)

Με την εξάτμιση του νερού, τα περισσότερα διαλυμένα σ' αυτό συστατικά παραμένουν πίσω, με αποτέλεσμα οι υδρατμοί να είναι «καθαροί» από τους ρύπους. Τι γίνεται όμως όταν το νερό επιστρέφει στη γη; Η καύση ορυκτών καυσίμων (λιγνίτης, πετρέλαιο, κ.ά.) από τα οχήματα, τη βιομηχανία και τους καυστήρες θέρμανσης προκαλεί εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα. Οι ρύποι και το βρόχινο νερό παίρνουν μέρος σε μια σειρά χημικών αντιδράσεων που παράγουν οξέα, τα οποία προκαλούν το φαινόμενο της όξινης βροχής. Η όξινη βροχή προξενεί καταστροφές στα

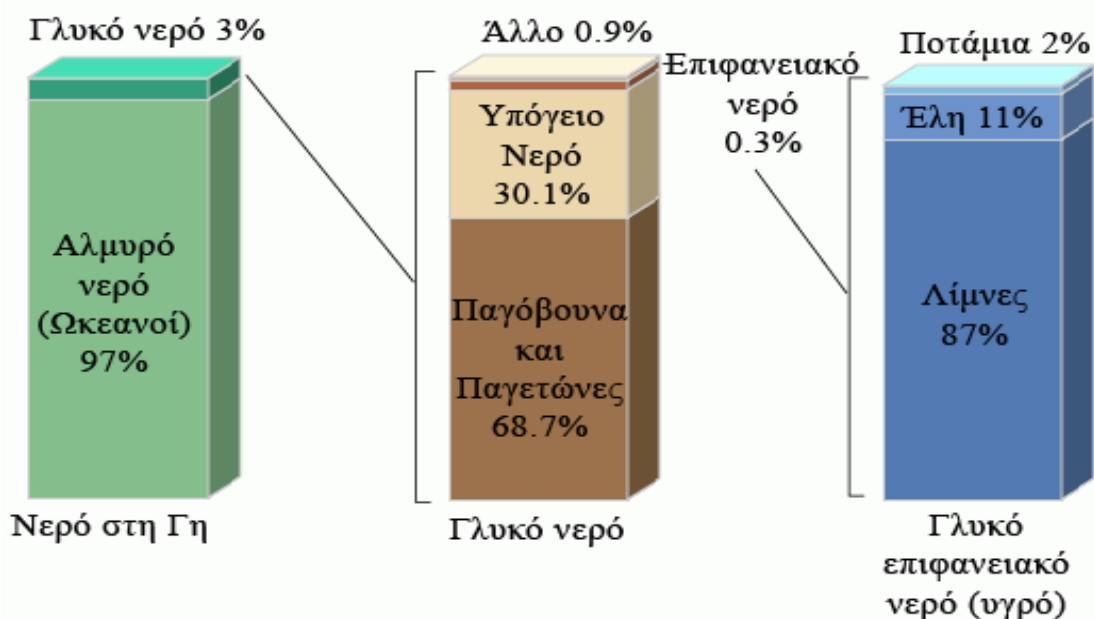
φυτά, στα ψάρια, σε λίμνες και ποτάμια, σε μαρμάρινα μνημεία, κ.ά. (<http://www.medies.net>). Ρύπανση βέβαια προκαλείται και από τα λύματα βιομηχανικής καθώς και γεωργικής χρήσης που καταλήγουν στους υδάτινους πόρους με καταστροφικά αποτελέσματα για την βιόσφαιρα. Η υπεράντληση των υπόγειων νερών (με γεωτρήσεις) κυρίως για την άρδευση αλλά και την ύδρευση προκαλεί την εξάντλησή τους. Επίσης, η άντληση περισσότερου υπόγειου νερού από αυτό που μπορεί να αναπληρώσει η φύση προκαλεί την «είσοδο» θαλασσινού νερού στο υπόγειο «γλυκό» νερό αλλάζοντας τη φυσική ισορροπία του συστήματος και αυξάνοντας την αλατότητα του υπόγειου νερού. Έτσι, τα υπόγεια νερά γίνονται «υφάλμυρα» και η διαδικασία αυτή συχνά μπορεί να είναι μη αναστρέψιμη. Επίσης, η εκχέρωση και η αποξήρανση της γης για τη δημιουργία καλλιεργήσιμων εκτάσεων αλλά και οικισμών και δρόμων, διαταράσσει τον κύκλο του νερού, μειώνοντας μεταξύ άλλων, τη γονιμότητα του εδάφους και την ικανότητά του να συγκρατεί την υγρασία. Η αλλαγή του κλίματος που προέρχεται κυρίως από την υπερθέρμανση της γης λόγω της αλόγιστης και υπέρμετρης βιομηχανοποίησης έχει αρνητικές επιπτώσεις στον κύκλο του νερού καθώς κάνει τις διαδικασίες του (π.χ. κατακρημνίσεις, εξάτμιση, απορροές) πολύ πιο έντονες. Έτσι, οδηγεί σε φαινόμενα όπως είναι: οι πλημμύρες, αλλαγές στην κατεύθυνση των θαλάσσιων ρευμάτων, η επιτάχυνση της διάβρωσης του εδάφους, οι αλλαγές στην κατανομή του υπόγειου και του επιφανειακού νερού, η ελάττωση της χιονοκάλυψης κ.ά. Η αστικοποίηση δημιουργεί μεγάλες ποσότητες «χρησιμοποιημένου» νερού (ρύπανση) και ελαττώνει το διαθέσιμο νερό για τους ανθρώπους και τα οικοσυστήματα. Βέβαια υπάρχουν δραστηριότητες οι οποίες ελαττώνουν τις επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στον κύκλο του νερού όπως είναι:

- *Η μείωση της κατανάλωσης του νερού και η συνετή χρήση του.*
- *Η συλλογή και η χρήση του βρόχινου νερού.*
- *Η σωστή κατεργασία (καθαρισμός) και επαναχρησιμοποίηση/ ανακύκλωση του νερού (στα αρχαία παλάτια και τις πόλεις του Μινωικού πολιτισμού βρέθηκαν συστήματα αποχέτευσης και επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων) (ελευθεροτυπία, τεύχος 86, <https://tinyurl.com/y7yu53lc>).*

### **2.1.3 Κατανομή του νερού. Αλλαγές στον τόπο και στον χρόνο**

Ένας παρατηρητής που θα ατένιζε τη Γη από το διάστημα θα τη χαρακτήριζε ως "γαλάζιο πλανήτη" λόγω του άφθονου νερού που την καλύπτει. Το μεγαλύτερο ποσοστό του νερού που βρίσκεται στη φύση αποτελεί το θαλασσινό νερό περίπου 97%, ενώ το υπόλοιπο 3% αποτελεί το γλυκό νερό. Από αυτό όμως λιγότερο από 0,3% (ποτάμια, λίμνες) μπορεί σχετικά εύκολα να χρησιμοποιηθεί μιας και το υπόλοιπο μέρος ή βρίσκεται κυρίως σε μορφή χιονιού, πάγου ή μέσα στην γη με τη μορφή υπόγειων υδάτων στην λιθόσφαιρα (εικόνα 2).

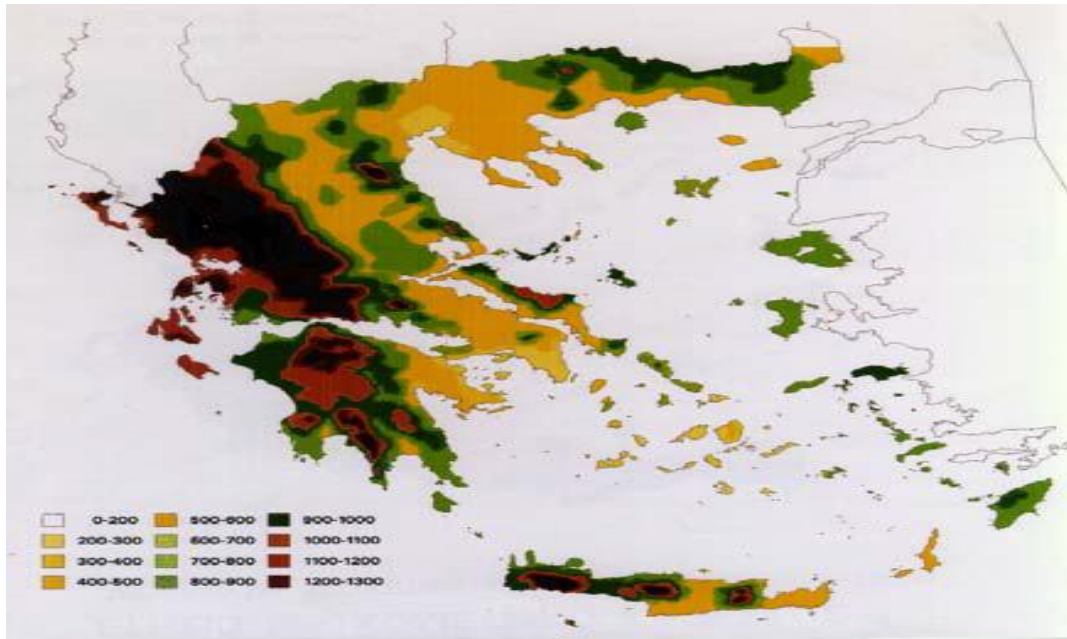
## Παγκόσμια κατανομή νερού



Εικόνα 6: Παγκόσμια κατανομή νερού, ανακτήθηκε στις 01/12/16 από <https://tinyurl.com/yda8dam3>

Η Γη δεν ήταν πάντα όπως είναι σήμερα, το κλίμα της μεταβάλλεται συνέχεια αν και συνήθως η μεταβολή δεν είναι αρκετά γρήγορη ώστε να γίνεται αντιληπτή. Κατά τη διάρκεια της ιστορίας της έχουν περάσει πολλές θερμές περιόδους, όπως η περίοδος των δεινοσαύρων πριν από 100 εκατομμύρια χρόνια, αλλά και πολλές ψυχρές περιόδους, όπως η τελευταία εποχή των παγετώνων πριν από περίπου 20.000 χρόνια. Κατά τη διάρκεια της τελευταίας εποχής των παγετώνων η στάθμη της θάλασσας ήταν κατά 122 μέτρα χαμηλότερη της σημερινής και οι παγετώνες κάλυπταν το ένα τρίτο περίπου της στεριάς ενώ σε θερμές περιόδους μπορεί να ήταν και μέχρι 50 μέτρα ψηλότερες από σήμερα. Οι παγετώνες καλύπτουν σήμερα το 10-11% της στεριάς της Γης. Οι ποσότητες νερού δεν είναι ίδιες παντού στο κόσμο χωρικά και χρονικά.

Υπάρχουν συνάνθρωποί μας που κινδυνεύουν από τις πλημμύρες, ενώ άλλοι υποφέρουν από την ξηρασία. Δεν πέφτουν παντού οι ίδιες ποσότητες κατακρημνισμάτων, ούτε καν μέσα σε μια χώρα ή ακόμα και σε μια πόλη. Η Ελλάδα για παράδειγμα, σε γενικές γραμμές διαθέτει μεγάλα αποθέματα γλυκού νερού και χωρίζεται με μία νοητή γραμμή σε δύο τμήματα. Το ανατολικό είναι φτωχό σε σχέση με τη δυτική Ελλάδα όπως φαίνεται στον παρακάτω χάρτη (εικόνα 3).



Εικόνα 7: Κατανομή βροχοπτώσεων στον ελλαδικό χώρο, ανακτήθηκε από «Υδρολογικός κύκλος» Νίκος Μαμάσης ΕΜΠ Αθήνα 2009, [http://users.itia.ntua.gr/nikos/emv/Intro\\_Hydro.pdf](http://users.itia.ntua.gr/nikos/emv/Intro_Hydro.pdf)

Αυτό δημιουργεί προβλήματα λειψυδρίας σε πολλές περιοχές της χώρας μεταξύ των οποίων είναι και η Αττική. Αν κάνουμε μια ιστορική αναδρομή όμως θα δούμε ότι δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που η χώρα μας, και ιδιαίτερα η Αττική, είχε προβλήματα νερού. Αναφέρουμε ενδεικτικά την εποχή της βασιλείας του Ερεχθέα στην αρχαία Αθήνα. Επίσης περίοδοι ξηρασίας αναφέρονται και κατά την περίοδο της Ελληνικής επανάστασης π.χ. το 1822, αλλά και στη νεότερη ιστορία το 1926 είχε να βρέξει στη χώρα μας 279 ημέρες, από τον Φεβρουάριο ως τον Νοέμβριο.

## 2.2 Βασικά στοιχεία επιστημονικού περιεχομένου

Συνοψίζουμε τα παραπάνω στοιχεία του περιεχομένου του κύκλου του νερού στον παρακάτω πίνακα κατατάσσοντας σε έννοιες, φυσικά φαινόμενα και ερμηνείες.

Βασικά στοιχεία επιστημονικού περιεχομένου		
Έννοιες	Φυσικά φαινόμενα	Ερμηνείες
<b>Κύκλος</b> (βιογεωχημικός): είναι μια διαδρομή δια μέσου της οποίας ένα μόριο (ή στοιχείο) ταξιδεύει τόσο στα έμβια όσο και στα άβια στρώματα της Γης.	<b>Εξάτμιση:</b> το νερό μετατρέπεται από την υγρή στην αέρια φάση μόνο από την επιφάνειά του.	Από μικροσκοπικής άποψης, το νερό μετατρέπεται από την υγρή στην αέρια φάση (υδρατμί) όταν ορισμένα μόρια νερού που βρίσκονται στην ελεύθερη επιφάνειά του εξασφαλίσουν κατά τις συγκρούσεις τους με τα άλλα μόρια την απαραίτητη <b>μέση κινητική ενέργεια</b> ώστε να εξουδετερώσουν τις ελκτικές δυνάμεις με αποτέλεσμα να απομακρυνθούν από την υγρή φάση και να μεταβούν στην αέρια.  Η ενεργειακή διαφορά της ηλιακής ακτινοβολίας (μικρού μήκους κύματος) και της γήινης υπέρυθρης (μεγάλου μήκους κύματος) ακτινοβολίας παρέχει την <b>λανθάνουσα θερμότητα</b> που χρειάζεται για την εξάτμιση του νερού
<b>Δυναμικός (ΚΝ):</b> Η αέναη κίνηση του νερού στη φύση.	<b>Διαπνοή:</b> Στην κάτω επιφάνεια των φύλλων των φυτών υπάρχουν περιοχές που ανοίγουν	Τα φυτά απορροφούν νερό από το έδαφος μέσω των <b>δυνάμεων συνάφειας</b> που αναπτύσσουν τα μόριά του με το <b>αγγειακό σύστημα</b> του φυτού και το οδηγούν στην πράσινη επιφάνεια των φύλλων για να χρησιμοποιηθεί για τη <b>φωτοσύνθεση</b> .(τριχοειδή φαινόμενα)

	και κλείνουν και ονομάζονται στόματα. Από τα στόματα εξατμίζεται το περισσότερο από το νερό των φυτών.	
<b>Σύννεφο:</b> Το νέφος (ή σύννεφο) αποτελεί ορατό σύνολο υδρατμών, λεπτότατων υδροσταγονιδίων ενδεικτικής μέσης διαμέτρου 10 έως 30 μm ή λεπτότατων παγοκρυστάλλων (ανάλογα με τη θερμοκρασία που επικρατεί), ή συνδυασμό των προηγούμενων, που προέρχονται από την συμπύκνωση των υδρατμών που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα.	<b>Συμπύκνωση:</b> μηχανισμός <sup>1</sup> μετατροπής των υδρατμών από την αέρια στην υγρή μορφή (υγροποίηση) ή στην στερεή μορφή (απόθεση).  <sup>1</sup> Από μικροσκοπικής άποψης καθώς ψύχονται οι υδρατμοί τα μόρια που τους συγκροτούν αρχίζουν να κινούνται επιβραδυντικά. Κατά τις συγκρούσεις των μορίων μεταξύ τους κάποια από αυτά (τα περισσότερο βραδέως κινούμενα) προσκολλώνται μεταξύ τους.	Ο αέρας στην ατμόσφαιρα, εκτός από την <b>καθ' ύψος ελάττωση της θερμοκρασίας</b> του, ψύχεται και αδιαβατικά. Μια μάζα αέρα που βρίσκεται κοντά στο έδαφος θερμαίνεται, στη συνέχεια διαστέλλεται, μικραίνει η πυκνότητά της και καθώς γίνεται ελαφρύτερη αρχίζει να ανεβαίνει υψηλότερα. Η διαστολή της ανερχόμενης αυτής αέριας μάζας έχει ως συνέπεια την πτώση της θερμοκρασίας της αφού τα μόριά της αρχίζουν να απομακρύνονται μεταξύ τους. Αυτή η μετακίνηση όμως των μορίων σημαίνει ακόμη παραγωγή έργου. Για να παραχθεί λοιπόν αυτό το έργο απαιτείται κάποια ενέργεια και σαν τέτοια ενέργεια ξοδεύεται η θερμότητα που έχει αυτή η αέρια μάζα. <b>(αδιαβατική ψύξη)</b> Η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς έχει ένα ανώτατο όριο, το <b>όριο κορεσμού</b> , το οποίο αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας και την ελάττωση της πίεσης. Έτσι, αν προστεθούν υδρατμοί πάνω από το όριο κορεσμού, αυξηθεί η πίεση αλλά κυρίως αν ψυχθεί μια αέρια μάζα μειώνεται το όριο κορεσμού, οπότε οι πλεονάζοντες υδρατμοί υγροποιούνται γύρω από τους πυρήνες συμπύκνωσης σχηματίζοντας σταγονίδια ή παγοκρυστάλλους
<b>Σύστημα:</b> σύνολο στοιχείων που αλληλεπιδρούν ή σχετίζονται ανά δύο ή περισσότερα.	<b>Κατακρήμνιση:</b> τα σταγονίδια των νεφών είναι πολύ ελαφρά και αιωρούνται συνεχώς υποστηριζόμενα από ανοδικά ρεύματα αέρα. Όταν όμως συγκρούονται μεταξύ τους συγχωνεύονται. Γίνονται τότε πραγματικές σταγόνες νερού και πέφτουν στο έδαφος-(ανάλογα για χιόνι-χαλάζι)	Όταν η θερμοκρασία μεταβληθεί, τα μικροσταγονίδια ή οι παγοκρυστάλλοι συγκρούονται μεταξύ τους και συγχωνεύονται με αποτέλεσμα να γίνονται <b>τόσα βαριά ώστε να εξουδετερώνουν τις δυνάμεις που οφείλονται σε ανοδικά ρεύματα αέρα.</b> Η κίνηση πραγματοποιείται προς την κατεύθυνση της συνισταμένη βάρους ανοδικών δυνάμεων. ( 2 <sup>ος</sup> Νόμος Νεύτωνα) Παράλληλα έχουμε μετατροπές βαρυτικής δυναμικής ενέργειας σε κινητική
<b>Αυτοκαθαρισμός:</b> Με την εξάτμιση του νερού, τα περισσότερα διαλυμένα σ' αυτό συστατικά παραμένουν πίσω, με αποτέλεσμα οι υδρατμοί να είναι «καθαροί» από τους ρύπους.	<b>Απορροή:</b> <b>Επιφανειακή απορροή:</b> η ροή του νερού με τη μορφή υδατορευμάτων <b>Υπόγεια απορροή:</b> η οριζόντια κίνηση του νερού μέσα στην κορεσμένη ζώνη και η κατακόρυφη μεταξύ ακόρεστης και κορεσμένης ζώνης	<b>Λεκάνη απορροής:</b> είναι η γεωγραφική περιοχή που τα νερά της συνεισφέρουν στην απορροή που περνά από τη θέση αυτή ενός υδατορεύματος. Τμήμα του νερού που διηθείται μένει κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και μπορεί να καταλήξει τελικά σε ένα υδατόρευμα. Ένα άλλο τμήμα του νερού, μπορεί να διηθηθεί πιο βαθιά και να τροφοδοτήσει υπόγειους υδροφορείς. Νόμος βαρύτητας του Νεύτωνα -διαφορά πίεσης Μετατροπές ενέργειας βαρυτικής δυναμικής σε κινητική
Το μεγαλύτερο μέρος του νερού που εξατμίζεται από την επιφάνεια της γης και μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα προέρχεται από τους ωκεανούς μεταφέρεται από τους ανέμους στις ηπειρωτικές περιοχές όπου κάτω από συγκεκριμένες κλιματολογικές διεργασίες καταπέφτει στην ξηρά με την μορφή κατακρημνισμάτων. <b>Για τη διατήρηση του υδατικού ισοζυγίου</b> η ποσότητα αυτή του νερού επανέρχεται στους ωκεανούς μέσω της επιφανειακής και υπόγειας απορροής.	<b>Διήθηση:</b> Καθώς το νερό διηθείται προς το υπέδαφος, σχηματίζει συνήθως μια ακόρεστη και μια κορεσμένη ζώνη. Στην ακόρεστη ζώνη υπάρχει νερό αλλά και αέρας στα κενά (πόρους) του εδαφικού σχηματισμού, δηλαδή τα κενά αυτά δεν είναι τελείως γεμάτα με νερό. Το άνω μέρος της ακόρεστης ζώνης είναι η εδαφική ζώνη. Το άνω όριο της ζώνης κορεσμού καλείται υδροφόρος ορίζοντας	Η εδαφική ζώνη έχει κενά που δημιουργούνται κυρίως από τις ρίζες των φυτών, τα οποία επιτρέπουν στο νερό να διηθηθεί να κινηθεί δηλαδή προς τα κάτω λόγω του νόμου της βαρύτητας του Νεύτωνα <b>Μετατροπές ενέργειας</b> βαρυτικής δυναμικής σε κινητική
<b>Μοντέλο:</b> είναι αναπαράσταση της πραγματικότη-	<b>Εκφόρτιση:</b> η έξοδος (εκροή) του υπόγειου	<b>Αρχή συγκοινωνούντων δοχείων</b>

τας μέσα από κάποια αναλογία και όχι ακριβές αντίγραφο ενός στόχου (δηλαδή ενός αντικειμένου, μιας έννοιας, μιας διαδικασίας ή/και ενός φαινομένου).	νερού στις θάλασσες, λίμνες, ποτάμια, πηγές, αρτεσιανά φρεάτια.	
<b>Κύκλος του νερού:</b> η αέρινη κίνηση του νερού ανάμεσα στους ωκεανούς, την ατμόσφαιρα και την ξηρά που συνοδεύεται και από αλλαγές ανάμεσα στην υγρή, την αέρια και τη στερεή φάση του.		
<b>Υγρασία, σχετική υγρασία, χαμηλό βαρομετρικό, παράγοντες που επηρεάζουν την εξάτμιση και τη διαπνοή, διαπερατότητα.</b>	<b>Αποθήκευση</b> σε πάγους, χιόνια, σε υπόγειο νερό, στην ατμόσφαιρα, στην επιφάνεια του εδάφους. <b>Εξάχνωση, Εξατμισοδιαπνοή</b> <b>Απορροή</b> από λιώσιμο χιονιού, <b>Ομίχλη, Δροσιά, Πάχνη,</b>	
<b>Η σημασία του νερού Βιολογική διάσταση Κοινωνική διάσταση Έλλειψη νερού (φυσική και οικονομική)</b>		Απαραίτητο για την δημιουργία και διατήρηση της ζωής Αστική βιομηχανική και γεωργική χρήση Χωροχρονική αστάθεια, κλιματική αλλαγή, αύξηση πληθυσμού, υπερβιομηχάνιση, μη σωστή διαχείριση, ρύπανση νερού, εκχέρσωση και αποξήρανση εκτάσεων.

### 2.3 Ιστορική θεώρηση του κύκλου του νερού

Τον υδρολογικό κύκλο και τη σημασία του κατανόησαν και ερμήνευσαν σε μεγάλο βαθμό πολλοί φιλόσοφοι της αρχαιότητας.

Ο **Θαλής ο Μιλήσιος** (640-546 π.Χ.), ήταν ο ιδρυτής της Ιωνικής φιλοσοφίας. Διατύπωσε τη θεωρία ότι το νερό ήταν η βασική ουσία του κόσμου.

Ο **Αναξίμανδρος** (περίπου 610-547 π.Χ.) από τη Μίλητο, διάδοχος του Θαλή, είναι ο πρώτος που τόλμησε να γράψει ένα βιβλίο «Περί Φύσεως», που δεν βασιζόταν στη μυθολογία ή τη θρησκεία που δυστυχώς όμως έχει χαθεί. Κατανόησε τη σχέση μεταξύ βροχόπτωσης και εξάτμισης: «*Η βροχή παράγεται από την εξάτμιση (ατμίδα) που στέλνεται προς τα πάνω από τη γη, λόγω του ηλίου*». Επίσης, αποπειράθηκε να ερμηνεύσει τη γένεση των ανέμων και των κεραυνών

Ο **Αναξίμενης** (585-525 π.Χ.) από τη Μίλητο, μαθητής του Αναξίμανδρου, επινόησε λογικές εξηγήσεις για τον σχηματισμό των νεφών, της βροχόπτωσης, και της χαλαζόπτωσης. Σύμφωνα με αυτόν: «*Το χαλάζι παράγεται όταν κατερχόμενο το νερό από τα νέφη παγώσει· το χιόνι παράγεται όταν το νερό στα πιο διάβρεκτα σύννεφα παγώσει*».

Επίσης, αποπειράθηκε να ερμηνεύσει τον σχηματισμό της ίριδας (του ουράνιου τόξου) και της αστραπής. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η θεωρία του Αναξίμενη για τη

δημιουργία των ανέμων: «Προκαλούνται όταν μειώνεται η πυκνότητα του αέρα, έτσι καθίσταται ελαφρός και αρχίζει να κινείται».

**Ο Ξενοφάνης** (570-480 π.Χ.) φιλόσοφος, ποιητής, και ταξιδευτής φαίνεται πως είναι ο πρώτος που ολοκλήρωσε την έννοια του υδρολογικού κύκλου: «Η θάλασσα είναι η πηγή του ύδατος και του ανέμου/ Αφού χωρίς τη μεγάλη θάλασσα, δεν θα υπήρχε ο άνεμος/ Ούτε ρεύματα ποταμών, ούτε βροχή από ψηλά/ Μα η μεγάλη θάλασσα είναι ο γεννήτορας των νεφών, των ανέμων, και των ποταμών».

Ο **Αναξαγόρας** από τις Κλαζομενές (500-428 π.Χ.), αποσαφήνισε την έννοια του υδρολογικού κύκλου, και μελέτησε διάφορα μετεωρολογικά φαινόμενα (ανέμους, καταιγίδες), δεχόμενος σε γενικές γραμμές τις ερμηνείες του Αναξιμένη. Συγκεκριμένα, θεώρησε ότι οι διαφορές στην πυκνότητα του αέρα, που προκαλούνται από τη θερμότητα του ήλιου, ήταν υπεύθυνες για τη δημιουργία των ανέμων *«Ίριδα καλούμε την αντανάκλαση της λάμψης του ηλιακού φωτός που προσπίπτει στα νέφη»*. Τέλος, προσπάθησε να ερμηνεύσει το παράδοξο των πλημμυρών του ποταμού Νείλου, προτείνοντας την υπόθεση πως το χιόνι που λιώνει την άνοιξη στα όρη της Αιθιοπίας, προκαλεί θερινές πλημμύρες στην περιοχή του Δέλτα του Νείλου, με μια χρονική καθυστέρηση.

**Ο Σωκράτης** (περίπου 470-399 π.Χ.), ο οποίος δεν άφησε δικά του γραπτά αλλά οι απόψεις του μεταφέρθηκαν στα γραπτά του μαθητή του **Πλάτωνα** (περίπου 427-347 π.Χ.) στον Κριτία αναφέρει: «Η γη δρέπει το όφελος από την ετήσια βροχή, όχι μόνο άμεσα αφήνοντας να χαθεί το νερό που ρέει από τη γυμνή γη στη θάλασσα, αλλά, κρατώντας ένα άφθονο απόθεμα σε όλα τα μέρη, και το παραλαμβάνει μέσα της και το αποθησαυρίζει στο πυκνό αργιλικό έδαφος . προσφέροντας παντού άφθονες πηγές και ποτάμια»

Ο **Αριστοτέλης** (384-328 π.Χ.) αναγνώρισε την αρχή της διατήρησης της μάζας στον υδρολογικό κύκλο: «Κατά συνέπεια, η θάλασσα δεν θα στεγνώσει ποτέ αφού το νερό που ανέβηκε προς τα πάνω πρωτίτερα θα γυρίσει σ' αυτήν· κι αν αυτό συνέβη κάποτε, θα πρέπει να δεχτούμε την επαναληπτική εμφάνισή του». «Ακόμα κι αν δεν επιστρέφει πίσω η ίδια ποσότητα κάθε χρόνο ή σε μια δεδομένη περιοχή, ωστόσο σε μια ορισμένη χρονική περίοδο η συνολική ποσότητα που αφαιρέθηκε θα επιστρέψει».

Ο φιλόσοφος **Θεόφραστος** (372-287 π.Χ.) προώθησε και διόρθωσε τις θεωρίες του Αριστοτέλη για το σχηματισμό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων εξαιτίας της συμπύκνωσης και της ψύξης των υδρατμών. Κατανόησε επίσης τη φύση του ανέμου: *«Η κίνηση του αέρα είναι άνεμος»*, και τη σχέση του με τη δημιουργία των νεφών, όπως και το ρόλο της ορεογραφίας σε αυτές. Επιπλέον κατανόησε τους μηχανισμούς της εξάτμισης, και ειδικότερα το πόσο επηρεάζεται αυτή από τον άνεμο: *«Ο λόγος που οι άνεμοι, οι οποίοι είναι ψυχροί, στεγνώνουν [το έδαφος] πιο γρήγορα*



από ότι ο ήλιος, που είναι θερμός, και οι ψυχρότεροι άνεμοι πιο πολύ, πρέπει να είναι διότι δημιουργούν ατμό και τον μετακινούν . ενώ ο ήλιος αφήνει αμετακίνητο τον ατμό».

Ο **Επίκουρος** (341-270 π.Χ.), που έζησε στην Αθήνα, ανέπτυξε την έννοια της ελεύθερης βούλησης: οι Θεοί υπάρχουν, αλλά δεν παρεμβαίνουν στα φυσικά φαινόμενα ή στις ανθρώπινες υποθέσεις. «Όταν τα σύννεφα συγκρούονται μεταξύ τους ή υπόκεινται σε κάποιο μετασχηματισμό, παράγουν νεροποντές και οι παρατεταμένες βροχές προκαλούνται από την κίνηση των νεφών όταν μεταφέρονται μέσω του αέρα ...» «Τα νέφη είναι δυνατόν να έχουν σχηματιστεί από τον αέρα που συμπυκνώθηκε κάτω από την πίεση των ανέμων, ή από την επενέργεια ατόμων απομονωμένων στα άκρα, ή από εκπομπές από τη γη και τα νερά, ή από άλλες αιτίες .». Επίσης μελέτησε και προσπάθησε να δώσει εξηγήσεις για τις θύελλες, το χαλάζι, το χιόνι, την πάχνη, τον παγετό, το ουράνιο τόξο, την αστραπή και τη βροντή για τη χρονική υστέρηση των δύο λέει: « . ίσως, τα δύο φαινόμενα να συμβαίνουν ταυτόχρονα, αλλά η αστραπή φτάνει σε μας πιο γρήγορα παρά ο θόρυβος του κεραυνού, όπως έχει παρατηρηθεί πράγματι σε άλλες περιπτώσεις, όταν για παράδειγμα βλέπουμε από απόσταση τη σύγκρουση δύο αντικειμένων» .

Ο **Ποσειδώνιος** (περίπου 135-51 π.Χ.) μελέτησε τα μετεωρολογικά φαινόμενα. Μεταξύ των γραπτών του, που χάθηκαν όλα πλην ελάχιστων αποσπασμάτων, είναι οι πραγματείες 'Περί μετεωρολογίας' και 'Περί μετεώρων'. Γνωρίζουμε ότι μελέτησε τα νέφη, την ομίχλη, τον άνεμο, τη βροχή, τον παγετό, το χαλάζι, την ίριδα και την αστραπή, ακολουθώντας πιστά τις διδασκαλίες του Αριστοτέλη.

Ο **Ήρων ο Αλεξανδρεύς** (έζησε περίπου το 150 π.Χ., κατ' άλλους από 10-70 μ.Χ.), στην πραγματεία του 'Πνευματικά' θεμελίωσε αρκετές έννοιες φυσικής με ερμηνείες αποδεκτές ως σήμερα, όπως την πίεση (την πίεση του αέρα, την πίεση του νερού, και τη σχέση των δύο), την ταχύτητα ροής και την παροχή. Είναι εντυπωσιακές οι απόψεις του, και η πολύ σύγχρονη πειραματική του μέθοδος. Ο Ήρων είχε την ικανότητα να μετατρέπει την θεωρητική γνώση του σε τεχνολογικά εφευρήματα. Έτσι, περιγράφει στα γραπτά του πολλά επινοήματα και μηχανισμούς που εφεύρε, μεταξύ των οποίων το απλούστερο είναι ο σίφωνας και το πιο γνωστό είναι μια ατμομηχανή (στοβιλομηχανή), η πρώτη καταγραμμένη μηχανή που εκμεταλλεύεται τη δύναμη του ατμού, που δημιουργήθηκε σχεδόν δύο χιλιάδες χρόνια πριν από τη βιομηχανική επανάσταση (<https://tinyurl.com/ybn789dw>).

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

### ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ

#### 3.1 Οι ιδέες των μαθητών για τον κύκλο του νερού και τα επιμέρους φαινόμενα

Όπως εκθέσαμε στην εισαγωγή η παραδοσιακή μέθοδος μεταφοράς της ύλης που συνήθως ακολουθούν αποκλειστικά οι εκπαιδευτικοί δεν καταφέρνει συχνά να αντιμετωπίσει τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών που τις περισσότερες φορές συνυπάρχουν με την επιστημονική γνώση και υπερισχύουν όταν παρέχουν απλές και λογικοφανείς εξηγήσεις.

Σύμφωνα με την κονστρουκτιβιστική προσέγγιση, μια ουσιαστική μαθησιακή διαδικασία περιλαμβάνει την ερμηνεία των νέων πληροφοριών υπό το πρίσμα των υφιστάμενων ιδεών και πεποιθήσεων (Driver και Oldham, 1986). Επιπλέον, πολλές από τις αρχικές μας πεποιθήσεις και αντιλήψεις είναι αρκετά διαφορετικές από την αποδεκτή επιστημονική άποψη. Ως εκ τούτου, ένα μεγάλο μέρος της επιστημονικής εκπαιδευτικής έρευνας που έχει πραγματοποιηθεί στις δύο τελευταίες δεκαετίες, επικεντρώθηκε στον εντοπισμό αυτών που λέμε "Παρανοήσεις" ή "εναλλακτικές έννοιες» (Greeno, Collins, και Resnick, 1996). Η προσέγγιση αυτή υποδηλώνει ότι οποιαδήποτε ανάπτυξη προγραμμάτων σπουδών επιχειρηθεί θα πρέπει να ξεκινήσει με μελέτη και έρευνα, προκειμένου να εντοπιστούν οποιεσδήποτε παρανοήσεις, οι προκαταλήψεις, και προβλήματα που συνδέονται με το συγκεκριμένο θέμα.

#### Ο κύκλος του νερού

Σύμφωνα με έρευνες στην Ελλάδα και στο Εξωτερικό οι περισσότεροι από τους μαθητές έχουν μια ατελή εικόνα του κύκλου του νερού, συμπεριλαμβανομένων πολλών προκαταλήψεων και παρανοήσεων σχετικά με αυτό. Τα ευρήματα έδειξαν ότι οι μαθητές κατανοούν μερικώς τις διάφορες ύδρο-βίο-γεωλογικές διεργασίες, αλλά οι περισσότεροι από αυτούς στερούνται τις δυναμικές, κυκλικές, και συστημικές αντιλήψεις του κύκλου. Οι Ben-Zvi Assaraf και Orion (2005) διαπίστωσαν στην έρευνά τους όσον αφορά στην κατανόηση των μαθητών της κυκλικής φύσης του κύκλου του νερού την αδυναμία των μαθητών να καθορίσουν μια κυκλική διαδικασία και να δώσουν ένα παράδειγμα που αντικατοπτρίζει τον ορισμό της αλλά επικεντρώνονται κυρίως στο ατμοσφαιρικό τμήμα του κύκλου του νερού, αγνοώντας τις διαδικασίες που σχετίζονται με τα υπόγεια, τα επιφανειακά ύδατα, και το νερό στα βιοτικά συστήματα (Orion & Ault 2007).

Λιγότερο από το 10% των μαθητών αναφέρθηκε σε μια κυκλική συνιστώσα στους ορισμούς τους. Το ένα τρίτο μάλιστα των μαθητών δεν μπορούσε να παράσχει οποιοδήποτε χαρακτηριστικό μιας κυκλικής διαδικασίας. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να συνεπάγεται έλλειψη εμπειρίας των μαθητών σε κυκλικά φαινόμενα στο

πρόγραμμα σπουδών της επιστήμης. Μία άλλη άποψη αυτού του φαινομένου βρέθηκε στις αντιλήψεις των μαθητών για τα χαρακτηριστικά της κυκλικής διαδικασίας. Για παράδειγμα, περισσότερο από το 50% των σπουδαστών ισχυρίστηκε ότι το νερό ως κύκλος έχει μια αρχή και ένα τέλος. Μόνο το 24% των φοιτητών πρότεινε μια πιο επιστημονική άποψη, όπως «στον κύκλο, δεν υπάρχουν αρχή και το τέλος» ή «μια κυκλική διαδικασία ποτέ δεν έχει άκρα». Οι περισσότεροι από τους μαθητές δεν είχαν αντιληφθεί ότι σε μια κυκλική διαδικασία, το συνολικό ποσό της ύλης διατηρείται. Για παράδειγμα το 64% των μαθητών στην ίδια έρευνα υποστήριξαν ότι «όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των ατόμων που ζουν, τόσο μεγαλύτερη είναι ποσότητα του νερού που καταναλώνεται» ή «Οι άνθρωποι θα χρησιμοποιούν περισσότερο νερό από όσο είναι το νερό που μπορεί να καταναλωθεί, έτσι το νερό θα εξαφανιστεί». Ένα 12% των μαθητών έδωσαν τη διαισθητική απάντηση ότι «οι άνθρωποι δεν χρειάζονται πολύ νερό» ή «δεν υπάρχει άφθονο νερό στη γη». Ενώ, το 24% των φοιτητών έδωσε μια εξήγηση κοντά στην επιστημονική όπως «τα ανθρώπινα όντα έχουν μόνο μια μικρή επίδραση στο συνολική ποσότητα του νερού» ή «η ποσότητα του νερού στη γη είναι σταθερή, μόνο η ποιότητα του νερού μπορεί να αλλάξει».

Σύμφωνα με την Αγγελίδου et al., (2001) οι μαθητές δεν αντιλαμβάνονται πως συσχετίζεται ο κύκλος του νερού με τις διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως το νερό που καταναλώνουν και ρυπαίνουν, και πώς αυτές οι δραστηριότητες μπορούν να επηρεάσουν την κατανομή και ποιότητα των υδάτινων πόρων.

Οι περισσότεροι μαθητές είναι ενήμεροι για το ατμοσφαιρικό μέρος του κύκλου του νερού (εξάτμιση, συμπύκνωση, βροχοπτώσεις, αλλά αγνοούν το μέρος των υπόγειων υδάτων (Ben-Zvi Assaraf και Orion, 2005).

Σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα στην Ελλάδα (Σάλτα Κ., Στούμπα Α. 2015) πάνω στις ιδέες μαθητών Γυμνασίου για την κίνηση του νερού στην ατμόσφαιρα, στην επιφάνεια του εδάφους, στο υπέδαφος και στο άνθρωπο-μηχανικό περιβάλλον προέκυψαν τρία επίπεδα συλλογισμών. Οι μαθητές χρησιμοποιούν στις εξηγήσεις τους κυρίως την «ορατή» διαδρομή του νερού (επίπεδο 2), λιγότερο το συνδυασμό «ορατής» με την υπόγεια (επίπεδο 3) και σπανιότερα υποδεικνύουν πιθανότητες και προϋποθέσεις κάτω από τις οποίες ακολουθείται η κάθε μια από τις εναλλακτικές διαδρομές (επίπεδο 3,5).

Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε συμφωνία με έρευνα που πραγματοποιήθηκε στις ΗΠΑ (Gunckel et al. 2012b) που υποδεικνύουν ότι στην μετάβαση των μαθητών από την πρωτοβάθμια στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση, κυρίως στις πρώτες τάξεις της δευτεροβάθμιας, οι μαθητές αρχίζουν να απομακρύνονται από τις πρώτες άτυπες εξηγήσεις που αναφέρονται σε εμφανείς θέσεις του νερού σε περιορισμένη κλίμακα (επίπεδο 1) και να πλησιάζουν την επιστημονική εξήγηση εμπλέκοντας τα επίπεδα 2 και 3.

Σε έρευνα των Shepardson et al. (2009) που έκαναν σε μαθητές της 4ης -12ης τάξης στις ΗΠΑ για τον κύκλο του νερού ομαδοποίησαν της αντιλήψεις των μαθητών σε επίσης 4 κατηγορίες με την 1η αντίληψη να είναι πιο κοντά στην επιστημονική δηλαδή ο κύκλος του νερού ως αποθήκευση (ποτάμια, λίμνες, ωκεανούς), μεταβολή (εξάτμιση, υγροποίηση, κατακρημνίσματα) και μεταφορά με πολλούς δρόμους καθώς και την αναγνώριση των υπόγειων νερών την εξάτμιση από τα φυτά και τα έδαφος ως μέρος του κύκλου, την 2η με επίσης αποθήκευση, μεταβολή και μεταφορά, από μία όμως μόνο διαδρομή, την 3η αντίληψη του κύκλου ως καιρικό φαινόμενο εστιάζοντας κυρίως στην βροχή ως επαναλαμβανόμενο γεγονός χωρίς να ακολουθούν άλλες διαδρομές του νερού και την 4η οι μαθητές να αντιλαμβάνονται τον κύκλο ως μια πηγή νερού (ποτάμι, λίμνη ή ωκεανό) χωρίς καμία αναφορά σε κυκλική διαδικασία με κυρίαρχη αντίληψη την 2η με ποσοστό 35,9% σε ένα σύνολο δείγματος 2536 μαθητών.

### **Αλλαγές φάσης**

Οι Osborne και Cosgrove, (1983) μελετώντας τις ιδέες των παιδιών για την πήξη και την τήξη βρήκαν ότι αυτά γενικά δεν θεωρούν ότι η πήξη λαμβάνει χώρα σε ορισμένη θερμοκρασία. Εκείνοι οι μαθητές οι οποίοι προσπάθησαν να εφαρμόσουν ένα σωματιδιακό μοντέλο στη διαδικασία της πήξης έτειναν να σκέφτονται ότι τα σωματίδια του νερού έρχονται πιο κοντά το ένα στο άλλο. Επομένως κατέληξαν λογικά στο συμπέρασμα ότι ο πάγος δεν καταλαμβάνει τόσο πολύ χώρο, όσο όταν ήταν υγρός.

Οι μαθητές τείνουν να σκέφτονται ότι όταν ο πάγος μετατρέπεται σε νερό χάνει μάζα. Η Stavy, (1987) παρουσίασε στους μαθητές δύο δείγματα πάγου που είχαν ίδια ακριβώς βάρη. Έλιωσε το ένα από τα δείγματα και εξέτασε τους μαθητές με συνέντευξη γύρω από τα σχετικά βάρη των δύο δειγμάτων. Στις απαντήσεις των παιδιών προοδευτικά με την ηλικία η άποψή τους τείνει προς την επιστημονική με ποσοστό μόνο 25% στην ηλικία των 10 ετών να θεωρούν ότι η μάζα δεν διατηρείται.

Ο Anderson ερεύνησε τις ιδέες Σουηδών μαθητών γύρω από την θερμοκρασία που βράζει το νερό ενός δοχείου όταν αυτό τοποθετηθεί στην σόμπα. Όταν οι μαθητές ρωτήθηκαν τι θα συνέβαινε στο νερό αν συνέχιζε να θερμαίνεται για πέντε ακόμη λεπτά το 40% των δωδεκάχρονων μαθητών απάντησε ότι η θερμοκρασία θα ήταν μεγαλύτερη από 100°C . Το μεγαλύτερο μέρος της ομάδας πίστευε ότι το νερό γίνεται ολοένα και πιο ζεστό όσο αυτό θερμαίνεται. Ο αριθμός των μαθητών που έδινε αυτή την απάντηση μειωνόταν με την ηλικία αλλά 16% των δεκαπεντάχρονων συνέχιζε να πιστεύει ότι η θερμοκρασία θα είναι μεγαλύτερη από 100°C . Αλλά και από εκείνα τα παιδιά που δήλωναν ότι η θερμοκρασία θα παραμείνει στου 100°C το 25% των δωδεκάχρονων και δεκατριάχρονων εξήγησε την απάντησή του με βάση την ένδειξη του διακόπτη της σόμπας ο οποίος καθόριζε τη θερμοκρασία του νερού. Το ποσοστό των παιδιών που έδινε αυτή την εξήγηση ήταν 35% στα δεκατετράχρο-

να και 32% στα δεκαπεντάχρονα. Επίσης όταν τους ζητήθηκε να προβλέψουν τι θα συμβεί αν η ένδειξη του διακόπτη αυξανόταν το 90% των παιδιών 12 ετών σκέφτηκε ότι η θερμοκρασία θα αυξανόταν πάνω από τους 100°C. Αυτή η απάντηση δόθηκε επίσης από το 63% των δεκατριάχρονων και 54% των δεκαπεντάχρονων μαθητών. Ακόμη και στην ηλικία των 15 ετών μόνο το 31% των μαθητών έδωσε σωστές απαντήσεις και στα δύο ερωτήματα. Όσο για βρασμό διαπιστώθηκε ότι η κατανόηση της διαδικασίας αυτής φαίνεται να προηγείται της κατανόησης της εξάτμισης.

Αρκετοί ερευνητές προσπάθησαν να ελέγξουν την ανάπτυξη των αντιλήψεων των παιδιών για την εξάτμιση. Για παράδειγμα οι Bar ,V. and Travis, A.S. (1991) βρήκαν ότι στις ηλικίες 5-6 ετών τα παιδιά εντυπωσιάζονται με την εξαφάνιση του υλικού, δέχονται ότι αυτό απλώς συμβαίνει και δεν δίνουν καμία εξήγηση. Μέχρι την ηλικία 8-9 ετών οι μαθητές δεν πιστεύουν στη διατήρηση της εξατμισμένης ουσίας και πιστεύουν ότι πήγε σε κάποιο άλλο μέρος όπως για παράδειγμα σε ένα πορώδες κουτί. Αργότερα όταν αναπτύσσουν την έννοια του στατικού αέρα οι μαθητές θεωρούν ότι μικρή ποσότητα νερού πηγαίνει στον αέρα. Στις ηλικίες 12-14 ετών είναι αρκετά κυρίαρχη μια αντίληψη για την εξάτμιση που συνδέεται με την διατήρηση της ύλης τη σωματιδιακή άποψη και με μια ενημέρωση για τον αέρα. Οι Bar και Galili (1994) και Johnson (1998a και 1998b) έδειξαν ότι, ακόμη κι αν κάποιοι μαθητές έμοιαζαν να κατανοούν το μοντέλο των σωματιδίων της ύλης ωστόσο είχαν ακόμα δυσκολίες για να εξηγήσουν τη διαδικασία της εξάτμισης στη φύση.

Ωστόσο οι Osborne και Cosgrove αναφέρουν ότι από τους 43 Αυστραλούς μαθητές ηλικίας 13 έως 17 ετών μόνο οχτώ ανέφεραν τα σωματίδια ή μόρια όταν περιέγραφαν τι συμβαίνει στο νερό που εξατμίζεται από ένα πιάτο. Τουλάχιστον ένας ήταν ενήμερος ότι τα σωματίδια «παίρνουν ενέργεια από κάπου και απομακρύνονται». Οι πιθανές πηγές ενέργειας οι οποίες αναφέρθηκαν ήταν: από εκείνη που είχαν, ή το ένα από το άλλο, ή από τον αέρα που βρισκόταν τριγύρω. Επιπλέον, Bar (1989) και Bar και Travis (1991) μελέτησαν τις αντιλήψεις των 5 έως 15 ετών ισραηλινών μαθητών σχετικά με την ατμοσφαιρική συνιστώσα του κύκλου του νερού. Βρήκαν ότι οι αντιλήψεις των μαθητών για τη συμπύκνωση και εξάτμιση αναπτύχθηκαν ταυτόχρονα γύρω από την ηλικία των 11 ετών. Ωστόσο, οι Fetherstonhaugh και Bezzi (1992) ανέφεραν ότι ορισμένοι μαθητές εξέφρασαν δυσκολίες στην κατανόηση της διαδικασίας της εξάτμισης στο φυσικό της πλαίσιο, και πιστεύουν ότι οι "υδρατμοί γίνονται όταν ο ήλιος είναι έξω". Σε παρόμοια αποτελέσματα καταλήγουν και οι Bar και Galili (1994) που διαπιστώνουν ότι οι περισσότεροι από τους μαθητές γυμνασίου και λυκείου εκφράζουν δυσκολίες στην κατανόηση της διαδικασίας της εξάτμισης στο φυσικό της πλαίσιο και τείνουν να υποστηρίζουν ότι εξάτμιση δεν μπορεί να συμβεί σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Ιδέες που αφορούν τη συμπύκνωση του νερού που γίνεται στην εξωτερική επιφάνεια ενός δοχείου που περιέχει πάγο έχουν ερευνηθεί από τους Bar και Travis μετα-

ξύ παιδιών από το Ισραήλ και από τους Osborne και Cosgrove σε παιδιά από τη Νέα Ζηλανδία. Τα παιδιά ηλικίας 10 έως 14 ετών από το Ισραήλ επέλεξαν πιο συχνά τις απαντήσεις «ο πάγος μετατράπηκε σε νερό» και «το κρύο έκανε το οξυγόνο και το υδρογόνο να μετατραπούν σε νερό». Οι ερευνητές κατέληξαν ότι παρόλο που οι μαθητές γνωρίζουν ότι ο ατμός μπορεί να μετατραπεί σε νερό η εφαρμογή αυτής της γνώσης φαίνεται να προκαλεί κάποια δυσκολία. Τα παιδιά από τη Νέα Ζηλανδία ηλικίας 12 έως 17 ετών πιο συχνά επέλεξαν την απάντηση «η ψυχρότητα έκανε το υδρογόνο και το οξυγόνο να σχηματίσουν νερό». Το ποσοστό των παιδιών τα οποία εξέφρασαν την άποψη ότι η συμπύκνωση προέρχεται από το νερό στον αέρα αυξήθηκε με την ηλικία από 10% σε 53% ανάμεσα στις ηλικίες 12 και 17 ετών. Από τους Ισραηλινούς μαθητές ζητήθηκε να εξηγήσουν πώς ένα χέρι υγραίνεται όταν το κρατήσουμε πάνω από νερό που βράζει. Υπήρξε τότε μια σχεδόν ισοκατανομή στις δύο απαντήσεις: «ο ατμός μετατρέπεται σε νερό» και «το χέρι έγινε υγρό από το νερό. Η κατανόηση της συμπύκνωσης είναι παράλληλη προς την κατανόηση της εξάτμιση.

### **Υπόγεια νερά**

Από έρευνες προκύπτει ότι οι περισσότεροι μαθητές αγνοούν το μέρος των υπόγειων υδάτων. Επιπλέον, όσοι περιλαμβάνουν το υπόγειο σύστημα στον κύκλο του νερού το αντιλαμβάνονται σαν μια στατική ποσότητα νερού κάτω από την επιφάνεια που δεν έχει καμία σχέση με τα περιβάλλοντα πετρώματα. Οι Αγγελίδου et al. (2001) ανέφεραν ότι οι περισσότεροι από τους μαθητές στην έρευνά τους έχουν μια αντίληψη των υπόγειων υδάτων ως λίμνες στατικές, κάτω από την επιφάνεια της Γης. Οι Marques και Thompson (1997), οι οποίοι μελέτησαν τις αντιλήψεις των Πορτογάλων μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε σχέση με κάποια άλλη πτυχή των επιστημών της Γης, έφτασαν σε ένα παρόμοιο συμπέρασμα. Οι μαθητές χρησιμοποίησαν εξωτερικά παρατηρήσιμα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τη δική τους εμπειρία για να εξηγήσουν κρυφές διαδικασίες. Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές υπάρχουν σημαντικές δυσκολίες στο να αντιληφθούν οι μαθητές αργές διαδικασίες που δεν συλλαμβάνονται από το ανθρώπινο μάτι.

Ένα πολύ μικρό ποσοστό μαθητών μπορεί να κατανοήσει ότι το νερό της βροχής που διεισδύει μέσα από τα βράχια μπορεί να κινηθεί κάτω από το έδαφος οριζόντια προς τη θάλασσα. Φαίνεται ότι το νοητικό μοντέλο των μαθητών των υπόγειων υδάτων ως μια στατική λίμνη κάτω από την επιφάνεια, προκύπτει από την πραγματική εμπειρία τους με το πάνω σύστημα του νερού. Αναμφίβολα, μια σημαντική πηγή των παραπάνω εναλλακτικών ιδεών είναι το επίπεδο αφαίρεσης που είναι απαραίτητο για την κατανόηση κρυμμένων φαινομένων και διεργασιών (που λαμβάνουν χώρα υπόγεια). Παρόμοια ευρήματα είχαμε από τους Shepardson et al. (2007), Ben-Zvi Assaraf και Orion (2005) οι οποίοι διαπίστωσαν ότι οι περισσότεροι μαθητές ισχυρίστηκαν πως το υπόγειο νερό θα μπορούσε να βρεθεί μόνο σε περιοχές που

πέφτουν πολλές βροχές, επειδή αγνοούν ότι το νερό της βροχής μπορεί να διαπεράσει τα πετρώματα και να κινηθεί οριζόντια κάτω από το έδαφος.

### **Το νερό και οι ζωντανοί οργανισμοί**

Πολλοί δεν αντιλαμβάνονται την αλληλεπίδραση μεταξύ του ανθρώπου και του κύκλου του νερού, όπως η κατανάλωση νερού, πηγάδια, λύματα και ρύπανση των υδάτων αλλά και τη συμμετοχή των ζώων και των φυτών.

Η Wood-Robinson (1991) συνόψισε τα ευρήματα διαφόρων ερευνών οι οποίες αφορούσαν τις ιδέες των μαθητών για τα φυτά. Πολλοί μαθητές πιστεύουν ότι τα φυτά απορροφούν το νερό ως τροφή. Πολλοί από αυτούς επίσης πιστεύουν ότι τα φύλλα των φυτών απορροφούν το νερό και ότι η κύρια λειτουργία του φύλλου είναι να «συλλαμβάνει» τη βροχή, το νερό ή τη δροσιά. Μερικοί πιστεύουν ότι κατά την φωτοσύνθεση οι υδρατμοί κινούνται μέσα στο φύλλο. Επίσης άλλοι πιστεύουν ότι η κατανάλωση νερού όπως και της τροφής οδηγεί στην αύξηση του βάρους.

### **Βροχή και σύννεφα**

Η Bar (1989) κατατάσσει τις εξηγήσεις των μαθητών σχετικά με την πηγή των νεφών σε δύο ηλικιακές κατηγορίες 1. Μαθητές ηλικίας 5 έως 10 ετών, και 2. Μαθητές ηλικίας περίπου 9 έως 15 ετών. Στην πρώτη κατηγορία βρίσκουμε απαντήσεις όπως: Α. Τα σύννεφα είναι σταλμένα από τον Θεό ή προέρχονται από ένα άλλο μέρος, Β. Τα σύννεφα είναι κατασκευασμένα από ατμούς βραστήρων ή δημιουργούνται από τον ήλιο που κάνει το νερό της θάλασσας να βράζει Γ. Τα σύννεφα ξαναγεμίζονται με θαλασσινό νερό Δ. Τα σύννεφα δημιουργούνται από κρύο, ζέστη, κ.λπ. Στις μεγαλύτερες ηλικίες υπάρχουν δύο εναλλακτικές εξηγήσεις: Ε. Τα σύννεφα δημιουργούνται από ατμούς που έρχονται από πολλές πηγές, μία από αυτές είναι η θάλασσα και ΣΤ. Η πηγή των νεφών είναι θαλασσινό νερό που εξατμίζεται από τον ήλιο. Όσον αφορά το μηχανισμό της βροχόπτωσης, δύο κύριες εξηγήσεις καταγράφηκαν Α. Η βροχή προέρχεται από τη σύγκρουση σύννεφων και Β. Η βροχή πέφτει, όταν τα σύννεφα γίνονται κρύα ή βαριά, ακόμα σε ηλικιακά επίπεδα πάνω από έντεκα έτη: όταν οι σταγόνες γίνονται βαριές και πέφτουν.

Η ελεύθερη πτώση και το βάρος διερευνήθηκαν σε μια άλλη μελέτη. Διαπιστώθηκε ότι βάρος αποδίδεται στον αέρα, στους υδρατμούς, στη σκόνη και σε μικρές σταγόνες νερού μετά από την ηλικία των έντεκα ετών (στο εύρος ηλικίας 11-15) και επομένως αποτελεί την αιτία της πτώσης της βροχής. Κανένας από τους συμμετέχοντες στην έρευνα όμως δεν εξήγησε το πώς επηρέασε το κρύο τη δημιουργία του σύννεφου (Bar και Goldmuenz, 1987).

### **Μοντέλα-μοντελοποίηση**

Σύμφωνα με έρευνα των Zouridis et al. (2010) σε 41 Έλληνες μαθητές Δημοτικού σχολείου ηλικίας περίπου 11 ετών σχετικά με τη μάθηση φαινομένων όπως η πλεύση, βύθιση και η πυκνότητα με διδασκαλία βασισμένη σε μοντέλα διαπιστώθηκε ότι, ενώ τα παιδιά στην αρχή θεωρούσαν ότι τα μοντέλα έχουν ψυχαγωγικό χαρακτήρα και κανένα δεν ανέφερε τον προβλεπτικό ή επεξηγηματικό τους ρόλο μετά την εφαρμογή τα περισσότερα παιδιά μετατοπίστηκαν προς την επιστημονική άποψη περί μοντέλων υποστηρίζοντας ότι αποτελούν μια αναπαράσταση και όχι ένα ακριβές αντίγραφο με κατανόηση του ρόλου που επιτελούν. Ακόμα διαπιστώθηκε ότι μόνο οι μαθητές που κατανόησαν τη φύση και το ρόλο των μοντέλων ερμήνευσαν τα παραπάνω φαινόμενα και έννοιες (πλεύση, βύθιση, πυκνότητα). Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με έρευνα που προέκυψε από τον Treagust et al. (2002) σε 228 Αυστραλούς μαθητές ηλικίας 13-15 ετών για το πώς τα επιστημονικά μοντέλα βοηθούν στη μάθηση της επιστήμης. Οι μαθητές αυτοί δεν είχαν διδαχθεί στο πρόγραμμα σπουδών τους τη σημασία των μοντέλων γενικά για τις επιστήμες και ελάχιστη γνώση είχαν γι' αυτά. Μετά τη διδακτική παρέμβαση πάνω από τους μισούς μαθητές μπορούσαν πλέον να κατανοούν τα επιστημονικά μοντέλα ως πολλαπλές αναπαραστάσεις ενός στόχου δηλαδή, ότι δείχνουν διαφορετικές οπτικές γωνίες ενός αντικειμένου, ακόμα ήταν ικανοί να θεωρούν ότι δεν είναι ακριβή αντίγραφα του στόχου όπου στοιχεία όπως η ακρίβεια και η λεπτομέρεια δεν είναι κρίσιμα και επίσης να γνωρίζουν τη χρήση τους στην ανάπτυξη ιδεών και θεωριών καθώς και τον επεξηγηματικό και προβλεπτικό τους ρόλο. Οι ίδιοι ερευνητές επισημαίνουν επίσης ότι η εμπειρία των μαθητών με τα γενικά μοντέλα είναι το σημείο εκκίνησης για την κατανόηση των επιστημονικών μοντέλων.

Την άποψη αυτή ενισχύει η Spencer (2016) σύμφωνα με την οποία απαιτείται η κατάλληλη εκπαίδευση στη χρήση μοντέλων και ενσωμάτωσή τους στο μεγαλύτερο μέρος του προγράμματος σπουδών αλλιώς τα μοντέλα θα χρησιμεύουν ως μεμονωμένες εμπειρίες με μικρή ή καθόλου συμβολή στην επιστημονική κατανόηση σύνθετων θεμάτων από τους μαθητές.

Σύμφωνα με τον Snow (2006) ένα τυπικό διάγραμμα-μοντέλο του κύκλου του νερού και μαζί και τα κείμενα που το συνοδεύουν συνήθως δείχνουν τον κύκλο ως στατικό και μη μεταβαλλόμενο μέσα στο χρόνο.

### **3.2 Σύνοψη ιδεών των μαθητών για τον ΚτΝ και τα επιμέρους φαινόμενα**

Οι εξηγήσεις του κύκλου του νερού μπορεί να ταξινομηθούν σε στάδια που καθένα αντιστοιχεί σε δεδομένο εύρος ηλικίας. Κάθε ένα από αυτά εξαρτάται από το επίπεδο κατανόησης των εννοιών σχετικά με τις αλλαγές φάσης. Σε κάθε στάδιο το παιδί χτίζει την "θεωρία" του, σύμφωνα με τη φυσική γνώση που έχει. Όταν δεν γνωρίζει κανένα μηχανισμό για την αλλαγή φάσης, εφευρίσκει μια εξήγηση για τον κύκλο του νερού στην οποία το νερό παραμένει πάντα ως υγρό. Όταν ο μόνος μη-



χανισμός που γνωρίζει για την αλλαγή φάσης είναι ο βρασμός, χρησιμοποιεί το βρασμό της θάλασσας από τον ήλιο ως μέρος του κύκλου, και όταν η αλλαγή φάσης μέσω της εξάτμισης γίνεται γνωστή αυτή η διαδικασία χρησιμοποιείται αντ' αυτού. Όταν γίνεται γεγονός ότι ορισμένο νερό πηγαίνει πίσω στη θάλασσα, η θάλασσα χρησιμοποιείται και πάλι ως πηγή για τη δημιουργία νεφών. Και τέλος, όταν η έννοια του βάρους αποδίδεται στους υδρατμούς, στον αέρα και στα μικρά σταγονίδια του νερού, η συμπύκνωση διακρίνεται από τις βροχοπτώσεις, και η βαρύτητα χρησιμοποιείται για να εξηγήσει την πτώση των σταγόνων.

Όσον αφορά τον υδρολογικό κύκλο και τις συνιστώσες του συνοπτικά οι μαθητές αγνοούν ή έχουν ελλιπή ενημέρωση για τα παρακάτω:

- *Δυναμικές, κυκλικές, και συστημικές αντιλήψεις του κύκλου.*
- *Καταστάσεις νερού-σωματιδιακό μοντέλο –συσχέτιση με θερμοκρασία*
- *Μη άμεσα αντιληπτές διεργασίες (εξάτμιση, διαπνοή, συμπύκνωση, κατείδυση).*
- *Διατήρηση της μάζας του νερού κατά την διάρκεια του κύκλου.*
- *Μοντέλα έχουν α. έχουν ψυχαγωγικό χαρακτήρα, β. είναι ακριβή αντίγραφα του στόχου τους.*

## ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

#### ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

##### 1.1 Σκοπός της έρευνας

Ο σκοπός της έρευνας αυτής ήταν η ανάπτυξη, η εφαρμογή και η αξιολόγηση μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας σε μαθητές Γ΄ Γυμνασίου με θέμα τον κύκλο του νερού. Η έρευνα ήταν αναπτυξιακή δηλαδή η ΔΜΑ σχεδιάστηκε με βάση τα ερευνητικά δεδομένα, εφαρμόστηκε, αξιολογήθηκε και μετά τον αναστοχασμό, προτάθηκαν τρόποι βελτίωσης στα σημεία εκείνα που οι στόχοι δεν επετεύχθησαν σε ικανοποιητικό βαθμό, για μια μελλοντική εφαρμογή.

##### 1.2 Ερευνητικά ερωτήματα

Τα ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας είναι, η ΔΜΑ ήταν επιτυχής/ αποδοτική ως προς τους στόχους της; Δηλαδή οι μαθητές μπορούν:

- να αναγνωρίζουν την αξία του νερού για τη δημιουργία και διατήρηση της ζωής και να ερμηνεύουν το πρόβλημα της λειψυδρίας σε κάποιες περιοχές της Γης.
- να διακρίνουν τις τρεις φυσικές καταστάσεις του νερού και τη δομή τους μέσα από μοντέλα και να προβλέπουν την φυσική κατάστασή του ανάλογα με την θερμοκρασία.
- να αναγνωρίζουν να περιγράφουν και να ερμηνεύουν τα 7 βασικά φαινόμενα του νερού που σχετίζονται με τον κύκλο του νερού στη φύση (εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση, απορροή, διήθηση, εκφόρτιση, διαπνοή).
- να περιγράφουν τον κύκλο του νερού ως σύνολο διαδοχικών φαινομένων και να τον αναπαριστούν ως μοντέλο
- να κατανοούν τη διατήρηση της ποσότητας του νερού κατά την διάρκεια των αλλαγών φάσης

##### 1.3 Δείγμα έρευνας

Η εφαρμογή της διδασκαλίας της ΔΜΑ ο κύκλος του νερού έγινε στο 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο Φλώρινας στο πλαίσιο περιβαλλοντικού προγράμματος με θέμα ο κύκλος του νερού στη φύση. Οι συνολικά 20 μαθητές που συμμετείχαν προέρχονταν και από τα τέσσερα τμήματα της Γ΄ τάξης του Γυμνασίου μετά από δική τους επιθυμία. Πιο συγκεκριμένα αποτελούνταν από 8 κορίτσια και 12 αγόρια. Η εκτίμηση του ερευνητή (καθηγητής των παιδιών τα δύο τελευταία χρόνια) είναι ότι το δείγμα ως προς την επίδοση ήταν αντιπροσωπευτικό με μια κλίση των περισσότερων μαθητών προς τις θε-

τικές επιστήμες. Η έρευνα ήταν ανώνυμη και οι μαθητές που συμμετείχαν ήταν ηλικίας (14-15 ετών) προερχόμενοι από οικογένειες μέσης κοινωνικής -οικονομικής στάθμης.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

### ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΔΜΑ

#### 2.1 Το μετασηματισμένο περιεχόμενο του υδρολογικού κύκλου

Ο κύκλος του νερού είναι μια διαδικασία κατά την οποία το νερό αλλάζει συνεχώς μορφές (νερό, υδρατμοί, σύννεφα, βροχή, χιόνι, χαλάζι, χιονόνερο, παγετώνες) και φυσικές καταστάσεις (υγρή, αέρια, στερεή) καθώς μετακινείται διαρκώς ανάμεσα στις «αποθήκες» του που είναι οι ωκεανοί, θάλασσες, λίμνες, ποτάμια, ατμόσφαιρα (αέρας), υπόγεια νερά και ζωντανοί οργανισμοί. Λόγω της διαρκούς κίνησης του νερού άλλοτε με μεγάλη ταχύτητα (στον αέρα) και άλλοτε με μικρή ταχύτητα (υπόγεια νερά), ο κύκλος του νερού χαρακτηρίζεται με την λέξη δυναμικός.

Ο ήλιος είναι ο βασικότερος παράγοντας λειτουργίας του κύκλου καθώς δημιουργεί τις συνθήκες εκείνες που χρειάζονται για να έχουμε φυσικά φαινόμενα όπου το νερό ακολουθεί διαδρομές ανύψωσής του από χαμηλότερα σε πιο ψηλά μέρη, αλλά και οριζόντιας μεταφοράς του όπως για παράδειγμα η εξάτμιση και η μεταφορά σύννεφων αντίστοιχα. Αλλά και η βαρύτητα της Γης παίζει έναν επίσης σημαντικό ρόλο γιατί σ' αυτήν οφείλονται φυσικά φαινόμενα που «αναγκάζουν» το νερό να ακολουθήσει την αντίστροφη πορεία δηλαδή από ψηλότερα μέρη σε χαμηλότερα όπως για παράδειγμα η βροχή, το χιόνι καθώς και η κίνηση των επιφανειακών και υπόγειων νερών προς τις θάλασσες.

Παρόλο που ονομάζεται κύκλος περιλαμβάνει πολλούς μικρούς ή και μεγαλύτερους κύκλους γιατί οι διαδρομές που μπορεί να ακολουθήσει το νερό είναι πολλές. Ένα παράδειγμα μικρού αλλά πολύ γνωστού κύκλου είναι τα νερά των θαλασσών που εξατμίζονται, ανεβαίνουν ψηλά με μορφή υδρατμών δημιουργούν τα σύννεφα, από το μεγαλύτερο μέρος των οποίων έχουμε την επιστροφή του νερού πάλι στις θάλασσες κυρίως με τη μορφή βροχής. Κάποια σύννεφα όμως μετακινούνται πάνω από την στεριά συμμετέχοντας στο ταξίδι ενός μεγαλύτερου κύκλου καθώς το νερό της βροχής από τη στεριά αυτή τη φορά καταλήγει και πάλι στις θάλασσες αφού ακολουθήσει επιμέρους διαδρομές πάνω και κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

Μιλώντας με την γλώσσα των αριθμών θα μπορούσαμε να πούμε ότι το 90% του νερού που εξατμίζεται από τις θάλασσες πέφτει και πάλι σ' αυτές με τη μορφή κυρίως βροχής και μόνο ένα 10% περίπου πέφτει στην στεριά. Το ποσοστό του νερού που εξατμίζεται από το Γη οφείλεται κατά περίπου 90% στους ωκεανούς και κατά 10% στην εξάτμιση από την στεριά (υγρασία εδάφους) και τα φυτά με την διαδικασία της διαπνοής που θα δούμε αναλυτικά παρακάτω.

Μια μικρή ποσότητα υδρατμών στην ατμόσφαιρα προέρχεται από την εξάχνωση, μέσω της οποίας μόρια νερού από πάγους και χιόνια μετατρέπονται απευθείας σε υδρατμούς χωρίς να περάσουν από την υγρή μορφή. Ανοδικά ρεύματα αέρα που οφείλονται κυρίως στην διαφορά θερμοκρασίας Γης και ατμόσφαιράς της, ανεβάζουν τους υδρατμούς στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, όπου επικρατούν χαμηλότερες θερμοκρασίες . Κάθε ποσότητα αέρα όμως έχει την εξής ιδιότητα. Σε συγκεκριμένη θερμοκρασία του μπορεί να συγκρατεί μέσα της ορισμένη ποσότητα υδρατμών. Στη περίπτωση επομένως που ελαττώνεται η θερμοκρασία του αέρα όπως είπαμε παραπάνω ένα μέρος των υδρατμών δεν «χωράει» πλέον και συμπυκνώνεται (υγροποιείται) σχηματίζοντας έτσι μικροσκοπικές σταγόνες που ενώ καθεμιά ξεχωριστά είναι «αόρατη» στην περίπτωση που είναι πολλές μαζί γίνονται ορατές και αποτελούν τα σύννεφα.

Τα ρεύματα του αέρα (άνεμοι) που προκαλούνται λόγω διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ περιοχών της Γης κινούν τα σύννεφα γύρω απ' την υδρόγειο. Παράλληλα τα σταγονίδια νερού που σχηματίζουν τα σύννεφα συγκρούονται μεταξύ τους μεγαλώνουν, και τελικά βαρύνουν τόσο που πέφτουν απ' τον ουρανό συνήθως ως βροχή. Σε χαμηλές θερμοκρασίες αντί για σταγονίδια σχηματίζονται νιφάδες και το χιόνι που πέφτει, όταν συσσωρεύεται λόγω του βάρους του, σχηματίζει πάγους και παγετώνες. Σε σχετικά θερμότερα κλίματα, όταν έρχεται η άνοιξη, το χιόνι λιώνει και το ξεπαγωμένο νερό ρέει, προς τα χαμηλότερα μέρη.

Ανάλογα με την σύσταση του εδάφους το επιφανειακό νερό απορροφάται προς τα μέσα με μεγάλη ή μικρή ταχύτητα σχηματίζοντας έτσι το υπόγειο νερό το οποίο άλλοτε βρίσκει διόδους (εκφορτίζεται) προς της επιφάνεια της γης και άλλοτε πηγαίνει βαθύτερα και εμπλουτίζει υπόγειες κοιλότητες, οι οποίες μπορούν να αποθηκεύσουν τεράστιες ποσότητες νερού το νερό των οποίων κινείται πάρα πολύ αργά και με τη πάροδο του χρόνου (αιώνες) μέρος του ξαναμπαίνει στους ωκεανούς όπου ο κύκλος του νερού «κλείνει» κατά κάποιον τρόπο και ξαναρχίζει.

Φυσικά ο κύκλος του νερού σαν κύκλος που είναι δεν έχει ούτε αρχή ούτε τέλος ασχέτως αν πολλές φορές στις αναφορές μας χρησιμοποιούμε ως αρχή την θάλασσα.

Το νερό που εξατμίζεται (υδρατμοί) είναι καθαρό γλυκό νερό απαλλαγμένο από άλλες ουσίες όπως για παράδειγμα αλάτι ή διάφορους ρύπους γι' αυτό λέγεται ότι ο κύκλος του νερού είναι μια φυσική διαδικασία αυτοκαθαρισμού του νερού.

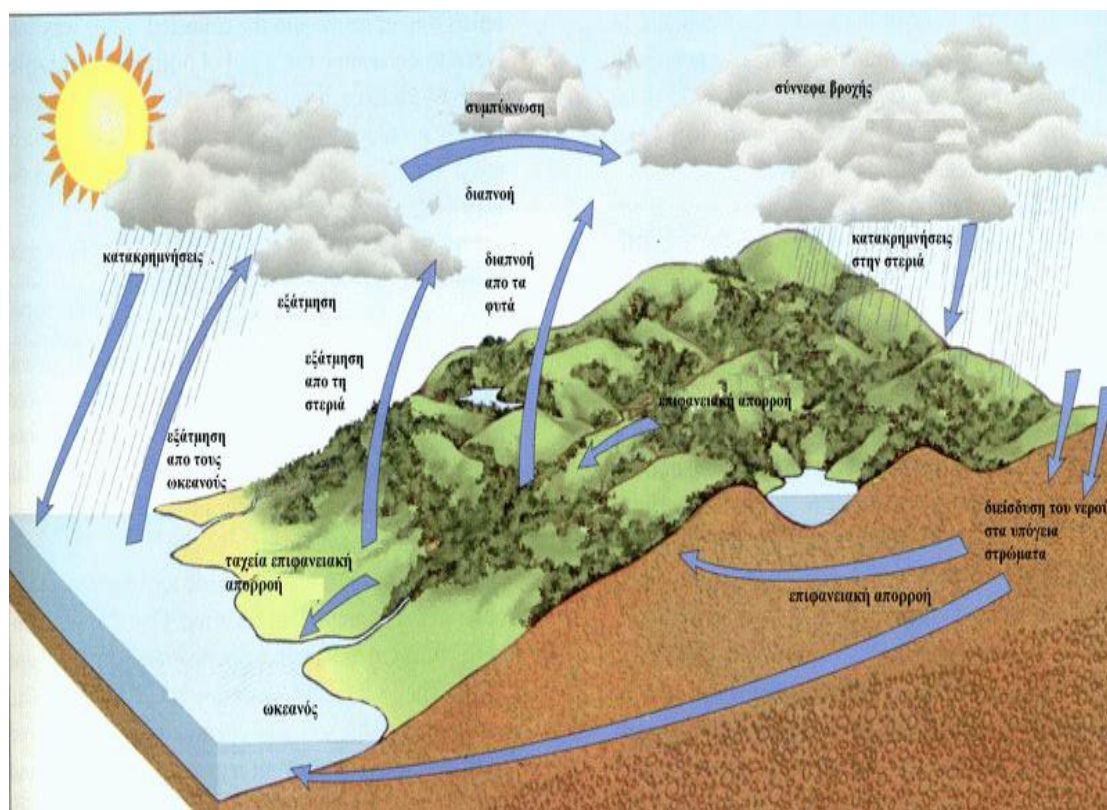
Η συνολική ποσότητα νερού που διακινείται κατά την διάρκεια των επιμέρους κύκλων παραμένει σταθερή δηλαδή ο κύκλος του νερού είναι ένας κλειστός κύκλος. Όπως για παράδειγμα το νερό σε ένα κλειστό δοχείο όπου συνεχώς μια ποσότητά του εξατμίζεται, κατόπιν αυτή συμπυκνώνεται στο καπάκι και στα τοιχώματα του δοχείου και επιστρέφει η ίδια ποσότητα στην αρχική της θέση.

Αν για κάποιον λόγο διαταραχθεί κάποια επιμέρους διαδικασία του κύκλου (για παράδειγμα λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου ανέβει σημαντικά η μέση θερμοκρασία της Γης και λιώσουν οι παγετώνες) αυτό θα έχει σαν συνέπεια να διαταραχθεί ολόκληρος ο κύκλος (πλημμύρες, άνοδος στάθμης θάλασσας). Αυτό συμβαίνει επειδή ο κύκλος του νερού αποτελεί ένα σύστημα, όπως ακριβώς μια μηχανή που, για να δουλεύει καλά θα πρέπει να μην υπάρχει βλάβη σε κανένα επιμέρους εξάρτημά της ώστε να συνεργάζονται αρμονικά μεταξύ τους.

Θα μπορούσαμε να συνοψίσουμε στα επτά παρακάτω στάδια-φαινόμενα του υδρολογικού κύκλου τα οποία και αναλύονται στην επόμενη ενότητα:

- εξάτμιση,
- διαπνοή,
- συμπύκνωση,
- υετός ή κατακρήμνιση(βροχή, χιόνι, χαλάζι),
- απορροή,
- διήθηση ή κατείδυση
- εκφόρτιση

Η προσέγγιση του κύκλου του νερού γίνεται κυρίως με χρήση μοντέλων όπως το παρακάτω:



Εικόνα 8: Ο κύκλος του νερού, ανακτήθηκε στις 01/02/17 από <https://tinyurl.com/y8v9lhvq>

## **Φαινόμενα σε σχέση με το νερό στη φύση**

Εξάτμιση είναι η διεργασία μέσω της οποίας το νερό γίνεται από υγρό αέριο, ή αλλιώς υδρατμός και πραγματοποιείται περίπου μεταξύ των θερμοκρασιών 0 °C (θερμοκρασία πήξης του νερού) και 100 °C (θερμοκρασία βρασμού του νερού). Η ενέργεια που δίνει ο ήλιος είναι απαραίτητη για την εξάτμιση. Η ενέργεια χρησιμοποιείται για να σπάσουν οι δεσμοί που κρατούν ενωμένα τα μόρια του νερού και γι' αυτό το νερό εξατμίζεται πιο εύκολα σε μεγαλύτερη θερμοκρασία. Όταν η σχετική υγρασία του αέρα είναι 100% δηλαδή, μια δεδομένη ποσότητα αέρα στις συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης δε μπορεί να «χωρέσει» άλλους υδρατμούς (κατάσταση κορεσμού), δε μπορεί να πραγματοποιηθεί εξάτμιση. Η εξάτμιση επειδή γίνεται μόνο από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού ευνοείται όσο μεγαλύτερη είναι αυτή και αυξάνεται με την ένταση των ανέμων. Την ποσότητα των υδρατμών στην ατμόσφαιρα ενισχύει και η εξάχνωση που είναι η διαδικασία μετατροπής του νερού από τη στερεά μορφή του χιονιού ή του πάγου σε υδρατμό χωρίς να μεσολαβήσει η υγρή μορφή. Στον κόσμο των μορίων θα μπορούσαμε να προσομοιώσουμε με τη δημιουργία pop corn σε μία κατσαρόλα που έχουμε τοποθετήσει σε εστία θερμότητας, όπου κάποια κομμάτια πετάγονται προς τα πάνω αφού πάρουν ενέργεια από τα γειτονικά τους.

Διαπνοή είναι η διεργασία μέσω της οποίας η υγρασία που περισσεύει αφού έχει μεταφερθεί από τις ρίζες των φυτών μέχρι τους μικρούς πόρους που βρίσκονται στο κάτω μέρος των φύλλων (στόματα) μετατρέπεται σε υδρατμούς και απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Η διαπνοή είναι ουσιαστικά η εξάτμιση του νερού από τα φύλλα των φυτών και είναι συνήθως μια αθέατη (κρυφή) διαδικασία. Ένας συνηθισμένος τρόπος ανίχνευσής της είναι η κάλυψη μέρους πλατύφυλλου φυτού από διαφανή σακούλα. Το θάμπωμα που θα παρατηρηθεί στη σακούλα μετά από κάποιες μέρες είναι απόδειξη ότι τα φυτά διαπνέουν.

Η συμπύκνωση είναι η διεργασία της μετατροπής του νερού από την αέρια στην υγρή μορφή (σταγονίδια) και τότε ονομάζεται υγροποίηση. Υπάρχει περίπτωση όμως αν η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή να συμπυκνωθούν οι υδρατμοί απευθείας σε παγοκρυστάλλους. Αυτή η περίπτωση συμπύκνωσης ονομάζεται απόθεση. Στο φυσικό πλαίσιο η υγροποίηση που συμβαίνει πολύ κοντά στην επιφάνεια της Γης προκαλεί πολλές φορές ομίχλη ενώ όταν η θερμοκρασίες είναι πολύ χαμηλές έχουμε τη δημιουργία πάχνης (απόθεση). Για να κατανοήσουμε πόσο καθημερινό φαινόμενο είναι η συμπύκνωση, αρκεί να σκεφτούμε ότι είναι υπεύθυνη για το θάμπωμα των τζαμιών κατά τη διάρκεια μιας κρύας μέρας και το νερό που στάζει από το εξωτερικό ενός ποτηριού με κρύο νερό μια καλοκαιρινή μέρα .

Η κατακρήμνιση είναι η πτώση του νερού από τα σύννεφα, με τη μορφή βροχής, χιονόνεου, χιονιού ή χαλαζιού. Τα σύννεφα περιέχουν υδρατμούς και σταγονίδια τα οποία είναι πολύ μικρά για να πέσουν ως κατακρημνίσματα αλλά ταυτόχρονα

είναι αρκετά μεγάλα ώστε να σχηματίζουν ορατά σύννεφα. Το νερό συνεχώς εξατμίζεται και συμπυκνώνεται στον αέρα. Το περισσότερο νερό που συμπυκνώνεται στα σύννεφα δεν πέφτει διότι υποστηρίζεται από ανοδικά ρεύματα αέρα. Για να προκληθούν κατακρημνίσματα, τα μικροσκοπικά σταγονίδια (ή παγοκρύσταλλοι) πρέπει να συνενωθούν για να σχηματίσουν σταγόνες (ή χιονονιφάδες) αρκετά μεγάλες και βαριές ώστε να πέσουν υπό την επίδραση βαρύτητας. Για να σχηματιστεί για παράδειγμα μια σταγόνα βροχής πρέπει να συνενωθούν εκατομμύρια σταγονίδια ενός σύννεφου. Μπορεί κάποιος σχετικά εύκολα να κατανοήσει το φαινόμενο αν σκεφτεί ότι στα θαμπωμένα τζάμια όταν ενώνονται πολλά μικροσταγονίδια κάποια στιγμή η βαρύτητα υπερικχύει των άλλων δυνάμεων και το τελικό αποτέλεσμα είναι η πτώση τους (δάκρυσμα).

Απορροή ονομάζουμε την ροή του νερού από τα ψηλά μέρη του εδάφους στα χαμηλά λόγω της βαρύτητας. Συνήθως, τμήμα της βροχής που πέφτει, ποτίζει το έδαφος, αλλά αν αυτό είναι αδιαπέρατο ή γίνει κάποια στιγμή κορεσμένο, το νερό αρχίζει να ρέει προς τα χαμηλά με τη μορφή απορροής. Στην επιφανειακή απορροή συμβάλει σημαντικά και το λιώσιμο του χιονιού. Εκτός από την επιφανειακή απορροή υπάρχει και η υπόγεια λόγω της κίνησης των υπόγειων υδάτων που υπάρχουν στο έδαφος και στο υπέδαφος με κατεύθυνση στο μεγαλύτερο μέρος της προς τους ωκεανούς.

Διήθηση ή κατείσδυση ονομάζουμε την διαδικασία κατά την οποία το επιφανειακό νερό δηλαδή αυτό που βρίσκεται πάνω από το έδαφος απορροφάται βρίσκει δηλαδή δρόμους άλλοτε μικρούς (π.χ. πόρους εδάφους, κενά που δημιουργούνται από τις ρίζες των φυτών) και άλλοτε μεγαλύτερους (π.χ. τρύπες, ρήγματα, ανοίγματα) και περνάει κάτω από το έδαφος σε μικρά ή και σε μεγαλύτερα βάθη δημιουργώντας τα υπόγεια νερά. Τα υπόγεια αυτά νερά σε μεγαλύτερα βάθη πολλές φορές είναι τέτοιας ποσότητας που το περιβάλλον γύρω τους (πχ πετρώματα) δεν μπορούν άλλο να το απορροφήσουν με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια περιοχή (ζώνη) που χαρακτηρίζεται με την λέξη κορεσμένη ενώ πάνω από αυτή συνήθως υπάρχει μια άλλη ζώνη που μπορεί να απορροφήσει κι' άλλο νερό και αποτελεί την ακόρεστη ζώνη.

Το υπόγειο νερό καθώς κινείται εξαιτίας της βαρύτητας κάτω από την επιφάνεια της Γης βρίσκει διέξοδο (απελευθερώνεται) προς τις θάλασσες τις λίμνες ή τις κοίτες των ποταμών ακόμα μερικές φορές και προς την επιφάνεια της στεριάς (πηγές, αρτεσιανά φρεάτια). Οι παραπάνω διαδικασίες θεωρούμε ότι αποτελούν την εκφόρτιση του υπόγειου νερού.

## **2.2 Διδακτικός μετασχηματισμός-Αιτιολόγηση**

Σύμφωνα με τον Perلمان οι συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου είναι 16 και αναφέρονται παρακάτω : η αποθήκευση του νερού στη θάλασσα, η εξάτμιση, η εξατμι-



σοδιαπνοή, η εξάχνωση, το νερό στην ατμόσφαιρα, η συμπύκνωση, τα κατακρημνίσματα, η αποθήκευση του νερού σε πάγους και χιόνια, η απορροή από λιώσιμο του χιονιού, η επιφανειακή απορροή και η ροή σε υδατορεύματα, η αποθήκευση γλυκού νερού, η διήθηση, η αποθήκευση, η εκφόρτιση υπόγειου νερού και τέλος οι πηγές

Στη συγκεκριμένη ΔΜΑ γίνεται ένας πρώτος μετασχηματισμός που ανάγεται στην επιλογή 7 συνιστωσών του κύκλου του νερού και είναι οι εξής: εξάτμιση, διαπνοή, συμπύκνωση, κατακρήμνιση, απορροή, διήθηση, εκφόρτιση. Το σκεπτικό (αιτιολόγηση) της επιλογής έγινε με βάση την συνεισφορά του κάθε φαινομένου στον υδρολογικό κύκλο, της συγχώνευσης παρόμοιων διαδικασιών και της απαλοιφής κάποιων άλλων που ίσως προκαλούσαν στους μαθητές εννοιολογική σύγχυση. Έτσι παραλείφθηκε η εξάχνωση που ελάχιστα συνεισφέρει στην ποσότητα των υδρατμών που απελευθερώνονται συνολικά στην ατμόσφαιρα, συγχωνεύτηκαν οι 3 συνιστώσες που αναφέρονται στην απορροή (απορροή από λιώσιμο χιονιού, επιφανειακή απορροή, ροή σε υδατορεύματα) σε μία με την ονομασία απορροή και απαλείφτηκαν οι αποθήκες νερού (νερό στην ατμόσφαιρα, αποθήκευση του νερού σε πάγους και χιόνια, αποθήκευση υπόγειου νερού) μιας και ένα από τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα της ΔΜΑ ήταν να αναδειχθεί ο δυναμικός χαρακτήρας του κύκλου (της διαρκούς κίνησης) και ίσως υπήρχε στο σημείο αυτό εννοιολογική σύγχυση των μαθητών. Διαχωρίστηκε η εξάτμισοδιαπνοή από την διαπνοή πρώτον επειδή η εξάτμιση του νερού που υπάρχει στη στεριά θεωρήθηκε ότι είναι εξίσου κατανοητή με την εξάτμιση του νερού που υπάρχει στις θάλασσες, λίμνες, ποταμούς και δεύτερον για να τονιστεί η ιδιαίτερα σημαντική διαδικασία της διαπνοής που συνδέει την βιόσφαιρα με τη λειτουργία του κύκλου του νερού. Τέλος οι πηγές συγχωνεύτηκαν στη συνιστώσα της εκφόρτισης μιας και είναι αποτέλεσμα της απελευθέρωσης του νερού προς την στεριά. Βέβαια κατά τη διάρκεια της ΔΜΑ γίνεται αναφορά στις παραπάνω διαδικασίες, για παράδειγμα όσον αφορά τις αποθήκες νερού, αναφέρεται η μικρή ταχύτητα με την οποία κινείται το νερό στο ατμοσφαιρικό μέρος του κύκλου, στους παγετώνες και στα υπόγεια νερά.

Όσον αφορά την αξία του νερού επιλέχτηκε κατά πρώτον να αναλυθεί η σημασία του νερού για την δημιουργία και διατήρηση της ζωής ως ένας στόχος περισσότερο επιστημονικός μιας και οι μαθητές σ' αυτήν την ηλικία έχουν το απαραίτητο νοητικό επίπεδο για να συνδέσουν το νερό με βιολογικές λειτουργίες όπως η φωτοσύνθεση, η μεταφορά ουσιών από και προς τα κύτταρα. Κατά δεύτερον με έναν κοινωνικό στόχο αυτόν της σωστής διαχείρισης του νερού με αφορμή το πρόβλημα της λειψυδρίας που υπάρχει σε πολλές περιοχές του πλανήτη.

Η επιλογή της μελέτης των τριών καταστάσεων του νερού έγινε προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι παρανοήσεις σχετικά με την σύσταση και τη δομή του νερού στις τρεις φάσεις αλλά και της σταθεροποίησης της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια

αλλαγών φάσης και το γεγονός αυτό έγινε αφορμή για την εισαγωγή της διδασκαλίας και χρήσης των μοντέλων προκειμένου να γίνει πιο εύκολα η μετάβαση της αφελούς θεωρίας σε επιστημονική.

Σ' ένα δεύτερο μετασχηματισμό όσον αφορά το περιεχόμενο των επιλεγμένων συνιστωσών και πιο συγκεκριμένα στην διαπνοή γίνεται τροποποίηση στον τρόπο που το νερό μεταβαίνει στα στόματα των φύλλων από όπου έπειτα εξατμίζεται, ότι δηλαδή αντλείται από το έδαφος ενώ η επιστημονική ερμηνεία στηρίζεται στα τριχοειδή φαινόμενα, στην εξάτμιση όπου προκειμένου να αντιμετωπιστεί η παρανόηση της εξαφάνισης του νερού ορίστηκε ως η μετατροπή του από νερό σε υδρατμούς και όχι από υγρό σε αέριο που παραπέμπει συνήθως σε κάτι αόρατο (άρα εξαφανίζεται). Στην διαδικασία της συμπύκνωσης που όπως φαίνεται από την βιβλιογραφία είναι αρκετά κατανοητή ως συνένωση υδρατμών (χωρίς αναφορά σε πυρήνες συμπύκνωσης) έγινε τροποποίηση στην αιτιολόγηση του φαινομένου (αντικαθιστώντας την έννοια «όριο κορεσμού» από το ότι όσο ελαττώνεται η θερμοκρασία του αέρα τόσο λιγότερους υδρατμούς «χωράει» με αποτέλεσμα αυτοί που περισσεύουν να υγροποιούνται). Στην τροποποίηση της συνιστώσας κατακρημνίσματα (μορφές νερού) σε κατακρήμνιση (φαινόμενο πτώσης νερού με τις διάφορες μορφές όπως χιόνι, βροχή, χαλάζι) που προκαλείται από συνένωση μικρών σταγόνων, με αποτέλεσμα εξαιτίας του βάρους τους να πέφτουν, χωρίς να αναφέρεται η συνισταμένη βάρους ανοδικών δυνάμεων προς αποφυγή εννοιολογικής σύγχυσης. Η απορροή ορίστηκε ως η κίνηση του νερού πάνω και κάτω από την επιφάνεια του νερού εξαιτίας της βαρύτητας και όχι η ροή νερού σε υδατορεύματα που προκύπτουν από την λεκάνη απορροής κάθε περιοχής (επιφανειακή απορροή) και η κάθετη και οριζόντια κίνηση μεταξύ των ζωνών κορεσμού (υπόγεια απορροή). Η διήθηση του νερού «μετασχηματίστηκε» στην οικεία στους περισσότερους έννοια της απορρόφηση του νερού από το έδαφος μέσα από μικρούς πόρους ή και μεγαλύτερα ανοίγματα, τρύπες, ρήγματα του εδάφους. Τέλος η εκφόρτιση «μετασχηματίστηκε» στην απελευθέρωση του εγκλωβισμένου υπόγειου νερού προς την θάλασσα ή και μερικές φορές προς την στεριά με την μορφή πηγών.

### 2.3 Βασικά στοιχεία μετασχηματισμένου περιεχομένου

Συνοψίζουμε τα παραπάνω στοιχεία του μετασχηματισμένου περιεχομένου του κύκλου του νερού στον παρακάτω πίνακα κατατάσσοντας σε έννοιες, φυσικά φαινόμενα και ερμηνείες.

<b>Βασικά στοιχεία μετασχηματισμένου περιεχομένου</b>		
<b>Έννοιες</b>	<b>Φυσικά φαινόμενα</b>	<b>Ερμηνείες</b>
Κύκλος (του νερού): δεν έχει αρχή και τέλος-αρχίζει απ'	<b>Εξάτμιση:</b> μετατροπή νερού σε υδρατμό από	Θέρμανση νερού από τον ήλιο

<p>οπουδήποτε.</p> <p><b>Δυναμικός:</b> διαρκής κίνηση νερού.</p> <p><b>Σύννεφο:</b> σύνολο υδρατμών, μικροσκοπικών σταγόνων νερού ή πάγου (παγοκρύσταλλοι).</p> <p><b>Σύστημα :</b> αλληλεπίδραση μερών του κύκλου του νερού.</p> <p><b>Αυτοκαθαρισμός:</b> απαλλαγή νερού από άλλες ουσίες (αλάτι, ρύπους κτλ).</p> <p><b>Ανακύκλωση:</b> το νερό δεν χάνεται – παραμένει σταθερή η συνολική ποσότητά του.</p> <p><b>Μοντέλο:</b> αναπαράσταση κύκλου και όχι ακριβές αντίγραφο.</p> <p><b>Αξία νερού</b> Το νερό είναι καθοριστικός παράγοντας για τη δημιουργία της ζωής (όπου υπάρχει νερό υπάρχει ζωή) και τη διατήρηση της ζωής. Βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες στους οργανισμούς είναι άριστος διαλύτης, μεταφορέας ουσιών και συμβάλλει στις διάφορες βιολογικές λειτουργίες των οργανισμών (πχ φωτοσύνθεση).</p> <p><b>Λειψυδρία</b> (έλλειψη νερού) Λόγοι: οι ποσότητες νερού δεν είναι σταθερές ούτε χρονικά ούτε τοπικά (από περιοχή σε περιοχή), κλιματική αλλαγή, ρύπανση. Αποτελέσματα: θάνατοι, χαμηλή ποιότητα ζωής, φτώχεια, τοπικές συρράξεις. Αντιμετώπιση: σωστή διαχείριση από τον καθένα μας αλλά και σαν σύνολο.</p>	την επιφάνεια του νερού	
	<b>Διαπνοή:</b> εξάτμιση νερού από το κάτω μέρος (στόματα) των φύλλων των φυτών	-Νερό που περισσεύει (90% συνολικού) κατά την διαδικασία της φωτοσύνθεσης. -Θέρμανση νερού από τον ήλιο
	<b>Συμπύκνωση:</b> μετατροπή υδρατμών σε πολύ μικρές σταγόνες νερού (υγροποίηση) ή πολύ μικρούς κρυστάλλους πάγου (απόθεση)	-Σε χαμηλές θερμοκρασίες (ψυχρά ή πολύ ψυχρά στρώματα αέρα) ο αέρας «χωράει» λιγότερους υδρατμούς με αποτέλεσμα οι επιπλέον να υγροποιούνται.
	<b>Κατακρήμνιση:</b> πτώση νερού από τα σύννεφα με διάφορες μορφές (βροχή, χιόνι, χιονόνερο, χαλάζι)	Συνένωση πολλών σταγονιδίων ή παγοκρυστάλλων Νόμος βαρύτητας
	<b>Απορροή:</b> η ροή του νερού πάνω και κάτω από την επιφάνεια της Γης με την μορφή ποταμών	Κίνηση από τα πιο ψηλά μέρη στα πιο χαμηλά Νόμος βαρύτητας
	<b>Διήθηση:</b> η απορρόφηση του επιφανειακού νερού από το έδαφος.	Ανοίγματα, πόροι εδάφους Νόμος βαρύτητας
<b>Εκφόρτιση:</b> η «απελευθέρωση» του υπόγειου νερού προς τις θάλασσες, λίμνες, ποτάμια ή πηγές.	Κίνηση από τα πιο ψηλά μέρη στα πιο χαμηλά Νόμος βαρύτητας	

## 2.4 Πρόταση εννοιολογικής αλλαγής

Στην συγκεκριμένη ΔΜΑ επιδιώκεται η ανάδειξη των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών να γίνει μέσω κατάλληλων ερωτήσεων στο ερωτηματολόγιο προελέγχου καθώς και ερωτήσεων που καλούνται να απαντήσουν οι μαθητές είτε προφορικά είτε συμπληρώνοντας φύλλα εργασίας κατά την εφαρμογή της Δ.Μ.Α. Επιδίωξη είναι η κατανόηση της έννοιας του επιστημονικού μοντέλου και εφαρμογή αυτής της γνώσης πάνω στο σωματιδιακό μοντέλο του νερού καθώς και σε μοντέλα που αναφέρονται στον κύκλο του νερού. Η εστίαση γίνεται κυρίως στα φαινόμενα εξάτμιση,

συμπύκνωση, κατακρήμνιση όπου διαφαίνεται από την βιβλιογραφία ότι υπάρχουν σημαντικές δυσκολίες (προσπάθεια προσέγγισής τους κοντά στο φυσικό τους πλαίσιο μέσα από πειράματα επιβεβαιωτικά, ανακαλυπτικά και διερεύνησης) αλλά και σε αργές και κρυφές διαδικασίες όπως αυτό της διαπνοής και της κατείδυσης που είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία υπόγειων υδάτων μέσα από δραστηριότητες που εκτελούν οι ίδιοι οι μαθητές κατόπιν οδηγιών που υπάρχουν στα φύλλα εργασίας. Πιο συγκεκριμένα οι συνήθεις παρανοήσεις στην εξάτμιση (που είναι η εξαφάνιση του νερού) και στη συμπύκνωση (που είναι ότι τα σύννεφα αποτελούνται από ατμούς ή ότι κατά την διάρκειά της έχουμε συνένωση υδρογόνου με οξυγόνο προς σχηματισμό νερού) γίνεται προσπάθεια να αντιμετωπιστούν παράλληλα, δηλαδή με το φαινόμενο της συμπύκνωσης των υδρατμών που προκύπτουν κατά την διάρκεια θέρμανσης νερού σε ένα δοχείο, αν τοποθετήσουμε από πάνω τους ένα ψυχρό αντικείμενο (ανακαλυπτικό πείραμα). Η παρατήρηση της μετατροπής νερού σε υδρατμούς από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού (εξάτμιση – θερμαίνουμε το νερό στους 60 °C ώστε να είναι εμφανείς οι υδρατμοί), η ανύψωσή τους (χαμηλό βαρομετρικό - θερμός και αραιός αέρας) και κατόπιν η μετατροπή τους σε μικροσταγονίδια (υγροποίηση - δημιουργία σύννεφου) πιστεύουμε ότι απομακρύνει πολλές από τις παρανοήσεις των μαθητών σχετικά με τα δύο αυτά φαινόμενα. Με την βοήθεια του ίδιου πειράματος μπορούν οι μαθητές να ξεπεράσουν τις συνήθεις παρανοήσεις ότι βροχή έχουμε όταν συγκρούονται τα σύννεφα ή όταν αυτά γίνονται κρύα και βαριά παρατηρώντας ότι όταν τα μικροσταγονίδια πάνω στο ψυχρό αντικείμενο γίνουν μεγαλύτερα εξαιτίας της συνένωσής τους με άλλα και άρα βαρύτερα, τότε πέφτουν και έτσι να κατανοήσουν και το μηχανισμό της βροχής από τα σύννεφα. Όσον αφορά την διαπνοή για την αντιμετώπιση της παρανόησης ότι τα φύλλα των φυτών απορροφούν το νερό της βροχής προτείνεται η δραστηριότητα με δύο ποτήρια νερό γεμάτα στο ίδιο ύψος, λίγο λάδι από πάνω προς αποφυγή εξάτμισης και τοποθέτηση μέσα τους δύο βλαστών το ένα με φύλλα και το άλλο χωρίς. Οι μαθητές μετά από κάποιες μέρες θα διαπιστώσουν ότι η στάθμη του νερού στο ποτήρι με τα φύλλα είναι πιο χαμηλά και συνειρμικά θα κατανοήσουν ότι το νερό αφού περάσει μέσα από το βλαστό στα στόματα των φύλλων θα εξατμιστεί. Ενισχυτικό της κατανόησης της διαπνοής είναι η παρατήρηση μέσα από δοσμένη εικόνα, μικροσταγονιδίων (ίδρωμα σακούλας) σε μέρος φυτού που έχει καλυφθεί με πλαστική διάφανη σακούλα. Όσον αφορά την άγνοια ορισμένων μαθητών για την ύπαρξη υπόγειων νερών (άρα και τη μη κατανόηση της κατείδυσης) καθώς και για την παρανόησή κάποιων άλλων μαθητών, ότι όταν τα υπόγεια νερά υπάρχουν είναι στατικά (υπόγειες λίμνες), προτείνεται η εκτέλεση από τους μαθητές δραστηριότητας η οποία αναφέρεται στον βαθμό απορρόφησης (κατείδυσης) του νερού κατά το πότισμα μιας γλάστρας ανάλογα με το είδος του περιεχομένου του (χώμα, άμμος, με ή χωρίς την ύπαρξη φυτού). Τέλος όσον αφορά τις συνήθεις παρανοήσεις του κύκλου του νερού ότι αυτός έχει πάντα μια αρχή και ένα τέλος (που συνήθως είναι η θάλασσα) και της μη διατήρησης της μάζας κατά την διάρκεια του κύκλου, η προτεινόμενη

αντιμετώπιση είναι για μεν την πρώτη η χρήση του βίντεο της NASA που δείχνει τη διαρκή κυκλοφορία ενός μορίου νερού κατά τη διάρκεια του ΚτΝ, για δε τη δεύτερη μια δραστηριότητα πάνω στο μοντέλο με το παγκόσμιο υδατικό ισοζύγιο όπου οι ίδιοι οι μαθητές υπολογίζουν και συμπεραίνουν ότι όσα κυβικά μέτρα νερού εξατμίζονται από τη στεριά και τη θάλασσα ακριβώς τα ίδια επιστρέφουν πίσω με τις διάφορες φυσικές διεργασίες.

## **2.5 Εργαλεία διδασκαλίας και αξιολόγησης – Η Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία**

Η Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία που αναπτύχθηκε, εφαρμόστηκε και αξιολογήθηκε, χωρίστηκε στις επόμενες τέσσερις ενότητες:

### **Ενότητα 1: Η αξία του νερού**

Διδακτικός στόχος: Οι μαθητές να αναγνωρίζουν την αξία του νερού για τη δημιουργία και διατήρηση της ζωής και να ερμηνεύουν το πρόβλημα της λειψυδρίας σε κάποιες περιοχές της Γης.

Περιγραφή Δραστηριοτήτων: Ο εκπαιδευτικός προκαλεί συζήτηση θέτοντας προβληματισμούς στους μαθητές, γιατί η Γη ονομάζεται γαλάζιος πλανήτης, αν υπάρχει νερό σε άλλους πλανήτες και στη Σελήνη, δείχνοντας παράλληλα τη Γη με την εφαρμογή Google Earth και προτρέποντάς τους να συμπληρώσουν την άσκηση 1 του Φύλλου Εργασίας 1(βλέπε παράρτημα 4) . Τους καλεί να καταλήξουν με τις ομάδες τους (4 ατόμων) σ' ένα συμπέρασμα συνδέοντας την ύπαρξη νερού με την ύπαρξη ζωής. Ακολουθεί ανακοίνωση των συμπερασμάτων τους στην τάξη και συζήτηση. Στις επόμενες δύο δραστηριότητες αρχικά ανιχνεύει τις απόψεις των μαθητών για την ύπαρξη νερού στα έμβια όντα εκτελεί επιβεβαιωτικό πείραμα που αποδεικνύει την ύπαρξή του στην πατάτα και κατόπιν τους καλεί να ανακαλύψουν (άσκηση 2 Φ.Ε. 1) το μεγάλο ποσοστό νερού που υπάρχει στα μανταρίνια και κατ' επέκταση σ' όλα τα έμβια όντα. Σε συνδυασμό με την άσκηση 3 του Φ.Ε. 1 που αναφέρεται στην ιδιότητα του νερού να αποτελεί άριστο διαλύτη προσπαθεί να οδηγήσει τους μαθητές στο συμπέρασμα πως το νερό είναι απαραίτητο συστατικό για τις διάφορες λειτουργίες των οργανισμών (διάλυση και μεταφορά συστατικών από και προς τα κύτταρα, φωτοσύνθεση, διαπνοή) αλλά και πολλές φορές ο φυσικός χώρος διαβίωσής τους (υδρόβια όντα, έμβρυα). Κατόπιν αφού υπενθυμίσει το πολύ μικρό ποσοστό γλυκού νερού που υπάρχει στη Γη δείχνοντας το Διάγραμμα της Γεωλογικής Υπηρεσίας των ΗΠΑ με την κατανομή νερού καλεί του μαθητές να διαδράσουν με το Δυναμικό παγκόσμιο χάρτη με αποθέματα γλυκού νερού 2025 (εκτίμηση) και τους προτρέπει μέσα από την άσκηση 4 του Φ.Ε.1 να αντιληφθούν ότι υπάρχουν περιοχές της Γης που φτάνουν στα πρόθυρα σύρραξης από την έλλειψη και μη σωστή διαχείριση του νερού. Τέλος προβάλλει στους μαθητές βίντεο από το κανάλι της Βουλής που δείχνει ότι το νερό δεν είναι χωροχρονικά σταθερό και άρα απαιτεί τον σεβασμό όλων μας αν θέλουμε να μην μας λείψει και μέσα από την άσκηση 5 του

Φ.Ε.1 προσπαθεί να ενισχύσει την ερμηνεία του προβλήματος της έλλειψης νερού και των τρόπων αντιμετώπισής του από τους μαθητές.

## **Ενότητα 2: Μορφές και καταστάσεις του νερού**

Διδακτικοί στόχοι: Να μπορούν οι μαθητές να διακρίνουν τις τρεις φυσικές καταστάσεις του νερού, τη δομή τους μέσα από μοντέλα και να προβλέπουν την φυσική κατάστασή του νερού ανάλογα με την θερμοκρασία.

Περιγραφή Δραστηριοτήτων: Αρχικά προκαλεί συζήτηση για τις διάφορες μορφές που μπορεί να έχει το νερό στη φύση (ορατές και μη ορατές) και κατόπιν με την βοήθεια της άσκησης 1 του Φ.Ε. 2 τους βοηθά να αντιστοιχούν σε κάθε μορφή νερού την αντίστοιχη φυσική κατάσταση. Συνοψίζει στο χαρακτηριστικό του νερού να βρίσκεται και στις τρεις φυσικές καταστάσεις (στερεή, υγρή, αέρια) στις συνθήκες που επικρατούν στην Γη. Κατόπιν ανιχνεύει τις ιδέες των μαθητών για τα μοντέλα και το σκοπό που αυτά εξυπηρετούν και καλεί τους μαθητές να συμπληρώσουν την άσκηση 2 του Φ.Ε.2 με σκοπό μέσα από τα αποτελέσματα της άσκησης και τη συζήτηση που ακολουθεί να καταλάβουν πόσο απαραίτητα είναι ειδικά στις Φ.Ε. Προβάλλει την εικόνα 1 του σωματιδιακού μοντέλου του νερού στις τρεις φυσικές καταστάσεις και καλεί τους μαθητές να σχηματίσουν ομάδες των έξι ατόμων και να αναπαραστήσουν τα μόρια του νερού με βάση την εικόνα 1 και αν προκύψουν δυσκολίες σύμφωνα με τις οδηγίες της άσκησης 3 του Φ.Ε.2 (κιναισθητικό μοντέλο). Μετά το τέλος της άσκησης ακολουθεί συζήτηση των αποτελεσμάτων και το συμπέρασμα ότι το νερό δεν αλλάζει σε ποιότητα ή ποσότητα αλλά οι αλλαγές εντοπίζονται μόνο στις αποστάσεις-θέσεις των μορίων και την ταχύτητά τους. Τέλος καλεί τους μαθητές να διαδράσουν με εφαρμογή από το φωτόδεντρο που αναφέρεται στην εξάρτηση της φυσικής κατάστασης του νερού από την θερμοκρασία και παράλληλα να συμπληρώσουν την άσκηση 4 του Φ.Ε. 2 για να εμπεδώσουν τα αποτελέσματα της παραπάνω εφαρμογής αφού παράλληλα γίνει συζήτηση για επίλυση τυχόν αποριών ή παρανοήσεων πάνω στο διάγραμμα που εμφανίζεται.

## **Ενότητα 3: Φαινόμενα σε σχέση με το νερό στη φύση**

Ο διδακτικός στόχος αυτής της ενότητας ήταν: Να μπορούν οι μαθητές να αναγνωρίζουν, περιγράφουν και να ερμηνεύουν τα 7 βασικά φαινόμενα του νερού που σχετίζονται με τον κύκλο του νερού στη φύση (εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση, απορροή, διήθηση, εκφόρτιση, διαπνοή).

Περιγραφή Δραστηριοτήτων: Στην ενότητα αυτή υπάρχει ένας πρώτος μετασχηματισμός στον αριθμό των φαινομένων (επτά φαινόμενα, στην πραγματικότητα είναι περισσότερα) και ένας δεύτερος στους ορισμούς των φαινομένων, όπως προκύπτει από την 1<sup>η</sup> δραστηριότητα. Ο εκπαιδευτικός διευκρινίζει ότι με την έννοια φαινόμενα του νερού στη φύση εννοούμε τη μεταβολή της φυσικής κατάστασής του νερού

ή της θέσης του εξαιτίας της βαρύτητας και δείχνει τις εφαρμογές 1 έως 5 (βλ παράρτημα 4, βιβλίο δραστηριοτήτων) που αναφέρονται στα φαινόμενα της εξάτμισης, συμπύκνωσης, κατακρήμνισης, απορροής και κατείδυσης αντίστοιχα, γίνονται οι απαραίτητοι μετασχηματισμοί στις παραπάνω έννοιες για παράδειγμα κατακρήμνιση, οτιδήποτε πέφτει από τα σύννεφα με τη μορφή νερού (βροχή, χιόνι, χαλάζι), κατείδυση, η απορρόφηση νερού από το έδαφος. Σύμφωνα με την Παπαδοπούλου Π. οι μαθητές θα πρέπει να ενσωματώσουν στον δικό τους καθημερινό λόγο (π.χ. βροχή) την επιστημονική γλώσσα (κατακρήμνιση) και να μπορούν να κινούνται με άνεση μεταξύ αυτών των δύο διαφορετικών λόγων (μακροχρόνια διατήρηση της γνώσης). Κατόπιν σχολιάζει με τους μαθητές τις εικόνες 1 και 2 της άσκησης 1 του Φ.Ε.3 που αναφέρονται στη διαπνοή και εκφόρτιση αντίστοιχα (φαινόμενα που δεν είναι άμεσα αντιληπτά) και τους καλεί ομαδικά να συμπληρώσουν το ακτινικό διάγραμμα της άσκησης αυτής με τις ονομασίες των φαινομένων ή δίνοντας σύντομους ορισμούς όπως τα παραδείγματα. Μετά τη διάχυση των αποτελεσμάτων της άσκησης στην ολομέλεια ακολουθεί συζήτηση για επίλυση τυχόν παρανοήσεων. Στη συνέχεια γίνεται μια προσπάθεια διερεύνησης της διαδικασίας της διαπνοής, στην αρχή ζητώντας από τους μαθητές να εξηγήσουν από πού προέρχονται οι υδρατμοί που προκαλούν «ίδρωμα» στο μέρος του φυτού που είναι καλυμμένο από σακούλα (εικόνα 3 του Φ.Ε.3) και κατόπιν να προβλέψουν τι θα συμβεί μετά από μια εβδομάδα στο νερό δύο ποτηριών που έχουμε τοποθετήσει μέσα βλαστούς φυτού στο ένα χωρίς φύλλωμα και στο άλλο με φύλλα (άσκηση 2 του Φ.Ε.3 εργασία για το σπίτι). Μετά τις εξηγήσεις και προβλέψεις των μαθητών και τη συζήτηση που ακολουθεί ο εκπαιδευτικός συνοψίζει στο συμπέρασμα πως τα φυτά προκειμένου να πάρουν πολύτιμα συστατικά από το έδαφος καθώς και να επιτελέσουν τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης «αντλούν» νερό από το έδαφος το μεγαλύτερο μέρος του οποίου (περίπου 90%) το αποβάλλουν από μικρές τρύπες (στόματα) που βρίσκονται στο κάτω μέρος των φύλλων το οποίο κατόπιν εξατμίζεται (διαπνοή) και στη συγκεκριμένη περίπτωση στη συνέχεια υγροποιείται πάνω στη σακούλα.

Κατόπιν ο εκπαιδευτικός εκτελεί πείραμα επιβεβαιωτικό πάνω στα φαινόμενα εξάτμιση, υγροποίηση και κατακρήμνιση για να εμβαθύνει και ταυτόχρονα να αναδείξει την σχέση αιτίας-αποτελέσματος. Αντί για νερό προκαλεί την **εξάτμιση** με **θέρμανση** αλατόνευρου ώστε να δοκιμάσουν οι μαθητές το (**υγροποιημένο**) νερό στο κάτω μέρος από το **ψυχρό** μπρίκι (γεμάτο παγάκια) και να διαπιστώσουν ότι είναι γλυκό επεκτείνοντας στην εξάτμιση των νερών των θαλασσών και γενικότερα στον αυτοκαθαρισμό του νερού. Παράλληλα προκαλεί τους μαθητές να εστιάσουν στο μπρίκι για να κατανοήσουν ότι οι μικροσκοπικές σταγόνες όταν ενωθούν γίνονται μεγαλύτερες και πέφτουν λόγω της **βαρύτητας** πάλι κάτω (**κατακρήμνιση**). Οι μαθητές πριν από κάθε διαδικασία καλούνται να παρατηρήσουν, προβλέψουν και στο τέλος να καταλήξουν σε συμπεράσματα από μόνοι τους ή με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού. Τέλος με αφορμή τις πλημμύρες που συμβαίνουν κατά καιρούς και

τις ζημιές που δημιουργούν, προκαλεί συζήτηση για την επιφανειακή απορροή και προβληματίζει για το αν οι δενδροφυτεύσεις βοηθούν και πως, την απορρόφηση του νερού (κατείδυση) και την υπόγεια απορροή και προτρέπει τους μαθητές να προβλέψουν τα αποτελέσματα της άσκησης 3 του Φ.Ε. 3 (εργασία για το σπίτι) η οποία αναφέρεται στον βαθμό απορρόφησης (κατείδυσης) του νερού σ' ένα γλαστράκι ανάλογα με το είδος του περιεχομένου (χώμα, άμμος, με ή χωρίς την ύπαρξη φυτού). Μετά την διάχυση των αποτελεσμάτων από τους μαθητές συνοψίζει στο ότι ανάλογα με το είδος του εδάφους (π.χ. αργιλικό, αμμώδες) και το είδος και πλήθος των φυτών δημιουργούνται περισσότερες ή λιγότερες τρύπες με αποτέλεσμα να αυξάνεται η όχι η απορρόφηση (κατείδυση) του επιφανειακού νερού.

#### **Ενότητα 4: Ο κύκλος του νερού**

Διδακτικοί στόχοι: Να μπορούν οι μαθητές να περιγράψουν τον κύκλο του νερού ως σύνολο διαδοχικών φαινομένων και να τον αναπαριστούν ως μοντέλο, καθώς και να κατανοούν τη διατήρηση της ποσότητας του νερού κατά την διάρκεια του κύκλου.

Περιγραφή Δραστηριοτήτων: Δείχνει την εικόνα 1 της άσκησης 1 του Φ.Ε. 4 (εννοιολογικό μοντέλο του κύκλου του νερού) καλώντας του μαθητές να αναγνωρίσουν και κατόπιν να συνδέσουν τα φαινόμενα της τρίτης ενότητας με τη σωστή διαδοχή, σε μια κυκλική διαδικασία που ονομάζεται «κύκλος του νερού». Προβάλλει το Βίντεο 1 (ταξίδι ενός μορίου νερού της NASA διασκευασμένο από τη Γκλέζου Κατερίνα) που αναφέρεται στην κίνηση ενός μορίου νερού για να τονίσει επιπλέον τις σχέσεις αιτίας- αποτελέσματος των φαινομένων καθώς και την διαρκή κυκλοφορία του νερού, άλλοτε με μεγάλη ταχύτητα (ατμόσφαιρα) και άλλοτε με πολύ μικρή (υπόγεια ύδατα, παγετώνες). Προτρέπει τους μαθητές να συμπληρώσουν την άσκηση 1 του Φ.Ε. 4 όπου με την βοήθεια δοσμένων λέξεων κλειδιά καλούνται να συμπληρώσουν ένα σύντομο κείμενο που να περιγράφει τον κύκλο του νερού ως σύνολο. Οι μαθητές παρατηρούν, εκφράζουν τις απορίες τους και αφού συμπληρώσουν την άσκηση 1 ομαδικά διαχέουν τα αποτελέσματά τους στην ολομέλεια. Στη συνέχεια ο εκπαιδευτικός καλεί τους μαθητές να παρατηρήσουν με προσοχή την εικόνα 2 της άσκησης 2 του Φ.Ε. 4 που αναφέρεται στο παγκόσμιο υδατικό ισοζύγιο και τους καλεί να εστιάσουν στους αριθμούς να βρουν τους επιμέρους κύκλους (εναλλακτικές διαδρομές του νερού) και να επιβεβαιώσουν την αρχή διατήρησης της μάζας του νερού στην διάρκεια του υδρολογικού κύκλου. Ενισχύει μέσα από ιστορικά κείμενα την διατήρηση της συνολικής ποσότητας του νερού ( απόψεις του Αριστοτέλη για τον κύκλο του νερού, άσκηση 3 του Φ.Ε.4). Τέλος αφού διευκρινίσει ότι τα παραπάνω φαινόμενα συμβαίνουν μέσα στο σύμπλεγμα ατμόσφαιρα (αέρας), λιθόσφαιρα (έδαφος-υπέδαφος), υδρόσφαιρα (λίμνες, θάλασσες, ποτάμια) βιόσφαιρα (ζωντανοί οργανισμοί) προσπαθεί δίνοντας παραδείγματα (π.χ. η διαπνοή των φυτών συνδέει βιόσφαιρα, λιθόσφαιρα, ατμόσφαιρα) και με τη βοήθεια της άσκησης 4 του Φ.Ε. 4



να καταλήξουν οι μαθητές στο συμπέρασμα ότι ο κύκλος του νερού είναι ένα σύνολο μερών που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους αποτελώντας ένα σύστημα.

## 2.6 Παιδαγωγική προσέγγιση

Διδακτική μέθοδος/Οργάνωση τάξης: Ο εκπαιδευτικός χρησιμοποιεί ποικιλία μορφών διδασκαλίας (μετωπική, ομαδοσυνεργατική, εξατομικευμένη) και ανάλογα με την δραστηριότητα συζητά, καθοδηγεί, παρατηρεί, διευκρινίζει και οι μαθητές από την άλλη μεριά εργάζονται ατομικά και σε ομάδες των 4-5 ατόμων.

Η προσέγγιση είναι κυρίως εποικοδομητικού τύπου και στηρίζεται στις εναλλακτικές ιδέες όπως αυτές προκύπτουν από τη διεθνή βιβλιογραφία κυρίως για τις ηλικίες των 12 έως 15 ετών καθώς και στις εναλλακτικές που προκύπτουν μέσα από τα ερωτηματολόγια προελέγχου και τα φύλλα εργασίας της ΔΜΑ. Για λόγους ασφαλείας και εξοικονόμησης χρόνου εκτελούνται αρκετά πειράματα επιβεβαίωσης όπου οι μαθητές προβλέπουν πρώτα απαντώντας προφορικά σε ερωτήσεις του τύπου αν..... τότε τι .....και γιατί; Και κατόπιν εκτελείται από τον διδάσκοντα το πείραμα επιβεβαίωσης ή ανατροπής των υποθέσεων των μαθητών ώστε να επέλθει η αναμενόμενη γνωστική σύγκρουση.

Επίσης πειράματα ανακαλυπτικά σε περιπτώσεις όπου οι εμπειρίες και γνώσεις των παιδιών είναι ελάχιστες ως ανύπαρκτες.

Τέλος μέσα από εφαρμογές προσομοίωσης στις περιπτώσεις ανάδειξης των φαινομένων πήξη- τήξη, εξάτμιση και βρασμός-υγροποίηση μπορεί ο μαθητής να διαδράσει και να κατανοήσει τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια των αλλαγών φάσης.

Στην προσέγγιση του κεντρικού θέματος καθοριστικός ήταν ο ρόλος της εισαγωγής των εννοιών μοντέλο, μοντελοποίηση και η χρησιμοποίησής τους κυρίως ως μέσο μάθησης (π.χ. στην περίπτωση του κύκλου του νερού).

Η εφαρμογή της ΔΜΑ γίνεται στο εργαστήριο Φ.Ε. και ο εκπαιδευτικός όπως και η κάθε ομάδα διαθέτουν Η/Υ (laptop) και ασύρματη σύνδεση στο διαδίκτυο καθώς τα φύλλα εργασίας είναι δομημένα έτσι που να χρειάζεται διάδραση άλλοτε με υλικά του εργαστηρίου και άλλοτε με εφαρμογές μέσω του Η/Υ που είναι φορτωμένες από πριν ή υπάρχουν σε εκπαιδευτικές ιστοσελίδες του διαδικτύου.

Η επιλογή στο μεγαλύτερο μέρος της ΔΜΑ να εργαστούν οι μαθητές κατά ομάδες μπορεί να συμβάλει στο να εκπληρωθούν στόχοι συναισθηματικοί, επιστημολογικοί και αλλαγής στάσης απέναντι στην επιστήμη. Η Ε. Σταυρίδου (1995) υποστηρίζει την άποψη ότι στο μαθησιακό περιβάλλον της συνεργατικής μάθησης οι δραστηριότητες στις οποίες συμμετέχουν οι μαθητές διευκολύνει την έκφραση των ιδεών τους, ευνοεί τη μεταξύ τους συνεργασία και επικοινωνία, εξασφαλίζει αυξημένη αλληλε-

πίδραση με όργανα, υλικά και συσκευές, επιτρέπει τη δημιουργία πολλαπλών αναπαραστάσεων και τη σύνθεση της νέας επιστημονικής γνώσης με προβλήματα και καταστάσεις της καθημερινής ζωής. Η έρευνα της συγγραφέως έδειξε ότι η μάθηση στις νέες συνθήκες βγάζει τα παιδιά από την απομόνωση και το ανταγωνιστικό πλαίσιο στο οποίο λειτουργούν στην τάξη και καλύπτει βασικές ανάγκες συναισθηματικής φύσης για συνεργασία και επικοινωνία. Η εργασία των παιδιών σε ομάδες φαίνεται ότι τα ικανοποιεί σε σημαντικό βαθμό και συμβάλλει αποφασιστικά στη βελτίωση της στάσης τους απέναντι στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών που στο νέο πλαίσιο φαίνεται να είναι πιο κατανοητό και πιο ενδιαφέρον. Για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των προϋπαρχουσών ιδεών ακολουθείται μέθοδος διδασκαλίας που είναι αφενός περισσότερο ελκυστική (π.χ. κιναισθητικά μοντέλα, χρήση Τ.Π.Ε.) και αφετέρου γίνεται προσπάθεια να είναι προσαρμοσμένη στο νοητικό επίπεδο των μαθητών καθώς και να βασίζεται στην ενεργό συμμετοχή τους. Μετά το τέλος κάθε δραστηριότητας-άσκησης έπεται η ανακοίνωση των απαντήσεων και η συζήτησή τους στην ολομέλεια της τάξης ώστε να αναδειχθούν όλες οι τυχόν παρανοήσεις αλλά και αυτές που είναι επιστημονικά ορθές και αφού γίνει η αναμενόμενη εννοιολογική σύγκρουση ο εκπαιδευτικός συνοψίζει περιληπτικά στο τελικό συμπέρασμα όπου και όταν κρίνει ότι είναι απαραίτητο.

Η συγκεκριμένη ΔΜΑ «Ο Κύκλος του νερού» είναι σχεδιασμένη για να συνδυάσει επιστημονικά πεδία που προέρχονται από τις Φυσικές, Τεχνολογικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες, δημιουργώντας επιστημονικούς κρίκους απαραίτητους για τη διαθεματική οργάνωση επιδιώκοντας να καταλάβουν οι μαθητές πόσο σημαντικό είναι το νερό για την βίοςφαιρα (άνθρωπο, έμβια όντα, φυσικά συστήματα) και κατ' επέκταση για την Αειφορία και την περιβαλλοντική συνείδηση. Επιδίωξη επίσης είναι μέσα από τη ΔΜΑ οι μαθητές ως μελλοντικοί διαχειριστές των υδάτινων πόρων του πλανήτη μας, να αναπτύξουν βασικές επιστημονικές γνώσεις για το νερό και πιο συγκεκριμένα για το ποιος είναι ο υδρολογικός κύκλος και τα φαινόμενα που εμφανίζονται κατά την διάρκεια του με εστίαση κυρίως στο πως και γιατί συμβαίνουν.

### **Μέθοδος και εργαλεία αξιολόγησης**

Μέθοδος: pre και post tests, αναστοχασμός ερευνητή, εξωτερικός παρατηρητής.

Εργαλεία αξιολόγησης:

1. Ερωτηματολόγια ένα μια εβδομάδα πριν την εφαρμογή της ΔΜΑ (pretest) , και ένα μια εβδομάδα μετά (posttest) .
2. Παρατήρηση των δραστηριοτήτων των μαθητών από εξωτερικό παρατηρητή και από τον ίδιο τον εκπαιδευτικό.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

### ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΜΑ

#### 3.1 Ερευνητικά εργαλεία

Για την αξιολόγηση της Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας χρησιμοποιήθηκαν τρία ερευνητικά εργαλεία (τριγωνοποίηση), έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την έρευνα. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν: α) τα ερωτηματολόγια πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ, β) το ημιδομημένο φύλλο παρατήρησης από εξωτερικό παρατηρητή, το οποίο κατέγραψε τη διδακτική διαδικασία και γ) το αναστοχαστικό κείμενο του εκπαιδευτικού, που πραγματοποιήθηκε αμέσως μετά τη διδασκαλία και χρησιμοποιήθηκε για την αποτύπωση των βασικότερων σημείων της ΔΜΑ καθώς και για την ποιοτική επιβεβαίωση των αντίστοιχων ποσοτικών αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τα τεστ προελέγχου και μεταελέγχου της έρευνας.

##### 3.1.1 Μαθησιακά αποτελέσματα (ερωτηματολόγια πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ)

Τα ερωτηματολόγια προ και μεταελέγχου αποτέλεσαν το κύριο ερευνητικό εργαλείο (επισυνάπτονται στο Παράρτημα 1 και 2 αντίστοιχα). Τα ερωτηματολόγια επιλέχθηκε να είναι ίδια (με μια μικρή διαφορά ως προς τις αρχικές επισημάνσεις-οδηγίες) έτσι ώστε να έχουμε πιο έγκυρα αποτελέσματα κατά τη σύγκριση. Τα κάθε ένα από αυτά ήταν ανώνυμο (κάθε μαθητής έβαλε ένα κωδικό τον οποίον του επισημάνθηκε ότι θα έπρεπε να θυμάται και για το μετά την εφαρμογή τεστ) ώστε οι απαντήσεις τους να είναι όσο γίνεται πιο αυθεντικές και αποτελείτο από 12 ερωτήσεις ανοιχτού και κλειστού τύπου. Βασικό κριτήριο για την επιλογή των ερωτήσεων αποτέλεσαν τα ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας. Η μορφή και η διατύπωση των ερωτήσεων οριστικοποιήθηκε μετά από εκτενή συζήτηση με 2 ακόμα ερευνητές. Έγινε προσπάθεια ορισμένοι από τους στόχους να ελέγχονται με δύο ή και περισσότερες ερωτήσεις για την ενίσχυση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων. Πριν την κύρια έγινε μια πιλοτική εφαρμογή με ένα δείγμα 3 μαθητών οι οποίοι συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο. Από τα αποτελέσματά της κρίθηκε ότι μπορούσαμε να περάσουμε στο επόμενο στάδιο μιας και ήταν τα αναμενόμενα (τα παιδιά ανταποκρίθηκαν άνετα και στις 12 ερωτήσεις χωρίς να ζητήσουν καμία περεταίρω διευκρίνιση). Το προ-ελέγχου ερωτηματολόγιο δόθηκε στους μαθητές μία εβδομάδα πριν την έναρξη της εφαρμογής της ΔΜΑ ενώ το μετα-ελέγχου περίπου μία εβδομάδα μετά. Η χρονική διάρκεια συμπλήρωσης του κάθε ερωτηματολογίου ήταν περίπου μία ώρα. Τα αποτελέσματα αναλύονται στην παράγραφο 4.1 ενώ δείγμα πριν και μετα ερωτηματολογίου βρίσκεται στο παράρτημα 6.

### **3.1.2 Φύλλο παρατήρησης**

Ως προς τη δομή του φύλλου παρατήρησης έγινε προσπάθεια να διευκολυνθεί ο εξωτερικός παρατηρητής στο έργο του ώστε να αποτυπώσει όσο γίνεται καλύτερα την διδακτική διαδικασία. Για τον σκοπό αυτό είχαν ήδη προσυμπληρωθεί οι τρεις πρώτες στήλες που αναφέρονταν στην ΔΜΑ με τη στήλη Α να αποτυπώνει τη φάση και το περιεχόμενο της διδασκαλίας, τη στήλη Β τον αντίστοιχο στόχο και τη στήλη Γ τη διδακτική μέθοδος και στρατηγική που σχεδιάστηκε.

Σε καθένα από τα τέσσερα δίωρα μαθήματα, ο εξωτερικός παρατηρητής συμπλήρωνε (διακριτικά) το ημιδομημένο φύλλο παρατήρησης δηλαδή τα δεδομένα της στήλης Δ όπου κατέγραφε παρατηρήσεις πάνω σε κάθε φάση της διδασκαλίας (χρονική διάρκεια, πειράματα, λογισμικά κτλ), καθώς και τα δεδομένα της στήλης Ε όπου συμπλήρωνε τα τεκμήρια δηλαδή τους διαλόγους εκείνους μεταξύ των μαθητών ή μεταξύ εκπαιδευτικού-μαθητών που κατά την άποψή του κρίνονταν αντιπροσωπευτικοί καθώς και οτιδήποτε άλλο έκρινε ότι αποτελούσε τεκμήριο ιδιαίτερης σημασίας όπως για παράδειγμα η συμμετοχή των μαθητών και το μέγεθος της συνεργασίας που τυχόν είχαν οι μαθητές αποσκοπώντας στο να αποδώσει όσο ήταν δυνατόν την πραγματική εικόνα της διδασκαλίας που πραγματοποιήθηκε μέσα στην τάξη καθ' όλη τη διάρκειά της.

### **3.1.3 Αναστοχαστικό κείμενο**

Το τελευταίο ερευνητικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για την εξασφάλιση της εγκυρότητας των αποτελεσμάτων, ήταν το αναστοχαστικό κείμενο του ερευνητή-εφαρμοστή, το οποίο δημιουργήθηκε αμέσως μετά τη διδασκαλία ώστε να αποδοθεί καλύτερα αυτό που προηγήθηκε στην τάξη. Έχει τη μορφή ελεύθερου κειμένου, χωρίς συγκεκριμένους άξονες, πρόκειται δηλαδή για ένα συνεχές κείμενο στο οποίο ο εκπαιδευτικός προσπαθεί να αποτυπώσει την εκτίμησή του για το τι έκανε ή τι δεν έκανε καλά, τι θα μπορούσε ίσως άλλο να κάνει ώστε να επιτύχει καλύτερα τους στόχους που είχε επιλέξει. Αν κάτι τον δυσκόλεψε ιδιαίτερα κατά την διάρκεια της διδασκαλίας, τα απρόοπτα που πιθανόν συνάντησε ή αν σε κάποια σημεία παρέκκλινε από τη σχεδιασμένη διδασκαλία.

## **3.2 Μέθοδος ανάλυσης δεδομένων**

### **3.2.1 Ερωτηματολόγια προελέγχου/μεταελέγχου**

Στην ενότητα αυτή περιγράφουμε πως αναλύθηκαν τα ερωτηματολόγια προελέγχου και μεταελέγχου της έρευνας. Έγινε προσπάθεια να δοθούν ενδεικτικά οι σωστές απαντήσεις ανά ερώτηση (απ' ευθείας, ή και έμμεσα από απαντήσεις των μαθητών). Για την ενίσχυση της εγκυρότητας της ανάλυσης η επεξεργασία των απαντήσεων στις ανοιχτές ερωτήσεις στα πριν και μετά ερωτηματολόγια και των 20 μαθη-

τών έγινε με την συνεργασία και 2ου ανεξάρτητου ερευνητή. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν και συζητήθηκαν ως προς την ορθότητά τους μέχρι τελικής συμφωνίας των δύο ερευνητών. Κατόπιν προχωρήσαμε στην δημιουργία κατηγοριών. Η παρακάτω ανάλυση γίνεται ανά ερώτηση με αναφορά στην ενότητα στην οποία αντιστοιχεί καθεμία απ' αυτές.

### **1<sup>η</sup> Ερώτηση / 1<sup>η</sup> Ενότητα: Η αξία του νερού**

Στο πρώτο υποερώτημα «Γράψτε ένα λόγο που να δικαιολογεί την πρόταση το νερό είναι καθοριστικός παράγοντας δημιουργίας της ζωής» προέκυψαν τρεις κατηγορίες απαντήσεων. **Σωστές** θεωρήθηκαν οι απαντήσεις που αναφέρονταν στη σχεδιασμένη διδασκαλία όπως π.χ. «Σε όλους τους πλανήτες ψάχνουμε νερό για να δούμε αν υπάρχει ζωή», «διότι χωρίς αυτό δε θα μπορούσε να υπάρχει ζωή» αλλά και με εύστοχες απαντήσεις που προέκυψαν από τα ερωτηματολόγια προελέγχου (οι οποίες προβλήθηκαν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας) όπως «αφού οι πρώτες μορφές ζωής υπήρξαν στη θάλασσα», «Για να φυτρώσουν οι φυτικοί σπόροι χρειάζονται νερό». **Μερικά αιτιολογημένες** όπως π.χ., «το νερό δίνει ζωή τροφοδοτεί τα φυτά που με τη σειρά τους τροφοδοτούν άλλους οργανισμούς» ή «είναι καθοριστικός παράγοντας δημιουργίας της ζωής καθώς έχει τις κατάλληλες συνθήκες για να συμβεί αυτό». **Λάθος** απαντήσεις όπως π.χ., «είναι πολύ σημαντικό διότι το νερό στο άνθρωπο είναι το 70%» ή «αφού παρέχει θρεπτικές ουσίες στους οργανισμούς».

Στο δεύτερο υποερώτημα - Γράψτε επίσης ένα λόγο που να δικαιολογεί την πρόταση «το νερό είναι θεμελιώδης παράγοντας διατήρησης της ζωής» προέκυψαν οι ίδιες τρεις παραπάνω κατηγορίες απαντήσεων. Με βάση το σχεδιασμό **σωστές** θεωρήθηκαν οι απαντήσεις που αναφέρονταν στο μεγάλο ποσοστό του νερού στα έμβια όντα, τη συμμετοχή του στις διάφορες βιολογικές λειτουργίες των οργανισμών ή είναι το φυσικό περιβάλλον για πολλούς από αυτούς όπως π.χ., «το νερό είναι απαραίτητο για να εκτελεστούν βασικές λειτουργίες ζωντανών οργανισμών που χωρίς αυτές πεθαίνουν» αλλά και απαντήσεις λογικές όπως «το φυτό για να επιβιώσει τροφοδοτείται συνεχώς με νερό και δημιουργεί οξυγόνο και γλυκόζη που διατηρούν άλλους οργανισμούς». **Μερικά αιτιολογημένες** όπου περιορίζονταν στον άνθρωπο ή στα φυτά όπως π.χ. το μεγαλύτερο ποσοστό του ανθρώπου αποτελείται από νερό για αυτό το χρειάζεται καθημερινά για να επιβιώσει» ή «το νερό είναι ένας φυσικός διαλύτης και μας βοηθάει να διασπάσουμε τις ουσίες των τροφών». **Λάθος** απαντήσεις θεωρήθηκαν όσες δεν περιελάμβαναν τα παραπάνω όπως π.χ. οι απλοποιημένες «χωρίς νερό δεν υπάρχει ζωή» ή οι μη απαντήσεις μαθητών.

### **2<sup>η</sup> Ερώτηση/ 1<sup>η</sup> Ενότητα: Η αξία του νερού**

Στην δεύτερη ερώτηση που είχε περιβαλλοντικό προσανατολισμό και αναφερόταν στο «τι σημαίνει η λέξη λειψυδρία; Ποια είναι η κυριότερη αιτία που τη δημιουρ-

γεί;» σύμφωνα με το σχεδιασμό καταλήξαμε στο να δεχθούμε ως σωστές απαντήσεις εκτός από την ετυμολογία της λέξης π.χ. λίγο νερό ή έλλειψη νερού και το ότι δεν υπάρχει αρκετό νερό για να καλύψει τις ανάγκες των οικοσυστημάτων. Ως προς τις κυριότερες αιτίες ως σωστές την έλλειψη βροχής (κλίμα), τον υπερπληθυσμό, καθώς και την αλόγιστη χρήση και ρύπανση του νερού. Οι κατηγορίες που προέκυψαν ήταν, **σωστές** απαντήσεις ως προς τον ορισμό και την αιτιολόγηση όπως π.χ. «... είναι η έλλειψη νερού σε διάφορες συγκεκριμένες περιοχές λόγω έλλειψης βροχής...» ή «... η μείωση των αποθεμάτων νερού, η υπερβολική χρήση του νερού οδηγεί στη λειψυδρία», **κατά το ήμισυ σωστές** απαντήσεις όπου δόθηκε σωστός ορισμός της λειψυδρίας χωρίς όμως αιτιολόγηση όπως, «Λειψυδρία είναι το φαινόμενο κατά το οποίο υπάρχει νερό αλλά όχι όσο είναι απαραίτητο για τις ανάγκες ανθρώπου και ζώων», και αυτή των **λάθος** απαντήσεων όπως π.χ. «δεν γνωρίζω».

### 3<sup>η</sup> Ερώτηση/ 2<sup>η</sup> Ενότητα: Μορφές και καταστάσεις του νερού

Στην ερώτηση αυτή που αναφερόταν στις μορφές νερού και την αντίστοιχη φυσική τους κατάσταση,

«Αντιστοιχίστε μορφές νερού στη φύση με τις αντίστοιχες φυσικές του καταστάσεις (για διευκόλυνσή, σας δίνουμε την πληροφορία ότι τα υπόγεια νερά είναι σε υγρή κατάσταση):

Μορφές νερού	Φυσική κατάσταση
Βροχή	
Υδρατμοί	
Παγετώνες	
Υπόγεια νερά	υγρή
Παγόβουνα	
Ωκεανοί	

υπήρξε μόνο μια κατηγορία, αυτή των **σωστών** απαντήσεων μιας και όλοι οι μαθητές απάντησαν σωστά και πριν και μετά τη διδασκαλία.

### 4<sup>η</sup> Ερώτηση/ 2<sup>η</sup> Ενότητα: Μορφές και καταστάσεις του νερού

Στο πρώτο υποερώτημα της 4<sup>ης</sup> ερώτησης «Περιγράψτε σύντομα ποιος νομίζετε ότι είναι ο σκοπός του παρακάτω προπλάσματος ανθρώπινου σώματος (μοντέλο)»



(που είχε ως στόχο να διαγνώσει την πρόοδο των μαθητών στην έννοια και το σκοπό που επιτελούν τα μοντέλα στις Φυσικές Επιστήμες), η κατηγοριοποίηση έγινε ως εξής: **σωστά και τα δύο**, όταν οι απαντήσεις αναφέρονταν σωστά στο περιεχόμενο (π.χ. εσωτερικά όργανα) που αναπαριστούσε το μοντέλο και επίσης αναφέρονταν συγκεκριμένα (ή αόριστα) σε κάποιες λειτουργίες τους όπως, « ... απεικονίζει την λειτουργία του σώματός μας και τα όργανα που περιβάλλονται σε αυτό» ή «...να μας δείξει την μεταφορά του νερού ή της τροφής μέσα στο ανθρώπινο σώμα ή για να μας δείξει τα όργανά του», **σωστό το ένα από τα δύο** (περιεχόμενο ή λειτουργία) όταν οι απαντήσεις αναφέρονταν σωστά μόνο στο περιεχόμενο όπως, «μας βοηθά να μελετήσουμε τη δομή του ανθρώπινου σώματος με λεπτομέρεια», «να μας δείξει πως είναι ο άνθρωπος από μέσα», ή μόνο στη λειτουργία των οργάνων του ανθρώπινου σώματος, «... να καταλάβουμε την πορεία του νερού στο σώμα του ανθρώπου», «... το νερό είναι απαραίτητο για όλα τα έμβια όντα ... και μάλιστα το 70% του ανθρώπινου σώματος αποτελείται από νερό» και **λάθος και τα δύο**, όταν δεν απαντούσαν ή απαντούσαν χωρίς αναφορά στο περιεχόμενο ή στη λειτουργία των εσωτερικών οργάνων όπως, «να μας δείξει τα γενετικά όργανα του ανθρώπου» ή «δεν γνωρίζω».

### 5<sup>η</sup> Ερώτηση/ 3<sup>η</sup> Ενότητα: Φαινόμενα σε σχέση με το νερό στη φύση

Στο πρώτο υποερώτημα «Αντιστοιχίστε τα φαινόμενα της στήλης I με τις προτάσεις της στήλης II: (κάθε φαινόμενο της στήλης I αντιστοιχεί σε μία μόνο πρόταση της στήλης II)

Στήλη I	Στήλη II
A. εξάτμιση	1. απορρόφηση νερού από το έδαφος
B. κατείδυση	2. κίνηση νερού πάνω στη στεριά και μέσα σ' αυτήν
Γ. απορροή	3. βροχή, χιόνι, χιονόνερο, χαλάζι
Δ. κατακρήμνιση	4. μετατροπή υδρατμών σε σταγονίδια νερού και παγοκρυστάλλους
Ε. συμπύκνωση	5. απελευθέρωση του υπόγειου νερού προς την θάλασσα και την επιφάνεια της στεριάς
Στ. εκφόρτιση	6. εξάτμιση νερού από τα στόματα των φύλλων των φυτών
Z. διαπνοή	7. μετατροπή νερού σε υδρατμούς μόνο από την επιφάνεια του
	8. μετατροπή νερού σε υδρατμούς σταγονίδια νερού και

	παγοκρυστάλλους
	9. Η πτώση του νερού με τη μορφή κατακρημνισμάτων δηλαδή βροχής, χιονιού, χιονόνερου και χαλαζιού

**Σωστές** θεωρήθηκαν οι απαντήσεις, Α:7, Β:1, Γ:2, Δ:9, Ε:4, ΣΤ:5, Ζ:6 η δε εξαγωγή των αποτελεσμάτων έγινε μεμονωμένα ανά φαινόμενο και αντίστοιχη πρόταση και όχι συνολικά. **Λάθος** θεωρήθηκαν οι απαντήσεις που δεν ακολούθησαν την παραπάνω αντιστοίχιση.

Όσον αφορά το δεύτερο υποερώτημα «Αριθμήστε τα παραπάνω φαινόμενα του νερού της πρώτης στήλης από το 1 έως το 7 ώστε να φαίνεται η σωστή διαδοχική σειρά με την οποία εκδηλώνονται στη φύση (μπορείτε να αρχίσετε από όποιο φαινόμενο θέλετε)» **σωστή διαδοχή** θεωρήθηκε η παρακάτω, 1: εξάτμιση-διαπνοή (επειδή και η διαπνοή εξ ορισμού είναι εξάτμιση κυρίως από τα φύλλα των φυτών) , 2: συμπύκνωση, 3: κατακρήμνιση, 4: απορροή, 5: διήθηση (κατείσδυση), 6: εκφόρτιση ξεκινώντας όπως αναφέρεται και στην ερώτηση από οποιοδήποτε φαινόμενο.

#### **6<sup>η</sup> Ερώτηση/ 4<sup>η</sup> Ενότητα: Ο κύκλος του νερού**

Στην ερώτηση αυτή «Περιγράψτε σ' ένα σύντομο κείμενο τι εννοούμε με τη πρόταση ο κύκλος του νερού στη φύση» ως βάση για την κατηγοριοποίηση των απαντήσεων θεωρήθηκε η εξής: «Ο κύκλος του νερού είναι μια διαδικασία ανακύκλωσης κατά την οποία το νερό αλλάζει συνεχώς μορφές (νερό, υδρατμοί, σύννεφα, βροχή, χιόνι, χαλάζι, χιονόνερο, παγετώνες) και φυσικές καταστάσεις (υγρή, αέρια, στερεή) καθώς μετακινείται διαρκώς ανάμεσα στις «αποθήκες» του που είναι οι ωκεανοί, θάλασσες, λίμνες, ποτάμια, ατμόσφαιρα (αέρας), υπόγεια νερά και ζωντανοί οργανισμοί». Έτσι προέκυψαν απαντήσεις με **σωστή** περιγραφή όπως π.χ., «...είναι η ανακύκλωση του νερού στη φύση σε διάφορες διαδικασίες, μεταβολές και μορφές (π.χ. στερεή, υγρή, αέρια)», απαντήσεις με **μερική** περιγραφή όπως π.χ., « Ο κύκλος του νερού είναι ο τρόπος της φύσης να ανακυκλώνει το νερό έτσι το νερό δεν τελειώνει ποτέ» και απαντήσεις με **λάθος** περιγραφή όπως π.χ., «ο κύκλος του νερού της φύσης είναι ο κύκλος που δεν παρεμβαίνει ο άνθρωπος με διάφορους τρόπους.

#### **7<sup>η</sup> Ερώτηση/4<sup>η</sup> Ενότητα: Ο κύκλος του νερού**

Στην ερώτηση αυτή που αφορούσε τη διατήρηση της μάζας του νερού κατά τη διάρκεια του ΚτΝ «Λέγεται ότι η συνολική ποσότητα του νερού στη Γη παραμένει σταθερή. Επιλέξτε ένα από τα παρακάτω: Α) Συμφωνώ, Β) Διαφωνώ, Γ) Δεν γνωρίζω και αιτιολογήστε την απάντησή σας» οι απαντήσεις κατηγοριοποιήθηκαν σε **σωστές** όταν επέλεξαν το Α) και αιτιολογούσαν με βάση κυρίως το σκεπτικό του ΚτΝ όπως π.χ., «διότι το νερό πάνω στη γη ανακυκλώνεται μέσω του κύκλου του νερού και ποτέ δεν αλλάζει», σωστή επιλογή με λάθος αιτιολόγηση όταν επέλεξαν το Α) αλλά αιτιολογούσαν λανθασμένα και **λάθος** απαντήσεις όπως π.χ., « διαφωνώ διότι ανά-



λογα με τη ποσότητα της βροχής που φτάνει στη γη τότε καταλαβαίνουμε ότι η στάθμη του νερού και άλλοτε είναι πολύ λίγο το νερό που η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως λειψυδρία».

### 8<sup>η</sup> Ερώτηση/ 2<sup>η</sup> Ενότητα: Μορφές και καταστάσεις του νερού

Η ερώτηση αυτή αναφερόταν στη σχέση μεταβολής της θερμοκρασίας και αντίστοιχης μεταβολής της φυσικής κατάστασης του νερού,

«Προσπαθήστε να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα που αναφέρεται στο νερό σε ατμοσφαιρική πίεση όπως το παράδειγμα. (όπου δεν προκύπτει αλλαγή κατάστασης ή συνύπαρξη καταστάσεων στην τελική θερμοκρασία βάλτε παύλα)»

Μεταβολή θερμοκρασίας από ...°C στους ...°C	Αλλαγή κατάστασης από ...σε... και κατόπιν σε...	Συνύπαρξη καταστάσεων στην τελική θερμοκρασία ..... και .....
από 43°C στους 100°C	υγρή σε αέρια	υγρή και αέρια
από -20°C στους +30°C		
από -10°C στους 110°C		
από 120 στους 160°C		
από -12°C στους -5°C		
από -4°C στους 0°C		

όπου προκύπτουν εύλογα οι **σωστές και λάθος** απαντήσεις (ανά σειρά και στήλη) που αποτελούν και την κατηγοριοποίηση αυτού του ερωτήματος.

### 9<sup>η</sup> Ερώτηση/ 4<sup>η</sup> Ενότητα: Ο κύκλος του νερού

Στο πρώτο υποερώτημα «Δώστε δύο πιθανές διαδρομές που μπορεί να ακολουθήσει το νερό που υπάρχει σε μια λακκούβα του δρόμου μετά από κάποιο χρονικό διάστημα», οι σωστές διαδρομές με βάση τον ΚτΝ είναι: 1η διαδρομή, αφού εξατμιστεί να ακολουθήσει το ατμοσφαιρικό μέρος του ΚτΝ αρχικά τουλάχιστον και 2η διαδρομή, να απορροφηθεί από το έδαφος και να ακολουθήσει το λιθοσφαιρικό μέρος του κύκλου του νερού. Ως προς το δεύτερο υποερώτημα «Είναι πιθανό το νερό αυτό πριν από κάποιο χρονικό διάστημα να έτρεξε από τις βρύσες των σπιτιών μας. Ναι – Όχι (κυκλώστε την επιλογή σας)» σωστή είναι η 1η επιλογή σύμφωνα με την συνεχή ανακύκλωση του νερού που προκύπτει κατά τη διάρκεια του ΚτΝ. Οι κατηγορίες που προέκυψαν σύμφωνα και με τα παραπάνω είναι **σωστές και οι δύο διαδρομές** όπως π.χ., «...να το απορροφήσει το έδαφος και να βρεθεί στα υπόγεια νερά και ...να εξατμιστεί και να μετατραπεί σε υδρατμούς», **σωστή μόνο η μία διαδρομή** όπως π.χ., «... εξατμηση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση, κατείδυση, απορροή, εκφόρτιση και ... απορροή, εκφόρτιση, εξατμηση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση» **λάθος και οι δύο διαδρομές** όπως π.χ., «να ακολουθήσει το ρεύμα και να οδηγηθεί στους υπονόμους ή σε άλλες λακκούβες και ... να το πατήσουν τα αυτοκίνητα ή οι

άνθρωποι και να αρχίσει να εξαπλώνεται», **αναφορά μόνο στα αρχικά φαινόμενα** των δύο διαδρομών όπως π.χ., « μετά από κάποιο χρονικό διάστημα το νερό μπορεί να εξατμιστεί και ... το νερό μπορεί να απορροφηθεί από το έδαφος»

### 10<sup>η</sup> Ερώτηση/ 3<sup>η</sup> Ενότητα: Φαινόμενα σε σχέση με το νερό στη φύση

Στο πρώτο υποερώτημα, «Αναφέρεται και περιγράψτε τα φαινόμενα που αποτελούν τον κύκλο του νερού», από την ανάλυση των απαντήσεων στον προέλεγχο και μεταέλεγχο προέκυψαν οι κατηγορίες: **σωστή μόνο αναφορά** (ανά φαινόμενο) όταν οι μαθητές κατέγραφαν καθένα από τα 7 βασικά φαινόμενα του ΚτΝ στη φύση και **σωστή περιγραφή** (ανά φαινόμενο) όταν οι μαθητές περιέγραφαν τα φαινόμενα σύμφωνα με την άσκηση 1 του Φ.Ε. 3 (βλ. παράρτ.). Στο παρακάτω παράδειγμα απάντησης από τα ερωτηματολόγια μεταελέγχου,

«Εξάτμιση: Μετατροπή νερού σε αέρια μορφή από την επιφάνειά του

Διαπνοή: εξάτμιση νερού από τα φύλλα των δέντρων

Συμπύκνωση: μετατροπή υδρατμών σε σταγονίδια και παγοκρυστάλλους

Κατακρήμνιση: Η πτώση του νερού με διάφορες μορφές χιόνι, χαλάζι, βροχή

Κατείσδυση: Κίνηση νερού πάνω σ' αυτή και μέσα σ' αυτή

Απορροή: απορρόφηση νερού από το έδαφος

Εκφόρτιση: απελευθέρωση νερού προς την επιφάνεια της γης και στην θάλασσα»

ο χαρακτηρισμός από τον διδάσκοντα στον πίνακα ανάλυσης ήταν 7Σ (αναφορά), 5Σ (περιγραφή).

Στο δεύτερο υποερώτημα «Δώστε μια σύντομη εξήγηση για τα φαινόμενα: εξάτμιση, συμπύκνωση και κατακρήμνιση» όσον αφορά την εξάτμιση και σύμφωνα με τη διδασκαλία **σωστή** θεωρείται η απάντηση που αναφέρεται στην θερμοκρασία του νερού (από 0 °C έως 100 °C έχουμε το φαινόμενο της εξάτμισης), για το φαινόμενο της συμπύκνωσης **σωστή** όταν οι υδρατμοί καθώς ανέρχονται συναντούν ψυχρές αέριες μάζες ή ότι ο αέρας σε κάθε θερμοκρασία «χωρά» μια ορισμένη ποσότητα υδρατμών με αποτέλεσμα οι επιπλέον υδρατμοί να υγροποιούνται, για δε την κατακρήμνιση **σωστή** όταν τα σταγονίδια ή οι παγοκρύσταλλοι ενωθούν μεταξύ τους αποκτήσουν έτσι μεγαλύτερο βάρος και πέσουν και **λάθος** όταν δεν αναφέρονταν στα παραπάνω.

### 11<sup>η</sup> Ερώτηση/ 4<sup>η</sup> Ενότητα: Ο κύκλος του νερού

Για την ερώτηση αυτή κλειστού τύπου

«Απαντήστε στις παρακάτω προτάσεις γράφοντας **Σ** (Σωστό) ή **Λ** (Λάθος) στην αρχή κάθε πρότασης:

- A.** Στην τροπική ζώνη συμβαίνει μεγαλύτερη εξάτμιση από την εύκρατη.
- B.** Ο κύκλος του νερού έχει πάντα ως αρχή τη θάλασσα και τέλος τη στεριά.
- Γ.** Ένα σύννεφο στην περιοχή σας έχει διαφορετική σύσταση από ένα σύννεφο στα Χανιά.
- Δ.** Η γενεσιουργός αιτία του κύκλου του νερού είναι ο ήλιος.
- Ε.** Το νερό (υδρατμός) που εξατμίζεται από την θάλασσα είναι «γλυκό».
- ΣΤ.** Δεν θα δημιουργηθεί πρόβλημα στην διαπνοή ενός φυτού αν καλύψουμε το κάτω μέρος των φύλλων του με βαζελίνη.
- Ζ.** Ο κύκλος του νερού αποτελεί ένα κλειστό σύστημα»

που αναφέρεται σε γενικές γνώσεις πάνω στον ΚτΝ **σωστές απαντήσεις** είναι οι εξής: Α:Σ, Β:Λ, Γ:Λ, Δ:Σ, Ε:Λ, ΣΤ:Λ, Ζ:Σ.

### **12<sup>η</sup> Ερώτηση/ 4<sup>η</sup> Ενότητα: Ο κύκλος του νερού**

Στην τελευταία ερώτηση «Προσπαθήστε παρακάτω να κάνετε ένα σχέδιο που να αναπαριστά τον κύκλο του νερού στη φύση (Να χρησιμοποιήσετε μολύβι, σβήστρα για την περίπτωση που χρειαστεί να διορθώσετε κάτι και βέλη για να δείξετε την κατεύθυνση του νερού)» οι αναπαραστάσεις θεωρούνταν **σωστές** όταν περιελάμβαναν τον ήλιο καθώς και τα 7 βασικά φαινόμενα στις 4 σφαίρες του ΚτΝ (υδρόσφαιρα, ατμόσφαιρα, λιθόσφαιρα, βιόσφαιρα) και με **μερική περιγραφή** αυτές που δεν απεικόνιζαν τον ήλιο ή περιορίζονταν σε κάποιο μέρος του ΚτΝ (π.χ. ατμοσφαιρικό) και **λάθος** όσες δεν απεικόνιζαν τίποτα από τα παραπάνω.

#### **3.2.2 Αναστοχαστικό κείμενο**

Το μεγαλύτερο μέρος του αναστοχαστικού κειμένου γράφτηκε όπως και τα φύλλα παρατήρησης σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά από κάθε διδασκαλία ώστε να είναι όσο γίνεται πιο αυθεντικό. Επιδιώχθηκε να καταγραφούν τα σημεία στα οποία υπήρξε απόκλιση από τον αρχικό σχεδιασμό, οι δυσκολίες και τα απρόοπτα που δημιουργήθηκαν κατά την διάρκεια της διδασκαλίας. Επίσης οι στόχοι ανά μάθημα, τα τεκμήρια συμμετοχής των μαθητών (κυρίως ποσοτικά) όπως αυτά αποτυπώθηκαν στα φύλλα παρατήρησης, καθώς και τα αποτελέσματα των φύλλων εργασίας τα οποία προέκυψαν μέσα από τμήματα διαλόγων και που αποδείκνυαν εν μέρει την επίτευξη ή όχι των στόχων κάθε μαθήματος. Τέλος κάθε επιμέρους αναστοχαστικό κείμενο συμπληρωνόταν έπειτα από το μεταέλεγχο και αποτύπωνε την πρόοδο (ή όχι) που υπήρχε μετά από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των ερωτηματολογίων προ και μεταελέγχου.

### **3.2.3 Φύλλο παρατήρησης**

Τα τέσσερα συνολικά Φύλλα Παρατήρησης του εξωτερικού παρατηρητή (όσες και οι διδακτικές παρεμβάσεις) είναι όμοια στη δομή τους, αποτελούνται από πέντε στήλες το καθένα (παράρτημα 5) και έγινε προσπάθεια να ολοκληρωθούν σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα μετά την κάθε διδασκαλία ώστε να επικουρήσουν το αναστοχαστικό κείμενο. Οι τρεις πρώτες στήλες (Α,Β,Γ) του κάθε φύλλου παρατήρησης αναφέρονται στο σχεδιασμό της διδασκαλίας και ήταν ήδη συμπληρωμένες από τον ερευνητή/διδάσκοντα πριν δοθούν στον παρατηρητή. Στη στήλη (Α), γίνεται αναφορά στην κάθε φάση της διδασκαλίας (π.χ. εξοικείωση, προβληματισμός, εισαγωγή νέας γνώσης) καθώς και στο αντίστοιχο περιεχόμενο διδασκαλίας. Στη στήλη (Β), αναφέρονται οι στόχοι που αντιστοιχούν σε κάθε φάση διδασκαλίας και στη στήλη (Γ), στη διδακτική μέθοδο και στρατηγική που είναι σχεδιασμένη κάθε φορά για την επίτευξη των συγκεκριμένων στόχων. Πριν την εφαρμογή της κάθε διδασκαλίας προηγούνταν συνάντηση μεταξύ ερευνητή και παρατηρητή για τη διδασκαλία που πρόκειται να ακολουθήσει δηλαδή ανάγνωση των τριών πρώτων στηλών του αντίστοιχου Φύλλου Παρατήρησης καθώς και των Φύλλων Εργασίας και παράλληλη συζήτηση για τυχόν απορίες, διευκρινήσεις πάνω στο περιεχόμενο της διδασκαλίας. Οι επόμενες δύο στήλες (Δ, Ε) συμπληρώθηκαν από τον εξωτερικό παρατηρητή αμέσως μετά την διδασκαλία και επιβεβαίωναν αν αυτά που σχεδίασε ο ερευνητής/εφαρμοστής έγιναν ή ήταν διαφοροποιημένα (περισσότερα, λιγότερα, διαφορετικά). Πιο συγκεκριμένα στη στήλη (Δ) περιγράφεται συνοπτικά τι κάνει ο εκπαιδευτικός και τι οι μαθητές δίνοντας χονδρικά και τη διάρκεια και στη στήλη (Ε) τα τεκμήρια π.χ. οι διάλογοι, πιο το ερώτημα της διερεύνησης όταν γίνεται διερεύνηση, αν ο εκπαιδευτικός κατά την παράδοση δίνει σύντομη περιγραφή περιεχομένου, ερωτήσεων, υλικών επίδειξης κλπ. Το ίδιο για τα πειράματα τα λογισμικά ή τις εικόνες.

Επειδή τα φύλλα παρατήρησης που προέκυψαν ήταν μεγάλα σε όγκο δεδομένων περίπου 33 σελίδες (η πλήρη μορφή τους βρίσκεται στο παράρτημα 5) συμφωνήθηκε μεταξύ ερευνητή και εξωτερικού παρατηρητή να γίνει μια σύνοψη η οποία και πραγματοποιήθηκε έπειτα από τη μεταξύ τους συνεργασία (βλέπε κεφάλαιο «αποτελέσματα έρευνας» παράγραφος 4.3) ώστε ο αναγνώστης της παρούσας έρευνας να έχει μια πρώτη εικόνα των σημαντικότερων σημείων ανά ενότητα που συνέβησαν κατά τη διάρκεια εφαρμογής της ΔΜΑ.

### **3.2.4 Σύνδεση ερευνητικών εργαλείων**

Τα ερωτηματολόγια προ και μεταελέγχου αποτέλεσαν το κύριο ερευνητικό εργαλείο. Έγινε προσπάθεια επομένως να ελεγχθεί αν τα ερωτήματα που το αποτελούν (τα οποία κατ' επέκταση αποσκοπούσαν στην διερεύνηση επιτυχίας ή αποτυχίας επίτευξης των στόχων της έρευνας) θα μπορούσαν να απαντηθούν και με ποιο τρόπο μέσω της διδακτικής παρέμβασης κατά την διάρκεια εφαρμογής της ΔΜΑ. Επί-

σης αν η εικόνα των αντιλήψεων των μαθητών που προκύπτουν εν μέρει από τις απαντήσεις των ερωτηματολογίων ενισχύονται από τα τεκμήρια του Φ.Π. και επιβεβαιώνονται ποιοτικά από το αναστοχαστικό κείμενο. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα άλλα δύο ερευνητικά εργαλεία δηλαδή από τη μία το Φ.Π. που αποτύπωνε τα σημαντικότερα συμβάντα ανά ενότητα που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας και τη συμμετοχή των μαθητών και από την άλλη το αναστοχαστικό κείμενο του ερευνητή που εστίαζε κυρίως στα σημεία της εφαρμογής της ΔΜΑ που δυσκόλεψαν τους μαθητές και τον ίδιο, που ίσως δεν έγιναν όπως θα ήθελε καθώς και κάποια άλλα τα οποία παρέλειψε ή τα «δούλεψε» σύντομα λόγω έλλειψης χρόνου.

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

#### 4.1 Αποτελέσματα ανά ενότητα ερώτηση και στόχο των τεστ προ-ελέγχου και μετά-ελέγχου της έρευνας.

Παρακάτω παραθέτονται τα αποτελέσματα της επίδοσης των μαθητών στα ερωτηματολόγια προελέγχου και μεταελέγχου ανά ενότητα, ερώτηση και αντίστοιχο στόχο με τη μορφή πινάκων και γραφημάτων καθώς και σχόλια και παραδείγματα κατά περίπτωση.

##### 4.1.1 Η αξία του νερού

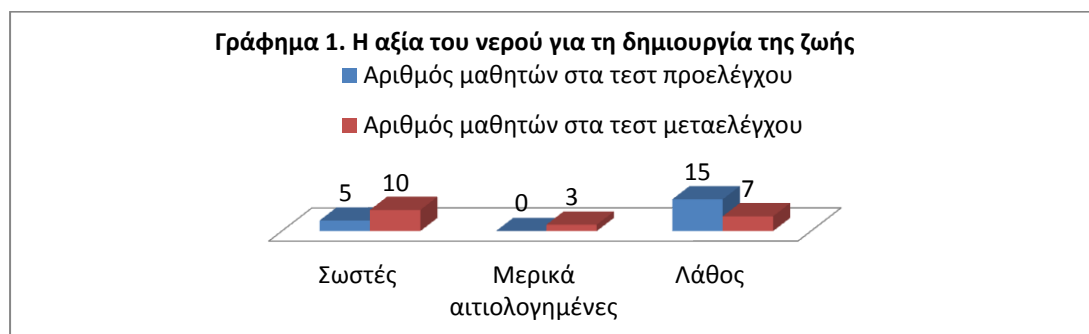
Πίνακας 1

1η Ενότητα/ 1Α Ερώτηση/Στόχος: Αναγνώριση της αξίας του νερού για τη δημιουργία της ζωής		
Κατηγορίες	Αριθμός μαθητών στα τεστ προελέγχου	Αριθμός μαθητών στα τεστ μεταελέγχου
Σωστές	5	10
Μερικά αιτιολογημένες	0	3
Λάθος <sup>1</sup>	15	7

Στην ερώτηση 1Α, «Γράψτε ένα λόγο που να δικαιολογεί την πρόταση το νερό είναι καθοριστικός παράγοντας δημιουργίας της ζωής» από τον παραπάνω συγκριτικό Πίνακα 1 μεταξύ των ερωτηματολογίων προ και μετά ελέγχου συμπεραίνουμε την σαφή βελτίωση των σωστά αιτιολογημένων απαντήσεων (από τους 5 μαθητές πριν την εφαρμογή της ΔΜΑ απαντούν σωστά οι 10 μετά την εφαρμογή). Όπως αναφέραμε και στη μέθοδο ανάλυσης των αποτελεσμάτων σωστές απαντήσεις θεωρήθηκαν αυτές που ήταν «κοντά» στη σχεδιασμένη διδασκαλία π.χ. «Σε όλους τους πλανήτες ψάχνουμε νερό για να δούμε αν υπάρχει ζωή». Επίσης παρατηρούμε μικρή αύξηση (από τους 0 στους 3 μαθητές) των μερικά αιτιολογημένων απαντήσεων π.χ. «είναι καθοριστικός παράγοντας δημιουργίας της ζωής καθώς έχει τις κατάλληλες συνθήκες για να συμβεί αυτό», με τις λανθασμένες απαντήσεις να αντιστοιχούν σε ένα σημαντικό ποσοστό (35% των μαθητών απαντούν λάθος) π.χ. «είναι πολύ σημαντικό διότι το νερό στο άνθρωπο είναι το 70%» γεγονός που εν μέρει οφείλεται στο αμέσως επόμενο συναφές ερώτημα 1Β, που αναφέρεται στην αξία του νερού για τη διατήρηση της ζωής, με κάποιους μαθητές να δίνουν (όπως φαίνεται κυρίως

<sup>1</sup> Λάθος θεωρήθηκαν και οι ερωτήσεις που δεν απαντήθηκαν ή απαντήθηκαν ως εξής: «δεν γνωρίζω» ή «δεν ξέρω»

στα ερωτηματολόγια μεταελέγχου) τη σωστή απάντηση του 1Α ερωτήματος στο 1B και αντιστρόφως .

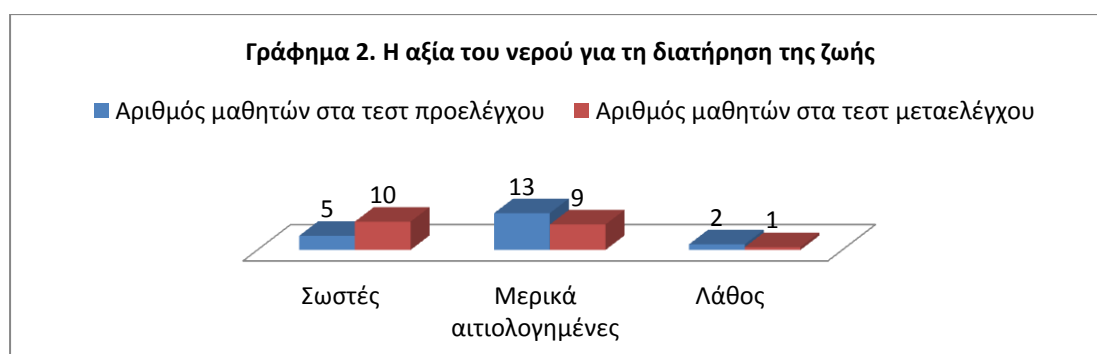


**Πίνακας 2**

**1η Ενότητα/ 1B Ερώτηση/Στόχος: Αναγνώριση της αξίας του νερού για τη διατήρηση της ζωής**

Κατηγορίες	Αριθμός μαθητών στα τεστ προελέγχου	Αριθμός μαθητών στα τεστ μεταελέγχου
Σωστές	5	10
Μερικά αιτιολογημένες	13	9
Λάθος	2	1

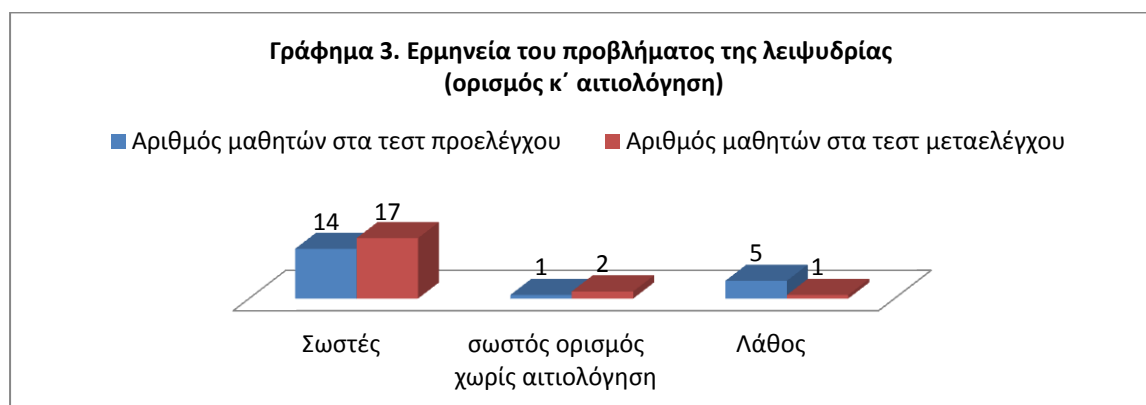
Στο ερώτημα 1B «Γράψτε επίσης ένα λόγο που να δικαιολογεί την πρόταση «το νερό είναι θεμελιώδης παράγοντας διατήρησης της ζωής» αν και ξεκινάμε από σαφώς καλύτερες αρχικές ιδέες των μαθητών τουλάχιστον ως προς τις μερικά αιτιολογημένες απαντήσεις υπάρχει επίσης βελτίωση της τάξης του 100% (από τους 5 στους 10 μαθητές μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ) στις σωστές απαντήσεις π.χ. «το νερό είναι απαραίτητο για να εκτελεστούν βασικές λειτουργίες ζωντανών οργανισμών που χωρίς αυτές πεθαίνουν» με τις μερικά αιτιολογημένες π.χ. «το μεγαλύτερο ποσοστό του ανθρώπου αποτελείται από νερό γι αυτό το χρειάζεται καθημερινά για να επιβιώσει» να μειώνονται υπέρ των σωστών και με τις λάθος απαντήσεις να περιορίζονται σε μία.



**Πίνακας 3**

1η Ενότητα/ 2η Ερώτηση/Στόχος: Η ερμηνεία του προβλήματος της λειψυδρίας (ορισμός και αιτιολόγηση)		
Κατηγορίες	Αριθμός μαθητών στα τεστ προελέγχου	Αριθμός μαθητών στα τεστ μεταελέγχου
Σωστές	14	17
Σωστός ορισμός χωρίς αιτιολόγηση	1	2
Λάθος	5	1

Στον παραπάνω Πίνακα 3 φαίνεται ότι οι μαθητές στο ερώτημα «τι σημαίνει η λέξη λειψυδρία; Ποια είναι η κυριότερη αιτία που τη δημιουργεί;» είχαν αρχικά μια καλή εικόνα του προβλήματος της λειψυδρίας με τις σωστές απαντήσεις (σωστός ορισμός και αιτιολόγηση) π.χ. « ... είναι η έλλειψη νερού σε διάφορες συγκεκριμένες περιοχές λόγω έλλειψης βροχής...» να φτάνουν μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ τις 17 επί συνόλου 20 μαθητών. Υπήρξαν 2 μαθητές που έδωσαν σωστό ορισμό χωρίς αιτιολόγηση, π.χ. «... είναι το φαινόμενο κατά το οποίο υπάρχει νερό αλλά όχι όσο είναι απαραίτητο για την ανάγκη του ανθρώπου και των ζώων» και ένας μαθητής που δεν απάντησε καθόλου.



#### 4.1.2 Μορφές και καταστάσεις του νερού

**Πίνακας 4**

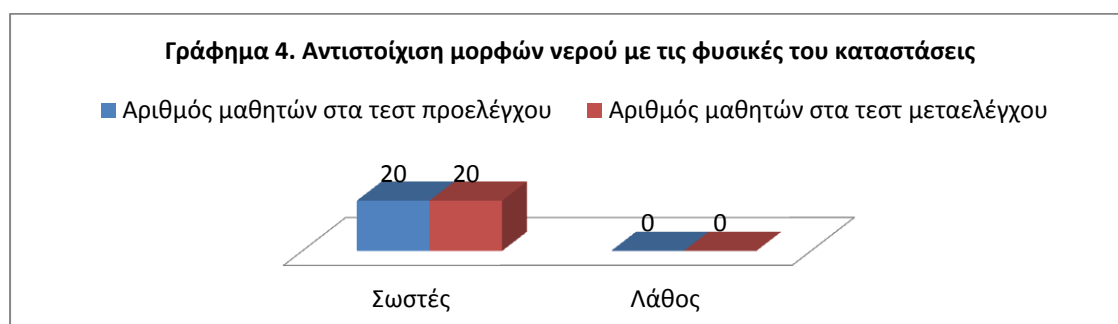
2η Ενότητα/ 3η Ερώτηση/Στόχος: Διάκριση φυσικών καταστάσεων του νερού		
Κατηγορίες	Αριθμός μαθητών στα τεστ προελέγχου	Αριθμός μαθητών στα τεστ μεταελέγχου
Σωστές	20	20
Λάθος	0	0



Είναι σαφές ότι από τον Πίνακα 4 ότι στο ερώτημα «Αντιστοιχίστε μορφές νερού στη φύση με τις αντίστοιχες φυσικές του καταστάσεις (για διευκόλυνσή, σας δίνουμε την πληροφορία ότι τα υπόγεια νερά είναι σε υγρή κατάσταση):

Μορφές νερού	Φυσική κατάσταση
Βροχή	
Υδρατμοί	
Παγετώνες	
Υπόγεια νερά	υγρή
Παγόβουνα	
Ωκεανοί	

οι μαθητές τα πήγαν εξίσου πολύ καλά και πριν αλλά και μετά τη διδακτική παρέμβαση εφόσον απάντησαν σωστά σε όλα τα επιμέρους ερωτήματα. Το ερώτημα αυτό διατηρήθηκε στον μεταέλεγχο για να ελεγχθεί διπλά (αποφυγή τυχαίων αποτελεσμάτων) η αρτιότητα της γνώσης των μαθητών σε σχέση με τις Φ.Κ. του νερού.



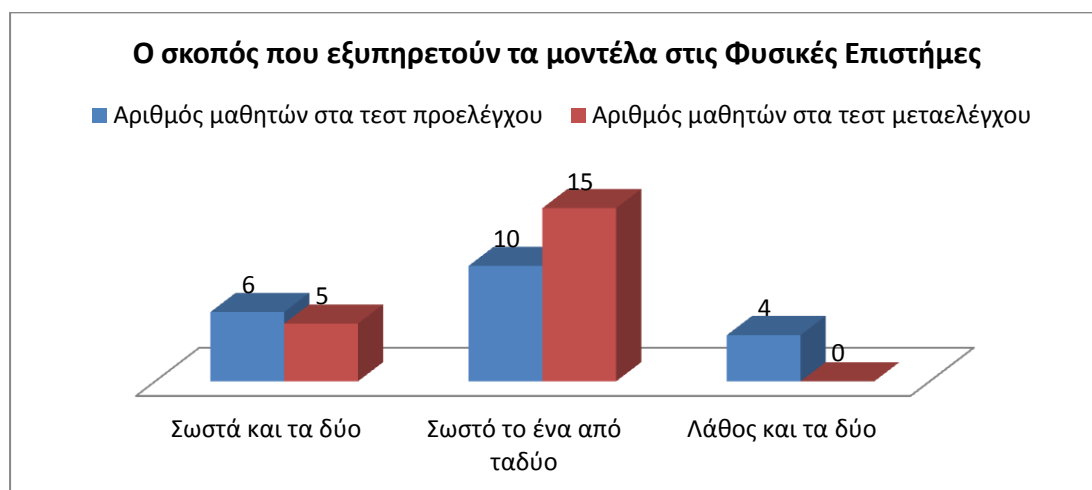
**Πίνακας 5**

2η Ενότητα/ 4Α Ερώτηση: Ο σκοπός που εξυπηρετούν τα μοντέλα στις Φυσικές Επιστήμες		
Κατηγορίες	Αριθμός μαθητών στα τεστ προελέγχου	Αριθμός μαθητών στα τεστ μεταελέγχου
Σωστά και τα δύο	6	5
Σωστό το ένα από τα δύο	10	15
Λάθος και τα δύο	4	0

Από τον Πίνακα 5 συμπεραίνουμε ότι οι σωστές απαντήσεις (περιεχόμενο και λειτουργία) όπως, «...φτιάχτηκε για να κατανοήσουμε το πώς λειτουργεί ο άνθρωπος και τι όργανα έχουμε» στο συγκεκριμένο ερώτημα 4Α, «Περιγράψτε σύντομα ποιος νομίζετε ότι είναι ο σκοπός του παρακάτω προπλάσματος ανθρώπινου σώματος (μοντέλο)»



παρέμειναν σχεδόν σταθερές (είχαμε ελάχιστη μείωση κατά έναν μαθητή), με κανέναν όμως πλέον μαθητή να μην απαντά λάθος και με σημαντική αύξηση των σωστών απαντήσεων των μαθητών (ποσοστό 25%) μόνο σε ένα από τα δύο π.χ., «...να μας δείξει περίπου πως είναι το εσωτερικό λειτουργικό σύστημα του ανθρώπου», όπου η αύξηση οφείλεται εξ ολοκλήρου στην κατανόηση της λειτουργίας του μοντέλου (όπως προκύπτει από τα ερωτηματολόγια μεταελέγχου) πράγμα που κυρίως αποτελούσε και το ζητούμενο κατά το σχεδιασμό της ΔΜΑ.

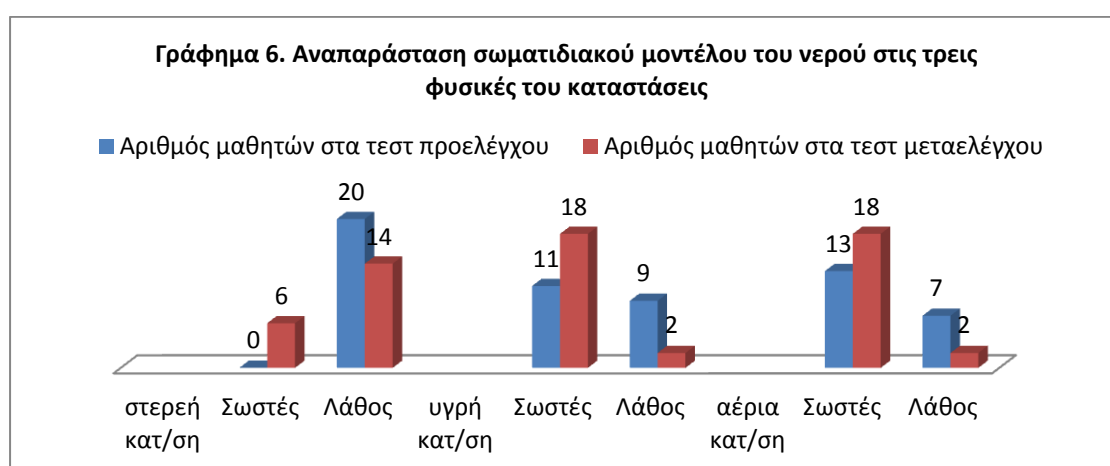


**Πίνακας 6**

<b>2η Ενότητα/ 4B Ερώτηση/Στόχος: Αναπαράσταση σωματιδιακού μοντέλου του νερού στις τρεις Φ.Κ.</b>		
Κατηγορίες	Αριθμός μαθητών στα τεστ προελέγχου	Αριθμός μαθητών στα τεστ μεταελέγχου
<b>στερεή κατ/ση</b>		
Σωστές	<b>0</b>	<b>6</b>
Λάθος	<b>20</b>	<b>14</b>
<b>υγρή κατ/ση</b>		

Σωστές	11	18
Λάθος	9	2
<b>αέρια κατ/ση</b>		
Σωστές	13	18
Λάθος	7	2

Από τον Πίνακα 6 φαίνεται ότι στο ερώτημα 4B, «Προσπαθήστε να σχεδιάσετε παρακάτω 6 μόρια νερού στις τρεις φυσικές του καταστάσεις. Κάντε τρία διαφορετικά σχέδια (μοντέλα) ένα για κάθε κατάσταση (κάθε μόριο παραστήστε το με ένα μικρό κύκλο όπως το διπλανό ○)», οι μαθητές παρουσίασαν αρχικά άγνοια της εξαγωνικής δομής της στερεής κατάστασης του νερού (κανένας μαθητής δεν απάντησε σωστά) γεγονός αναμενόμενο ως ένα βαθμό μιας και ποτέ με βάση τα αναλυτικά προγράμματα δημοτικού και γυμνασίου δεν την έχουν διδαχτεί. Έχουν διδαχτεί γενικά τη δομή των στερεών (διαφέρει απ' αυτή του πάγου), και τη δομή υγρών και αερίων σωμάτων (μοιάζει μ' αυτή του νερού και των υδρατμών αντίστοιχα). Παρατηρήθηκε μικρή αλλά σημαντική βελτίωση με 6 από τους 20 μαθητές να απαντούν σωστά μετά τη διδακτική παρέμβαση αποτυπώνοντας την εξαγωνική δομή καθώς και την αύξηση του όγκου του πάγου σε σχέση με το υγρή μορφή του νερού. Αντίθετα στην υγρή και αέρια κατάσταση φαίνεται και αρχικά να έχουν μια αρκετά καλή γνώση (δικαιολογείται εν μέρει από τα παραπάνω) αλλά και να την βελτιώνουν σε ικανοποιητικό βαθμό μιας και μόνο 2 από τους 20 συνολικά μαθητές απαντούν λάθος μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ.

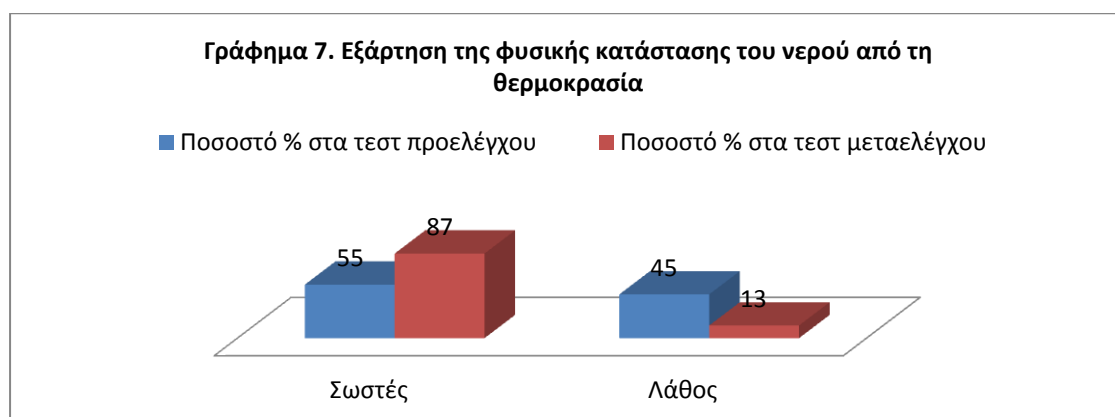


**Πίνακας 7**

**2η Ενότητα/ 8η Ερώτηση: Εξάρτηση της φυσικής κατάστασης του νερού από την θερμοκρασία**

Κατηγορίες	Ποσοστό % στα τεστ προελέγχου	Ποσοστό % στα τεστ μεταελέγχου
Σωστές απαντήσεις	55	87
Λάθος απαντήσεις	45	13

Στην κλειστού τύπου ερώτηση 8 που αναφέρεται στη σχέση μεταβολής της θερμοκρασίας και αντίστοιχης μεταβολής της φυσικής κατάστασης του νερού η εξαγωγή των αποτελεσμάτων (λόγω της φύσης της ερώτησης) δεν ήταν εφικτό να γίνει στο συνολικό αριθμό των μαθητών οπότε επιλέχτηκε η λύση του ποσοστού επί τοις εκατό των σωστών απαντήσεων επί του συνόλου των απαντήσεων και αντίστοιχα των λάθος απαντήσεων. Από τον παραπάνω Πίνακα 7, προκύπτει η σαφής βελτίωση των μαθητών μετά την διδακτική παρέμβαση (από το 55% στο 87%) στη σύνδεση θερμοκρασίας και φυσικής κατάστασης του νερού, με τις επιμέρους δυσκολίες (όπως φαίνεται από τα ερωτηματολόγια μεταελέγχου) να εστιάζονται κυρίως στο σημείο πήξης και στο σημείο βρασμού του νερού.



#### 4.1.3 Φαινόμενα σε σχέση με το νερό στη φύση

Πίνακας 8

3η Ενότητα/ 5Α Ερώτηση/Στόχος: Αναγνώριση των φαινομένων που σχετίζονται με τον ΚτΝ στη φύση		
Κατηγορίες	Αριθμός μαθητών στα τεστ προελέγχου	Αριθμός μαθητών στα τεστ μεταελέγχου
<b>εξάτμιση</b>		
Σωστές	16	20
Λάθος	4	0
<b>συμπύκνωση</b>		
Σωστές	13	19
Λάθος	7	1
<b>κατακρήμνιση</b>		

Σωστές	9	17
Λάθος	11	3
<b>απορροή</b>		
Σωστές	5	11
Λάθος	15	9
<b>διήθηση</b>		
Σωστές	5	12
Λάθος	15	8
<b>εκφόρτιση</b>		
Σωστές	8	18
Λάθος	13	2
<b>διαπνοή</b>		
Σωστές	17	20
Λάθος	3	0

Στο ερώτημα 5Α που αναφέρεται στην αντιστοίχιση των 7 βασικών φαινομένων (διαπνοή, εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση, απορροή, διήθηση, εκφόρτιση) του ΚτΝ στη φύση με τις αντίστοιχες περιγραφές τους τα αποτελέσματα είναι αναμενόμενα. Πιο συγκεκριμένα στα φαινόμενα που οι μαθητές έχουν διδαχθεί στο Δημοτικό και στις πρώτες τάξεις του Γυμνασίου δηλαδή εξάτμιση, συμπύκνωση και διαπνοή από τον Πίνακα 8 φαίνεται η πολύ καλή αρχική γνώση αλλά και η βελτίωση που φτάνει σχεδόν στο απόλυτο μετά τη διδακτική παρέμβαση. Στην κατακρήμνιση που ναι μεν οι μαθητές την έχουν διδαχθεί αλλά επιμέρους με τις συνήθεις ονομασίες όπως π.χ. βροχή, χιόνι, χαλάζι κτλ, ξεκινούν με μια μέτρια αρχικά γνώση και φτάνουν μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ σε πολύ ικανοποιητικό επίπεδο (από τις 9 αρχικά σωστές απαντήσεις στις 17 στο τέλος). Στα άλλα τρία φαινόμενα απορροή, διήθηση και εκφόρτιση που αναφέρονται στο λιθοσφαιρικό κυρίως μέρος του ΚτΝ (το οποίο και δεν έχουν από πριν διδαχτεί στο σχολείο) η αρχική γνώση φαίνεται να είναι αρκετά χαμηλή με σαφή βελτίωση μετά τη διδασκαλία στα φαινόμενα απορροή και διήθηση (με 11 και 12 σωστές απαντήσεις αντίστοιχα) και εντυπωσιακή βελτίωση στο φαινόμενο της εκφόρτισης (18 μαθητές απαντούν σωστά μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ).

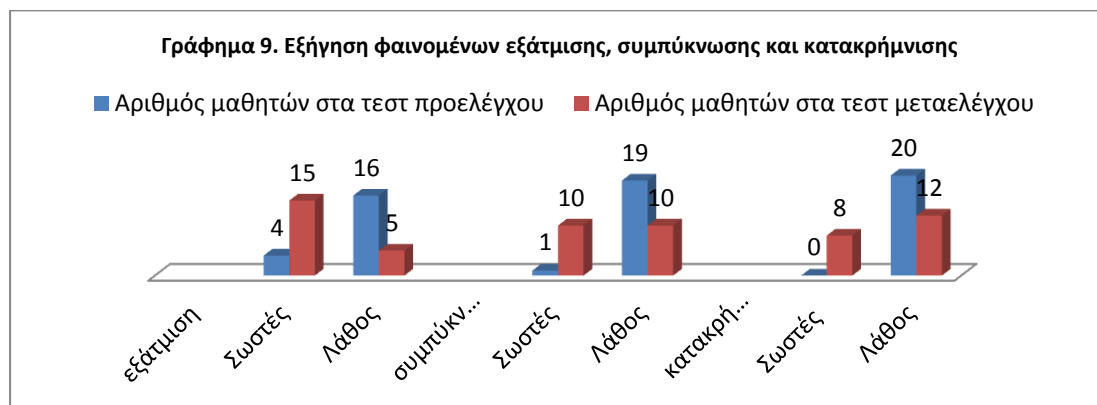


**Πίνακας 9**

<b>3η Ενότητα/ 4B Ερώτηση/Στόχος: Εξήγηση φαινομένων εξάτμισης, συμπύκνωσης και κατακρήμνισης</b>		
<b>Κατηγορίες</b>	<b>Αριθμός μαθητών στα τεστ προελέγχου</b>	<b>Αριθμός μαθητών στα τεστ μεταελέγχου</b>
<b>εξάτμιση</b>		
Σωστές	4	15
Λάθος	16	5
<b>συμπύκνωση</b>		
Σωστές	1	10
Λάθος	19	10
<b>κατακρήμνιση</b>		
Σωστές	0	8
Λάθος	20	12

Στο ερώτημα 10B, «Δώστε μια σύντομη εξήγηση για τα φαινόμενα: εξάτμιση, συμπύκνωση και κατακρήμνιση», από τα αποτελέσματα του Πίνακα 9 φαίνεται ο πολύ μικρός αριθμός των μαθητών (μόλις 4 στους 20) που μπορούσαν αρχικά να εξηγήσουν αποδεκτά το φαινόμενο της εξάτμισης καθώς και η ανυπαρξία σχεδόν σωστών απαντήσεων για τα φαινόμενα της συμπύκνωσης (1 στους 20) και κατακρήμνισης (0 στους 20). Μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ η σημαντική βελτίωση στις σωστές εξηγήσεις, αυτών δηλαδή που αναφέρονται στην θερμοκρασία αλλά και πιο συγκεκριμένων όπως π.χ. « εξάτμιση γίνεται όταν η θερμοκρασία είναι άνω των  $0^{\circ}\text{C}$  ( όσο πιο υψηλή είναι τόσο πιο γρήγορα γίνεται κ' το αντίθετο) και κάτω των  $100^{\circ}\text{C}$ » για το φαινόμενο της εξάτμισης είναι εμφανής (15 μαθητές στους 20 εξηγούν σωστά). Στο φαινόμενο της συμπύκνωσης τα αποτελέσματα στα τεστ μεταελέγχου δείχνουν τους μισούς μαθητές να απαντούν επίσης σωστά δίνοντας εξηγήσεις που έχουν

σχέση με τη θερμοκρασία π.χ. « οι υδρατμοί ανεβαίνουν στον αέρα και συναντούν ψυχρές αέριες μάζες γι' αυτό και συμπυκνώνονται σε σταγονίδια νερού και παγοκρυστάλλους». Στο φαινόμενο της κατακρήμνισης τα αποτελέσματα είναι μέτρια (8 στους 20 μαθητές εξηγούν σωστά) με τις σωστές απαντήσεις να εστιάζουν στη βαρύτητα π.χ. « κατακρήμνιση γίνεται όταν το βάρος των σταγόνων (ή των κρυστάλλων πάγου) είναι πιο μεγάλο από αυτό που μπορεί το σύννεφο να συγκρατήσει»

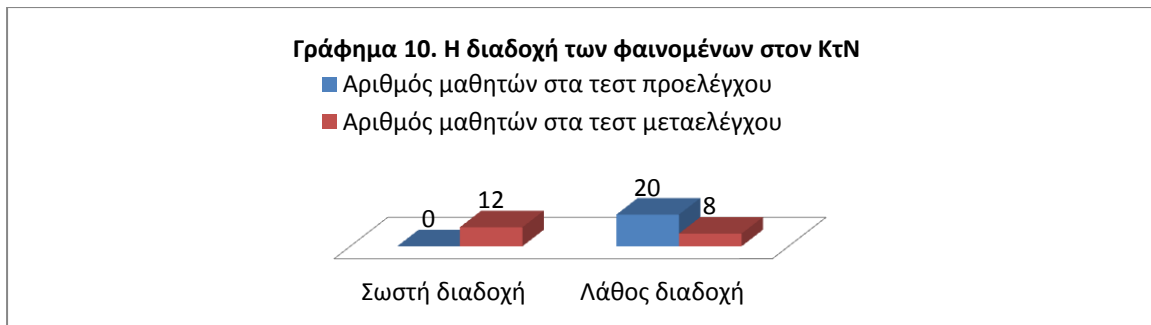


#### 4.1.4 Ο κύκλος του νερού

**Πίνακας 10**

4η Ενότητα/ 5B Ερώτηση/Στόχος: Η σωστή διαδοχή των φαινομένων στον ΚτΝ		
Κατηγορίες	Αριθμός μαθητών στα τεστ προελέγχου	Αριθμός μαθητών στα τεστ μεταελέγχου
Σωστή διαδοχή	0	12
Λάθος διαδοχή	20	8

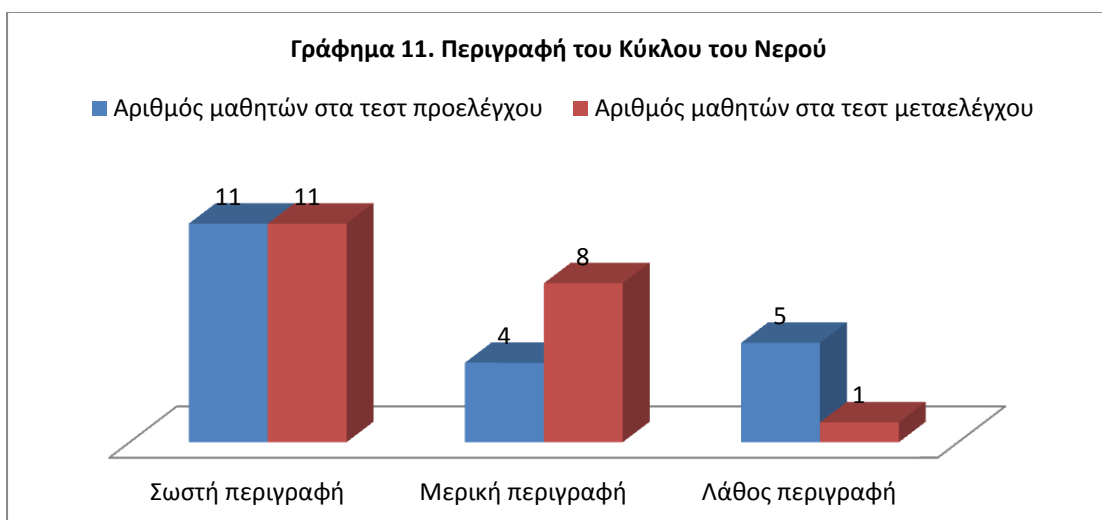
Με βάση τον Πίνακα 10 στο ερώτημα 5B «Αριθμήστε τα παραπάνω φαινόμενα του νερού της πρώτης στήλης από το 1 έως το 7 ώστε να φαίνεται η σωστή διαδοχική σειρά με την οποία εκδηλώνονται στη φύση (μπορείτε να αρχίσετε από όποιο φαινόμενο θέλετε)» είναι σαφής η βελτίωση που παρατηρήθηκε με τις σωστές απαντήσεις π.χ. 1: εξάτμιση-διαπνοή, 2: συμπύκνωση, 3: κατακρήμνιση, 4: απορροή, 5: διήθηση (κατείδυση), 6: εκφόρτιση, να αυξάνονται εντυπωσιακά από τις 0 στις 12 και με τις άλλες 8 απαντήσεις που θεωρήθηκαν λάθος να αποτυπώνουν σωστή διαδοχή εν μέρει, ως επί το πλείστον στο ατμοσφαιρικό μέρος του ΚτΝ (όπως προκύπτει από τα ερωτηματολόγια μεταελέγχου).



**Πίνακας 11**

4η Ενότητα/ 6 Ερώτηση/Στόχος: Περιγραφή του Κύκλου του Νερού		
Κατηγορίες	Αριθμός μαθητών στα τεστ προελέγχου	Αριθμός μαθητών στα τεστ μεταελέγχου
Σωστή περιγραφή	11	11
Μερική περιγραφή	4	8
Λάθος περιγραφή	5	1

Στην 6<sup>η</sup> ερώτηση «Περιγράψτε σ' ένα σύντομο κείμενο τι εννοούμε με τη πρόταση ο κύκλος του νερού στη φύση» ο συνολικός αριθμός των σωστών απαντήσεων π.χ. «...είναι η ανακύκλωση του νερού στη φύση σε διάφορες διαδικασίες, μεταβολές και μορφές (π.χ. στερεή, υγρή, αέρια)» παρέμεινε σταθερός πιο ψηλά από τον μέσο όρο με σαφή βελτίωση της μερικής περιγραφής π.χ. «Ο κύκλος του νερού είναι ο τρόπος της φύσης να ανακυκλώνει το νερό έτσι το νερό δεν τελειώνει ποτέ».

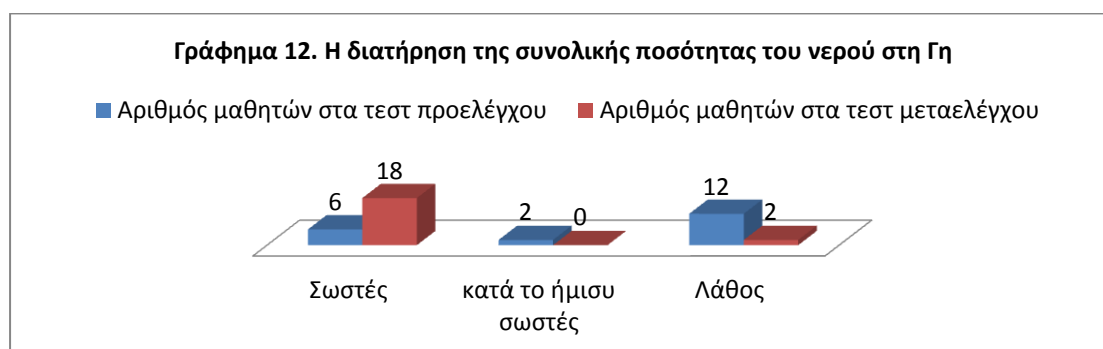




Πίνακας 12

4η Ενότητα/ 7η Ερώτηση/Στόχος: Η διατήρηση της συνολικής ποσότητας του νερού στη Γη		
Κατηγορίες	Αριθμός μαθητών στα τεστ προελέγχου	Αριθμός μαθητών στα τεστ μεταελέγχου
Σωστές	6	18
Σωστή επιλογή με λάθος αιτιολόγηση	2	0
Λάθος	12	2

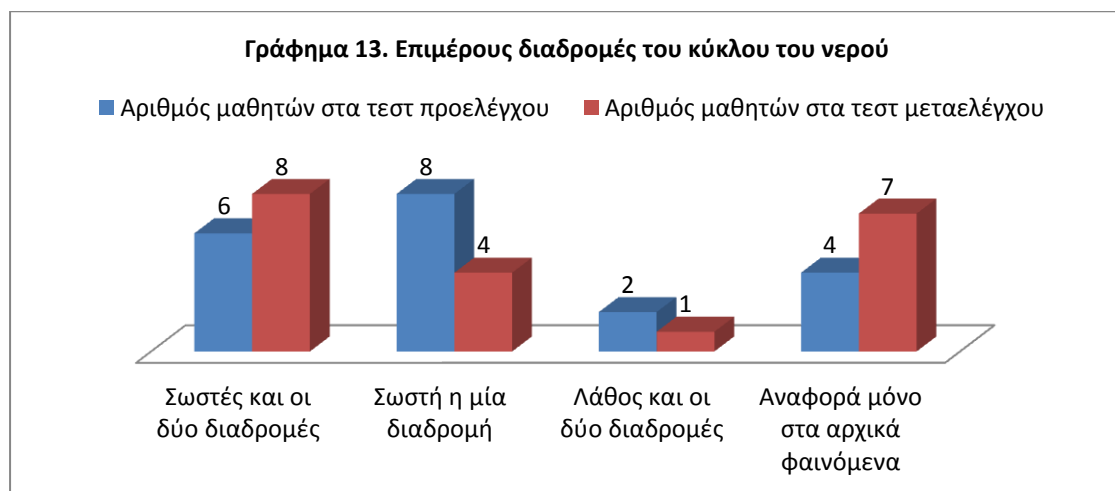
Στην 7<sup>η</sup> ερώτηση, «Λέγεται ότι η συνολική ποσότητα του νερού στη Γη παραμένει σταθερή. Επιλέξτε ένα από τα παρακάτω: Α) Συμφωνώ, Β) Διαφωνώ, Γ) Δεν γνωρίζω και αιτιολογήστε την απάντησή σας» από τον παραπάνω συγκριτικό Πίνακα 12 φαίνεται η εντυπωσιακή βελτίωση των μαθητών με 18 μαθητές να απαντούν και να αιτιολογούν σωστά π.χ. «Συμφωνώ, διότι το νερό πάνω στη γη ανακυκλώνεται μέσω του κύκλου του νερού και ποτέ δεν αλλάζει» και μόνο 2 να απαντούν λάθος π.χ. «διαφωνώ διότι ανάλογα με τη ποσότητα της βροχής που φτάνει στη γη τότε καταλαβαίνουμε ότι η στάθμη του νερού και άλλοτε είναι πολύ λίγο το νερό που η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως λειψυδρία».



Πίνακας 13

4η Ενότητα/ 9Α Ερώτηση/Στόχος: Επιμέρους διαδρομές του κύκλου του νερού		
Κατηγορίες	Αριθμός μαθητών στα τεστ προελέγχου	Αριθμός μαθητών στα τεστ μεταελέγχου
Σωστές και οι δύο διαδρομές	6	8
Σωστή η μία διαδρομή	8	4
Λάθος και οι δύο διαδρομές	2	1
Αναφορά μόνο στα αρχικά φαινόμενα	4	7

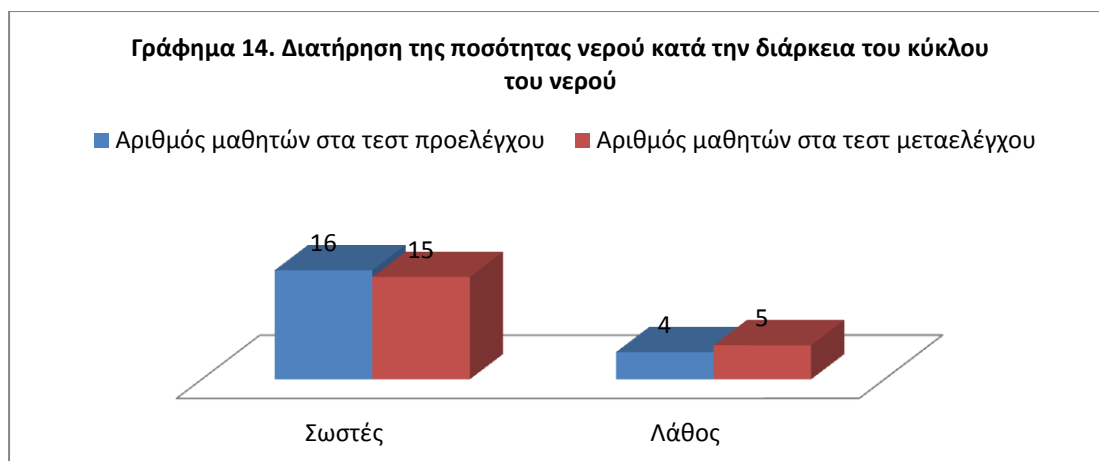
Στην ερώτηση 9Α «Δώστε δύο πιθανές διαδρομές που μπορεί να ακολουθήσει το νερό που υπάρχει σε μια λακκούβα του δρόμου μετά από κάποιο χρονικό διάστημα» υπάρχει μικρή βελτίωση (κατά 2) των μαθητών που επιλέγουν ορθά τα αρχικά φαινόμενα της εξάτμισης και της διήθησης αλλά αναφέρονται και στις μετέπειτα διαδρομές (ατμοσφαιρικό μέρος του ΚτΝ και λιθοσφαιρικό μέρος αντίστοιχα) καθώς και σαφής βελτίωση των μαθητών που αποτυπώνουν μόνο τα δύο αρχικά φαινόμενα δηλαδή της εξάτμισης και της διήθησης (από τους 4 αρχικά μαθητές στους 7 μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ).



**Πίνακας 14**

4η Ενότητα/ 9B Ερώτηση/Στόχος: Διατήρηση της ποσότητας του νερού κατά την διάρκεια του κύκλου του νερού		
Κατηγορίες	Αριθμός μαθητών στα τεστ προελέγχου	Αριθμός μαθητών στα τεστ μεταελέγχου
Σωστές	16	15
Λάθος	4	5

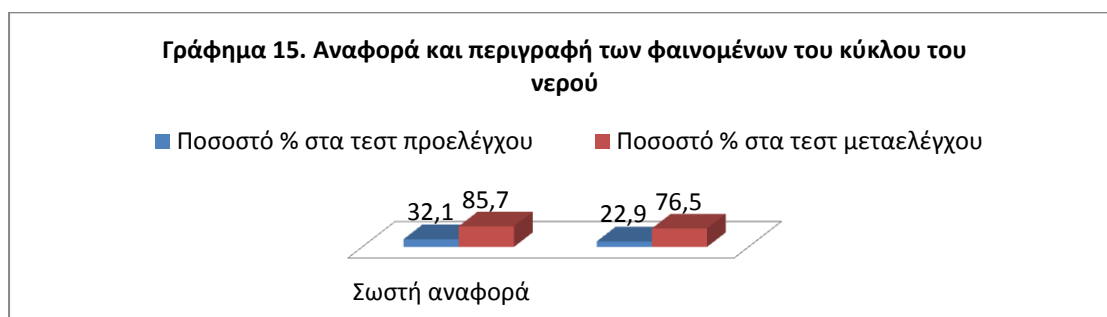
Από τον παραπάνω Πίνακα 14 φαίνεται ότι στην ερώτηση 9B, «Είναι πιθανό το νερό αυτό πριν από κάποιο χρονικό διάστημα να έτρεξε από τις βρύσες των σπιτιών μας. Ναι – Όχι (κυκλώστε την επιλογή σας)», το μεγαλύτερο μέρος των μαθητών σε ποσοστό 75% συνεχίζουν να έχουν τη σωστή άποψη, δηλαδή ότι αφού το νερό ανακυκλώνεται μέσω του ΚτΝ είναι πιθανό το νερό που βρίσκετε σε μια λακκούβα του δρόμου να έτρεξε από τις βρύσες των σπιτιών μας και αφού ακολούθησε κάποια από τις διαδρομές του ΚτΝ να κατέληξε εκεί.



**Πίνακας 15**

4η Ενότητα/ 10Α Ερώτηση/Στόχος: Αναφορά και περιγραφή των φαινομένων του κύκλου του νερού		
Κατηγορίες	Ποσοστό % στα τεστ προελέγχου	Ποσοστό % στα τεστ μεταελέγχου
Σωστή αναφορά	32,1	85,7
Σωστή και περιγραφή	22,9	76,5

Στην ερώτηση 10Α, «Αναφέρεται και περιγράψτε τα φαινόμενα που αποτελούν τον κύκλο του νερού», επιλέχτηκε επίσης λόγω της φύσης της η λύση της εξαγωγής των αποτελεσμάτων με τη μορφή ποσοστού % των σωστών απαντήσεων επί του συνόλου των απαντήσεων. Από τα ποσοστά του παραπάνω Πίνακα 15 αλλά και από τα ερωτηματολόγια προ και μεταελέγχου φαίνεται ότι ενώ λίγοι μαθητές πριν την εφαρμογή της ΔΜΑ αναφέρονταν και κάποιοι από αυτούς περιέγραφαν τα πιο οικεία τους φαινόμενα δηλαδή αυτά της εξάτμισης, συμπύκνωσης και διαπνοής, μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ οι περισσότεροι μαθητές αναφέρονταν και στα επτά βασικά φαινόμενα του ΚτΝ (εξάτμιση, διαπνοή, συμπύκνωση, κατακρήμνιση, απορροή, διήθηση, εκφόρτιση) με πολλούς από αυτούς να μπορούν και να τα περιγράψουν σωστά.



Πίνακας 16

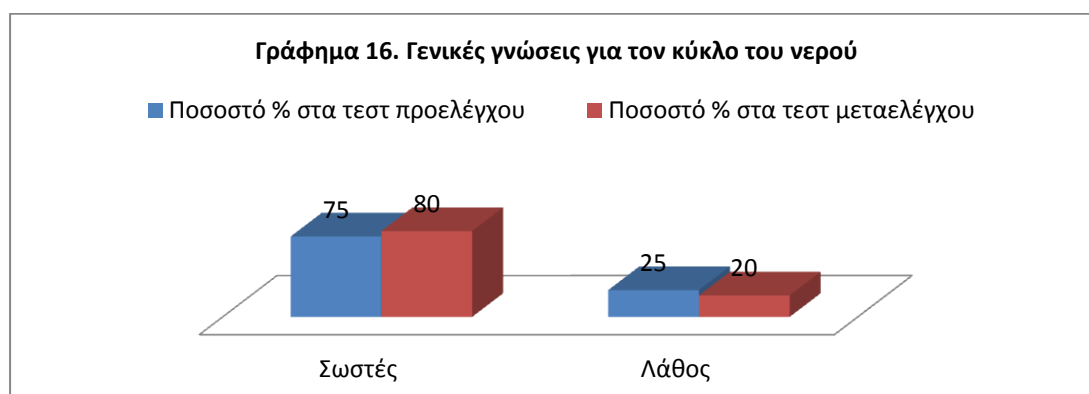
4η Ενότητα/ 11 Ερώτηση/Στόχος: Γενικές γνώσεις για τον κύκλο του νερού		
Κατηγορίες	Ποσοστό % στα τεστ προελέγχου	Ποσοστό % στα τεστ μεταελέγχου
Σωστές	75	80
Λάθος	25	20

Στην κλειστού τύπου 11<sup>η</sup> ερώτηση,

«Απαντήστε στις παρακάτω προτάσεις γράφοντας **Σ** (Σωστό) ή **Λ** (Λάθος) στην αρχή κάθε πρότασης:

- A.** Στην τροπική ζώνη συμβαίνει μεγαλύτερη εξάτμιση από την εύκρατη.
- B.** Ο κύκλος του νερού έχει πάντα ως αρχή τη θάλασσα και τέλος τη στεριά.
- Γ.** Ένα σύννεφο στην περιοχή σας έχει διαφορετική σύσταση από ένα σύννεφο στα Χανιά.
- Δ.** Η γενεσιουργός αιτία του κύκλου του νερού είναι ο ήλιος.
- Ε.** Το νερό (υδρατμός) που εξατμίζεται από την θάλασσα είναι «γλυκό».
- ΣΤ.** Δεν θα δημιουργηθεί πρόβλημα στην διαπνοή ενός φυτού αν καλύψουμε το κάτω μέρος των φύλλων του με βαζελίνη.
- Ζ.** Ο κύκλος του νερού αποτελεί ένα κλειστό σύστημα»,

και από τον Πίνακα 16 φαίνεται το πολύ υψηλό ποσοστό των σωστών απαντήσεων πάνω σε ερωτήματα γενικής φύσης γύρω από τον κύκλο του νερού και πριν αλλά και μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ.



Πίνακας 17

4η Ενότητα/ 12η Ερώτηση: Αναπαράσταση του κύκλου του νερού		
Κατηγορίες	Αριθμός μαθητών στα τεστ προελέγχου	Αριθμός μαθητών στα τεστ μεταελέγχου
Σωστές	1	12
Μερική περιγραφή	14	8
Λάθος	5	0

Στην τελευταία ερώτηση, «Προσπαθήστε παρακάτω να κάνετε ένα σχέδιο που να αναπαριστά τον κύκλο του νερού στη φύση (Να χρησιμοποιήσετε μολύβι, σβήστρα για την περίπτωση που χρειαστεί να διορθώσετε κάτι και βέλη για να δείξετε την κατεύθυνση του νερού)», όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 17 η βελτίωση που αποτύπωσαν στα σχέδιά τους οι μαθητές ήταν εντυπωσιακή καθώς οι σωστές αναπαραστάσεις, όπου σχεδίασαν και τα τέσσερα μέρη του ΚτΝ (ατμόσφαιρα, υδρόσφαιρα, λιθόσφαιρα, βιόσφαιρα) βελτιώθηκαν από τον 1 μαθητή αρχικά στους 12 μαθητές μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ, οι δε υπόλοιποι 8 μαθητές, κατάφεραν να αποτυπώσουν ικανοποιητικά κάποια από τα μέρη του ΚτΝ.



## 4.2 Αναστοχαστικό κείμενο

### 1ο Μάθημα

#### Φάση εξοικείωσης

Κατά την πρώτη φάση της διδασκαλίας αφού πρώτα δόθηκαν οι απαραίτητες πληροφορίες για τον τρόπο που θα έπρεπε να δουλέψουν οι μαθητές με τα φύλλα εργασίες σε ομάδες και το μοίρασμα ρόλων (π.χ. χειριστής Η/Υ, εκπρόσωπος ομάδας), στόχος μας ήταν οι μαθητές να εξοικειωθούν και να προβληματιστούν πάνω στο βασικό θέμα δηλαδή στον κύκλο του νερού, να αναδειχθούν οι ιδέες τους, να διατυπώσουν τυχόν απορίες που μπορεί να είχαν αλλά και ερωτήματα που ενδεχομέ-

νως να δημιουργήθηκαν κατά την διάρκεια της συζήτησης. Ο στόχος αυτός επιτεύχθηκε σε μεγάλο βαθμό. Οι μαθητές από την αρχή ανταποκρίθηκαν στο ερώτημα του διδάσκοντος για το τι κατά την γνώμη τους ήταν ο κύκλος του νερού. Απαντήσεις δόθηκαν από τους 13 από τους συνολικά 18 παρόντες μαθητές, κάποιες αρκετά εύστοχα, κάποιες άλλες που έχρηζαν συμπλήρωσης ή και διόρθωσης και παράλληλα αναδείχθηκαν και οι παρανοήσεις των μαθητών. Χαρακτηριστικές είναι οι παρακάτω απόψεις των μαθητών «Είναι ένας κύκλος όπου το νερό από τις λίμνες και τις θάλασσες λόγω της θερμότητας από τον ήλιο μετατρέπονται σε υδρατμούς και γίνονται σύννεφα μεταφέρονται σε ψυχρές περιοχές πάνω από τα βουνά οπότε το νερό υγροποιείται και βαραίνει πέφτει στη γη σχηματίζει ποτάμια και ρυάκια και καταλήγει στις θάλασσες και γίνεται πάλι το ίδιο», «Ο τρόπος με τον οποίο μένει πάντα σταθερό το νερό στη Γη», «Οι μορφές που παίρνει το νερό», «Σαν το νερό να ανακυκλώνεται», «Μια συνεχής διαδικασία που το νερό αλλάζει συνεχώς μορφές», «Η διαδρομή που ακολουθεί το νερό πάνω στον πλανήτη», «Η διαδικασία μέσα από την οποία περιγράφονται οι μορφές που παίρνει το νερό καθώς πραγματοποιεί ένα κύκλο και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να διατηρείται η ποσότητά του σταθερή», «Είναι ένα φυσικό φαινόμενο που αλλάζει συνεχώς μορφές».

Ο διδάσκων προσπάθησε να εισαγάγει τον ορισμό μέσα από την ηλεκτρονική εγκυκλοπαίδεια wikipedia: Ο κύκλος του νερού (γνωστός και ως υδρολογικός κύκλος) είναι η συνεχής ανακύκλωση του νερού της Γης μέσα στην υδρόσφαιρα, στην ατμόσφαιρα και στη λιθόσφαιρα (έδαφος-υπέδαφος). Το συνεχές της κυκλικής διαδικασίας του κύκλου του νερού επιτυγχάνεται εξαιτίας της ηλιακής ακτινοβολίας. Το νερό του πλανήτη αλλάζει συνεχώς φυσική κατάσταση, από τη στερεά μορφή των πάγων στην υγρή μορφή των ποταμών, λιμνών και των θαλασσών και την αέρια κατάσταση των υδρατμών, προτρέποντας τα παιδιά αν θέλουν να συμπληρώσουν ή να αφαιρέσουν κάτι. Επειδή δεν υπήρξε συμμετοχή των μαθητών και στην προσπάθειά του ο διδάσκων να εισαγάγει στον ορισμό και την βιόσφαιρα προέβαλε στον προτζέκτορα μια απάντηση κάποιου μαθητή από τα pretests:

Μ: εννοεί την ανακύκλωση του νερού δηλαδή το νερό της θάλασσας λίμνης ποταμών κτλ γίνονται υδρατμοί αυτοί δημιουργούν τη βροχή ποτίζοντας την φύση με νερό και το νερό επιστρέφει από την γη **και τους ζωντανούς οργανισμούς** πίσω στις θάλασσες, ποτάμια και λίμνες για να ξαναγίνει το ίδιο.

Έτσι συμπλήρωσε τον αρχικό ορισμό εισάγοντας και τους ζωντανούς οργανισμούς (βιόσφαιρα) στον ΚτΝ. Μετά την συμπλήρωση του ορισμού υπήρξε μια απορία από μαθήτρια και ακολούθησε ο παρακάτω διάλογος που έχει ενδιαφέρον να αποτυπωθεί (M1: Σχετικά με το ότι το νερό μένει σταθερό αυτό το μέρος του νερού που πίνουμε τι γίνεται;), απάντηση από συμμαθητή της (M2: αυτό το νερό ο άνθρωπος το αποβάλλει με τον ιδρώτα και με τις διάφορες ανάγκες του στον υπόνομο, εξατμίζονται και γίνονται πάλι υδρατμοί, M1: ναι αλλά όχι όλο, M2 τι εννοείς όχι όλο, M1:

αφού αποτελούμαστε κατά 70% από νερό, M2: γι αυτό ξαναπίνουμε νερό για να ανανεωθούμε γιατί το χάνουμε E: σε καλύπτει ο M2, M1: ναι,) συνοψίζει ο εκπ/κος απευθυνόμενος στην ολομέλεια, (E: ο M2 εννοεί ότι όπως γίνεται ένας ΚτΝ στην φύση έτσι γίνεται ένας ΚτΝ στον άνθρωπο). Οι μαθητές φάνηκε να συμφωνούν με τον ορισμό και να κατανοούν τον ΚτΝ μιας και από εκεί και μετά δε διατυπώθηκαν επιπλέον απορίες παρά μόνο μια εύστοχη συμπλήρωση μαθητή ως προέκταση των προηγούμενων (M3: η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιούν οι άνθρωποι είναι πολύ μικρή σε σχέση με την συνολική ποσότητα νερού).

Τα αποτελέσματα αποτύπωσαν μια βελτίωση της γνώσης των μαθητών που μετατοπίστηκαν από τη λάθος περιγραφή στη μερική περιγραφή του ΚτΝ όπως αυτό προκύπτει από τη σύγκριση των ερωτηματολογίων μεταελέγχου (55% σωστή περιγραφή 40% μερική περιγραφή, 5% λάθος περιγραφή του ΚτΝ) σε σύγκριση με αυτά του προελέγχου (55% σωστή περιγραφή, 25% λάθος περιγραφή, 20% μερική περιγραφή του ΚτΝ).

### **Ενότητα: Η αξία του νερού**

#### **1<sup>η</sup> Υποενότητα: Αξία του νερού για τη δημιουργία της ζωής**

Όσον αφορά στο ερώτημα που αναφέρεται στην αναγνώριση της αξίας του νερού για τη δημιουργία της ζωής, ενώ με βάση την άσκηση 1 του Φ.Ε.1 ο εκπαιδευτικός περίμενε εξ' αρχής οι μαθητές να καταλήξουν αυθόρμητα στο ότι νερό υπάρχει σίγουρα μόνο στη Γη και ότι οι επιστήμονες ψάχνουν για νερό στην Σελήνη και στον Άρη για να διαπιστώσουν αν υπήρξε ή μπορεί να υπάρξει ζωή και σ' αυτά τα μέρη, αυτό έγινε εν μέρει από τις τρεις από τις πέντε ομάδες. Μία ομάδα φάνηκε να είναι αρκετά ενημερωμένη και να δηλώνει ότι υπάρχει νερό στον Άρη σε κρυσταλλική μορφή πάγων (ίσως εδώ θα έπρεπε να γίνει η διευκρίνιση στο Φ.Ε.1 άσκηση 1 βλ. παρ. για το αν υπάρχει σίγουρα νερό στη Σελήνη και στους άλλους πλανήτες σε υγρή μορφή ώστε να καταλήξουμε πιο εύκολα στο ζητούμενο). Επίσης εκδηλώθηκε η παρανόηση κάποιας άλλης ομάδας ότι υπάρχει νερό στον Ποσειδώνα επειδή είναι γαλάζιος μάλλον επηρεασμένοι από το διάλογο που ακολούθησε κατά τον προβληματισμό που προκλήθηκε από το ερώτημα «γιατί η Γη ονομάζεται γαλάζιος πλανήτης;» - με τον οποίο προσπαθήσαμε να δείξουμε ότι υπάρχει πάρα πολύ νερό στη Γη). Ακολούθησε συζήτηση και με την παρέμβαση ενός μαθητή ο οποίος τόνισε ότι στην άσκηση ρωτάει «που υπάρχει σίγουρα νερό» συμφωνήσαμε στο ότι αυτό συμβαίνει μόνο στη Γη. Κατόπιν οι τρεις ομάδες κατέληξαν στο συμπέρασμα: «όπου υπάρχει νερό υπάρχει και ζωή» ενώ οι άλλες δύο ότι: «χρειάζεται νερό για να διατηρηθούμε στη ζωή». Ο Εκπαιδευτικός συνόψισε στο συμπέρασμα των τριών πρώτων ομάδων συμπληρώνοντας ότι το νερό είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη δημιουργία της ζωής, και ενισχυτικά πρόβαλε (εκτός αρχικού σχεδιασμού) δύο εύστοχες απαντήσεις από το ερωτηματολόγιο προελέγχου («γιατί οι πρώτες μορφές νε-

ρού εμφανίστηκαν στη θάλασσα», «Αν φυτέψεις ένα σπόρο και το ποτίζεις θα μεγαλώσει και θα δημιουργηθεί ένα δέντρο αλλιώς όχι»).

Ο παραπάνω στόχος της αναγνώρισης της αξίας του νερού για τη δημιουργία της ζωής φάνηκε από τα αποτελέσματα να επιτεύχθηκε σε ικανοποιητικό βαθμό μιας και οι σωστά αιτιολογημένες απαντήσεις (π.χ. «οι πρώτες μορφές ζωής υπήρξαν στη θάλασσα») διπλασιάστηκαν και από το 25% έφτασαν στο 50%. Επίσης αυξήθηκαν και οι μερικώς αιτιολογημένες απαντήσεις από το 0% στο 15% (π.χ. «γιατί έχει τις κατάλληλες συνθήκες για να συμβαίνει αυτό»).

## **2<sup>η</sup> Υποενότητα: Αξία του νερού για τη διατήρησης της ζωής**

Όσον αφορά το στόχο της αναγνώρισης της αξίας του νερού για τη διατήρηση της ζωή σύμφωνα με τον σχεδιασμό, αφού εκτελέστηκαν επιτυχημένα το πείραμα επίδειξης κοπής πατάτας για την απόδειξη της ύπαρξης νερού στους ζωντανούς οργανισμούς και την εύρεση του ποσοστού του νερού που υπήρχε στα πορτοκάλια (τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν πάνω από 75%) από τους ίδιους τους μαθητές, έγινε γενίκευση αυτού του αποτελέσματος (υψηλό ποσοστό νερού) στους ζωντανούς οργανισμούς καθώς και στη συμβολή του νερού στις διάφορες λειτουργίες των οργανισμών, (πχ διαλύει και μεταφέρει ουσίες από και προς τα κύτταρα των οργανισμών, βοηθά στη φωτοσύνθεση, είναι το φυσικό περιβάλλον διαβίωσης πολλών οργανισμών) Ο στόχος της αναγνώρισης της αξίας του νερού για τη διατήρηση της ζωής φάνηκε από τα ερωτηματολόγια μεταελέγχου ότι επίσης επιτεύχθηκε σε ικανοποιητικό βαθμό μιας και οι σωστές απαντήσεις διπλασιάστηκαν επίσης (από το 25% έφτασαν στις 50%) με τις λανθασμένες απαντήσεις να μειώνονται στο μισό από το 10% στο 5% και τις υπόλοιπες να είναι μερικώς αιτιολογημένες.

## **3<sup>η</sup> Υποενότητα: Το πρόβλημα της λειψυδρίας**

Ως προς το στόχο να ερμηνεύουν το πρόβλημα της λειψυδρίας σε κάποιες περιοχές της Γης τα αποτελέσματα ήταν πάρα πολύ καλά και αυτό μάλλον οφείλεται στο σχεδιασμό του πίνακα δραστηριοτήτων σε συνδυασμό με τις ασκήσεις του Φ.Ε. δηλαδή αρχικά να καταλάβουν οι μαθητές ότι παρόλο που η συνολική ποσότητα νερού είναι πολύ μεγάλη, ένα πολύ μικρό ποσοστό νερού είναι τελικά άμεσα εκμεταλλεύσιμο ως «γλυκό» νερό (παρουσίαση του μοντέλου της παγκόσμιας κατανομής νερού), κατόπιν με την διάδρασή τους μέσα από εφαρμογή που έδειχνε τα 10 μέρη του πλανήτη με τα εντονότερα προβλήματα λειψυδρίας (πρόβλεψη 2025) και εστιάζοντας σ' αυτά που φτάνουν σε κατάσταση σύρραξης, και τέλος την προβολή βίντεο που ερμήνευε το πρόβλημα της λειψυδρίας και τόνιζε ότι δεν είναι θέμα που αφορά κάποιες περιοχές άλλα όλους μας και αναφερόταν στα αίτια και στους τρόπους αντιμετώπισης της σε συνδυασμό με τη συζήτηση που ακολούθησε καθώς και τις διευκρινήσεις που δόθηκαν . Όσον αφορά στο τι σημαίνει η λέξη λειψυδρία ενώ στα ερωτηματολόγια προελέγχου οι μαθητές έδιναν απλά μια ετυμολογία της λέξης



(π.χ. η έλλειψη νερού) μετά την παρέμβαση οι περισσότερες απαντήσεις έδειχναν μεγαλύτερη εμβάθυνση (π.χ. «είναι η μη επαρκής ποσότητα νερού για να καλύψει τις ανάγκες όλων των ανθρώπων»). Στο αυτό το σημείο θα πρέπει να τονιστεί ότι (κατά τον σχεδιασμό) υπήρξε παράληψη αναφοράς στους άλλους έμβιους οργανισμούς (περιοριστήκαμε μόνο στον άνθρωπο).

Στην αιτιολόγηση της λειψυδρίας αν και ξεκινήσαμε στα ερωτηματολόγια προελέγχου από πολύ καλά αρχικά ποσοστά (72,5% σωστές απαντήσεις) ωστόσο οι μαθητές βελτιώθηκαν δίνοντας 85% σωστά αιτιολογημένες απαντήσεις στα ερωτηματολόγια μεταελέγχου (π.χ. «η έλλειψη βροχής», «η αύξηση του πληθυσμού», «η αλόγιστη κατανάλωση»). Κατά την διάρκεια της διδασκαλίας αναδείχθηκαν και οι παρανοήσεις ορισμένων μαθητών για την αιτιολόγηση της λειψυδρίας (π.χ. «λόγω εξάτμισης», «φυτά απορροφούν πολύ νερό»). Υπήρξε μαθητής που επέμενε στο ότι μελλοντικά θα υπάρχει μικρότερο πρόβλημα λειψυδρίας γιατί οι άνθρωποι θα βρουν τρόπους για παράδειγμα να εξατμίζουν και να υγροποιούν το νερό της θάλασσας και με αφορμή αυτό το γεγονός ο διδάσκων αναφέρθηκε (εκτός σχεδιασμού) στις έννοιες φυσική και οικονομική λειψυδρία φέρνοντας παραδείγματα ώστε να καταλάβουν οι μαθητές ότι μας ενδιαφέρει και το κόστος στη διαδικασία κάλυψης των αναγκών μιας κοινότητας σε νερό, ενώ με αφορμή τις απόψεις πολλών μαθητών ότι ένας από τα αίτια της λειψυδρίας είναι η μόλυνση των υδάτων αναφέρθηκε στις έννοιες ρύπανση και μόλυνση για να τονίσει τη διαφορά τους καθώς και ότι συνήθως έχουμε ρύπανση του νερού.

## **2ο Μάθημα**

### **Ενότητα: Μορφές και καταστάσεις του νερού**

#### **1η Υποενότητα: Οι καταστάσεις του νερού στη φύση**

Όπως προκύπτει από τη σύγκριση των ερωτηματολογίων προελέγχου και μεταελέγχου των μαθητών τα αποτελέσματα στην αντιστοίχιση μορφών νερού και φυσικής κατάστασης πριν και μετά τη διδασκαλία παρέμειναν τα ίδια επιβεβαιώνοντας την αρχική μας εκτίμηση ότι υπάρχει πάρα πολύ καλή γνώση στο συγκεκριμένο θέμα (100% σωστές αντιστοιχίσεις). Κατά την διάρκεια της διδασκαλίας και με αφορμή την άσκηση 1 του Φ.Ε.2 (βλ. παρ.), τις παρανοήσεις και απορίες των μαθητών που εκδηλώθηκαν σχετικά με το τι είναι ένα σύννεφο, το αν οι υδρατμοί είναι ορατοί ή αόρατοι και το τι είναι η ομίχλη, αν και στον αρχικό σχεδιασμό δεν υπήρχε η ρητή διδασκαλία τους έγινε προσπάθεια προσέγγισης των εννοιών αυτών και εξάλειψης των παρανοήσεων των μαθητών σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα ώστε να είμαστε μέσα στα πλαίσια του χρόνου της 2<sup>ης</sup> ενότητας.

#### **2<sup>η</sup> Υποενότητα: Τα επιστημονικά μοντέλα (ορισμός, σκοπός)**

Οι μαθητές όταν κλήθηκαν να αναφέρουν επιστημονικά μοντέλα που γνώριζαν ήταν αρκετά ενήμεροι δίνοντας παραδείγματα (π.χ. «το μοντέλο του DNA», «το μοντέλο των μορίων», «το πρόπλασμα ανθρώπινου σώματος», «το πλανητικό μοντέλο») καθώς και τον σκοπό τον οποίο επιτελούσαν γενικά τα μοντέλα (π.χ. «για να καταλαβαίνουμε καλύτερα», «για να μελετήσουμε ένα σύστημα», «γιατί γίνεται πιο ζωντανό», «μια γενική εικόνα»). Όσον αφορά την παρανόηση που προέκυψε από όλες τις ομάδες ότι ένα μοντέλο είναι ακριβές αντίγραφο της πραγματικότητας και όχι μια αναπαράσταση αυτό φάνηκε να διορθώθηκε μετά από εξηγήσεις που έδωσε ο διδάσκων μιας και δεν εκδηλώθηκε καμία απορία από εκεί και έπειτα.

Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν μερικώς την καλή εικόνα που αποκόμισε ο εκπαιδευτικός κατά την διάρκεια της διδακτικής διαδικασίας η οποία αποτυπώνεται επίσης και στο φύλλο παρατήρησης του εξωτερικού συνεργάτη. Δηλαδή ναι μεν από την μια είχαμε ελάχιστη μείωση των σωστών απαντήσεων που αναφέρονταν και στο περιεχόμενο και στην λειτουργία των μοντέλων όπως, π.χ. «το μοντέλο του ανθρώπινου σώματος μας βοηθά να μελετήσουμε το ανθρώπινο σώμα καλύτερα και να καταλάβουμε τις λειτουργίες του» κατά ένα μαθητή, από την άλλη όμως, οι μαθητές που απάντησαν αποδεκτά στη λειτουργία των μοντέλων π.χ. «σκοπός του μοντέλου είναι να μας δείξει την πορεία του νερού στο ανθρώπινο σώμα» αυξήθηκαν σε ποσοστό 25%, με κανέναν μαθητή πλέον να μην απαντά λάθος και στα δύο (περιεχόμενο και λειτουργία).

## **2<sup>η</sup> Υποενότητα: Σωματιδιακό μοντέλο του νερού**

Αναφορικά με τον στόχο της υποενότητας αυτής να κατανοήσουν οι μαθητές το σωματιδιακό μοντέλο του νερού στις τρεις Φ.Κ. τα αποτελέσματα δείχνουν σημαντική βελτίωση. Εδώ στο κιναισθητικό μοντέλο αν και οι μαθητές στην αρχή φάνηκαν διστακτικοί και ντροπαλοί κατόπιν με μικρή βοήθεια από τον διδάσκοντα έδειξαν να το διασκεδάζουν και να το εφαρμόζουν με επιτυχία. Τα αποτελέσματα στην αέρια κατάσταση από 65% σωστές απαντήσεις αρχικά, έφτασαν στο 90%, και στην υγρή κατάσταση από το 55% στο 90% επίσης). Σημαντική βελτίωση παρατηρήθηκε και στη στερεή κατάσταση (από 0% σωστές απαντήσεις αρχικά στο 30% μετά την παρέμβαση) με το μεγαλύτερο μέρος των μαθητών όμως εδώ να δείχνει, ότι δύσκολα μπορεί να εγκαταλείψει τις παρανοήσεις που του έχουν δημιουργηθεί, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται από τον παρακάτω διάλογο μεταξύ του εκπ/κού και δύο μαθητών:

Ε: πάμε να συνοψίσουμε. Όσον αφορά το νερό. Στην στερεή κατάσταση ο όγκος του νερού είναι πιο μεγάλος ή πιο μικρός από την υγρή;

M1: μεγαλύτερος. Εεε, μικρότερος

M2: μεγαλύτερος στην στερεή. Γιατί στην στερεή τα μόρια είναι πιο μακριά αφού πιάνουν συγκεκριμένες θέσεις.

Ε: λοιπόν, τώρα M1 κατάλαβες που είναι μεγαλύτερος ο όγκος του νερού. Σε ποια κατάσταση;

M1: στην στερεή. Εεεε, στην υγρή. Μπερδεύτηκα κύριε.

Ε: πότε πιάνατε εσείς μεγαλύτερο όγκο. Όταν ήσασταν εξάγωνο, ή όταν γλιστρούσατε ο ένας πάνω στον άλλο;

M1: στο εξάγωνο.

Ε: εξάγωνο η στερεή κατάσταση δεν ήταν;

M1: ναι

#### **4<sup>η</sup> Υποενότητα: Σχέση Φ.Κ. του νερού και θερμοκρασίας**

Ο στόχος της υποενότητας αυτής να βελτιωθούν οι μαθητές ως προς την αναγνώριση της μεταβολής της Φ.Κ. του νερού κατά την μετάβασή του από μια θερμοκρασία σε κάποια άλλη φαίνεται να επιτεύχθηκε (71% αρχικά σωστές απαντήσεις σε 83,5% σωστές μετά τη διδασκαλία). Εδώ βοήθησε ιδιαίτερα η διαδραστική εφαρμογή με την οποία οι μαθητές μπορούσαν να επαναλάβουν την διαδικασία μετάβασης του νερού από την μία θερμοκρασία στην άλλη (μπορούσαν επίσης να διαπιστώνουν και την συνύπαρξη καταστάσεων όταν αυτές προέκυπταν). Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση μίας ομάδας μαθητών που δυσκολευόταν να χαρακτηρίσει την Φ.Κ. του νερού κατά την μετάβασή του από τους  $-12^{\circ}\text{C}$  στους  $-5^{\circ}\text{C}$  και κλήθηκε να διαδράσει με την εφαρμογή για να βγάλει σωστό αποτέλεσμα. Παράλληλα με αφορμή λανθασμένη απάντηση μαθητή για τη μετάβαση του νερού απ' ευθείας από την στερεή στην αέρια κατάσταση (κάτι που δε φαινόταν στην εφαρμογή) ο διδάσκων επεσήμανε ότι αυτό συμβαίνει στη φύση περιγράφοντας με την αφορμή αυτή το φαινόμενο της εξάχνωσης. Ιδιαίτερη εστίαση δόθηκε στη συνύπαρξη καταστάσεων στους  $0$ , και  $100^{\circ}\text{C}$ , όπου οι μαθητές φάνηκε από τα ερωτηματολόγια προελέγχου να έχουν ιδιαίτερες δυσκολίες. Έγινε (εκτός σχεδιασμού μιας και υπήρχε χρόνος) αναφορά επίσης στα φαινόμενα που παρατηρούνται στις παραπάνω θερμοκρασίες (πήξη, τήξη) καθώς και σύντομη υπενθύμιση της ανωμαλίας διαστολής του νερού με την οποία δικαιολογείται η αύξηση του όγκου του νερού στη στερεή κατάσταση με κατακλείδα χρήσιμες και καταστροφικές εφαρμογές της ιδιότητας αυτής του νερού.

### **3<sup>ο</sup> Μάθημα**

#### **Ενότητα: Φαινόμενα σε σχέση με το νερό στη φύση**

**1<sup>η</sup> Υποενότητα: Τα 7 φαινόμενα του νερού στη φύση (εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση, απορροή, διήθηση, εκφόρτιση και διαπνοή).**

Όσον αφορά στο στόχο της αναγνώρισης και περιγραφής των επτά φαινομένων του νερού στη φύση με οδηγό μας τα ερωτηματολόγια προελέγχου όπου ναι μεν οι σωστές απαντήσεις των μαθητών ήταν αρκετά ικανοποιητικές αρχικά 55% σωστές, και με βάση ότι αυτές κυρίως προέρχονταν από τα φαινόμενα της εξάτμισης, της συ-

μπύκνωσης και της διαπνοής, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στα υπόλοιπα φαινόμενα κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας με αποτέλεσμα στα ερωτηματολόγια μεταελέγχου να έχουμε σαφή βελτίωση συνολικά. Οι σωστές απαντήσεις έφτασαν το 87% με τις λανθασμένες να δείχνουν παρανοήσεις σε δύο κυρίως φαινόμενα, αυτά της διήθησης και της εκφόρτισης (κατά την διάρκεια της άσκησης 1 του Φ.Ε. 3 φάνηκε ορισμένοι μαθητές να μπερδεύουν την διήθηση με την εκφόρτιση) Εδώ θα χρειαζόταν ίσως ακόμα περισσότερος χρόνος μιας και είναι φαινόμενα πρωτόγνωρα για τους μαθητές (σύμφωνα με το αναλυτικά προγράμματα δημοτικού και γυμνασίου, δεν γίνεται αναφορά στο λιθοσφαιρικό μέρος του νερού, σε καμία βαθμίδα εκπαίδευσης από τις δύο παραπάνω, κατά τη διδασκαλία του ΚτΝ). Η πορεία διδασκαλίας για την αναγνώριση και περιγραφή των φαινομένων ήταν αυτή που σχεδιάστηκε αρχικά από τον εκπ/κό αρχικά δηλαδή με τις διαδραστικές εφαρμογές πάνω στα φαινόμενα της εξάτμισης, συμπύκνωσης, κατακρήμνισης, απορροής, διήθησης και τις εικόνες του Φ.Ε. για τα φαινόμενα της διαπνοής και της εκφόρτισης. Παράλληλα με την προβολή των εφαρμογών και των εικόνων προκλήθηκε διάλογος ανάμεσα στους μαθητές και τον εκπ/κό με σκοπό την καλύτερη κατανόηση των φαινομένων αλλά και την ανάδειξη των παρανοήσεων των μαθητών όπως φαίνεται στα παραδείγματα που ακολουθούν (π.χ. για το φαινόμενο της συμπύκνωσης «οι υδρατμοί παίρνουν τη μορφή από τα σύννεφα», της κατακρήμνισης «το σύννεφο βαραίνει και πέφτει»). Δόθηκαν επίσης διευκρινίσεις στους μαθητές και επιπλέον πληροφορίες (π.χ. για το ποσοστό του νερού που πέφτει στην θάλασσα σε σχέση με τη στεριά, για το τι δείχνουν τα βέλη στις διαδραστικές εφαρμογές, για την ποσοστιαία συνεισφορά της διαπνοής των φυτών στην συνολική εξάτμιση του νερού, για τα στόματα των φύλλων).

## **2<sup>η</sup> Υποενότητα: Διερεύνηση της διαπνοής**

Όσον αφορά τη διερεύνηση της διαπνοής αυτή επιχειρήθηκε κατά πρώτον μέσω της προβολής εικόνας που έδειχνε ένα φυτό που ήταν κατά το ήμισυ καλυμμένο με διάφανη σακούλα στην οποία είχαν σχηματιστεί μικροσταγονίδια. Από το διάλογο που ακολούθησε (μέρος του οποίου φαίνεται παρακάτω) φάνηκε ότι ορισμένοι μαθητές αντιλήφθηκαν το ζητούμενο και βοήθησαν στην διάχυσή του στην ολομέλεια:

E: για κοιτάξε αυτή την εικόνα. Ένα μέρος του φυτού με τι το έχουν καλύψει;

M: με σακούλα

E: παρατηρείς κάτι;

M1: ότι το φυτό μέσα είναι ξηραμένο.

M2: έχει θολώσει η σακούλα

E: μήπως ξέρεις γιατί;

M2: με το νερό λόγω της διαπνοής

M3: υγροποιείται μέσω της σακούλας

Κατά δεύτερον δόθηκε στους μαθητές εργασία για το σπίτι την οποία θα τη δούλευαν με τις ομάδες τους, επειδή αυτή αναφερόταν σε αργή διαδικασία (σύγκριση της πτώση της στάθμης του νερού σε δύο ίδια ποτήρια που είχαν μέσα τους βλαστούς φυτού το ένα με φύλλα και το άλλο χωρίς). Οι προβλέψεις από τους μαθητές πριν την εκτέλεση της εργασίας ήταν εύστοχες, εκτός από δύο μαθητές, οι οποίοι διαπίστωσαν κατόπιν ότι δεν είχαν κατανοήσει πλήρως την άσκηση. Τα αποτελέσματα της παρατήρησης ήταν επίσης τα αναμενόμενα στις 4 από τις 5 ομάδες (η μία ομάδα άργησε να εκτελέσει την εργασία με αποτέλεσμα να μη φανεί η διαφορά στάθμης του νερού στα δύο ποτήρια). Όλες οι ομάδες κατάφεραν να ερμηνεύσουν και να βγάλουν με επιτυχία το ίδιο περίπου συμπέρασμα.

### **3<sup>η</sup> Υποενότητα: Διερεύνηση των φαινομένων εξάτμισης συμπύκνωσης και κατακρήμνισης.**

Η διερεύνηση των παραπάνω φαινομένων έγινε διαδοχικά μέσω επιβεβαιωτικού πειράματος θέρμανσης ποσότητας ζαχαρόνερου σε δοχείο ζέσης που από πάνω του σε μικρό ύψος τοποθετήσαμε μεταλλικό δοχείο γεμάτο παγάκια. Ζητήθηκε από τους μαθητές να προβλέψουν τι θα συμβεί κατά τη θέρμανση του δοχείου και η συζήτηση που ακολούθησε οδήγησε στην διερεύνηση της εξάτμισης, στον ορισμό του βρασμού της εξάχνωσης και της απόθεσης καθώς και στην επεξήγηση της υγροποίησης και της κατακρήμνισης. Εξηγήθηκαν επίσης τα φαινόμενα βροχή, χιόνι, χιονόνερο και χαλάζι. Κατά την συζήτηση αναδείχθηκαν οι ιδέες μαθητών που ήταν πολύ κοντά στις επιστημονικές αλλά και οι παρανοήσεις κάποιων άλλων οπότε και έγινε προσπάθεια διόρθωσής τους μέσω της παρατήρησης των αποτελεσμάτων του πειράματος καθώς και μέσα από τους διαλόγους που γίνονταν παράλληλα μέρος των οποίων φαίνεται στο παρακάτω:

E: άρα το φαινόμενο της εξάτμισης γίνεται εντονότερο όσο αυξάνω τη θερμοκρασία.

Τους υδρατμούς τους βλέπετε τώρα; Υπάρχει φαινόμενο εξάτμισης;

M6: φαίνονται ελάχιστα.

M7: δεν έχει φτάσει το νερό στους 100 βαθμούς ακόμη.

M8: ο βρασμός γίνεται στους 100 βαθμούς κελσίου. Όχι η εξάτμιση.

E: η εξάτμιση στους πόσους βαθμούς νομίζετε ότι γίνεται;

M9: άνω του μηδέν

Κατά το τελικό στάδιο του παραπάνω πειράματος και από το διάλογο που ακολούθησε φάνηκε οι μαθητές να κατανοούν επίσης το πώς συμβαίνει ο αυτοκαθαρισμός του νερού μέσω του φαινομένου της εξάτμισης.

Τα αποτελέσματα της εξήγησης των φαινομένων της εξάτμισης, υγροποίησης και κατακρήμνισης ήταν αρκετά ικανοποιητικά όπως φάνηκε από τη σύγκριση των ερωτηματολογίων πριν και μετά τη διδασκαλία (πολλοί ήταν οι μαθητές που δεν καταλάβαιναν τι ακριβώς ρωτάμε με τη λέξη «εξήγηση» οπότε δόθηκε η διευκρίνιση «πότε και γιατί συμβαίνουν». Πιο συγκεκριμένα ενώ πριν τη διδασκαλία κατά 80% οι απαντήσεις ήταν λανθασμένες και το υπόλοιπο 20% έδινε σωστές εξηγήσεις σε ένα από τα τρία φαινόμενα, μετά τη διδασκαλία οι λάθος απαντήσεις περιορίστηκαν στο 25%, με τις σωστές να φτάνουν και αυτές στο ίδιο ποσοστό, ένα 35% να δίνει σωστή εξήγηση σε δύο από τα τρία φαινόμενα και το υπόλοιπο 15% να εξηγεί σωστά το ένα από τα τρία φαινόμενα. Στην εξήγηση των τριών παραπάνω φαινομένων, ίσως θα έπρεπε να είχε δοθεί μεγαλύτερη έμφαση κατά τη διδασκαλία, μιας και από τα αποτελέσματα φάνηκε πως υπήρχε αρκετά μεγάλο περιθώριο περαιτέρω βελτίωσης.

#### **4<sup>η</sup> Υποενότητα: Διερεύνηση απορροής, διήθησης και εκφόρτισης**

Ως αφορμή για συζήτηση χρησιμοποιήθηκε το φαινόμενο των πλημμυρών ώστε να οδηγηθούν οι μαθητές στο να διερευνήσουν τα φαινόμενα της απορροής και της διήθησης. Χαρακτηριστικός είναι ο διάλογος που ακολουθεί:

E: Μπορείτε να μου πείτε λόγους που υπάρχουν πλημμύρες και τρόπος αντιμετώπισης αυτών;

M1: τα ποτάμια έχουν πολύ νερό και ξεχειλίζουν

M2: ανεβαίνει η στάθμη του νερού λόγω της βροχής

M3: αν είχαμε περισσότερα δέντρα θα μπορούσε να συγκρατήσει το νερό

E: ποιο φαινόμενο έχουμε εδώ;

M4: της διήθησης

E: και ποιος βοηθάει εδώ

M4: οι ρίζες

Ενισχυτικά δόθηκε ως εργασία για το σπίτι μια σχετικά σύνθετη διαδικασία για εξοικονόμηση χρόνου (το αργό πότισμα γλάστρας που περιείχε φυτό και στην οποία είχε δοθεί μικρή κλίση). Οι μαθητές προέβλεψαν αρκετά σωστά κάποιες διαδικασίες όπως η διήθηση και η απορροή. Υπήρξε όμως πρόβλημα στο φαινόμενο της εκφόρτισης που είτε δεν αναφέρθηκε καθόλου από τους εκπροσώπους των ομάδων, είτε όταν αναφέρθηκε, αναδείχθηκαν κάποιες παρανοήσεις μέρος των οποίων φαίνεται παρακάτω:

M1: θα γίνει κατείσδυση γιατί το νερό απορροφάται από τις ρίζες του φυτού.

M2: κατείσδυση γιατί το νερό θα περάσει στο χώμα και υπόγεια απορροή γιατί θα πάει στις ρίζες του φυτού

M3: απορροή λόγω κλίσης και διήθηση γιατί το νερό απορροφάται από το χώμα

E: υπόγεια ή επιφανειακή απορροή;

M3: επιφανειακή

M4: εμείς είπαμε διήθηση γιατί το νερό απορροφάται από το χώμα, και είπαμε την απορροή λόγω από τα ψηλότερα στα χαμηλότερα

E: υπόγεια ή επιφανειακή;

M4: και τα δύο

M5: διήθηση και εγώ λέω και εκφόρτιση επειδή ένα μέρος του νερού θα απορροφηθεί από τις ρίζες του φυτού

E: όλες οι ομάδες συμφωνούν ότι θα παρατηρήσουμε το φαινόμενο της κατείδυσης ή της διήθησης. Ορισμένες ομάδες μιλήσατε για την απορροή (υπόγεια ή και επιφανειακή). Ένας είπε ότι θα υπάρξει και εκφόρτιση. Ποιος θα θυμίσει στον M5 τι είναι η εκφόρτιση;

M: όταν το νερό από τις υπόγειες πηγές ανεβαίνει στην επιφάνεια της Γης.

E: μόνο αυτό; Μήπως το μεγαλύτερο μέρος του νερού που καταλήγει στις θάλασσες;

MMM: ναι

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν μετά την εκτέλεση της εργασίας δηλαδή της παρατήρησης της κατεύθυνσης του νερού (όπου αυτό ήταν δυνατόν) ήταν τα προβλεπόμενα. Οι μαθητές που εκτέλεσαν την εργασία (3 ομάδες από τις συνολικά 5) συνεργάστηκαν κατά την διάχυση των αποτελεσμάτων τους με τον διδάσκοντα ώστε να κατανοηθούν αυτά και από τους υπόλοιπους μαθητές. Βέβαια κατά την διαδικασία φάνηκαν και αδυναμίες αποτύπωσης των φαινομένων ακριβώς όπως συμβαίνουν στην φύση μιας και πρόκειται για χρησιμοποίηση ενός μοντέλου. Πιο συγκεκριμένα ορισμένοι μαθητές μπέρδευαν την υπόγεια απορροή με την διήθηση και αναφέρθηκαν μόνο ύστερα από την βοήθεια του διδάσκοντος στην εκφόρτιση (απελευθέρωση του νερού στο πιατάκι της γλάστρας).

## 4<sup>ο</sup> Μάθημα

### Ενότητα: Ο κύκλος του νερού

#### 1<sup>η</sup> Υποενότητα: Ο ΚτΝ ως ένας δυναμικός κύκλος επτά διαδοχικών φαινομένων.

Ο στόχος της υποενότητας αυτής, δηλαδή να περιγράψουν οι μαθητές τον ΚτΝ ως ένα σύνολο διαδοχικών φαινομένων και συγκεκριμένα αυτών που διδάχθηκαν στο 3ο μάθημα, επετεύχθη σε μεγάλο βαθμό μιας και από το αρχικό ποσοστό του 0% σωστές απαντήσεις πριν τη διδασκαλία φτάσαμε στο 60% σωστές απαντήσεις μετά τη διδασκαλία. Πολλοί μάλιστα μαθητές έδειξαν ευελιξία ξεκινώντας από άλλο φαινόμενο εκτός του συνηθισμένου της εξάτμισης (π.χ. κατακρήμνιση, απορροή, κατείδυση, εκφόρτιση, εξάτμιση, διαπνοή, συμπύκνωση). Στα αποτελέσματα αυτά βοήθησαν κατά την γνώμη μου, α. το βίντεο της NASA για την πορεία ενός μορίου του νερού διασκευασμένου με την προσθήκη επεξηγηματικού κειμένου (το ασύρματο δίκτυο κατά τη διάρκεια προβολής του βίντεο τη συγκεκριμένη μέρα ήταν αρ-

γό με αποτέλεσμα το βίντεο να «κολλάει» κατά διαστήματα- το πρόβλημα από τον διδάσκοντα αντιμετωπίστηκε λέγοντας στους μαθητές ότι: «το βίντεο ούτως η άλλως θα το βλέπαμε με διακοπές για να προλαβαίνουμε να διαβάζουμε το συνοδευτικό κείμενο κάθε φορά και να σχολιάζουμε αντίστοιχα»), β. ένα σχέδιο-μοντέλο του ΚτΝ που κρίθηκε κατάλληλο (εικόνα 1 άσκησης 1 Φ.Ε. 4 βλ. παρ.) το οποίο προβλήθηκε και σχολιάστηκε από τον διδάσκοντα, και γ. ο διάλογος και οι διορθώσεις πάνω στις παρανοήσεις και παραλείψεις που ανέκυψαν στα αποτελέσματα της άσκησης 1 του Φ.Ε.4, που αναφερόταν στη σύνδεση λέξεων κλειδιά προς σχηματισμό κειμένου, που θα αποτύπωνε τον ΚτΝ. Τέλος επειδή συχνά τα παιδιά μαθαίνουν καλύτερα από τα ίδια τους τα έργα, πιστεύω πως βοήθησε αρκετά και η προβολή (ως καλή πρακτική), ενός σχεδίου μοντέλου του ΚτΝ μαθητή από τα ερωτηματολόγια προελέγχου που αποτύπωνε πολύ ικανοποιητικά τον ΚτΝ.

## **2<sup>η</sup> Υποενότητα: Ο ΚτΝ και η ποσότητα του νερού που διακινείται.**

Στόχος της ενότητας αυτής ήταν να διερευνήσουν οι μαθητές την ποσότητα του νερού που διακινείται κατά την διάρκεια του ΚτΝ και να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι αυτή παραμένει σταθερή, επίσης να παρατηρήσουν τις επιμέρους διαδρομές που μπορεί να ακολουθήσει το νερό πάνω και κάτω από τη στεριά και τη θάλασσα. Είχε σχεδιαστεί ότι κατάλληλο σχέδιο-μοντέλο ήταν το παγκόσμιο μέσο ετήσιο ισοζύγιο του ΚτΝ το οποίο αφού προβλήθηκε στα παιδιά και σχολιάστηκε, τους ζητήθηκε να βγάλουν ένα συμπέρασμα για τις επιμέρους διαδρομές του νερού και την συνολική ποσότητα νερού που διακινείται ετησίως (άσκηση 2 Φ.Ε.4 βλ. παρ.). Κατά την διάρκεια του πρώτου μέρους αποτυπώθηκαν οι ζητούμενες διαδρομές από τους μαθητές (π.χ. εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση) αναδείχθηκαν όμως και οι παρανοήσεις τους ως προς την έννοια του κύκλου μιας και αποτυπώθηκαν διαδρομές όπου ο κύκλος δεν έκλεινε (π.χ. διήθηση, απορροή, εκφόρτιση) και επομένως έγινε προσπάθεια παρέμβασης όπως φαίνεται στον παρακάτω διάλογο:

E: άλλον κύκλο γράψατε;

M2: διήθηση, απορροή και εκφόρτιση

E: κύκλος είναι αυτός; Τι λέτε οι υπόλοιπες ομάδες;

M3: πρέπει να καταλήξουμε πάλι στη διήθηση.

M4: διήθηση, υπόγεια απορροή, εκφόρτιση, εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση

και πάλι διήθηση.

Όσον αφορά την διατήρηση της ποσότητας του νερού κατά τη διάρκεια του ΚτΝ (απόδειξη με χρήση του παραπάνω μοντέλου), ορισμένοι μαθητές αν και αρχικά είχαν κάποια δυσκολία με τους αριθμούς που αναφέρονταν στις επιμέρους ποσότητες νερού που διακινείται ετησίως (άσκηση 2 του Φ.Ε.4, βλ. παρ.), μετά από διάλογο



που ακολούθησε κατά την ανακοίνωση των αποτελεσμάτων και με βοήθεια από τον διδάσκοντα έδειξαν να την κατανοούν.

Τα συγκριτικά αποτελέσματα πριν και μετά τη διδασκαλία έδειξαν ότι για μεν τη διατήρηση της ποσότητας του νερού κατά τη διάρκεια του ΚτΝ από το 35% σωστές αρχικά απαντήσεις με αιτιολόγηση φτάσαμε στο εντυπωσιακό 90%, για δε τις επιμέρους διαδρομές που πιθανόν να ακολουθήσει το νερό από μια λακκούβα του δρόμου, τα αρχικά αποτελέσματα (30% σωστές δύο διαδρομές, 40% μόνο μια διαδρομή, 10% καμία διαδρομή, 20% αναφορά μόνο στο αρχικό φαινόμενο π.χ. εξάτμιση, διήθηση) βελτιώθηκε μερικώς (40% σωστές δύο διαδρομές, 20% μόνο μια διαδρομή, 5% καμία διαδρομή, 35% αναφορά μόνο στο αρχικό φαινόμενο). Ίσως εδώ θα έπρεπε να δοθεί κάποια διευκρίνιση ή βοήθεια στην διατύπωση της ερώτησης.

### **3<sup>η</sup> Υποενότητα: Οι απόψεις του Αριστοτέλη για το ΚτΝ.**

Στην υποενότητα αυτή στόχος ήταν να ενισχύσουν την άποψή τους οι μαθητές μέσα από ιστορικά κείμενα για τη διατήρηση της μάζας του νερού συνολικά στη Γη. Έγινε προσπάθεια επίσης να αναδειχθούν οι ιδέες τους και οι τυχόν παρανοήσεις τους καθώς και να αντιμετωπιστούν αυτές μέσα από διάλογο. Χαρακτηριστική είναι η διαπίστωση μαθητή που φαίνεται να αντιλαμβάνεται πως προκύπτει η παρανόηση του ότι η ποσότητα του νερού δεν είναι σταθερή:

E: οπότε το νερό δεν είναι ούτε τοπικά σταθερό, ούτε χρονικά σταθερό.

M: Γι' αυτό μας φαίνεται εμάς ότι το νερό τελειώνει.

E: ακριβώς ή ότι δεν διατηρείται η ποσότητα του νερού γιατί το κοιτάμε τοπικά ή σε περιορισμένο χρονικό διάστημα, δεν το κοιτάμε πιο ευρέως.

Με αφορμή απορίας μαθήτριας πάνω στο φαινόμενο της ρύπανσης του νερού έγινε μια μικρή ανασκόπηση αυτών που ειπώθηκαν σε προηγούμενο μάθημα για τα αίτια της λειψυδρίας και τον αυτοκαθαρισμό του νερού κατά την διάρκεια του ΚτΝ.

Τα αποτελέσματα για την κατανόηση της διατήρησης της μάζας του νερού κατά τη διάρκεια του ΚτΝ από τη σύγκριση των ερωτηματολογίων πριν και μετά τη διδασκαλία όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ήταν εντυπωσιακά μιας και το 35% των σωστών απαντήσεων έγινε τελικά 90%.

### **4<sup>η</sup> Υποενότητα: Ο κύκλος του νερού ως σύστημα.**

Στόχος στην τελευταία αυτή ενότητα ήταν να αναδειχθεί η αλληλεξάρτηση των μερών (ατμόσφαιρα, υδρόσφαιρα, λιθόσφαιρα, βιόσφαιρα) στα οποία συμβαίνει ο ΚτΝ και η σύνδεσή τους ανά δύο ή και τρία κυρίως με τα επτά φαινόμενα του ΚτΝ. Αφού έγιναν οι απαραίτητες διευκρινήσεις των παραπάνω εννοιών οι μαθητές κατάφεραν να τις συνδέσουν με επιτυχία δίνοντας μερικές φορές διαφορετικές απα-

ντήσεις στον ίδιο συνδυασμό λέξεων δικαιολογώντας όμως εύστοχα την επιλογή τους. Χαρακτηριστικός είναι ο παρακάτω διάλογος:

E: πάμε στο άλλο, ατμόσφαιρα – υδρόσφαιρα – βιόσφαιρα

M1: φωτοσύνθεση

E: και αυτό είναι. Αλλά τι άλλο θα μπορούσε να είναι;

M2: διαπνοή

E: πάρα πολύ ωραία. Για εξηγήστε γιατί το βάλατε.

M2: τα φυτά ανήκουν στη βιόσφαιρα, παίρνουν νερό από την υδρόσφαιρα και από τα στόματα διαπνέουν.

Παρόλα αυτά η βελτίωση στο ερώτημα για το αν ο ΚτΝ αποτελεί ένα σύστημα ήταν μικρή μιας και το αρχικό 55% σωστές απαντήσεις έγινε στο τέλος 60%.

Όσον αφορά την αποτύπωση του κύκλου του νερού με την μορφή μοντέλου τα αποτελέσματα ήταν πολύ καλά. Ενώ πριν τη διδασκαλία στο 95% των μαθητών οι αναπαραστάσεις είχαν αδυναμίες κυρίως ως προς το λιθοσφαιρικό μέρος του ΚτΝ και δεν περιελάμβαναν βιόσφαιρα, αναπαριστούσαν όμως αρκετά καλά το ατμοσφαιρικό και υδροσφαιρικό μέρος του ΚτΝ, μετά τη διδασκαλία στο 60% των μαθητών οι αναπαραστάσεις ήταν σωστές, περιελάμβαναν τον ήλιο και τα φαινόμενα στις 4 σφαίρες του ΚτΝ (υδρόσφαιρα, ατμόσφαιρα, λιθόσφαιρα, βιόσφαιρα), με το 40% να έχει δώσει μια μερική περιγραφή (π.χ. έλειπε ο ήλιος-η γενεσιουργός αιτία του ΚτΝ ή κάποιο από τα επτά φαινόμενα του ΚτΝ).

### **4.3 Σύνοψη φύλλων παρατήρησης**

Συνοψίζοντας τα φύλλα παρατήρησης (παράρτημα 5) μπορούμε να πούμε ότι:

#### **1<sup>η</sup> Φάση διδασκαλίας**

Όπως προκύπτει από το φύλλο παρατήρησης 1 μπορούμε να πούμε ότι σχεδόν όλοι οι μαθητές συμμετείχαν ενεργά. Στο κεντρικό ερώτημα που έθεσε ο ερευνητής για τον ΚτΝ, εκφράστηκαν πολλές και ενδιαφέρουσες απόψεις όπως φαίνεται παρακάτω:

E: Θέλω να μου πείτε όλοι τη γνώμη σας για τον κύκλο του νερού. Τι νομίζετε πώς είναι ο κύκλος του νερού.

M1: Είναι ο κύκλος από τον οποίο το νερό από τις θάλασσες εξατμίζεται από τον ήλιο, μετατρέπεται σε υδρατμούς και γίνονται σύννεφα, μεταφέρονται και πάνε σε ψυχρές περιοχές όπως τα βουνά, τότε το νερό υγροποιείται και βαραίνει και σχηματίζονται ποτάμια, το οποία πάνε στις λίμνες και τις θάλασσες.

E: Μάλιστα. Ο επόμενος.

M2: Είναι μια διαδικασία την οποία την ακολουθεί το νερό σε όλη τη διάρκειά του

M3: Είναι ο τρόπος με τον οποίο το νερό παραμένει σταθερό στη Γη.

M4:Οι μορφές που παίρνει το νερό.

Σ' αυτό το ενδεικτικό μέρος διαλόγου φαίνεται οι απόψεις των μαθητών να περιορίζονται μόνο στο ορατό μέρος του ΚτΝ χωρίς να περιλαμβάνουν υπόγεια ύδατα και βιόσφαιρα στην όλη διαδικασία καθώς επίσης και στην ιδιότητα που έχει το νερό να ανακυκλώνεται κατά την διάρκεια του κύκλου με τη συνολική ποσότητά του να παραμένει σταθερή. Παρακάτω αποτυπώνεται μια ενδιαφέρουσα απορία μαθήτριας και η συζήτηση που ακολούθησε:

M:Κύριε να ρωτήσω κάτι; Σχετικά με το ότι το νερό μένει σταθερό, αυτό το νερό που πίνουμε, τι γίνεται;

E:Θέλει να απαντήσει κάποιος στη συμμαθήτριά σας;

M:Αυτό το νερό που πίνουμε κάπου το χάνουμε, και θέλουμε να το ανανεώσουμε ξανά.

E:Όπως γίνεται ένας κύκλος του νερού στη φύση, έτσι γίνεται κι ένας κύκλος του νερού στον άνθρωπο.

Εδώ διαφαίνεται η παρανόηση της μαθήτριας σχετικά με την σταθερότητα της ποσότητας του νερού που θεωρεί ότι εφόσον οι ζωντανοί οργανισμοί καταναλώνουν το νερό αυτό φυσιολογικά όλο και θα μειώνεται.

## **2<sup>η</sup> Φάση διδασκαλίας/1<sup>η</sup> Ενότητα: Η αξία του νερού**

Πιο συγκεκριμένα στον πρώτο επιμέρους στόχο αυτόν της αξίας του νερού για δημιουργία της ζωής συμμετείχαν ενεργά όλα τα παιδιά σε επίπεδο ομάδας. Σε επίπεδο ολομέλειας την κύρια συμμετοχή είχαν οι εκπρόσωποι των ομάδων. Κατά τη διάρκεια παρουσίασης της Γης ως γαλάζιου πλανήτη οι μαθητές εξέφρασαν ατομικά τις απόψεις τους. Έγινε συζήτηση με αφορμή τις δραστηριότητες του φύλλου εργασίας για το αν υπάρχει νερό σε άλλους πλανήτες καθώς επίσης και για την ύπαρξη της ζωής σε συνάρτηση με το νερό όπου καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι το νερό είναι βασική προϋπόθεση δημιουργίας της ζωής και τέλος προβλήθηκαν από τον ερευνητή δύο εύστοχες απαντήσεις πάνω στο συγκεκριμένο ερώτημα της αξίας του νερού για τη δημιουργία της ζωής από τα ερωτηματολόγια προελέγχου της έρευνας που αποτυπώνονται παρακάτω:

«αν ποτίζεις ένα σπόρο με νερό θα μεγαλώσει, και θα δημιουργηθεί ένα δέντρο», «γιατί οι πρώτες μορφές ζωής δημιουργήθηκαν στη θάλασσα».

Στο δεύτερο επιμέρους στόχο αυτόν της διατήρησης της ζωής, όσον αφορά τη συμμετοχή των μαθητών όπως φαίνεται από το φύλλο παρατήρησης 1, όλα τα παιδιά συμμετείχαν ενεργά, με τα μισά απ' αυτά να έχουν μιλήσει πάνω από 2 φορές. Εκτελέστηκε από τον ερευνητή επιβεβαιωτικό πείραμα ύπαρξης νερού στην πατάτα και ανιχνεύτηκε (σύμφωνα με οδηγίες δραστηριότητας του φύλλου εργασίας 1 ) το μεγάλο ποσοστό του νερού που υπάρχει στα πορτοκάλια. Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων και μέσα από συζήτηση γενικεύτηκε το υψηλό ποσοστό νερού σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς όπως φαίνεται στο διάλογο που ακολουθεί:

M1: Η περισσότερη μάζα πορτοκαλιού αποτελείται από νερό.

M2: το πορτοκάλι αποτελείται σε πολύ μεγάλο ποσοστό, πάνω από 75 % από νερό.

E: Μπορεί το συμπέρασμα αυτό να γενικευθεί στα έμβια όντα;

MMM: Το μεγαλύτερο ποσοστό των έμβιων όντων αποτελείται από νερό.

E: Μπορούμε επομένως να πούμε ότι αυτό που είδαμε εδώ μπορεί να γενικευτεί σε όλα τα έμβια όντα.

Κατόπιν αναφερθήκαμε σε δύο ιδιότητες του νερού (άριστος διαλύτης και μεταφορέας ουσιών) που το καθιστούν απαραίτητο για τη διατήρηση της ζωής, στο ότι είναι απαραίτητο για τη φωτοσύνθεση, αλλά και στην επισήμανση ότι σε πολλές περιπτώσεις αποτελεί το φυσικό περιβάλλον διαφόρων οργανισμών. Δόθηκαν ακόμα εξηγήσεις σε απλουστευμένες απαντήσεις μαθητών (π.χ. για το CO<sub>2</sub> και το O<sub>2</sub> που υπάρχουν στο νερό) που φαίνονται εν μέρει στο διάλογο που ακολουθεί:

Τι χρειάζεται ένα φυτό για να φωτοσυνθέσει;

M: νερό, διοξείδιο του άνθρακα και ήλιο.

E: και που βρίσκει το διοξείδιο του άνθρακα μέσα στο νερό;

M: Βρίσκεται.

E: και πως αναπνέουν τα ζώα και τα φυτά μέσα στο νερό; Που βρίσκουν το οξυγόνο;

M: υπάρχει μέσα στο νερό.

E: το νερό βοηθάει με το να διαλύει ουσίες όπως το διοξείδιο του άνθρακα και το οξυγόνο.

Στον τρίτο επιμέρους στόχο αυτόν της ερμηνείας του προβλήματος της λειψυδρίας η συμμετοχή των μαθητών ήταν καθολική. Οι μαθητές φάνηκε ότι βρήκαν το θέμα πολύ ενδιαφέρον διατυπώνοντας απορίες και θέτοντας ερωτήσεις. Η προσέγγιση του στόχου έγινε α. με την προβολή χάρτη για την παγκόσμια κατανομή νερού όπου επισημάνθηκε το μικρό ποσοστό γλυκού νερού και το ακόμη πιο μικρό μέρος του γλυκού νερού που είναι άμεσα εκμεταλλεύσιμο. Εδώ προέκυψε μια εύλογη απορία μαθητή και παρακάτω καταγράφεται ο διάλογος που ακολούθησε:

M1: δεν υπάρχει τρόπος να κάνουμε το αλμυρό νερό πόσιμο;

E: πολύ ωραία ερώτηση.

M2: να κάνουμε εξάτμιση.

E: αυτά όμως δεν είναι χρονοβόρα και δεν κοστίζουν;

Ακολούθησε β. διαδραστική εφαρμογή από το φωτόδεντρο που αποτύπωνε μέρη του πλανήτη όπου υπάρχουν σοβαρά προβλήματα λειψυδρίας και γ. προβολή βίντεο που αποτύπωνε το πρόβλημα της λειψυδρίας αρχικά στην Ελλάδα (τοπικά και χρονικά) και έπειτα παγκόσμια με αναφορά στην αύξηση του πληθυσμού και επομένως την ανάγκη χρησιμοποίησης περισσότερου νερού. Έγινε επίσης συζήτηση για τη φυσική και οικονομική λειψυδρία για το πρόβλημα της μετανάστευσης στην αρ-

χαιότητα λόγω έλλειψης νερού και η σύνδεση με το σήμερα με μέρος του διαλόγου να αποτυπώνεται παρακάτω:

Ε:πως οι αρχαίοι Έλληνες έλυσαν το πρόβλημα της λειψυδρίας;

Μ:έστειλαν ένα μέρος του πληθυσμού και έκαναν τις αποικίες.

Ε:λέτε σήμερα να συμβαίνει κάτι αντίστοιχο;

Μ:με τις μεταναστεύσεις που γίνονται.

Ε:που υπάρχει το λιγότερο νερό;

Μ:στην Αφρική,

Ε:οπότε βλέπετε στα επόμενα χρόνια ένα μεγάλο κύμα ανθρώπων να μεταναστεύει σε περιοχές όπου υπάρχει περισσότερο νερό;

Μ:ναι.

Επίσης έγινε αναφορά στο πρόβλημα της αλόγιστης χρήσης του νερού, της ρύπανσής του καθώς και στην κλιματική αλλαγή που έχει επέλθει (ως αποτέλεσμα κυρίως της καύσης υδρογονανθράκων). Συνοψίσαμε ότι οι παραπάνω αποτελούν τρεις πολύ ισχυρούς λόγους έλλειψης νερού.

### **3<sup>η</sup> Φάση διδασκαλίας/2<sup>η</sup> Ενότητα: Μορφές και φυσικές καταστάσεις του νερού**

Στο πρώτο μέρος της φάσης αυτής τα περισσότερα παιδιά μίλησαν από μία φορά, και συμμετείχαν ενεργά στις συζητήσεις των ομάδων τους για την επίλυση των ασκήσεων του φύλλου εργασίας. Η συνολική συζήτηση έγινε κυρίως με τους εκπροσώπους των ομάδων που έδιναν τις απαντήσεις που είχαν συζητήσει από πριν. Όπως φαίνεται από το φύλλο παρατήρησης 2 τα αποτελέσματα στην αντιστοιχία μορφών και Φ.Κ. του νερού ήταν πολύ καλά, δεν έλειψαν βέβαια και οι παρανοήσεις για παράδειγμα κατά τη συζήτηση για τη σύσταση του σύννεφου προέκυψε ο παρακάτω διάλογος που έχει σημασία να αποτυπωθεί:

Ε: λοιπόν, εσύ τι θεωρείς ότι υπάρχει σε ένα σύννεφο , Μ;

Μ: μπορεί να υπάρχει η υγρή μορφή που είναι η βροχή και η στερεή μορφή που είναι χαλάζι ή χιόνι. Όχι παγοκρύσταλλοι.

Παραπάνω φαίνεται η δυσκολία του μαθητή να δεχθεί την εννοιολογική αλλαγή όσον αφορά τη σύσταση του σύννεφου (μικροσταγονίδια, παγοκρυστάλλους) που προτείνει ο ερευνητής και επιμένει στην αρχική του ιδέα ότι δηλαδή το σύννεφο αποτελείται από βροχή, χιόνι ή χαλάζι.

Στο δεύτερο μέρος που αναφερόταν στον ορισμό και το σκοπό που επιτελούν τα μοντέλα στις Φ.Ε., σχεδόν τα μισά παιδιά συμμετείχαν στη συζήτηση, αφού η συγκεκριμένη φάση είχε σχεδιαστεί για τη συζήτηση σε ομάδες. Στο αρχικό ερώτημα για το αν γνωρίζουν επιστημονικά μοντέλα φάνηκε να υπάρχει μια αρκετά καλή αρ-

χική εικόνα μιας και ανέφεραν αρκετά μοντέλα που έχουν διδαχτεί στα μαθήματα θετικών επιστημών (χημείας, φυσικής, βιολογίας) π.χ.

M1: το μοντέλο του DNA.

M2: τα μόρια που αναπαριστώνται από σφαιρίδια

M3: το ανθρώπινο σώμα.

M4: αυτό που δείχνει τις θέσεις των πλανητών

M5: το μοντέλο του ατόμου που δείχνει τα ηλεκτρόνια

Την ίδια εικόνα παρουσίασαν και κατά την διάρκεια συμπλήρωσης δραστηριοτήτων των φύλλων εργασίας που είχαν σχέση με το σκοπό που επιτελούν τα μοντέλα γενικά στις φυσικές επιστήμες αναφερόμενοι τόσο στο περιεχόμενο όσο και στη λειτουργία τους.

E: πώς βοηθάει ένα τέτοιο μοντέλο και το χρησιμοποιούμε στις φυσικές επιστήμες; Σε τι μας βοηθάει;

M1: να καταλάβουμε καλύτερα κάποιες λειτουργίες

M2: να έχουμε μια εικόνα γι' αυτό που μιλάμε

Εκεί που φάνηκε να υπάρχει σημαντική δυσκολία ήταν στο αν ένα μοντέλο είναι ακριβές αντίγραφο ή μια αναπαράσταση της πραγματικότητας μιας και οι εκπρόσωποι και των τεσσάρων ομάδων (στο συγκεκριμένο μάθημα λόγω απουσιών σχηματίστηκαν 4 ομάδες αντί για 5) απάντησαν ότι αποτελεί ακριβές αντίγραφο όπως φαίνεται στο παρακάτω μέρος διαλόγου:

E: και τι βάλατε; Ακριβές αντίγραφο ή αναπαράσταση;

M1: ακριβές αντίγραφο

M2: ακριβές αντίγραφο

M3: ακριβές αντίγραφο

M4: ακριβές αντίγραφο

Στο τρίτο μέρος που αναφερόταν στο σωματιδιακό μοντέλο του νερού, όλα τα παιδιά συμμετείχαν, είτε σηκώνοντας χέρι στα ερωτήματα του ερευνητή, είτε παίρνοντας μέρος στη κινητική δραστηριότητα που είχε σχεδιαστεί γι' αυτή τη φάση της διδασκαλίας. Πιο συγκεκριμένα οι μαθητές αφού σχολίασαν μαζί με τον ερευνητή σύντομα το σωματιδιακό μοντέλο του νερού στις τρεις Φ.Κ. (προβολή σχεδίου μέσω βιντεοπροβολέα) κατόπιν εφάρμοσαν σε ομάδες το κιναισθητικό μοντέλο με τους περισσότερους από αυτούς να δείχνουν να καταλαβαίνουν τη δομή του νερού στις τρεις φυσικές του καταστάσεις. Σε ορισμένους μαθητές συνέχισε να υπάρχει η δυσκολία κατανόησης αύξησης του όγκου του νερού στη στερεή κατάσταση σε σχέση με την υγρή όπως ενδεικτικά φαίνεται παρακάτω:

Ε: πάμε να συνοψίσουμε. Όσον αφορά το νερό. Στην στερεή κατάσταση ο όγκος του νερού είναι πιο μεγάλος ή πιο μικρός από την υγρή;

M1: μεγαλύτερος. Εεε, μικρότερος

M2: μεγαλύτερος στην στερεή. Γιατί στην στερεή τα μόρια είναι πιο μακριά αφού πιάνουν συγκεκριμένες θέσεις.

Ε: λοιπόν, τώρα M1 κατάλαβες που είναι μεγαλύτερος ο όγκος του νερού. Σε ποια κατάσταση;

M1: στην στερεή. Εεεε, στην υγρή. Μπερδεύτηκα κύριε.

Στο τελευταίο μέρος που αναφερόταν στη σύνδεση Φ.Κ. του νερού με τη θερμοκρασία όπως προκύπτει από το Φύλλο παρατήρησης 2 τα περισσότερα παιδιά συμμετείχαν σηκώνοντας χέρι. Επίσης όλοι οι μαθητές συμμετείχαν στη διαδραστική εφαρμογή για την επίλυση της άσκησης του φύλλου εργασίας γεγονός που δείχνει να διατηρείται αμείωτο το ενδιαφέρον τους (παρά την κούραση που εύλογα προκύπτει στο τέλος ενός δίωρου μαθήματος). Η μαθητές έδειξαν να κατανοούν τις αλλαγές φυσικής κατάστασης του νερού κατά τις μεταβάσεις των θερμοκρασιών 0 °C και 100 °C και προς τις δύο κατευθύνσεις. Δόθηκε επίσης έμφαση από τον ερευνητή στην κατανόηση της συνύπαρξης καταστάσεων όταν το νερό βρίσκεται στις παραπάνω θερμοκρασίες μέσω της δυνατότητας από την εφαρμογή να επιλέξουν τον μικρόκοσμο όπου απεικονίζονταν η δομή του νερού στις δύο φυσικές καταστάσεις κάθε φορά.

#### **4<sup>η</sup> Φάση διδασκαλίας/3<sup>η</sup> Ενότητα: Φαινόμενα του νερού στη φύση**

Λόγω της μεγάλης διάρκειας αυτής της φάσης και των διαλόγων που υπήρξαν όλα τα παιδιά μίλησαν πάνω από 2 φορές και συμμετείχαν ενεργά στο περιεχόμενο της ενότητας. Κατά τη διάρκεια του πρώτου μέρους οι μαθητές έδειξαν να τα καταφέρνουν αρκετά καλά με τις δραστηριότητες που αναφέρονταν στα φαινόμενα του νερού στη φύση. Ιδιαίτερη δυσκολία συνάντησαν στο φαινόμενο της διήθησης όπως φαίνεται στον παρακάτω διάλογο του ερευνητή με τους εκπροσώπους των ομάδων:

M4: εκφόρτιση ονομάζουμε την διαδικασία απορρόφησης του νερού από το έδαφος, μέσα από μικρά και μεγάλα ανοίγματα του (πόρους, τρύπες, ρήγματα κτλ)

Ε: M5 συμφωνείς με αυτή την άποψη;

M5: ναι

Ε: αυτό βάλατε κι εσείς. Εσείς

M6: απορροή

Στο δεύτερο μέρος όπου πραγματοποιήθηκε από τον ερευνητή επιβεβαιωτικό πείραμα για τα φαινόμενα εξάτμιση, συμπύκνωση και κατακρήμνιση, το ενδιαφέρον των μαθητών ήταν έκδηλο μιας και κατά τη διάρκειά του και πριν τη πραγματοποίηση της κάθε επιμέρους φάσης έκαναν προβλέψεις για το τι πρόκειται να συμβεί. Στο φαινόμενο της εξάτμισης υπήρξε η παρανόηση ενός μαθητή ότι αυτή συμβαίνει

στους 100 °C, καθώς και κάποιου άλλου ότι αυτή δεν μπορεί να συμβαίνει στις χαμηλές θερμοκρασίες (πάνω από τους 0 °C) επειδή δε βλέπει τους υδρατμούς, χαρακτηριστικός είναι ο διάλογος που ακολουθεί:

E: εδώ λένε τα παιδιά, ότι δεν έχουμε εξάτμιση γιατί δε βλέπουν. Τι δε βλέπετε M1;

M1: τους υδρατμούς

E: οι υδρατμοί είναι ορατοί ή αόρατοι;

MMM: αόρατοι.

Κατά την διάρκεια της συζήτησης έγινε προσπάθεια σύνδεσης του πειράματος με αυτά που συμβαίνουν στη φύση, αναδείχθηκαν τα φαινόμενα της εξάχνωσης και της απόθεσης και αυτοκαθαρισμού του νερού και περιγράφηκε ο τρόπος με τον οποίο δημιουργείται το χιόνι, το χιονόνερο και το χαλάζι.

Στο τρίτο μέρος της φάσης όπου δόθηκαν πειράματα διερεύνησης για τα υπόλοιπα 4 φαινόμενα (απορροή, διήθηση, εκφόρτιση, διαπνοή) ως ομαδική εργασία για το σπίτι, προηγουμένως συζητήθηκε το κάθε ένα από αυτά και έγινε η πρόβλεψη από τους μαθητές για το τι περιμένουν να συμβεί. Λόγω της περιορισμένης διάρκειας της δραστηριότητας και του ότι περιείχε μόνο πρόβλεψη μίλησαν κυρίως οι εκπρόσωποι των ομάδων. Έγινε προσπάθεια προσέγγισης των φαινομένων διήθησης, εκφόρτισης και απορροής με προβληματισμό των μαθητών για το πρόβλημα των πλημμυρών, προτάσεις για τρόπους αντιμετώπισης (π.χ. δένδροφυτεύσεις), και ακολούθως συζήτηση πάνω στην αιτιολόγηση των προβλέψεων.

#### **5<sup>η</sup> Φάση διδασκαλίας/4<sup>η</sup> Ενότητα: Ο κύκλος του νερού**

Στη φάση αυτή αρχικά συζητήθηκαν τα αποτελέσματα των πειραμάτων που είχαν οι μαθητές ως εργασία για το σπίτι (από το προηγούμενο μάθημα). Κατά την διάρκεια των προβολών μοντέλων του ΚτΝ έγινε συζήτηση για τη διαδοχή των 7 βασικών φαινομένων του ΚτΝ με την επισήμανση ότι η αρχή του κύκλου μπορεί να είναι οποιοδήποτε φαινόμενο και ότι η διαπνοή (ως εξάτμιση από τα φύλλα των φυτών) πρέπει να είναι δίπλα στο φαινόμενο της εξάτμισης. Έγινε επίσης αναφορά από τον ερευνητή σε επιμέρους κύκλους που μπορεί να ακολουθήσει το νερό δίνοντας αρκετά παραδείγματα. Οι περισσότεροι μαθητές έδειξαν να κατανοούν τη διαδοχή των φαινομένων κατά την εκτέλεση της άσκησης 1 του Φ.Ε. 4 (παράρτ. 4). Ακόμα εκδηλώθηκαν ορισμένες παρανοήσεις που συνέχιζαν να έχουν οι μαθητές ιδιαίτερα πάνω στα φαινόμενα της συμπύκνωσης και της κατακρήμνισης. Χαρακτηριστική είναι η παρακάτω παρέμβαση που κάνει ο ερευνητής προκειμένου να αποσαφηνίσει δυσκολίες στα φαινόμενα αυτά:

E: εγώ βλέπω πως σε όλους σας υπάρχει μια ασάφεια στην συμπύκνωση και στην κατακρήμνιση. Παρόλο που λέτε για συμπύκνωση συνεχίζετε να μιλάτε για υδρατμούς στην κατακρήμνιση. Εκεί θα πρέπει να μιλήσετε γιατί; Για σταγονίδια και μικροσταγονίδια. Οπότε τι κάνουν. Συγκρούονται μεταξύ τους, ενώνονται και βαραίνουν.



Στα επόμενα δύο μέρη συμμετείχαν κυρίως οι εκπρόσωποι των ομάδων. Η άσκηση με τους αριθμούς που αναφερόταν στο μοντέλο (παγκόσμιο μέσο ετήσιο υδατικό ισοζύγιο) δυσκόλεψε μερικές ομάδες. Έγινε αναφορά στη τοπική και χρονική αστάθεια της ποσότητας του νερού και με την αφορμή αυτή προέκυψε ο αναστοχασμός ενός μαθητή που έχει ενδιαφέρον να αναφερθεί, «γι' αυτό μας φαίνεται εμάς ότι το νερό τελειώνει». Σε απορίες μαθητών σχετικά με τη μόλυνση του νερού (μάλλον εννοούσαν ρύπανση) και τη λειψυδρία αν και δεν ήταν το κύριο θέμα της ενότητας αυτής εκδηλώθηκε ενδιαφέρον και απαντήθηκε εύστοχα από συμμαθητές τους όπως φαίνεται στο παρακάτω τμήμα διαλόγου:

M1: όταν το νερό είναι μολυσμένο, και εξατμιστεί, θα συνεχίσει να είναι μολυσμένο; Ή θα είναι σα να έχει βράσει;

E: ποιος θέλει να απαντήσει στην M1;

M2: το νερό δε γίνεται να πάρει και άλλες ουσίες όταν εξατμιστεί.

Στο τελευταίο μέρος έγινε προσπάθεια να συνδεθούν τα 7 βασικά φαινόμενα του ΚτΝ που συμβαίνουν στις 4 σφαίρες (ατμόσφαιρα, υδρόσφαιρα, λιθόσφαιρα, βιόσφαιρα) ώστε να κατανοήσουν οι μαθητές ότι ο ΚτΝ αποτελεί ένα δυναμικό κλειστό σύστημα ότι δηλαδή αποτελείται από μέρη-διαδικασίες που συνδέονται και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και αν κάποιο από αυτά δεν «δουλέψει» δε λειτουργεί σωστά ο κύκλος. Η συμμετοχή των μαθητών ήταν καθολική ιδιαίτερα στη προσπάθεια ανακεφαλαίωσης των τεσσάρων ενοτήτων που έκανε ο ερευνητής μαζί με τους μαθητές μιας και η φάση αυτή αποτέλεσε το τελευταίο μάθημα της ΔΜΑ.

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>

### ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

#### 5.1 Γενικά σχόλια

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει η αποτίμηση της έρευνας δηλαδή θα απαντηθούν σύντομα τα ερευνητικά ερωτήματα έχοντας ως βάση τα αποτελέσματα των τεστ προ και μεταελέγχου συνδυαστικά με το αναστοχαστικό κείμενο του ερευνητή και το φύλλο παρατήρησης του εξωτερικού συνεργάτη ώστε να δούμε που συγκλίνουν και που αποκλίνουν τα ευρήματα των τριών ερευνητικών εργαλείων, θα γίνει σύγκριση με άλλες έρευνες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, ελληνική και ξενόγλωσση και στη συνέχεια θα καταγραφούν οι περιορισμοί της έρευνας καθώς και οι προτάσεις για μελλοντική βελτίωσή της.

#### 5.2 Συζήτηση

Ο σκοπός της έρευνας αυτής ήταν η ανάπτυξη, η εφαρμογή και η αξιολόγηση μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας σε μαθητές Γ΄ Γυμνασίου με θέμα τον κύκλο του νερού. Τα ερευνητικά ερωτήματα αποτέλεσαν τη βάση για το σχεδιασμό της ΔΜΑ και τα οποία είναι, αν αυτή ήταν επιτυχημένη/αποδοτική ως προς τους στόχους της δηλαδή αν οι μαθητές μπόρεσαν α) να αναγνωρίσουν την αξία του νερού για τη δημιουργία και διατήρηση της ζωής και να ερμηνεύσουν το πρόβλημα της λειψυδρίας σε κάποιες περιοχές της Γης, β) να διακρίνουν τις τρεις φυσικές καταστάσεις του νερού και τη δομή τους μέσα από μοντέλα και να προβλέψουν την φυσική κατάστασή του ανάλογα με την θερμοκρασία, γ) να αναγνωρίσουν να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν τα 7 βασικά φαινόμενα του νερού που σχετίζονται με τον κύκλο του νερού στη φύση (εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση, απορροή, διήθηση, εκφόρτιση, διαπνοή), δ) να περιγράψουν τον κύκλο του νερού ως σύνολο διαδοχικών φαινομένων και να τον αναπαραστήσουν ως μοντέλο και τέλος ε) να κατανοήσουν τη διατήρηση της ποσότητας του νερού κατά την διάρκεια των αλλαγών φάσης του.

Η επίτευξη των στόχων που τέθηκαν αξιολογήθηκε από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των ερωτηματολογίων προελέγχου και μεταελέγχου, από το φύλλο παρατήρησης του «ειδικού» και το αναστοχαστικό κείμενο του ερευνητή.

Πιο συγκεκριμένα, μετά την μελέτη των απαντήσεων διαπιστώσαμε κοινά σημεία μεταξύ των αντιλήψεων των μαθητών που αποτυπώνονται στα ερωτηματολόγια προελέγχου με αυτές που φαίνονται στα άλλα δύο ερευνητικά εργαλεία και που εκδηλώθηκαν πριν από την εκτέλεση των δραστηριοτήτων κάθε επιμέρους ενότητας κατά τη διάρκεια συζητήσεων, προβλέψεων και αποριών μαθητών. Αναδείχθη-

καν έτσι εναλλακτικές που αναφέρονταν στην λειψυδρία, στη σταθερότητα της ποσότητας του νερού που διακινείται κατά την διάρκεια του ΚτΝ, στη σωματιδιακή κατάσταση του νερού στις τρεις Φ.Κ. του και κυρίως στη στερεή, στην ερμηνεία ορισμένων βασικών φαινομένων του νερού στη φύση, στην εντύπωση ότι ο ΚτΝ περιορίζεται μόνο στο ορατό του μέρος (μάλλον εξαιτίας της άγνοιας των φαινομένων που αποτελούν το λιθοσφαιρικό του μέρος). Έχοντας μετέπειτα ως βάση τις απαντήσεις των μαθητών από τα ερωτηματολόγια μεταελέγχου και σε σύγκριση με τα αντίστοιχα σημεία της ΔΜΑ με τη βοήθεια των τεκμηρίων του Φ.Π. και των διαπιστώσεων του ερευνητή από το αναστοχαστικό κείμενο έγινε αντιληπτό το μέγεθος της επιτυχίας των στόχων που τέθηκαν αρχικά καθώς και οι αδυναμίες της. Πιο συγκεκριμένα διαφάνηκε ο τρόπος αντιμετώπισης των εναλλακτικών εμποδίων των μαθητών, το αν και κατά πόσο αυτά ξεπεράστηκαν και τέλος τα σημεία της ΔΜΑ που θα μπορούσαμε ίσως να «σταθούμε» περισσότερο, να τα αντιμετωπίσουμε διαφορετικά (π.χ. φαινόμενα λιθοσφαιρικού μέρους) ή και συμπληρωματικά ώστε να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα. Επιπλέον από το Φ.Π του «ειδικού» συνδυαστικά με το αναστοχαστικό κείμενο του ερευνητή λάβαμε πληροφορίες τόσο για την συνέχεια στην ροή της ΔΜΑ όσο και για την μεγάλη συμμετοχή και ευχαρίστηση με την οποία συνεργαζόντουσαν οι μαθητές στις δραστηριότητες που αυτή περιείχε.

### **1<sup>η</sup> Ενότητα: Η αξία του νερού**

#### **Υποενότητες: Η αξία του νερού για τη δημιουργία και διατήρηση της ζωής./Το πρόβλημα της λειψυδρίας**

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων προ και μεταελέγχου φάνηκε ότι στον στόχο της αναγνώρισης της αξίας του νερού για τη δημιουργία και διατήρησης της ζωής οι μαθητές βελτιώθηκαν αρκετά με σημαντικά περιθώρια περαιτέρω προόδου ειδικά στην πρώτη περίπτωση. Στην ερμηνεία της λειψυδρίας υπήρξε μια πιο ποιοτική προσέγγιση και ως προς τον ορισμό αλλά και ως προς την αιτιολόγηση δίνοντας περιβαλλοντική προσέγγιση στις απαντήσεις τους, αν και τα περιθώρια βελτίωσης εδώ ήταν μικρά λόγω του ότι ξεκινούσαμε από πολύ καλή αρχική γνώση των μαθητών. Η τελευταία διαπίστωση έρχεται σε αντίθεση με προηγούμενη έρευνα του Λιάμπα (2015) σε παιδιά Δημοτικού όπου φαίνεται να μην συνδέει κανένας μαθητής την αξία του νερού με το πρόβλημα της λειψυδρίας, αλλά και της Συμεωνίδου (2014) σε παιδιά προσχολικής ηλικίας όπου μόνο λίγα παιδιά αναφέρονται σ' αυτό. Ίσως αυτή η απόκλιση να οφείλεται στην διαφορά ηλικίας των παιδιών (μεγαλύτερη αντίληψη, ωριμότητα καθώς και κατανόηση του γεωγραφικού χώρου και των κλιματικών αλλαγών) όπως και στις ευρύτερες γνώσεις που αποκτούν μετέπειτα στο Δημοτικό και το Γυμνάσιο αλλά και από μέσα πληροφόρησης, κυρίως τηλεόραση και διαδίκτυο.

### **2<sup>η</sup> Ενότητα: Μορφές και καταστάσεις του νερού**

### **Υποενότητες: Οι καταστάσεις του νερού στη φύση/Σωματιδιακό μοντέλο νερού/Σχέση Φ.Κ. νερού και θερμοκρασίας**

Στη σύνδεση μορφών νερού και αντίστοιχων φυσικών καταστάσεων οι μαθητές τα πήγαν εξίσου πολύ καλά και πριν αλλά και μετά την εφαρμογή. Το ερώτημα αυτό διατηρήθηκε στον μεταέλεγχο για να ελεγχθεί διπλά (αποφυγή τυχαίων αποτελεσμάτων) η αρτιότητα της γνώσης των μαθητών σε σχέση με τις Φ.Κ. του νερού. Ίσως αν επαληθευθούν τα ευρήματα σε μελλοντικές έρευνες θα είναι ένα πειστήριο ότι μαθητές αυτής της ηλικίας έχουν γενικά κατακτήσει την αντίστοιχη γνώση. Εκεί που διαπιστώνεται ότι υπάρχει πρόβλημα και σε αντίθεση με τις άλλες δύο φυσικές καταστάσεις του νερού είναι στη διάκριση της δομής της στερεής κατάστασής του (εξαγωνική μορφή των μορίων- αυξημένος όγκος του πάγου σε σχέση με την υγρή κατάσταση) και την αναπαράστασή της με τη μορφή μοντέλου. Το αποτέλεσμα αυτό έρχεται σε συμφωνία με παλαιότερη έρευνα των Osborne και Cosgrove, (1983) όπου εκείνοι οι μαθητές οι οποίοι προσπάθησαν να εφαρμόσουν ένα σωματιδιακό μοντέλο στη διαδικασία της πήξης έτειναν να σκέφτονται ότι τα σωματίδια του νερού έρχονται πιο κοντά το ένα στο άλλο. Επομένως κατέληξαν λογικά στο συμπέρασμα ότι ο πάγος δεν καταλαμβάνει τόσο πολύ χώρο, όσο όταν ήταν υγρός. Σύμφωνα με τους Bar, V., Travis, A.S. (1991) στις ηλικίες 12-14 ετών πολλοί μαθητές στηρίζονται στη γνώση του σωματιδιακού μοντέλου του νερού όταν προσπαθούν να εξηγήσουν φαινόμενα που σχετίζονται με τον ΚτΝ. Η αρχική άγνοια των μαθητών στο συγκεκριμένο θέμα, παρουσίασε μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ μικρή βελτίωση πράγμα που δηλώνει ότι θα έπρεπε ίσως να δοθεί μεγαλύτερη βαρύτητα ή να αντιμετωπιστεί με διαφορετικό τρόπο. Η ανταπόκριση των μαθητών στη σχέση Φ.Κ. νερού και θερμοκρασίας ήταν ικανοποιητική. Εξαίρεση αποτέλεσε όπως αναφέρθηκε και στην ανάλυση των αποτελεσμάτων η δυσκολία των μαθητών στις θερμοκρασίες πήξεως και βρασμού. Όσον αφορά τον βρασμό παρατηρήθηκαν παρόμοια αποτελέσματα (μη αναγνώριση της αέριας φάσης σε θερμοκρασία πάνω από τους 100 °C) με αυτά που προέκυψαν από τον Anderson ο οποίος ερεύνησε τις ιδέες Σουηδών μαθητών της ίδιας περίπου ηλικίας (12-15 ετών).

### **3<sup>η</sup> Ενότητα: Φαινόμενα σε σχέση με το νερό στη φύση**

#### **Υποενότητες: Τα 7 φαινόμενα του νερού στη φύση (εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση, απορροή, διήθηση, εκφόρτιση και διαπνοή)**

Με βάση τα αποτελέσματα των εργαλείων της έρευνας προέκυψε ο διαχωρισμός των φαινομένων του νερού στη φύση σε δύο ομάδες. Την πρώτη που φάνηκε να είναι πιο οικεία αρχικά στα παιδιά, την αποτέλεσαν τα αναγνωρίσιμα από τους περισσότερους μαθητές φαινόμενα της εξάτμισης, συμπύκνωσης και διαπνοής. Μετά τη διδακτική παρέμβαση υπήρξε σημαντική βελτίωση αναφορικά με την εξήγηση και κυρίως την περιγραφή των παραπάνω φαινομένων. Με μια πιο αναλυτική ματιά στην εξήγηση του φαινομένου της εξάτμισης τα αποτελέσματα της έρευνας μας

συμφωνούν περισσότερο με αυτά των Osborne και Cosgrove όπου λίγοι σχετικά Αυστραλοί μαθητές της ίδιας περίπου ηλικίας (13-17 ετών) ανάφεραν τα σωματίδια ή μόρια όταν περιέγραφαν τι συμβαίνει στο νερό που εξατμίζεται ενώ είναι σε αντίθεση με αυτά των Bar, V., Travis, A.S. (1991) όπου σε μαθητές ηλικίας (12-14 ετών) η κυρίαρχη εξήγηση ήταν αυτή με βάση το σωματιδιακό μοντέλο. Τα αποτελέσματα της εξήγησης της συμπύκνωσης φαίνεται να συμφωνούν με έρευνα που έκαναν επίσης οι Osborne και Cosgrove σε Νεοζηλανδούς μαθητές αυτήν την φορά ηλικίας (12-17 ετών) από τους οποίους οι μισοί μαθητές δικαιολογούν με παρόμοιο τρόπο με τους δικούς μας, ότι δηλαδή οι χαμηλές θερμοκρασίες έκαναν τους υδρατμούς που υπάρχουν στον αέρα να γίνει νερό. Τη δεύτερη ομάδα την αποτέλεσαν τα φαινόμενα κατακρήμνιση, διήθηση, απορροή και εκφόρτιση τα οποία οι περισσότεροι μαθητές τα αγνοούσαν και ως ονομασία αλλά και ως περιεχόμενο (τι δηλαδή αντιπροσωπεύουν). Μετά την διδακτική παρέμβαση (πειράματα, διαδραστικές εφαρμογές, χρήση μοντέλων) προέκυψε σημαντική βελτίωση κυρίως στην αναγνώριση και περιγραφή της κατακρήμνισης και της εκφόρτισης. Παρόλα αυτά ως προς την εξήγηση φαινομένων όπως η συμπύκνωση και η κατακρήμνιση τα οποία οι μαθητές έχουν ήδη διδαχθεί, κυρίως στο δημοτικό με όρους όπως υγρασία, βροχή, σύννεφο, δεν μείναμε ιδιαίτερα ικανοποιημένοι μιας και μόνο οι μισοί περίπου τα προσέγγισαν με αποδεκτό τρόπο. Τα παιδιά φαίνεται να διατηρούν σε μεγάλο βαθμό τις παρανοήσεις τους. Κι' αυτό επειδή ακόμα δυσκολεύονται να απαντήσουν σε ερωτήματα όπως: με ποιον τρόπο ο υδρατμός έγινε νερό, γιατί μετέπειτα το νερό στην υγρή ή στερεή μορφή (μικροσταγονίδια, παγοκρύσταλλοι αντίστοιχα) άλλοτε μπορεί να αιωρείται (μέσα στο σύννεφο) και άλλοτε μπορεί και πέφτει (βροχή, χιόνι). Τι είναι αυτό δηλαδή που το συγκρατεί στον αέρα παρόλο που έγινε νερό και για πιο λόγο κάποια στιγμή γίνεται πιο βαρύ και πέφτει κάτω. Η αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση των θεμάτων αυτών θέλει σίγουρα περισσότερο χρόνο (εμείς προσεγγίσαμε τα τρία διαδοχικά φαινόμενα εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση με πείραμα επίδειξης και παράλληλη συζήτηση αφιερώνοντας χρόνο 25 λεπτών όπως προκύπτει από το Φ.Π. με τον περισσότερο απ' αυτόν να εξαντλείται στην εξάτμιση επειδή εκεί δεχθήκαμε από τους μαθητές τις περισσότερες ερωτήσεις). Επίσης πιστεύουμε θα βοηθούσε καθοριστικά στην βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των μαθητών η δημιουργία κατάλληλων υλικών διδασκαλίας όπως λογισμικό, βίντεο, στοχευόμενα στις παραπάνω δυσκολίες τους και χρησιμοποιώντας ως βάση τον μικρόκοσμο του νερού.

#### **4<sup>η</sup> Ενότητα: Ο κύκλος του νερού**

##### **Υποενότητες: Ο ΚτΝ ως ένας δυναμικός κύκλος επτά διαδοχικών φαινομένων / Ο κύκλος του νερού ως μοντέλο**

Σχετικά με τη διαδοχή των φαινομένων στον ΚτΝ διαφάνηκε αρχικά καθολική αδυναμία των μαθητών να κατατάξουν με τη σωστή σειρά τα επτά πιο βασικά φαινόμε-

να που αποτελούν τον κύκλο του νερού στη φύση. Επειδή η σωστή κατάταξη προϋπέθετε κατ' αρχήν την αναγνώριση των φαινομένων, εν μέρει η αδυναμία αυτή αποδόθηκε σε παρόμοιους λόγους που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα δηλαδή, στην επιστημονική ορολογία με την οποία αναφέρονταν κάποια από αυτά (π.χ. κατακρήμνιση) και την οποία οι μαθητές δεν διδάχθηκαν ποτέ, καθώς και η άγνοια των φαινομένων που αποτελούν το λιθοσφαιρικό μέρος (π.χ. διήθηση, εκφόρτιση). Η εικόνα αυτή παρουσίασε σημαντική βελτίωση μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ όπου πάνω από τους μισούς μαθητές απαντούσαν πλέον αποδεκτά. Αυτό μπορεί ίσως να εξηγηθεί από τα αποτελέσματα της προηγούμενης ενότητας 3 στην διάρκεια της οποίας σχεδόν όλοι οι μαθητές κατάφεραν μέσω των δραστηριοτήτων που επιλέχθηκαν να αναγνωρίζουν τα 5 φαινόμενα (εξάτμιση, διαπνοή, συμπύκνωση, κατακρήμνιση, εκφόρτιση) στα δε υπόλοιπα 2 ( απορροή, διήθηση) μόνο ένα μέρος των μαθητών (λίγο πιο πάνω από τους μισούς) μπορούσε να τα καταφέρει. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα κατ' επέκταση το ίδιο ακριβώς ποσοστό μαθητών να σχεδιάζει αποδεκτά τον ΚτΝ ως μοντέλο με τους υπόλοιπους να αποτυπώνουν σωστά το ατμοσφαιρικό μέρος, αποφεύγοντας να αναφερθούν στο λιθοσφαιρικό μέρος του κύκλου. Ως προς την δυναμικότητα του ΚτΝ αυτό έδειξε να γίνεται κατανοητό από τους περισσότερους μαθητές και αυτό γιατί καθώς αποτύπωναν στο σχέδιο (μοντέλο) τα φαινόμενα που αποτελούν τον ΚτΝ χρησιμοποιούσαν βέλη ευθύγραμμα ή καμπύλα, που έδειχναν μια διαρκή κίνηση, καθώς και την κατεύθυνση προς την οποία κινείται το νερό. Στο γεγονός αυτό φαίνεται να βοήθησε η ρητή διδασκαλία περί του σκοπού που επιτελούν τα μοντέλα γενικά στις Φυσικές Επιστήμες συνδυαστικά με τη σχεδιασμένη δραστηριότητα επάνω στο μοντέλο νύχτας-μέρας και τη σχετική συζήτηση που προκλήθηκε.

#### **Υποενότητες: Ο ΚτΝ και η ποσότητα του νερού που διακινείται / Οι απόψεις του Αριστοτέλη για τον ΚτΝ.**

Ως προς τη σταθερότητα της συνολικής ποσότητας του νερού που διακινείται κατά την διάρκεια του ΚτΝ λίγοι μαθητές έδειξαν αρχικά να την κατανοούν καθώς οι περισσότεροι φάνηκε να περιορίζονται στην κατανάλωση του νερού από τον άνθρωπο και να καταλήγουν σκεπτόμενοι απλοποιημένα ότι αυτό συνεχώς μειώνεται. Μετά τη διδασκαλία υπήρξε σαφής βελτίωση καθώς όχι μόνο τριπλασιάστηκαν οι σωστές απαντήσεις (6 πριν, 18 μετά) αλλά οι μαθητές μπορούσαν και να αιτιολογήσουν κυρίως μέσω των φαινομένων του ΚτΝ αλλά και μέσω άλλων μικρότερων κύκλων του νερού που συμβαίνουν στον άνθρωπο στα ζώα και στα φυτά, κατανοώντας επίσης ότι με τις δραστηριότητες των ανθρώπων το νερό δεν χάνεται αλλά ένα μέρος του υποβαθμίζεται. Στην επίτευξη του συγκεκριμένου στόχου φαίνεται να βοήθησε η σχεδιασμένη διδασκαλία κυρίως με την επιλογή του κατάλληλου σχεδίου-μοντέλου (μοντέλο παγκόσμιου μέσου ετήσιου ισοζυγίου του ΚτΝ) συνδυαστικά με τα κείμενα του Αριστοτέλη για την ποσότητα του νερού που διακινείται κατά τη διάρκεια του κύκλου.

Συνολικά για τον ΚτΝ και με βάση προηγούμενες έρευνες των Shepardson et al. (2009), Gunckel et al. (2012b), και Σάλτα Κ., Στούμπα Α. (2015) που αναφέρονται σε μαθητές Γυμνασίου και οι οποίες κατατάσσουν τα αποτελέσματα τους σε 3 περίπου όμοιες κατηγορίες με την 1η αντίληψη να είναι πιο κοντά στην επιστημονική δηλαδή ο κύκλος του νερού ως «αποθήκευση» (ποτάμια, λίμνες, ωκεανούς), μεταβολή (εξάτμιση, υγροποίηση, κατακρημνίσματα) και μεταφορά με πολλούς δρόμους καθώς και την αναγνώριση των υπόγειων νερών την εξάτμιση από τα φυτά και το έδαφος ως μέρος του κύκλου, την 2η με επίσης «αποθήκευση», μεταβολή και μεταφορά, την αναγνώριση των υπόγειων νερών την εξάτμιση από τα φυτά, από μία όμως μόνο διαδρομή, την 3η αντίληψη του κύκλου ως καιρικό φαινόμενο εστιάζοντας κυρίως στην βροχή ως επαναλαμβανόμενο γεγονός χωρίς να ακολουθούν άλλες διαδρομές του νερού, θα μπορούσαμε να αποφανθούμε ότι και τα δικά μας αποτελέσματα συμφωνούν με τις παραπάνω έρευνες που δείχνουν ως κυρίαρχη κατηγορία την 2η, με την διαφοροποίηση ότι ένα σημαντικό μέρος μαθητών στην δικιά μας έρευνα (και όχι ένα μικρό μέρος όπως συνέβη στις άλλες τρεις) να κατακτά την 1η αντίληψη.

### **5.3 Συμπεράσματα**

Όσον αφορά τον πρώτο στόχο για το «αν οι μαθητές, αναγνώρισαν την αξία του νερού για τη δημιουργία και διατήρηση της ζωής καθώς και την ερμηνεία του προβλήματος της λειψυδρίας σε κάποιες περιοχές της Γης», από τα αποτελέσματα των τεστ προελέγχου φαίνεται ότι πολύ λίγοι μαθητές γνώριζαν από πριν την αξία του νερού για τη δημιουργία της ζωής ενώ αρκετά καλύτερες ήταν οι απόψεις τους στην σχέση νερού και διατήρησης της ζωής, με τους περισσότερους στην δεύτερη περίπτωση να το συνδέουν με το μεγάλο ποσοστό του νερού που υπάρχει στα έμβια όντα. Στην ερμηνεία της λειψυδρίας οι μαθητές φαίνεται να γνώριζαν από πριν (περίπου 3 στους 4), να ορίζουν σωστά αλλά και να αιτιολογούν το πρόβλημα της λειψυδρίας. Μετά τη διδακτική παρέμβαση διπλασιάστηκαν οι σωστές απαντήσεις στην αξία του νερού για τη δημιουργία και διατήρηση της ζωής με τους περισσότερους από τους μαθητές να δίνουν περιεκτικότερες απαντήσεις κυρίως στη διατήρηση της ζωής κάνοντας αναφορά π.χ. στη φωτοσύνθεση ή στην ιδιότητα του νερού να διαλύει και να μεταφέρει ουσίες. Στην ερμηνεία της λειψυδρίας δόθηκαν επίσης ποιοτικότερες απαντήσεις και ως προς τον ορισμό αναφερόμενοι γενικά στα έμβια και όχι μόνο στον άνθρωπο και ως προς την αιτιολόγηση, με λάθος απάντηση να δίνεται μόνο από ένα μαθητή.

Στο δεύτερο στόχο, «να διακρίνουν οι μαθητές τις τρεις φυσικές καταστάσεις του νερού και τη δομή τους μέσα από μοντέλα και να προβλέπουν την φυσική κατάστασή του ανάλογα με την θερμοκρασία», τα αποτελέσματα στα πριν και μετά ερωτηματολόγια έδειξαν ότι, στο πρώτο μέρος που αναφέρεται στη διάκριση των φυσικών καταστάσεων του νερού υπήρχε πολύ καλή γνώση των μαθητών πριν την ε-

φαρμογή της DMA η οποία διατηρήθηκε και μετά την εφαρμογή, στο δεύτερο μέρος διαπιστώθηκε μια αρχικά μέτρια γνώση της σωματιδιακής κατάστασης του νερού στην υγρή και αέρια κατάσταση (περίπου οι μισοί μαθητές απάντησαν αποδεκτά), η οποία στον μεταέλεγχο βελτιώθηκε εντυπωσιακά (μόνο 2 απάντησαν λάθος). Στην κατεύθυνση αυτή ίσως να βοήθησε η δραστηριότητα που προηγήθηκε και που αναφερόταν στο σκοπό που επιτελούν τα μοντέλα γενικά στις Φυσικές Επιστήμες συνδυαστικά με το κιναισθητικό μοντέλο που πραγματοποίησαν έπειτα οι ίδιοι οι μαθητές και την προβολή του σωματιδιακού μοντέλου του νερού στις τρεις Φ.Κ. από τον ερευνητή. Η αρχική άγνοια των μαθητών σχετικά με το σωματιδιακό μοντέλο του νερού στη στερεή κατάσταση διορθώθηκε εν μέρει, (λίγοι ανταποκρίθηκαν αποδεκτά) διατηρώντας όμως οι περισσότεροι από τους υπόλοιπους την λανθασμένη αντίληψη ότι ο πάγος έχει μικρότερο όγκο από το νερό. Όσον αφορά την πρόβλεψη από τους μαθητές της φυσικής κατάστασης του νερού ανάλογα με την θερμοκρασία, από τα αποτελέσματα των προ και μεταελέγχου τεστ, προκύπτει ότι προϋπήρχε μια αρκετά καλή γνώση του θέματος με σημαντική πρόοδο μετά την εφαρμογή της DMA, γεγονός που δείχνει ότι η σχεδιασμένη αντιμετώπιση του με τη χρησιμοποίηση κατάλληλου λογισμικού ήταν μάλλον επιτυχημένη.

Στον τρίτο στόχο, «να μπορούν οι μαθητές να αναγνωρίζουν να περιγράφουν και να ερμηνεύουν τα 7 βασικά φαινόμενα του νερού που σχετίζονται με τον κύκλο του νερού στη φύση (εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση, απορροή, διήθηση, εκφόρτιση, διαπνοή)», από τα τεκμήρια (διαλόγους μεταξύ μαθητών και εκπαιδευτικού) του φύλλου παρατήρησης καθώς και από τα πριν και μετά ερωτηματολόγια φαίνεται να ομαδοποιούνται τα φαινόμενα σε δύο ομάδες. Στην πρώτη ομάδα που την αποτελούν τα φαινόμενα εξάτμιση, συμπύκνωση και διαπνοή παρατηρήθηκε μια καλή αρχική εικόνα στην αναγνώριση των φαινομένων με αρκετά προβλήματα στην αναφορά, περιγραφή και εξήγησή τους. Μετά την εφαρμογή της DMA, οι περισσότεροι μαθητές μπορούσαν να τα αναγνωρίσουν και να τα περιγράψουν, με πολύ καλά αποτελέσματα επίσης στην εξήγηση της εξάτμισης αλλά με δυσκολίες στη συμπύκνωση (μόνο οι μισοί μαθητές περίπου κατάφεραν να εξηγήσουν σωστά) και τη διαπνοή. Στην δεύτερη ομάδα των φαινομένων κατακρήμνιση, απορροή, διήθηση, εκφόρτιση η αρχική γνώση υστερούσε σε σχέση με την πρώτη ομάδα (αναμενόμενο αφού την κατακρήμνιση την γνώριζαν μόνο με ονομασίες όπως βροχή, χιόνι και χαλάζι, τα δε υπόλοιπα φαινόμενα δεν τα είχαν διδαχτεί στο σχολείο όπως φαίνεται από τα αναλυτικά προγράμματα Δημοτικού-Γυμνασίου). Η πρόοδος ήταν σαφής μετά την εφαρμογή της DMA ιδίως στα φαινόμενα κατακρήμνιση (σημαντική αύξηση των σωστών εξηγήσεων μέσω της βαρύτητας) και εκφόρτιση.

Στον τέταρτο στόχο, δηλαδή «οι μαθητές να είναι ικανοί να περιγράφουν τον κύκλο του νερού ως σύνολο διαδοχικών φαινομένων και να τον αναπαριστούν ως μοντέλο», ως προς το πρώτο μέρος του, από τα τεστ προελέγχου φαίνεται, κανένας μαθητής να μην μπορεί αρχικά να καταγράψει την σωστή διαδοχή των 7 πιο βασικών



φαινομένων του κύκλου του νερού γεγονός ίσως αναμενόμενο μιας και οι μαθητές δεν γνώριζαν την επιστημονική ορολογία κάποιων φαινομένων όπως π.χ. της κατακρήμνισης αλλά και φαινόμενα που αφορούν το λιθοσφαιρικό μέρος του ΚτΝ όπως η διήθηση και η εκφόρτιση. Τα αποτελέσματα βελτιώθηκαν πολύ (πάνω από τους μισούς μαθητές απάντησαν σωστά) μετά τη διδακτική παρέμβαση με τους περισσότερους από τους υπόλοιπους μαθητές να αποτυπώνουν σωστά κάποια μέρη του ΚτΝ, ως επί τω πλείστον τη διαδοχή των φαινομένων του ατμοσφαιρικού μέρους. Στο δεύτερο μισό του στόχου δηλαδή αυτό της αναπαράστασης του ΚτΝ με τη μορφή μοντέλου τα αποτελέσματα για πριν και μετά τη διδασκαλία ήταν παρόμοια με αυτά του πρώτου μέρους. Δηλαδή ενώ πριν τη διδασκαλία οι μαθητές αναπαριστούσαν ένα μέρος του ΚτΝ (μικρό ή και μεγαλύτερο με εξαίρεση δύο σχέδια που πλησίαζαν στο ζητούμενο) μετά την παρέμβαση 12 μαθητές έδωσαν αποδεκτές αναπαραστάσεις οι δε υπόλοιποι μερικώς αποδεκτές αποτυπώνοντας σωστά μόνο κάποια μέρη του ΚτΝ. Γενικά μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ο στόχος αυτός εκπληρώθηκε στο μεγαλύτερος μέρος του.

Στον τελευταίο στόχο, αυτόν «της κατανόησης από τους μαθητές της διατήρησης της ποσότητας του νερού κατά την διάρκεια του κύκλου», από τα τεκμήρια του φύλλου παρατήρησης (διαλόγους μεταξύ των μαθητών και μαθητών εκπαιδευτικού), το αναστοχαστικό κείμενο και από τα πριν και μετά αποτελέσματα των ερωτηματολογίων προκύπτει η ανατροπή των εννοιολογικών εμποδίων που προϋπήρχαν στους περισσότερους από τους μαθητές καθώς τριπλασιάστηκαν οι σωστές απαντήσεις τους με όλους σχεδόν στο τέλος (εκτός από 2) όχι μόνο να γνωρίζουν για τη διατήρηση της συνολικής ποσότητας του νερού στη Γη αλλά και να την αιτιολογούν μέσω των φαινομένων του ΚτΝ.

#### **5.4 Περιορισμοί**

Η συγκεκριμένη έρευνα έγινε στα πλαίσια περιβαλλοντικού προγράμματος, με τη συμμετοχή 20 μαθητών απ' όλα τα τμήματα της Γ' τάξης του 1ου Γυμνασίου Φλώρινας, οι οποίοι ζήτησαν από μόνοι τους να συμμετάσχουν. Ως χώρος εφαρμογής επιλέχθηκε το εργαστήριο Φυσικών Επιστημών του σχολείου (κατάλληλος χώρος για εκτέλεση πειραμάτων-δραστηριοτήτων, ύπαρξη εποπτικού υλικού). Οι περιορισμοί στην έρευνα προέκυψαν πριν και κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας και ήταν οι εξής:

- *Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η έρευνα πραγματοποιήθηκε σ' ένα μόνο σχολείο με τους μαθητές που πήραν μέρος να έχουν καθημερινή επαφή με τα φαινόμενα του ΚτΝ λόγω του συγκεκριμένου γεωγραφικού τόπου.*
- *Το εργαστήριο Φ.Ε. διέθετε ασύρματο δίκτυο που ήταν όμως ασθενές με αποτέλεσμα η χρήση του από τον εκπαιδευτικό και τους μαθητές να γίνεται μερικές φορές προβληματική.*

- Τα μαθήματα έγιναν εκτός σχολικού ωραρίου (εξαιτίας μη πρόνοιας θεσμικά, εφαρμογής των σχολικών προγραμμάτων σε συγκεκριμένες ώρες, κατά την διάρκεια του σχολικού ωραρίου), με αποτέλεσμα μερική διαρροή μαθητών λόγω αυξημένων εξωσχολικών υποχρεώσεων κατά την διάρκεια των τριών πρώτων μαθημάτων (1ο μάθημα έλειπαν 3 μαθητές, 2ο μάθημα 4, και 3ο μάθημα 2 μαθητές) από τα τέσσερα συνολικά δίωρα μαθήματα.
- Επιλέχθηκε συμπυκνωμένη διδασκαλία δύο ωρών κάθε φορά χωρίς ενδιάμεσο διάλειμμα (οι λόγοι αναφέρθηκαν παραπάνω) με αποτέλεσμα κάποιες φορές οι μαθητές να αισθάνονται κόπωση.
- Στη διδασκαλία, έγινε προσπάθεια να αντιμετωπιστούν οι περισσότερες απορίες και παρανοήσεις των μαθητών, καθώς δε ο χρόνος είναι αμείλικτος, ίσως παραλείφθηκαν ή δεν τονίστηκαν όσο έπρεπε κάποια μέρη της ΔΜΑ σύμφωνα με τον αρχικό σχεδιασμό.

## 5.5 Προτάσεις

Με βάση τους περιορισμούς που αναφέρθηκαν παραπάνω την αξιολόγηση της Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας που πραγματοποιήθηκε και της συζήτησης που προηγήθηκε, προτείνονται οι εξής επεκτάσεις-τροποποιήσεις για μελλοντική εφαρμογή της:

- Να πραγματοποιηθεί η ΔΜΑ σε άλλο δείγμα παιδιών ίδιας ηλικίας (14-15 ετών) σε διαφορετική περιοχή της Ελλάδας που ζουν λιγότερο έντονα τα φαινόμενα της φύσης που σχετίζονται με τον ΚτΝ, για να διαπιστωθεί εάν τα αποτελέσματα θα συμπίπτουν ή θα απέχουν με αυτά της παρούσας έρευνας.
- Στην ενότητα που αναφέρεται στην αξία του νερού για τη δημιουργία και διατήρηση της ζωής να γίνει μια προσέγγιση περισσότερο εμπειριστατωμένη από τον τομέα της βιολογίας.
- Τα επτά πιο βασικά φαινόμενα (εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση, απορροή, διήθηση, εκφόρτιση, διαπνοή) του ΚτΝ που αναφέρονται στη ΔΜΑ αποτελούν βασική γνώση πάνω στην οποία στηρίζεται η μετέπειτα κατανόηση της διαδοχής τους και του μοντέλου του ΚτΝ επομένως προτείνεται να σχεδιαστεί λογισμικό και βίντεο που να εστιάζει στα φαινόμενα αυτά, ώστε να κατακτηθεί ο στόχος της αναγνώρισης και περιγραφής όλων των φαινομένων από τους μαθητές.
- Η προσέγγιση της ερμηνείας των φαινομένων εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση (όπου φαίνεται από τα αποτελέσματα να υπάρχουν και μετά την παρέμβαση δυσκολίες) να γίνει επιπλέον με εποπτικό υλικό που να σχεδιαστεί έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στις αναπτυξιακές δυνατότητες των μαθητών αυτής της ηλικίας και να έχει ως βάση τον μικρόκοσμο του νερού.
- Με σκοπό την ευαισθητοποίηση των μαθητών απέναντι στο περιβάλλον να δοθεί μια περισσότερο οικολογική προσέγγιση στη σημασία του ΚτΝ και στο πως αυτός επηρεάζεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

- Σε περίπτωση που θα ενδιέφερε η περαιτέρω ενίσχυση του περιβαλλοντικού περιεχομένου της ΔΜΑ να συμπληρωθεί με ένα μέρος μη τυπικής εκπαίδευσης (π.χ. σύντομη επίσκεψη σε βιολογικό καθαρισμό της περιοχής).

Θεωρούμε επομένως ότι χρειάζεται νέα εφαρμογή στην οποία θα λάβουμε υπόψη όλες τις προτάσεις αλλαγών που περιγράφηκαν παραπάνω.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **Ελληνόγλωσση**

Βοσνιάδου, Σ. (1998). Γνωσιακή Ψυχολογία. Αθήνα: Gutenberg.

Ζουπίδης, Α. (2012). Διδασκαλία και Μάθηση με τη χρήση μοντέλων Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας: Εφαρμογή στα φαινόμενα της Πλεύσης Βύθισης. (Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή). Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα.

Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α., Πνευματικός, Δ., Κασκάλης, Θ., Μαλανδράκης, Γ., Ζουπίδης, Α., Μπλούχου, Σ., Σουλτάνης, Κ., Τριανταφυλλίδου, Ρ., Αρβανιτάκης, Ι. και Πολατίδου, Ρ. (2010). Η Πυκνότητα των Υλικών σε Φαινόμενα Πλεύσης / Βύθισης: Πειραματικές Διαδικασίες και Μοντελοποίηση (Βιβλίο Εκπαιδευτικού), Λευκωσία, Πανεπιστήμιο Κύπρου: Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες.

Καμίδου, Κ. Σπύρτου, Α. Καριώτογλου, Π. (2007). Μια εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία της ενέργειας στο Δημοτικό Σχολείο: πιλοτική εφαρμογή, Διδακτική ΦΕ και νέες τεχνολογίες στη εκπαίδευση, πρακτικά 5<sup>ου</sup> πανελληνίου συνεδρίου τεύχος Α΄.

Κανδήλης, Π. (2002). Φυσικές Επιστήμες. Μεθοδολογία και Πειράματα. Προσωπική έκδοση, Αθήνα

Καριώτογλου Π. – Σπύρτου Α. (2006). Διδακτικό Πακέτο. Δυναμικές αλληλεπιδράσεις: Βαρυτικές, Μαγνητικές, Ηλεκτρομαγνητικές. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. Παιδαγωγική Σχολή Φλώρινας.

Καριώτογλου, Π. (2004). Διερεύνηση διδακτικών - μαθησιακών ακολουθιών: η περίπτωση των δυνάμεων. «Φυσικές Επιστήμες Διδασκαλία, Μάθηση και Εκπαίδευση», στο Β. Τσελφές, Π. Καριώτογλου & Μ. Πατσαδάκης (επιμ.) Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και τις νέες Τεχνολογίες – Φυσικές Επιστήμες: Διδασκαλία, Μάθηση & Εκπαίδευση, 26 -28 Νοεμβρίου 2004 (σ. 119-122), Τόμος Β΄. Αθήνα.

Καριώτογλου, Π. (2006). Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Γράφημα.

Καριώτογλου, Π. (2010). Η Διερεύνηση (inquiry) ως επερχόμενο διδακτικό παράδειγμα στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών: Εφαρμογή στο πρόγραμμα “Materials Science”. Ιστορία, Φιλοσοφία και διδακτική των Φυσικών Επιστημών, στα Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου, 5-9 Μαΐου 2010. Αθήνα: Εκδόσεις Νήσος.

Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α., Πνευματικός, Δ., & Ζουπίδης, Α. (2012). Σύγχρονες τάσεις στα Προγράμματα Σπουδών Φυσικών Επιστημών: οι περιπτώσεις της διερεύνησης και των επισκέψεων σε χώρους επιστήμης και τεχνολογίας στο Πρόγραμμα "Materials Science". Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση, 5(1-2), 153-164, <https://tinyurl.com/y7pn3lq6>

Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α., Πνευματικός, Δ. & Ζουπίδης, Α. (2012). Σύγχρονες τάσεις στα Προγράμματα Σπουδών Φυσικών Επιστημών: οι περιπτώσεις της διερεύνησης και των επισκέψεων σε χώρους επιστήμης και τεχνολογίας στο Πρόγραμμα "Materials Science", Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση, 5(1-2), 153-164, <https://tinyurl.com/y9bj5sy6>

Καρύδας, Α. (2013). Ποια Φυσική έχει νόημα να διδάσκονται τα παιδιά μας σήμερα; στο Πανελλήνιο Συνέδριο Θεσσαλονίκη 9 και 10 Μαρτίου 2013 Πύργος Παιδαγωγικής Σχολής Α.Π.Θ.

Κόμης, Β. (2004). Εισαγωγή στις εκπαιδευτικές εφαρμογές των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Κουτσογιάννης Δ. και Ξανθόπουλος Θ. (2016). Τεχνική Υδρολογία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο- Τομέας Υδάτινων Πόρων Αθήνα.

Λαμπρινός, Ν & Ρέλλου, Μ (2011). Η απεικόνιση του μοντέλου του κύκλου του νερού με τη χρήση διαγραμμάτων ανάδειξης αιτιολογικών σχέσεων (CLD). Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα [geolib.geo.auth.gr/digeo/index.php/pgc/article/view/10446/10194](http://geolib.geo.auth.gr/digeo/index.php/pgc/article/view/10446/10194)

Λιάμπας, Ε. (2015). Κατασκευή και αξιολόγηση εκπαιδευτικού λογισμικού «Το ταξίδι του νερού» με θέμα τον υδρολογικό κύκλο για παιδιά προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας (Αδημοσίευτη Διπλωματική Εργασία). Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας – Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, ΠΜΣ. Φλώρινα.

Μαμάσης, Ν. (2009). ΕΜΠ, Υδρολογικός κύκλος, Αθήνα 2009.

Παπαδοπούλου, Π. (2016) Μια διδακτική μαθησιακή ακολουθία για τη διδασκαλία της εξέλιξης. Ψηφιακές σημειώσεις μαθήματος *ΕΦΠΤ4 Διδακτικά Μαθησιακά Περιβάλλοντα*. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας – Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, ΠΜΣ. Φλώρινα, <https://tinyurl.com/y9jj8suu>

Πιέρ Κλέρ και Βαλερί Στεππέν, Η μετεωρολογία ο καιρός και οι εποχές, αγνώστου εκδότη και χρονολογίας.

Ραβάνης, Κ. (1999). Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση: Διδακτική και γνωστική προσέγγιση, Αθήνα: Τυπωθήτω - Γαρδανός.

Ράπτης, Α. & Ράπτη, Α. (2003). Μάθηση και Διδασκαλία στην εποχή της Πληροφορίας. Αθήνα: Αριστοτέλης Ράπτης. Αυτοέκδοση.

Σκουμιός, Μ. (2012). Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. Ρόδος.

Σπύρτου, Α. (2001). Μελέτη της εποικοδομητικής στρατηγικής για την εκπαίδευση των δασκάλων στις Φυσικές Επιστήμες (Α δημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή) ΑΠΘ: Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης.

Σταυρίδου, Ε. (1995): Μοντέλα Φυσικών Επιστημών και διαδικασίες μάθησης, Αθήνα: Σαββάλας.

Στούμπα Α., Σάλτα Κ. (2015) «Οι ιδέες μαθητών Γυμνασίου για τις διαδρομές του νερού» 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Θεσσαλονίκη, 8-10 Μαΐου 2015

Στράγγας, Α. (2010). Μελέτη της ικανότητας διδακτικού σχεδιασμού υποψήφιων νηπιαγωγών στην περιοχή των Φυσικών Επιστημών: Η περίπτωση της διδασκαλίας του «κύκλου του νερού» (Α δημοσίευτη Διπλωματική Εργασία). Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας – Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, ΠΜΣ. Φλώρινα.

Συμεωνίδου, Α. (2014). Ανάπτυξη, εφαρμογή και αξιολόγηση Διδακτικής μαθησιακής σειράς για παιδιά προσχολικής ηλικίας, για τον κύκλο του νερού (Α δημοσίευτη Διπλωματική Εργασία). Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Νηπιαγωγών, ΠΜΣ. Φλώρινα.

Χαλκιά, Κ. (2012). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις. Εκδόσεις Πατάκη.

### **Ξενόγλωσση**

Agelidou, E., Balafoutas, G., & Gialamas, V. (2001). Interpreting how third grade junior high school students represent water. *International Journal of Education and Information*, 20, 19–36.

Anderson, B. (1980). "Some aspects of children's understanding of boiling point", in Archenhold, W.F., Driver, R., Orton, A. and Wood-Robinson, C. (edw), *Cognitive Researching in Science and Mathematics*, Proceedings of an International Seminar, 17-21 September 1979, University of Leeds.

Ashiq, H., Azzem, M. & Shakoor, A. (2011). Physics Teaching Methods: Scientific Inquiry Vs Traditional Lecture, *International Journal of Humanities and Social Science*, v1, n19, p.269-276, December 2011.

Bar, V. & Goldmuenz, R. (1987). *Why Things Fall?* Scientific Report. Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem, Israel.

Bar, V. (1986). The development of the conception of evaporation, The Amos de-Shalit Science Teaching Centre in Israel, The Hebrew University of Jerusalem, Israel

Bar, V. (1989). Children's views about the water cycle, *Science Education*, v.73, p.481-500.

Bar, V., & Galili, L. (1994). Stages of children's views about evaporation. *International Journal of Science Education*, 16, 157–174.

Bar, V., Travis, A.S. (1991). Children's views concerning phase changes, *Journal of Research in Science Teaching*, v. 28, p 363-382.

Ben-Zvi Assaraf, O., & Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth systems education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 518–560.

Ben-zvi-Assaraf, O., 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 Studding of Science Education*, 7, 451-477.

Ben-zvi-Assaraf, O., Orion, N. (2005). A Study of Junior High Students' Perceptions of the Water Cycle, *Journal of Geosciences Education*, v.53, n.4, p.366-373.

Boudreaux, A., Shaffer, P., Heron, P., McDermott, L., (2008). Student understanding of control of variables: Deciding whether or not a variable influences the behavior of a system. *American of Journal Physics*, 76(2), 163-170.

Bybee, R.W. (2006). Scientific inquiry and science teaching. In L.B. Flick & N. G. Lederman (eds.), *Scientific inquiry and nature of science*. The Netherlands: Springer.

Carey, S. (1985). Are children fundamentally different kinds of thinkers and learners than adults? In S. F. Chipman, J. W. Segal, and R. Glaser (Eds.), *Thinking and learning skills*, vol. 2. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Constantinou, C.P. (1999). The Cocoa Microworld as an Environment for Modeling Physical Phenomena. *International Journal of Continuing Education and Life-Long Learning*, 9, 201-213.

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, 485–497.

Dow, W.M., Auld, J. and Wilson, D. (1978) "Pupils' concepts of gases, liquids and solids", Dundee College of Education.

Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructionist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (2000). Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μια παγκόσμια σύνοψη των Ιδεών των Μαθητών. Τυπωθήτω, Αθήνα.

Duit, R. (1999). A model of educational Reconstruction – A framework for research and development in Science Education. In: P. Koumaras, P. Kariotoglou, V. Tselfes, & D. Psillos (Eds.), *Proceedings of the 1st Panhellenic conference on Science Education and New Technologies* (pp. 30-34). Thessaloniki, Greece: Christodoulides.

Duit, R. (2007). Science education research internationally: conceptions, research methods, domains of research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 3 (1), 3-15. Retrieved from <https://tinyurl.com/yax43q8s>

Fetherstonhaugh, A., Bezzi, A.(1992). Public knowledge and private understanding: Do they match? An example with the water cycle, Paper presented at the 29th International Geological Congress, Kyoto, Japan.

Gilbert, J. & Boulter, C. (2000). *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Gilbert, J. K., Boulter, C., & Rutherford, M. (1998). Models in explanations, Part1: horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20 (1), 83-97.

Greeno, J. G., A.M. Collins & L.B. Resnick (1997). Cognition and learning. In *Handbook of educational psychology*, edited by D. C. Berliner and R. C. Calfee, 15-47. New York: Simon and Shuster Macmillan.

Gunckel et al. (2012b) A learning progression for water in socio-ecological systems *Journal of research in science teaching* vol. 49, no. 7, pp. 843-868 (2012)

Halloun, I.A. (2004). *Modelling theory in science education*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Harlen, W. & Elstgeest, J. (2005). UNESCO, Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Εκδόσεις Τυπωθήτω.

Hewitt, P.G. (2005), Οι έννοιες της Φυσικής. Ηράκλειο : Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης.



Jonson, P. (1998a). Children's understanding of changes of state involving the gas state. Part 1: Boiling water and the particle theory, *International Journal of Science Education*, v. 20, n5, p.567-583.

Jonson, P. (1998b). Children's understanding of changes of state involving the gas state. Part 2: Evaporation and condensation below boiling point, *International Journal of Science Education*, v. 20, n6, p.695-709.

Joyce, B., Weil, M. & Calhoun, E. (2009). *Διδακτική Μεθοδολογία- Διδακτικά Μοντέλα*. Αθήνα: Ίων / Εκδόσεις Έλλην.

Justi, S. R., & Gilbert, K. J. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24, 1273 – 1292.

Kariotoglou, P. (2002). A Laboratory – based teaching learning sequence on fluids: developing primary student teachers' conceptual and procedural knowledge. In D. Psillos & H. Niedderer (Eds.), *Teaching and Learning in the Science Laboratory* (pp. 79 – 90). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Kariotoglou, P., Psillos, D. & Tselfes, V. (2003). Modeling the Evolution of Teaching-Learning Sequences: From Discovery to Constructivism. In: Psillos, D., Kariotoglou, P., Tselfes, V., Hatzikraniotis, E., Fassoulopoulos, G., Kallery, M. (eds), *Science Education Research in the Knowledge-Based Society*, Kluwer Academic Publishers, 259-268.

Kastens, K., (2010). Teaching Complex Earth Systems using visualizations. In: Cutting Edge Workshop on “Developing Student Understanding of Complex Earth Systems” Carleton College, Northfield, MN, April 18-20, Workshop Conveners:

Lijnse, P. L. (1995). ‘Developmental research’ as a way to an empirically-based ‘didactical structure’ of science. *Science Education*, 79 (2), 189-199. Manduca, C., Mogk, D., Bice, D., Pyle, E., Slotta, J., <https://tinyurl.com/ydxkwhgd>, τελευταία ημερομηνία πρόσβασης: 11/2/2017.

Lijnse, P. L. (1995). ‘Developmental research’ as a way to an empirically-based ‘didactical structure’ of science. *Science Education*, 79(2), 189-199. doi:10.1002/sce.3730790205

Marques, L.F. & Thomson, D.B. (1997a). Portuguese students' understanding at age 10/11 and 14/15 of the origin and nature of the Earth and the development of life. *Research in Science and Technology Education*, 15, 29-51.

Meheut, M. (2005). Teaching-Learning Sequences Tools For Learning and/or Research. In: K. Boersma, M.Goedhart, O. De Jong, H., Eijkelhof (Eds.), *Research and the Quality of Science Education*, Springer, The Netherlands, 195-207.

Méheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching-Learning Sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26 (5), 515-535.

Osborne και Cosgrove, (1983). "Children's conceptions of the changes of state of water", *Journal of Research in Science Teaching* 20 (9): 825-38.

Perlman, H., Makropoulos, C. & Koutsoyiannis, D. (2005). The water cycle, United States Geological Survey. Τελευταία ανάκτηση στις 1/12/2016 από <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html>.

Piaget, J. (1929). *La Representation du Monde Chez l'Enfant*. Press Universitaire de France, Paris.

Psillos, D. & Kariotoglou, P. (2016). *Iterative Design of Teaching Learning Sequences. Introducing the Science of Materials in European Schools*, Springer 2016.

Psillos, D., Tselfes, V., & Kariotoglou, P. (2004). An epistemological analysis of the evolution of didactical activities in teaching-learning sequences: the case of fluids. *International Journal of Science Education*, 26 (5), 555-578.

Shepardson, D. P., Wee, B., Priddy, M., Schellenberger, L., & Harbor, J. (2007). What is a watershed? Implications of student conceptions for environmental science education and the National Science Education Standards. *Science Education*, 91, 523-553.

Shepardson, D., Wee, B., Priddy, M., Schellenberger, L., Harbor, J. (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), 1447-1471.

Smith, C., Snir, J., & Grosslight, L. (1992). Using Conceptual Models to Facilitate Conceptual Change: The Case of Weight-Density Differentiation, *Cognition and Instruction*, 9(3), 221-283. doi:10.1207/s1532690xci0903\_3

Snow, J. (2006). STELLA Models in the classroom from static images to dynamic, interactive models, presentation. In: Unidata Users Workshop "Expanding the use of models as educational tools in the atmospheric & related sciences", Boulder Colorado, 10-14 July.

Stacy, R. (1987). "Acquisition of conservation of matter", Paper presented at the Second Conference on Misconceptions, July, Cornell University, Ithaca, N.Y.

Tiberghien, A., Vince, J., & Gaidioz, P. (2009). Design-based research: case of a teaching sequence on mechanics. *International Journal of Science Education*, 31 (17), 2275-2314.

Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, L. T. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24, 357 – 368. doi:[10.1080/09500690110066485](https://doi.org/10.1080/09500690110066485)

Waight, N., & Abd-El-Khalick, F. (2007). The impact of technology on the enactment of "inquiry" in a technology enthusiast's sixth grade science classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (1), 154-182.

Weil-Barais, A. (1994). *Les Apprentissages en Sciences Physiques*, In G. Vergnaud (Ed) *Apprentissages et Didactiques, ou en est-on?* Serie: Former, Organiser pour Enseigner, Paris: HACHETTE Education.

Wood-Robinson, C. (1991). "Young people's ideas about plants", *Studies in Science Education* 19: 119-35.

Zoupidis, A., Pnevmatikos, D., Spyrtou, A., & Kariotoglou, P. (2010). The gradual approach of the nature and role of models as means to enhance 5th grade students' epistemological awareness. In G. Cakmakci & M.F. Tasar (Eds.), *Contemporary science education research: learning and assessment* (pp. 415 – 423). Ankara, Turkey: Pegem Akademi. ISBN – 978-605-364-033-2

### Διαδικτυακές πηγές

Διαδραστικά σχολικά βιβλία. Διαπνοή. (2016) Ανακτήθηκε 13 Νοεμβρίου, 2016, από <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-B115/90/712,2696/>

Βικιπαιδεία. Αδιαβατική ψύξη. (2016) Ανακτήθηκε 15 Νοεμβρίου, 2016, από <https://tinyurl.com/yd9wgtby>

Βικιπαιδεία. Χιονόνερο. (2016) Ανακτήθηκε 15 Νοεμβρίου, 2016, από <https://tinyurl.com/y9pap433>

Παγκόσμιος χάρτης με φυσική και οικονομική σπανιότητα νερού. (2016) Ανακτήθηκε στις 16 Νοεμβρίου, 2016, από <http://www.136.gr/>

Η σημασία του νερού. (2016) Ανακτήθηκε 20 Νοεμβρίου, 2016, από <http://www.lifewateragenda.org/html/cycle-gr.html>

Καθαρισμός-επαναχρησιμοποίηση νερού. (2016) Ανακτήθηκε στις 21 Νοεμβρίου, 2016, από <http://users.sch.gr//evaggelidis61/afieroma/AF86.pdf>

Η κατανάλωση νερού σε διάφορες χώρες του πλανήτη το 2000. (2016) Ανακτήθηκε στις 25 Νοεμβρίου, 2016, από <http://www.env-edu.gr/Chapters.aspx?id=106>

Η ρύπανση του νερού. (2016) Ανακτήθηκε στις 1 Δεκεμβρίου, 2016, από [http://www.medies.net/\\_uploaded\\_files/publications/01.pdf](http://www.medies.net/_uploaded_files/publications/01.pdf)

Έλλειψη νερού. (2016) Ανακτήθηκε στις 1 Δεκεμβρίου, 2016, από [http://microkosmos.uoa.gr/gr/magazine/ergasies\\_foititon/ettap/Water/files/Ellipsi\\_nerou.htm](http://microkosmos.uoa.gr/gr/magazine/ergasies_foititon/ettap/Water/files/Ellipsi_nerou.htm)

Παγκόσμια κατανομή νερού. (2016) Ανακτήθηκε στις 1 Δεκεμβρίου, 2016 από <https://water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html>

Ο κύκλος του νερού, (2016) Ανακτήθηκε στις 1 Φεβρουαρίου, 2017 από [http://krekastor.kas.sch.gr/the\\_lake/water.htm/water\\_cycle.htm](http://krekastor.kas.sch.gr/the_lake/water.htm/water_cycle.htm)

Κατανομή βροχοπτώσεων στον ελλαδικό χώρο. (2016) Ανακτήθηκε στις 2 Δεκεμβρίου, 2016 από [http://users.itia.ntua.gr/nikos/emv/Intro\\_Hydro.pdf](http://users.itia.ntua.gr/nikos/emv/Intro_Hydro.pdf)

Αποθέματα γλυκού νερού εκτίμηση 2025. (2016) Ανακτήθηκε στις 5 Δεκεμβρίου, 2016 από <http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/3172?locale=el>

Εξάτμιση. (2016) Ανακτήθηκε στις 7 Δεκεμβρίου, 2016 από [http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/climate/photo/water\\_cycle/evapotranspiration.gif](http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/climate/photo/water_cycle/evapotranspiration.gif)

Συμπύκνωση. (2016) Ανακτήθηκε στις 7 Δεκεμβρίου, 2016 από [http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/climate/photo/water\\_cycle/condensation.gif](http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/climate/photo/water_cycle/condensation.gif)

Κατακρημνίσματα. (2016) Ανακτήθηκε στις 7 Δεκεμβρίου, 2016 από [http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/climate/photo/water\\_cycle/precipitation.gif](http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/climate/photo/water_cycle/precipitation.gif)

Ροή επιφανειακών υδάτων. (2016) Ανακτήθηκε στις 7 Δεκεμβρίου, 2016 από [http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/climate/photo/water\\_cycle/runoff.gif](http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/climate/photo/water_cycle/runoff.gif)

Υπόγειο νερό. (2016) Ανακτήθηκε στις 7 Δεκεμβρίου, 2016 από [http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/climate/photo/water\\_cycle/under\\_water.gif](http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/climate/photo/water_cycle/under_water.gif)

Οι φάσεις του νερού. (2016) Ανακτήθηκε στις 10 Δεκεμβρίου, 2016 από <http://photodentro.edu.gr/aggregator/lo/photodentro-lor-8521-6182>

Ο κύκλος του νερού. (2016) Ανακτήθηκε στις 10 Δεκεμβρίου, από <https://vimeo.com/41802925>

Διείσδυση νερού. (2016) Ανακτήθηκε στις 12 Δεκεμβρίου, 2016 από [http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/water/source/doc8\\_ie.htm](http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/water/source/doc8_ie.htm).

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1:

#### Το ερωτηματολόγιο προελέγχου της έρευνας

**ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ** (Συμπλήρωσε δίπλα έναν κωδικό που τον θυμάσαι εύκολα .....)

Αγαπητέ μαθητή/τρια,

Με τη συμπλήρωση αυτού του σύντομου ερωτηματολογίου, συμμετέχεις σε μια έρευνα η οποία γίνεται για να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας με θέμα «ο κύκλος του νερού». Να επισημανθεί ότι θα τηρηθεί ανωνυμία και εχεμύθεια και δε σχετίζεται καθόλου με την αξιολόγηση της επίδοσής σου στο μάθημα, ωστόσο θα μας βοηθήσεις πολύ αν απαντήσεις με ειλικρίνεια και σαφήνεια. Στο τέλος των μαθημάτων θα σου ζητηθεί να απαντήσεις στο ίδιο ερωτηματολόγιο, ακριβώς γιατί η σύγκριση των απαντήσεων πριν και μετά τη διδασκαλία μας θα μας βοηθήσει να εκτιμήσουμε την αποτελεσματικότητά της.

Σε ευχαριστούμε πολύ για τη συμμετοχή.

#### Ερωτήσεις προελέγχου (pretest)

1. **A.** Γράψτε ένα λόγο που να δικαιολογεί την πρόταση «το νερό είναι καθοριστικός παράγοντας δημιουργίας της ζωής».

.....  
.....

- B.** Γράψτε επίσης ένα λόγο που να δικαιολογεί την πρόταση «το νερό είναι θεμελιώδης παράγοντας διατήρησης της ζωής».

.....  
.....

2. Τι σημαίνει η λέξη λειψυδρία. Ποια είναι η κυριότερη αιτία που τη δημιουργεί;

.....  
.....  
.....  
.....

3. Αντιστοιχίστε μορφές νερού στη φύση με τις αντίστοιχες φυσικές του καταστάσεις (για διευκόλυνσή, σας δίνουμε την πληροφορία ότι τα υπόγεια νερά είναι σε υγρή κατάσταση):

Μορφές νερού	Φυσική κατάσταση
Βροχή	
Υδρατμοί	



Z. διαπνοή	7. μετατροπή νερού σε υδρατμούς μόνο από την επιφάνεια του
	8. μετατροπή νερού σε υδρατμούς σταγονίδια νερού και παγοκρυστάλλους
	9. Η πτώση του νερού με τη μορφή κατακρημνισμάτων δηλαδή βροχής, χιονιού, χιονόνερου και χαλαζιού

.....  
.....

**B.** Αριθμήστε τα παραπάνω φαινόμενα του νερού της πρώτης στήλης από το 1 έως το 7 ώστε να φαίνεται η σωστή διαδοχική σειρά με την οποία εκδηλώνονται στη φύση. (μπορείτε να αρχίσετε από όποιο φαινόμενο θέλετε)

.....  
.....

**6.** Περιγράψτε σ' ένα σύντομο κείμενο τι εννοούμε με τη πρόταση «ο κύκλος του νερού στη φύση».

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**7.** Λέγεται ότι η συνολική ποσότητα του νερού στη Γη παραμένει σταθερή. Επιλέξτε ένα από τα παρακάτω: **A)** Συμφωνώ, **B)** Διαφωνώ, **Γ)** Δεν γνωρίζω και αιτιολογήστε την απάντησή σας.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**8.** Προσπαθήστε να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα που αναφέρεται στο νερό σε ατμοσφαιρική πίεση όπως το παράδειγμα. (όπου δεν προκύπτει αλλαγή κατάστασης ή συνύπαρξη καταστάσεων στην τελική θερμοκρασία βάλτε παύλα)

Μεταβολή θερμοκρασίας από ..... <sup>ο</sup> C στους ..... <sup>ο</sup> C	Αλλαγή κατάστασης από ....σε.... και κατόπιν σε....	Συνύπαρξη καταστάσεων στην τελική θερμοκρασία ..... και .....
από 43 <sup>ο</sup> C στους 100 <sup>ο</sup> C	υγρή σε αέρια	υγρή και αέρια
από -20 <sup>ο</sup> C στους +30 <sup>ο</sup> C		

από $-10^{\circ}\text{C}$ στους $110^{\circ}\text{C}$		
από $120^{\circ}\text{C}$ στους $160^{\circ}\text{C}$		
από $-12^{\circ}\text{C}$ στους $-5^{\circ}\text{C}$		
από $-4^{\circ}\text{C}$ στους $0^{\circ}\text{C}$		

9. **A.** Δώστε δύο πιθανές διαδρομές που μπορεί να ακολουθήσει το νερό που υπάρχει σε μια λακκούβα του δρόμου μετά από κάποιο χρονικό διάστημα.

1<sup>η</sup> διαδρομή .....

.....

.....

2<sup>η</sup> διαδρομή.....

.....

.....

**B.** Είναι πιθανό το νερό αυτό πριν από κάποιο χρονικό διάστημα να έτρεξε από τις βρύσες των σπιτιών μας. Ναι – Όχι (κυκλώστε την επιλογή σας).

10. **A.** Αναφέρετε και περιγράψτε τα φαινόμενα που αποτελούν τον κύκλο του νερού.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**B.** Δώστε μια σύντομη εξήγηση για τα φαινόμενα: εξάτμιση, συμπύκνωση και κατακρήμνιση.

.....

.....

.....

.....

.....

.....



- 11.** Απαντήστε στις παρακάτω προτάσεις γράφοντας **Σ** (Σωστό) ή **Λ** (Λάθος) στην αρχή κάθε πρότασης:
- Α. Στην τροπική ζώνη συμβαίνει μεγαλύτερη εξάτμιση από την εύκρατη.
  - Β. Ο κύκλος του νερού έχει πάντα ως αρχή τη θάλασσα και τέλος τη στεριά.
  - Γ. Ένα σύννεφο στην περιοχή σας έχει διαφορετική σύσταση από ένα σύννεφο στα Χανιά.
  - Δ. Η γενεσιουργός αιτία του κύκλου του νερού είναι ο ήλιος.
  - Ε. Το νερό (υδρατμός) που εξατμίζεται από την θάλασσα είναι «γλυκό».
  - ΣΤ. Δεν θα δημιουργηθεί πρόβλημα στην διαπνοή ενός φυτού αν καλύψουμε το κάτω μέρος των φύλλων του με βαζελίνη.
  - Ζ. Ο κύκλος του νερού αποτελεί ένα κλειστό σύστημα.
- 12.** Προσπαθήστε παρακάτω να κάνετε ένα σχέδιο που να αναπαριστά τον «κύκλο του νερού στη φύση». (Να χρησιμοποιήσετε μολύβι, σβήστρα για την περίπτωση που χρειαστεί να διορθώσετε κάτι και βέλη για να δείξετε την κατεύθυνση του νερού).

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2:

### Το ερωτηματολόγιο μεταελέγχου της έρευνας

#### ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ (κωδικός.....)

#### Ερωτήσεις μεταελέγχου (post-test)

1. **A.** Γράψτε ένα λόγο που να δικαιολογεί την πρόταση «το νερό είναι καθοριστικός παράγοντας δημιουργίας της ζωής».

.....  
.....

- B.** Γράψτε επίσης ένα λόγο που να δικαιολογεί την πρόταση «το νερό είναι θεμελιώδης παράγοντας διατήρησης της ζωής».

.....  
.....

2. Τι σημαίνει η λέξη λειψυδρία. Ποια είναι η κυριότερη αιτία που τη δημιουργεί;

.....  
.....  
.....  
.....

3. Αντιστοιχίστε μορφές νερού στη φύση με τις αντίστοιχες φυσικές του καταστάσεις (για διευκόλυνσή, σας δίνουμε την πληροφορία ότι τα υπόγεια νερά είναι σε υγρή κατάσταση):

Μορφές νερού	Φυσική κατάσταση
Βροχή	
Υδρατμοί	
Παγετώνες	
Υπόγεια νερά	υγρή
Παγόβουνα	
Ωκεανοί	

4. **A.** Περιγράψτε σύντομα ποιος νομίζετε ότι είναι ο σκοπός του παρακάτω προπλάσματος ανθρώπινου σώματος (μοντέλο).



.....  
 .....  
 .....

**B.** Προσπαθήστε να σχεδιάσετε παρακάτω 6 μόρια νερού στις τρεις φυσικές του καταστάσεις. Κάντε τρία διαφορετικά σχέδια (μοντέλα) ένα για κάθε κατάσταση. (κάθε μόριο παραστήστε το με ένα μικρό κύκλο όπως το διπλανό ) ○

στερεή

υγρή

αέρια

**5. A.** Αντιστοιχίστε τα φαινόμενα της στήλης I με τις προτάσεις της στήλης II: (κάθε φαινόμενο της στήλης I αντιστοιχεί σε μία μόνο πρόταση της στήλης II)

Στήλη I	Στήλη II
A. εξάτμιση	1. απορρόφηση νερού από το έδαφος
B. κατείδυση	2. κίνηση νερού πάνω στη στεριά και μέσα σ' αυτήν
Γ. απορροή	3. βροχή, χιόνι, χιονόνερο, χαλάζι
Δ. κατακρήμνιση	4. μετατροπή υδρατμών σε σταγονίδια νερού και παγοκρυστάλλους
Ε. συμπύκνωση	5. απελευθέρωση του υπόγειου νερού προς την θάλασσα και την επιφάνεια της στεριάς
Στ. εκφόρτιση	6. εξάτμιση νερού από τα στόματα των φύλλων των φυτών
Z. διαπνοή	7. μετατροπή νερού σε υδρατμούς μόνο από την επιφάνεια του
	8. μετατροπή νερού σε υδρατμούς σταγονίδια νερού και παγοκρυστάλλους
	9. Η πτώση του νερού με τη μορφή κατακρημνισμάτων δηλαδή βροχής, χιονιού, χιονόνεου και χαλαζιού

.....  
 .....

**B.** Αριθμήστε τα παραπάνω φαινόμενα του νερού της πρώτης στήλης από το 1 έως

το 7 ώστε να φαίνεται η σωστή διαδοχική σειρά με την οποία εκδηλώνονται στη φύση. (μπορείτε να αρχίσετε από όποιο φαινόμενο θέλετε)

.....  
 .....

6. Περιγράψτε σ' ένα σύντομο κείμενο τι εννοούμε με τη πρόταση «ο κύκλος του νερού στη φύση».

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

7. Λέγεται ότι η συνολική ποσότητα του νερού στη Γη παραμένει σταθερή. Επιλέξτε ένα από τα παρακάτω: **A)** Συμφωνώ, **B)** Διαφωνώ, **Γ)** Δεν γνωρίζω και αιτιολογήστε την απάντησή σας.

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

8. Προσπαθήστε να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα που αναφέρεται στο νερό σε ατμοσφαιρική πίεση όπως το παράδειγμα. (όπου δεν προκύπτει αλλαγή κατάστασης ή συνύπαρξη καταστάσεων στην τελική θερμοκρασία βάλτε παύλα)

Μεταβολή θερμοκρασίας από ..... <sup>ο</sup> C στους ..... <sup>ο</sup> C	Αλλαγή κατάστασης από ....σε.... και κατόπιν σε....	Συνύπαρξη καταστάσεων στην τελική θερμοκρασία ..... και .....
από 43 <sup>ο</sup> C στους 100 <sup>ο</sup> C	υγρή σε αέρια	υγρή και αέρια
από -20 <sup>ο</sup> C στους +30 <sup>ο</sup> C		
από -10 <sup>ο</sup> C στους 110 <sup>ο</sup> C		
από 120 <sup>ο</sup> C στους 160 <sup>ο</sup> C		
από -12 <sup>ο</sup> C στους -5 <sup>ο</sup> C		
από -4 <sup>ο</sup> C στους 0 <sup>ο</sup> C		

9. **A.** Δώστε δύο πιθανές διαδρομές που μπορεί να ακολουθήσει το νερό που υπάρχει σε μια λακκούβα του δρόμου μετά από κάποιο χρονικό διάστημα.

1<sup>η</sup> διαδρομή .....  
 .....  
 .....

2<sup>η</sup> διαδρομή.....  
.....  
.....

**B.** Είναι πιθανό το νερό αυτό πριν από κάποιο χρονικό διάστημα να έτρεξε από τις βρύσες των σπιτιών μας. Ναι – Όχι (κυκλώστε την επιλογή σας).

**10. A.** Αναφέρετε και περιγράψτε τα φαινόμενα που αποτελούν τον κύκλο του νερού.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**B.** Δώστε μια σύντομη εξήγηση για τα φαινόμενα: εξάτμιση, συμπύκνωση και κατακρήμνιση.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**11.** Απαντήστε στις παρακάτω προτάσεις γράφοντας **Σ** (Σωστό) ή **Λ** (Λάθος) στην αρχή κάθε πρότασης:

- A. Στην τροπική ζώνη συμβαίνει μεγαλύτερη εξάτμιση από την εύκρατη.
- B. Ο κύκλος του νερού έχει πάντα ως αρχή τη θάλασσα και τέλος τη στεριά.
- Γ. Ένα σύννεφο στην περιοχή σας έχει διαφορετική σύσταση από ένα σύννεφο στα Χανιά.
- Δ. Η γενεσιουργός αιτία του κύκλου του νερού είναι ο ήλιος.
- Ε. Το νερό (υδρατμός) που εξατμίζεται από την θάλασσα είναι «γλυκό».
- ΣΤ. Δεν θα δημιουργηθεί πρόβλημα στην διαπνοή ενός φυτού αν καλύψουμε το κάτω μέρος των φύλλων του με βαζελίνη.
- Z. Ο κύκλος του νερού αποτελεί ένα κλειστό σύστημα.

**12.** Προσπαθήστε παρακάτω να κάνετε ένα σχέδιο που να αναπαριστά τον «κύκλο του νερού στη φύση». (Να χρησιμοποιήσετε μολύβι, σβήστρα για την περίπτωση που χρειαστεί να διορθώσετε κάτι και βέλη για να δείξετε την κατεύθυνση του νερού).

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3:

#### Συνοπτικός πίνακας βιβλίου δραστηριοτήτων

ΕΝΟ-ΤΗΤΑ/ ΔΙΔ. ΩΡΕΣ	ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΕΝΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ (ΣΥΝΟΨΗ)	ΣΤΟΧΟΙ / ΑΝΑΜΕΝΟ- ΜΕΝΑ ΑΠΟ- ΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟ- ΤΗΤΕΣ ΜΑΘΗΤΩΝ	ΠΑΡΑΤΗΡΗ- ΣΕΙΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
<b>Η αξία του νερού/2 Δ.Ω.</b>	<b>ΝΕΡΟ</b> -καθοριστικός παράγοντας για: -τη δημιουργία της ζωής -όπου υπάρχει νερό υπάρχει ζωή -διατήρηση της ζωής  -βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες στους οργανισμούς -είναι άριστος διαλύτης, μεταφορέας ουσιών -συμβάλει στις διάφορες βιολογικές λειτουργίες των οργανισμών(πχ φωτοσύνθεση) <b>ΛΕΙΨΥΔΡΙΑ</b> -λόγοι: οι ποσότητες νερού δεν είναι σταθερές ούτε χρονικά ούτε τοπικά (από περιοχή σε περιοχή), κλιματική αλλαγή, ρύπανση. -αποτελέσματα: θάνατοι, χαμηλή ποιότητα ζωής, φτώχεια, τοπικές συρράξεις  -αντιμετώπιση: σωστή διαχείριση από τον καθέμας και σαν σύνολο.	Οι μαθητές να αναγνωρίζουν την αξία του νερού για τη ύπαρξη και διατήρηση της ζωής και να προβληματιστούν για την λειψυδρία σε κάποιες περιοχές της Γης.	Ο εκπ/κός συσχετίζει την ύπαρξη /ανυπαρξία ζωής στη Γη/ άλλους πλανήτες και σελήνη με την παρουσία/ απουσία νερού. -τονίζει τον καθοριστικό ρόλο του νερού στην εμφάνιση της ζωής -προκαλεί συζήτηση για το μεγάλο ποσοστό του νερού στους ζωντανούς οργανισμούς, εκτελεί επιβεβαιωτικό πείραμα ύπαρξης νερού στην πατάτα και καλεί του μαθητές να βρουν το ακριβές ποσοστό του νερού στα μανταρίνια. -Αναφέρεται στις ιδιότητες του νερού (άριστος διαλύτης, μεταφορέας) και στην συμβολή του στις βιολογικές λειτουργίες των ζωντανών οργανισμών -Δείχνει διάγραμμα που αποδεικνύει το πολύ μικρό ποσοστό γλυκού νερού και με την βοήθεια ενημερωτικού βίντεο, δυναμικό παγκόσμιο χάρτη με αποθέματα νερού προσπαθεί να ερμηνεύσει το πρόβλημα της λειψυδρίας	Οι μαθητές προβληματίζονται, διατυπώνουν τις ιδέες καθώς και τις απορίες τους αλληλεπιδρούν με εφαρμογές, προβλέπουν αποτελέσματα διαδικασιών, συμμετέχουν σε διαδικασίες, συμπληρώνουν ασκήσεις ατομικά ή ομαδικά, βγάζουν συμπεράσματα και διαχέουν αποτελέσματα,	Ερωτηματολόγια προελέγχου-μεταελέγχου, Αναστοχαστικό κείμενο-σχόλια εσωτερικού παρατηρητή, Φύλλο παρατήρησης εξωτερικού παρατηρητή.
<b>Μορφές και καταστάσεις του νερού/ 2 Δ.Ω.</b>	-Αντιστοιχία μορφών νερού ( πάγος, νερό, υδρατμός) με φυσικές καταστάσεις (στερεή, υγρή, αέρια) -το μοντέλο είναι όχι ακριβές αντίγραφο αλλά μια αναπαράσταση που μας βοηθάει στην πρόβλεψη, ερμηνεία φαινομένων. -στις τρεις καταστάσεις δεν αλλάζουν τα μόρια νερού αλλά η απόστασή και η ταχύτητά τους -κάτω από την θερμοκρασία τήξης/πήξης του νερού 0 °C επικρατεί η στερεή κατάσταση πάνω από τους 100 °C η αέρια ενδιάμεσα η υγρή και στους 0, 100 °C συνυπάρχουν η στερεή /υγρή και υγρή/αέρια αντίστοιχα	-Να διακρίνουν τις τρεις φυσικές καταστάσεις του νερού, τον μικρόκοσμο τους μέσα από μοντέλα και να προβλέπουν την φυσική κατάστασή του νερού ανάλογα με την θερμοκρασία.	-Προσπαθεί με παραδείγματα να αναδείξει το χαρακτηριστικό του νερού να εμφανίζεται με διάφορες μορφές και στις τρεις φυσικές καταστάσεις στις συνθήκες περιβάλλοντος -Εισάγει τη αναγκαιότητα της έννοιας του μοντέλου στις Φ.Ε. -διακρίνει τις καταστάσεις του νερού με τη βοήθεια μοντέλων -συσχετίζει φυσική κατάσταση με θερμοκρασία με τη βοήθεια προσομοίωσης	Οι μαθητές προβληματίζονται, διατυπώνουν τις ιδέες καθώς και τις απορίες τους αλληλεπιδρούν με εφαρμογές, προβλέπουν αποτελέσματα διαδικασιών, συμμετέχουν σε διαδικασίες, συμπληρώνουν ασκήσεις ατομικά ή ομαδικά, βγάζουν συμπεράσματα και διαχέουν αποτελέσματα,	Ερωτηματολόγια προελέγχου-μεταελέγχου, Αναστοχαστικό κείμενο-σχόλια εσωτερικού παρατηρητή, Φύλλο παρατήρησης εξωτερικού παρατηρητή.
<b>Φαινόμενα σε σχέση</b>	-εξάτμιση: η μετατροπή νερού σε υδρατμούς μόνο από την επιφάνεια με τη	-Να αναγνωρίζουν τα φαινόμενα του νερού	-Δείχνει μέσω διαδραστικών εφαρμογών τα φαινόμενα του νερού στη	Οι μαθητές προβληματίζονται, διατυπώ-	Ερωτηματολόγια προελέγχου-

<p><b>με το νερό στη φύση / 2 Δ.Ω.</b></p>	<p>βοήθεια της θερμότητας από τον ήλιο          -διαπνοή η εξάτμιση του νερού που βγαίνει από τα στόματα των φύλλων των φυτών          -συμπύκνωση η μετατροπή από υδατμούς σε σταγονίδια νερού ή μικρά παγάκια εξαιτίας χαμηλών θερμοκρασιών.          -κατακρήμιση η πτώση νερού από τα σύννεφα με μορφή βροχής, χιονιού, χαλαζιού εξαιτίας της βαρύτητας.          -απορροή η ροή του νερού από τα υψηλότερα μέρη στα χαμηλότερα πάνω και κάτω από την στεριά εξαιτίας της βαρύτητας.          -κατείσδυση η απορρόφηση του νερού από μικρούς πόρους ή και μεγαλύτερα ανοίγματα του εδάφους          - εκφόρτιση η απελευθέρωση του υπόγειου νερού προς τις θάλασσες, λίμνες ποτάμια και προς τις πηγές εξαιτίας της βαρύτητας</p>	<p>που συμβαίνουν στη φύση.</p>	<p>φύση και τους βοηθά στη διατύπωση ορισμών.          -Επιδεικνύει επιβεβαιωτικά πειράματα στα οποία εμπλέκονται τα φαινόμενα της εξάτμισης, της υγραποίησης, και της κατακρήμισης και εξηγεί τις αιτίες των φαινομένων.          -Προτρέπει τους μαθητές να διερευνήσουν το φαινόμενο της διαπνοής μέσα από ασκήσεις που θέτει για το μάθημα και ως εργασία για το σπίτι.          -Αναφέρεται στις πλημμύρες και δεντροφυτέψεις κάνει σύνδεση με τα φαινόμενα απορροής, κατείσδυσης, και προτρέπει τους μαθητές να προβλέψουν και να διερευνήσουν τα φαινόμενα αυτά με μορφή εργασίας για το σπίτι.</p>	<p>νουν τις ιδέες καθώς και τις απορίες τους αλληλεπιδρούν με εφαρμογές, προβλέπουν αποτελέσματα διαδικασιών, συμμετέχουν σε διαδικασίες, συμπληρώνουν ασκήσεις ατομικά ή ομαδικά, βγάζουν συμπεράσματα και διαχέουν αποτελέσματα,</p>	<p>μεταελέγχου, Αναστοχαστικό κείμενο-σχόλια εσωτερικού παρατηρητή, Φύλλο παρατήρησης εξωτερικού παρατηρητή.</p>
<p><b>Ο κύκλος του νερού / 2 Δ.Ω.</b></p>	<p>-Ο κύκλος του νερού είναι το σύνολο των φαινομένων του νερού με τη σωστή διαδοχική σειρά μέσα από πολλές διαδρομές μικρές ή μεγαλύτερες.          -το μοντέλο του κύκλου είναι μια αναπαράστασή του με μορφή σχεδίου κειμένου, προσομοίωσης και όχι ακριβές αντίγραφο του με σκοπό να ερμηνεύσει τα διάφορα μέρη του.          -είναι δυναμικός: η διαρκής κυκλοφορία του νερού μέσα στον αέρα, πάνω και κάτω από την στεριά          -είναι κλειστός : η συνολική ποσότητα του νερού στη διάρκεια του κύκλου παραμένει σταθερή.          -αποτελεί σύστημα: δηλαδή τα διάφορα μέρη του αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και η σωστή λειτουργία του ενός εξαρτάται από τη σωστή λειτουργία του άλλου.</p>	<p>Να περιγράψουν τον κύκλο του νερού ως σύνολο και να το αναπαριστούν ως μοντέλο          Να κατανοούν τη διατήρηση της ποσότητας του νερού κατά την διάρκεια του κύκλου.</p>	<p>-Προσπαθεί με την βοήθεια σχεδίων και προσομοιώσεων (μοντέλων) να συνδέσει τα φαινόμενα του νερού στη φύση με τη σωστή διαδοχική σειρά και να δείξει τις πιθανές διαδρομές του νερού.          -εισάγει έτσι και την έννοια του μοντέλου του κύκλου του νερού και το σκοπό που επιτελεί.          -με τη βοήθεια (του βίντεο της NASA) της διαρκούς κίνησης ενός μορίου νερού δείχνει την δυναμικότητα του κύκλου          -με την βοήθεια του μοντέλου του παγκόσμιου υδατικού ισοζυγίου και ιστορικών κειμένων αποδεικνύει την διατήρηση της ποσότητας του νερού και τέλος          -προσπαθεί μέσα από παραδείγματα και ασκήσεις να αναδείξει την εξάρτηση των φαινομένων του κύκλου του νερού μεταξύ τους ανά δύο ή και τρία.</p>	<p>Οι μαθητές προβληματίζονται, διατυπώνουν τις ιδέες καθώς και τις απορίες τους αλληλεπιδρούν με εφαρμογές, προβλέπουν αποτελέσματα διαδικασιών, συμμετέχουν σε διαδικασίες, συμπληρώνουν ασκήσεις ατομικά ή ομαδικά, βγάζουν συμπεράσματα και διαχέουν αποτελέσματα,</p>	<p>Ερωτηματολόγια προελέγχου-μεταελέγχου, Αναστοχαστικό κείμενο-σχόλια εσωτερικού παρατηρητή, Φύλλο παρατήρησης εξωτερικού παρατηρητή.</p>



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4:

### Βιβλίο δραστηριοτήτων

#### Η αξία του νερού (2 Διδακτικές ώρες)

**Στόχος:** Οι μαθητές να αναγνωρίζουν την αξία του νερού για τη δημιουργία και διατήρηση της ζωής και να προβληματιστούν για την λειψυδρία σε κάποιες περιοχές της Γης.

Προσδοκώμενα αποτελέσματα	Δραστηριότητες εκπαιδευτικού	Δραστηριότητες μαθητών	Εκπαιδευτικό υλικό
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Να αναγνωρίζουν την αξία του νερού για τη δημιουργία της ζωής.</li> </ul>	<p>-Ο εκπαιδευτικός θέτει έναν προβληματισμό. Γιατί η Γη ονομάζεται «γαλάζιος πλανήτης». Ανοίγει την εφαρμογή Google Earth και δείχνει την Γη περιστρέφοντάς την. Προκαλεί συζήτηση για την ύπαρξη ή όχι νερού και σε άλλους πλανήτες καθώς και τη Σελήνη. Καλεί τους μαθητές να συμπληρώσουν ομαδικά την άσκηση 1 του Φ.Ε.1. Καταλήγει πως από το διάστημα φαίνεται σαν μια γαλάζια σφαίρα λόγω της κυριαρχίας του νερού και πως οι επιστήμονες θεωρούν ότι το νερό έπαιξε καθοριστικό ρόλο για την εμφάνιση της ζωής στην Γη.</p>	<p>-Οι μαθητές προβληματίζονται, παρατηρούν τη Γη μέσα από την εφαρμογή και καταθέτουν τις απόψεις τους ατομικά. -Συμπληρώνουν την άσκηση 1 του Φ.Ε. 1</p>	<p>Εφαρμογή Google Earth</p> <p>Άσκηση 1 Φ.Ε. 1</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Να παρατηρήσουν την ύπαρξη του νερού στους ζωντανούς οργανισμούς.</li> </ul>	<p>-Προκαλεί συζήτηση σχετική με την παρουσία του νερού στους ζωντανούς οργανισμούς. Υπενθυμίζει ότι ο άνθρωπος αποτελείται κατά 70% περίπου από νερό. <u>Ο εκπαιδευτικός εκτελεί πείραμα επιβεβαίωσης της ύπαρξης νερού σε έμβια όντα:</u> Ρωτά αν κόψει φέτες πατάτας τι θα συμβεί; Με ένα λεπτό μαχαίρι, ο διδάσκων κόβει φέτες πατάτας και τις ακουμπά πάνω σε μια χαρτοπετσέτα. Το χαρτί υγραίνεται. Ο τραυματισμός από το μαχαίρι είχε σαν αποτέλεσμα την εκροή νερού από την πατάτα.</p>	<p>-Προβάλλουν τις απόψεις τους ατομικά</p> <p>-Προβλέπουν ή όχι την ύπαρξη νερού στην πατάτα, παρατηρούν το πείραμα.</p>	<p>Μαχαίρι, πατάτα, χαρτοπετσέτα.</p>

<p>• Να διερευνούν την αξία του νερού ως θεμελιώδη παράγοντα για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας.</p> <p>• Να ενημερωθούν για την κατανομή του νερού στη Γη και να ερμηνεύουν το πρόβλημα της λειψυδρίας σε κάποιες περιοχές της.</p>	<p>- Προκαλεί συζήτηση για τον ρόλο του νερού στη διατήρηση της ζωής. Υπενθυμίζει ότι ένας άνθρωπος πρέπει να πίνει περίπου 8 ποτήρια νερό την ημέρα.</p> <p>- Προτρέπει να συμπληρώσουν το Φ.Ε. 1 (ασκήσεις 2,3).</p> <p>- Με αφορμή τα αποτελέσματα των ασκήσεων 2,3 του Φ.Ε.1 αναφέρεται στο μεγάλο ποσοστό του νερού στους ζωντανούς οργανισμούς και συνοψίζει εστιάζοντας στην ικανότητα του νερού να διαλύει και να μεταφέρει θρεπτικά συστατικά στα κύτταρα κάθε ζωντανού οργανισμού ακόμα και στην διάλυση αερίων ουσιών όπως το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα με αποτέλεσμα οι οργανισμοί που διαβιούν σε περιβάλλον νερού να μπορούν να επιτελούν τις απαραίτητες λειτουργίες τους για να διατηρούνται στη ζωή (αναπνοή, φωτοσύνθεση).</p> <p>- Δείχνει το διάγραμμα της άσκησης 4 του Φ.Ε. 1 της Γεωλογικής Υπηρεσίας των ΗΠΑ με την κατανομή νερού στη Γη, τους καλεί να εστιάσουν στο πολύ μικρό ποσοστό του επιφανειακού γλυκού νερού.</p> <p>- Προτρέπει να διαδράσουν με το δυναμικό παγκόσμιο χάρτη και να συμπληρώσουν την άσκηση 4 του Φ.Ε.1 .</p> <p>- Προβληματίζει τους μαθητές για τους λόγους για τους οποίους μπορεί να υπάρχει έλλειψη νερού, κατόπιν δείχνει το <a href="#">video 1</a> και τους καλεί να συμπληρώσουν την άσκηση 5 του Φ.Ε.1.</p> <p>- Συνοψίζει στο συμπέρασμα ότι το νερό είναι ένας φυσικός πόρος με ένα πολύ μικρό μέρος του να είναι εκμεταλλεύσιμο ως γλυκό νερό, το οποίο δεν είναι χωροχρονικά σταθερό και ότι ίσως αποτελέσει μελλοντικά αίτιο σύρραξης αν δε το διαχειριστούμε κατάλληλα.</p>	<p>- Προβάλλουν τις απόψεις τους ατομικά.</p> <p>- Συμπληρώνουν το Φ.Ε. 1 (ασκήσεις 2,3). Οι αντιπρόσωποι των ομάδων διαχέουν τα αποτελέσματα των Φ.Ε.</p> <p>- Συμπληρώνουν την άσκηση 4 του Φ.Ε. 1.</p> <p>- Παρακολουθούν το <a href="#">video 1</a></p> <p>- Συμπληρώνουν την άσκηση 5 του Φ.Ε. 1.</p> <p>- Οι αντιπρόσωποι κάθε ομάδας διαχέουν τα αποτελέσματα των ασκήσεων 4,5 του Φ.Ε. 1 στην ολομέλεια.</p>	<p>Φ.Ε. 1 (ασκήσεις 2,3)</p> <p>Διάγραμμα της Γεωλογικής Υπηρεσίας των ΗΠΑ με την κατανομή νερού.</p> <p><a href="#">Δυναμικός παγκόσμιος χάρτης με αποθέματα γλυκού νερού 2025 (εκτίμηση)</a></p> <p>άσκηση 4 Φ.Ε. 1</p> <p><a href="#">video 1</a></p> <p>άσκηση 5 Φ.Ε. 1</p>
--	--	--	---

### Φύλλο εργασίας 1

1. Οι πλανήτες του πλανητικού μας συστήματος είναι: Ερμής, Αφροδίτη, Γη, Άρης, Δίας, Κρόνος, Ουρανός, Ποσειδώνας, Πλούτωνας.

Σε ποιους πλανήτες υπάρχει σίγουρα νερό; .....

Σε ποιους πλανήτες υπάρχει σίγουρα ζωή; .....

Γιατί ψάχνουν οι επιστήμονες για ύπαρξη νερού στη Σελήνη; .....

Βγάλτε ένα συμπέρασμα για την ύπαρξη της ζωής: .....

2. Με ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας ζυγίστε δύο κομμάτια από μανταρίνι και κατόπιν δύο κομμάτια μανταρινιού ίδιου μεγέθους αποξηραμένα. Αφού συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα βγάλτε ένα συμπέρασμα για το ποσοστό του νερού που υπάρχει στο μανταρίνι.

	μάζα	μάζα νερού	Ποσοστό % σε νερό
Φρέσκα κομμάτια μανταρινιού	$m_{\phi\rho} =$	$m_{\nu\epsilon\rho\acute{o}} =$	Π% =
Αποξηραμένα κομμάτια μανταρινιού	$m_{\alpha\pi} =$		

#### Συμπεράσματα

.....  
 .....  
 .....

Πιστεύετε ότι μπορεί το συμπέρασμα αυτό να γενικευθεί στα έμβια όντα;

.....  
 .....  
 .....  
 .....

3. Σε τι νομίζετε ότι συμβάλλει το γεγονός ότι το νερό υπάρχει σε μεγάλη αναλογία στα έμβια όντα σε συνδυασμό με την ιδιότητά του να αποτελεί εξαιρετικό διαλύτη.

.....  
 .....  
 .....

4. Αφού πληροφορηθείτε από το παρακάτω διάγραμμα της Γεωλογικής Υπηρεσίας των ΗΠΑ για την κατανομή του νερού στη γη



αναζητήστε στον παγκόσμιο δυναμικό χάρτη που υπάρχει στον παρακάτω σύνδεσμο από το [φωτόδεντρο](#) τις 10 περιοχές με μελλοντικά σοβαρά προβλήματα σε αποθέματα νερού και καταγράψτε σύντομα το πρόβλημα για δύο από αυτές που ίσως μελλοντικά το επιφανειακό γλυκό νερό αποτελέσει αιτία σύγκρουσης.

A).....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

B).....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

5. Α. Σε κάποιες περιοχές της Ελλάδας υπάρχουν καλοκαίρια που το νερό διακόπτεται για κάποιες ώρες της ημέρας. Δώστε μια ερμηνεία γιατί συμβαίνει αυτό.

.....  
 .....  
 .....

Β. Γράψτε δύο λόγους για τους οποίους θεωρείται ότι κάποιες περιοχές της Γης έχουν έντονο πρόβλημα λειψυδρίας.

.....  
 .....  
 .....

Γ. Προτείνεται (αν είναι δυνατόν) τρόπους διόρθωσης του προβλήματος αυτού.....

## 2. Μορφές και καταστάσεις του νερού (2 Διδακτικές ώρες)







**Στόχος:** Να μπορούν οι μαθητές να διακρίνουν τις τρεις φυσικές καταστάσεις του νερού, τη δομή τους μέσα από μοντέλα και να προβλέπουν την φυσική κατάσταση του νερού ανάλογα με την θερμοκρασία.

Προσδοκώμενα αποτελέσματα	Δραστηριότητες εκπαιδευτικού	Δραστηριότητες μαθητών	Εκπαιδευτικό υλικό
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Να αντιληφθούν τις διάφορες μορφές (ορατές και μη άμεσα ορατές) που έχει το νερό στην φύση και να τις συσχετίζουν με την αντίστοιχη φυσική κατάσταση στην οποία βρίσκεται.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Προτρέπει του μαθητές να αναφέρουν διάφορες μορφές νερού</li> <li>- Καλεί τους μαθητές εργαζόμενοι ομαδικά να συμπληρώσουν την άσκηση 1 του Φ.Ε. 2</li> <li>- Συνοψίζει στο χαρακτηριστικό του νερού να εμφανίζεται με διάφορες μορφές και στις τρεις φυσικές καταστάσεις στις συνθήκες περιβάλλοντος μέσα στις οποίες υπάρχει ζωή.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ανάλογα επιβραβεύει τις σωστές απαντήσεις ή τους καλεί να ξανασκεφτούν τις λανθασμένες</li> <li>- Συνεργάζονται και συμπληρώνουν την άσκηση 1 του Φ.Ε. 2. Οι αντιπρόσωποι κάθε ομάδας διαχέουν τα αποτελέσματα του Φ.Ε. 2 στην ολομέλεια.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">άσκηση 1 Φ.Ε. 2</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Να κατανοούν την ανάγκη στις Φ.Ε. αναπαράστασης του μικρόκοσμου και μακρόκοσμου με μοντέλα.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Προτρέπει τους μαθητές να αναφερθούν σε επιστημονικά μοντέλα που διδάχθηκαν στο σχολείο ή τυχόν γνωρίζουν από άλλες πηγές καθώς και το σκοπό που αυτά εξυπηρετούν.</li> <li>- Συμπληρωματικά τους καλεί να συμπληρώσουν την άσκηση 2 του Φ.Ε. 2</li> <li>- Εισάγει την έννοια του μοντέλου ως μια οντότητα (σχέδιο, κατασκευή, τύπος, προσομοίωση κτλ) που δεν είναι πιστό αντίγραφο της πραγματικότητας αλλά μια αναπαράσταση που μας βοηθά να ερ-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Οι μαθητές αναφέρονται σε κάποια μοντέλα και τον σκοπό που εξυπηρετούν (άλλα στο επιστημονικό πλαίσιο και άλλα όχι).</li> <li>- Εκτελούν την άσκηση 2 του Φ.Ε. 2.</li> <li>Οι αντιπρόσωποι κάθε ομάδας διαχέουν τα αποτελέσματά τους</li> </ul>	<p style="text-align: center;">άσκηση 2 Φ.Ε. 2</p>


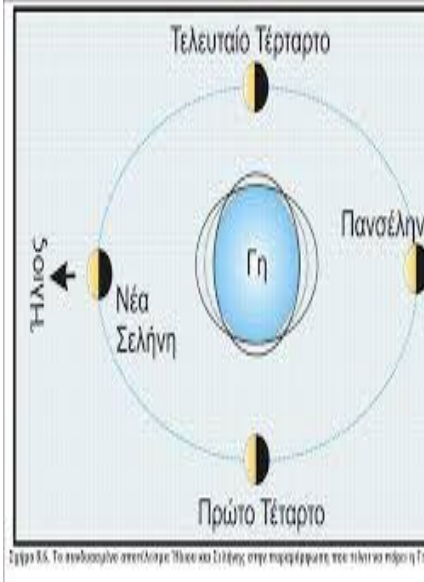
<p>•Να αντιληφθούν ότι οι τρεις καταστάσεις του νερού είναι θέμα κίνησης και απόστασης μορίων και όχι σύστασης.</p> <p>•Να διερευνούν την εξάρτηση των αλλαγών κατάστασης του νερού από τη θερμοκρασία.</p>	<p>μηνεύουμε, προβλέπουμε διαδικασίες, φαινόμενα κτλ -Ακολουθεί συζήτηση πάνω στα μοντέλα της κάθε ομάδας της άσκησης 2 του Φ.Ε. 2.</p> <p>-Δείχνει την εικόνα 1 του Φ.Ε. 2 που αναφέρεται στις τρεις φυσικές καταστάσεις του νερού. Με βάση την εικόνα 1 και τις οδηγίες του Φ.Ε. 2 τους προτρέπει να συμπληρώσουν την άσκηση 3 του Φ.Ε. 2</p> <p>-Συνοψίζει στο συμπέρασμα ότι στις τρεις καταστάσεις το νερό έχει την ίδια σύσταση και αυτό που αλλάζει κυρίως είναι η απόσταση μεταξύ των μορίων του νερού και η ταχύτητά τους.</p> <p>-Καλεί τους μαθητές να διαδράσουν με την εφαρμογή του φωτόδεντρο και να συσχετίσουν τη φυσική κατάσταση του νερού με τη θερμοκρασία του -Να επιβεβαιώσουν τη σταθεροποίηση της θερμοκρασίας κατά την τήξη/πήξη και εξάτμιση/υγροποίηση του νερού. --- Να συνδέσουν τις αλλαγές της κατάστασης του νερού με τις διαδικασίες του μικρόκοσμου και να συμπληρώσουν την άσκηση 4 του Φ.Ε.2</p>	<p>στην ολομέλεια.</p> <p>-Οι μαθητές προβληματίζονται, συζητούν στις ομάδες τους.</p> <p>- Εκτελούν την άσκηση 3 του Φ.Ε. 2 ομαδικά.</p> <p>-Οι μαθητές διερευνούν την εφαρμογή σύμφωνα με τις οδηγίες του εκπ/κού.</p> <p>-Συμπληρώνουν την άσκηση 4 του Φ.Ε. 2</p> <p>-Επικοινωνούν τα αποτελέσματά τους στην ολομέλεια.</p>	<p>άσκηση 3 Φ.Ε. 2.</p> <p><a href="#">Φωτόδεντρο- φάσεις του νερού</a></p>
---	--	---	---

## Φύλλο εργασίας 2

1. Προσπαθήστε να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα όπως το παράδειγμα:

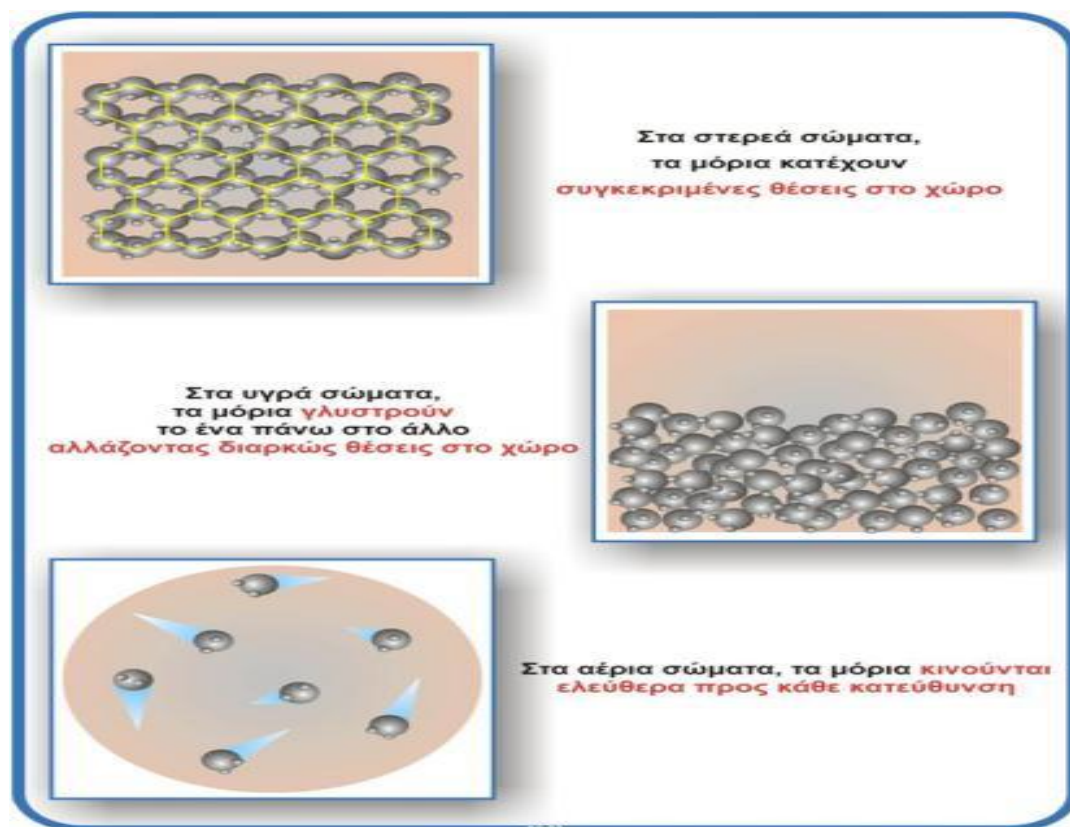
Άμεσα ορατές μορφές νερού	Ονομασία Μορφής νερού	Φυσική κατάσταση
	<b>Σύννεφα</b> (σταγονίδια νερού, παγοκρύσταλλοι, υδρατμοί)	Συνυπάρχουν και οι τρεις καταστάσεις <b>υγρή, στερεή, αέρια</b>
	<b>χιόνι</b>	
	<b>Παγετώνες</b>	
	<b>θάλασσα</b>	
<b>Μη ορατές μορφές νερού (αντιληπτές από τα αποτελέσματά τους)</b>		
	<b>Υπόγεια νερά</b> (Θερμό νερό αναβλύζει από το εσωτερικό της Γης-θερμοπίδακας)	
	<b>Υδρατμοί</b> (δάκρυσμα τζαμιών)	

2. Στον παρακάτω πίνακα υπάρχουν οι εικόνες δύο μοντέλων που φτιάχτηκαν για κάποιον σκοπό. Προσπαθήστε να τον συμπληρώσετε.

Εικόνα	Είναι μια αναπαράσταση ή ακριβές αντίγραφο;	Γράψτε τον σκοπό για τον οποίο δημιουργήθηκε	Δώστε μια ονομασία ή περιγραφή στο μοντέλο (π.χ. πλανητικό)
			
 <p data-bbox="244 1547 668 1585">Σχήμα 8.6. Το ανάλογο αποτέλεσμα θέσει και Σελήνης στην περιέλιξη της γύρω από τη Γη.</p>			



3. Ας υποθέσουμε ότι ο καθένας σας είναι ένα μόριο νερού. Δημιουργήστε **ομάδες των έξι ατόμων**. Κατόπιν κάθε ομάδα διαδοχικά ας προσπαθήσει να αναπαραστήσει το νερό στις τρεις φυσικές του καταστάσεις, στην αρχή μόνη της συμβουλευόμενη την εικόνα 1 και κατόπιν σύμφωνα με τις οδηγίες που δίνονται παρακάτω:



Εικόνα 1: Μικροσκοπική απεικόνιση του νερού στις τρεις φυσικές του καταστάσεις

Α) Στη στερεή κατάσταση πιαστείτε κυκλικά με τα χέρια όπως όταν χορεύετε χασάπικο δημιουργώντας κατά το δυνατόν κανονικά εξάγωνα, διατηρήστε ακίνητα τα πόδια σας (σταθερές θέσεις). Μοναδική σας κίνηση να είναι μια μικρή ταλάντωση με το σώμα σας γύρω από την συγκεκριμένη θέση που κατέχετε.

Β) Στην υγρή κατάσταση προσπαθήστε να γλιστράει ο καθένας σας ανάμεσα και γύρω από τους άλλους αλλάζοντας διαρκώς θέση και διατηρώντας σχετικά σταθερές τις αποστάσεις σας.

Γ) στην αέρια κατάσταση, κινηθείτε γρήγορα (με προσοχή όμως) προς οποιαδήποτε κατεύθυνση ( καμιά φορά ίσως να τύχη να συγκρουστείτε μεταξύ σας ή και με τους τοίχους της τάξης) .

4. Με τη βοήθεια και της εφαρμογής του [φωτόδεντρου](#) προσπαθήστε να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα που αναφέρεται στο νερό σε ατμοσφαιρική πίεση

όπως το παράδειγμα. (όπου δεν προκύπτει αλλαγή κατάστασης ή συνύπαρξη καταστάσεων στην τελική θερμοκρασία βάλτε παύλα)

Μεταβολή θερμοκρασίας από .... <sup>ο</sup> C στους .... <sup>ο</sup> C	Αλλαγή κατάστασης από ....σε.... και κατόπιν σε....	Συνύπαρξη καταστάσεων στην τελική θερμοκρασία ..... και .....
από 43 <sup>ο</sup> C στους 100 <sup>ο</sup> C	υγρή σε αέρια	Υγρή σε αέρια
από -20 <sup>ο</sup> C στους +30 <sup>ο</sup> C		
από -10 <sup>ο</sup> C στους 110 <sup>ο</sup> C		
από 120 στους 160 <sup>ο</sup> C		
από -12 <sup>ο</sup> C στους -5 <sup>ο</sup> C		
από -4 <sup>ο</sup> C στους 0 <sup>ο</sup> C		

### 3. Φαινόμενα σε σχέση με το νερό στη φύση (2 Διδακτικές ώρες)

**Στόχος:** Να μπορούν οι μαθητές να αναγνωρίζουν, περιγράφουν και να ερμηνεύουν τα 7 βασικά φαινόμενα του νερού που σχετίζονται με τον κύκλο του νερού στη φύση (εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση, απορροή, διήθηση, εκφόρτιση, διαπνοή).

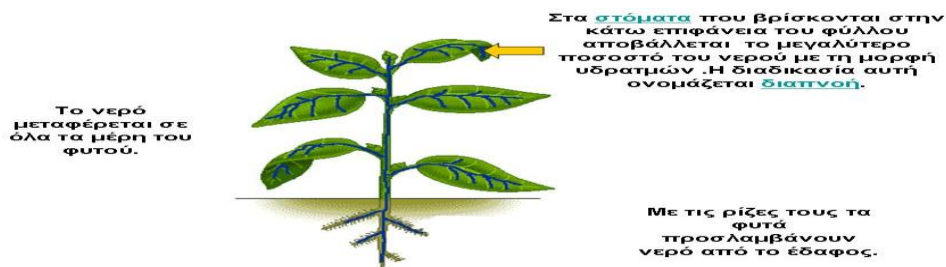
Προσδοκώμενα αποτελέσματα	Δραστηριότητες εκπαιδευτικού	Δραστηριότητες μαθητών	Εκπαιδευτικό υλικό
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Να αναγνωρίζουν τα φαινόμενα του νερού στην φύση.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Διευκρινίζει ότι με την έννοια φαινόμενα του νερού στη φύση εννοούμε τη μεταβολή της φυσικής κατάστασής του νερού ή και της θέσης του λόγω βαρύτητας, δείχνει τις εφαρμογές 1 έως 5 απαντώντας σε τυχόν απορίες που θέτουν οι μαθητές και κατόπιν σχολιάζει με τους μαθητές τις εικόνες 1 και 2 της άσκησης 1 του Φ.Ε.3.</li> <li>-Ζητά από τους μαθητές να συμπληρώσουν ομαδικά την άσκηση 1 του Φ.Ε. 3 (ακτινικό διάγραμμα).</li> <li>-Συζήτηση-διόρθωση των αποτελεσμάτων.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Αφού διαδράσουν με τις εφαρμογές 1-5 και παρατηρήσουν προσεκτικά τις εικόνες 1 και 2 συμπληρώνουν το ακτινικό διάγραμμα της άσκησης 1 του Φ.Ε. 3.</li> <li>-Ακολουθεί η διάχυση των αποτελεσμάτων στην ολομέλεια.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">εφ. 1</a> (εξάτμιση)</li> <li><a href="#">εφ. 2</a> (συμπύκνωση)</li> <li><a href="#">εφ.3</a>(κατακρήμνιση)</li> <li><a href="#">εφ. 4</a>(απορροή)</li> <li><a href="#">εφ. 5</a>(διήθηση)</li> <li>εικ. 1 (διαπνοή)</li> <li>εικ. 2(εκφόρτιση)</li> <li>άσκηση 1 Φ.Ε. 3</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Να διερευνούν μη άμεσα αντιληπτές διαδικασίες όπως η διαπνοή.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Προβληματίζει τους μαθητές για το ιδρώμα της σακούλας στο τμήμα του φυτού (εικόνας 3 του Φ.Ε. 3) που είναι σκεπασμένο και τους ζητά να προβλέψουν το αποτέλεσμα της άσκησης 2 που θα έχουν ως ομαδική εργασία για το σπίτι.</li> <li>-Συνοψίζει στο συμπέρασμα πως τα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Αφού προβληματιστούν και συζητήσουν με την ομάδα τους, διαχέουν τα συμπεράσματά τους στην ολομέλεια.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>εικόνα 3 Φ.Ε. 3</li> <li>άσκηση 2 Φ.Ε. 3 (ομαδική εργασία για το σπίτι- τα</li> </ul>

<p>• Να ερμηνεύουν τα φαινόμενα της εξάτμισης, συμπύκνωσης και κατακρήμνισης.</p>	<p>φυτά προκειμένου να πάρουν πολύτιμα συστατικά από το έδαφος καθώς και να επιτελέσουν τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης «αντλούν» νερό από το έδαφος το μεγαλύτερο μέρος του οποίου (περίπου 90%) το αποβάλλουν από μικρές τρύπες (στόματα) που βρίσκονται στο κάτω μέρος των φύλλων το οποίο κατόπιν εξατμίζεται και στη συγκεκριμένη περίπτωση στη συνέχεια υγροποιείται πάνω στη σακούλα.</p> <p><u>-Επιδεικνύει μέσω επιβεβαιωτικού πειράματος τα φαινόμενα εξάτμιση υγροποίηση και κατακρήμνιση.</u> Ζεσταίνει σιγά σιγά αλατόνερο μέσα σε δοχείο ζέσης και τοποθετεί ένα μεγάλο μπρίκι (που μέσα του έχει βάλει παγάκια) πάνω από τους υδρατμούς που δημιουργούνται, με κλίση προς το άδειο δοχείο . Προτρέπει τους μαθητές να εστιάσουν την προσοχή τους στο μεγάλο μπρίκι και να προβλέψουν τι θα συμβεί. Καταλήγει στο συμπέρασμα ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία στο δοχείο τόσο πιο γρήγορα μετατρέπεται νερό σε υδρατμούς (εξάτμιση), οι οποίοι όταν έρθουν σε επαφή με το ψυχρό μπρίκι γίνονται μικροσταγονίδια. Όσα απ' αυτά ενωθούν μεταξύ τους γίνονται αρκετά βαριές σταγόνες υπερνικούν τις δυνάμεις που τα συγκρατούσαν στο μπρίκι οπότε πέφτουν προς το άδειο δοχείο. Επεκτείνει στο τρόπο που προκαλούνται οι σταγόνες βροχής από συνενώσεις υδροσταγονιδίων στα σύννεφα. Τους καλεί να διαπιστώσουν ότι το νερό που προκύπτει είναι γλυκό.</p> <p>-Με αφορμή τις πλημμύρες που συμβαίνουν κατά καιρούς και τις ζημιές που δημιουργούν, προκαλεί</p>	<p>-Προσπαθούν να προβλέψουν το αποτέλεσμα της άσκησης 2).</p> <p>-Παρατηρούν, προβληματίζονται, διατυπώνουν τις προβλέψεις τους.</p> <p>-Συμπεραίνουν από τα αποτελέσματα του πειράματος και της επιχειρηματολογίας που ακολουθεί.</p> <p>-Δοκιμάζουν το νερό και διαπιστώνουν την ικανότητα αυτοκαθαρισμού του νερού από το αλάτι (με επέκταση και σε άλλες ουσίες).</p> <p>-Οι μαθητές συζητούν στις ομάδες τους,</p>	<p>αποτελέσματά της θα συζητηθούν σύντομα στην αρχή της επόμενης ενότητας)</p> <p>Αλατόνερο, καμινέτο, αναπτήρας, παγάκια, μεγάλο μπρίκι, δοχείο ζέσης, άδειο δοχείο.</p> <p>άσκηση 3 Φ.Ε. 3 (ομαδική εργασία</p>
---	--	--	---

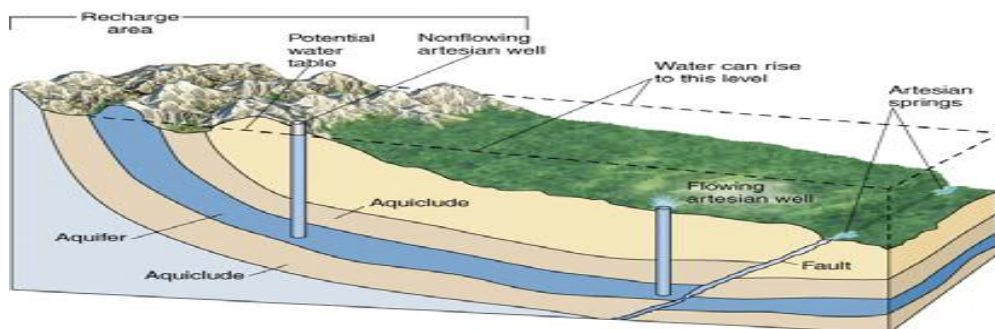
<p>•Να διερευνηθούν διαδικασίες όπως η απορροή και η κατείδυση μέσα από την τριβή τους με υλικά της φύσης.</p>	<p>συζήτηση για την επιφανειακή απορροή και προβληματίζει για το αν οι δένδροφυτεύσεις βοηθούν και πως, την κατείδυση και την υπόγεια απορροή και προτρέπει τους μαθητές να προβλέψουν τα αποτελέσματα της άσκησης 3 του Φ.Ε. 3 (εργασία για το σπίτι) -Συνοψίζει στο ότι ανάλογα με το είδος του εδάφους (π.χ. αργιλικό, αμμώδες) και το είδος και πλήθος των φυτών δημιουργούνται περισσότερες ή λιγότερες τρύπες με αποτέλεσμα να αυξάνεται η όχι η απορρόφηση (κατείδυση) του επιφανειακού νερού.</p>	<p>κάνουν προβλέψεις για τα αποτελέσματα της άσκησης 3 του Φ.Ε. 3 ομαδικά και κατόπιν επικοινωνούν τα αποτελέσματά τους στην ολομέλεια.</p>	<p>για το σπίτι- τα αποτελέσματά της θα συζητηθούν σύντομα στην αρχή της επόμενης ενότητας)</p>
--	---	---	---

### Φύλλο εργασίας 3

1. Αφού διαδράσετε με τις εφαρμογές 1-5 και παρατηρήσετε τις εικόνες 1 και 2 προσπαθήστε να συμπληρώσετε

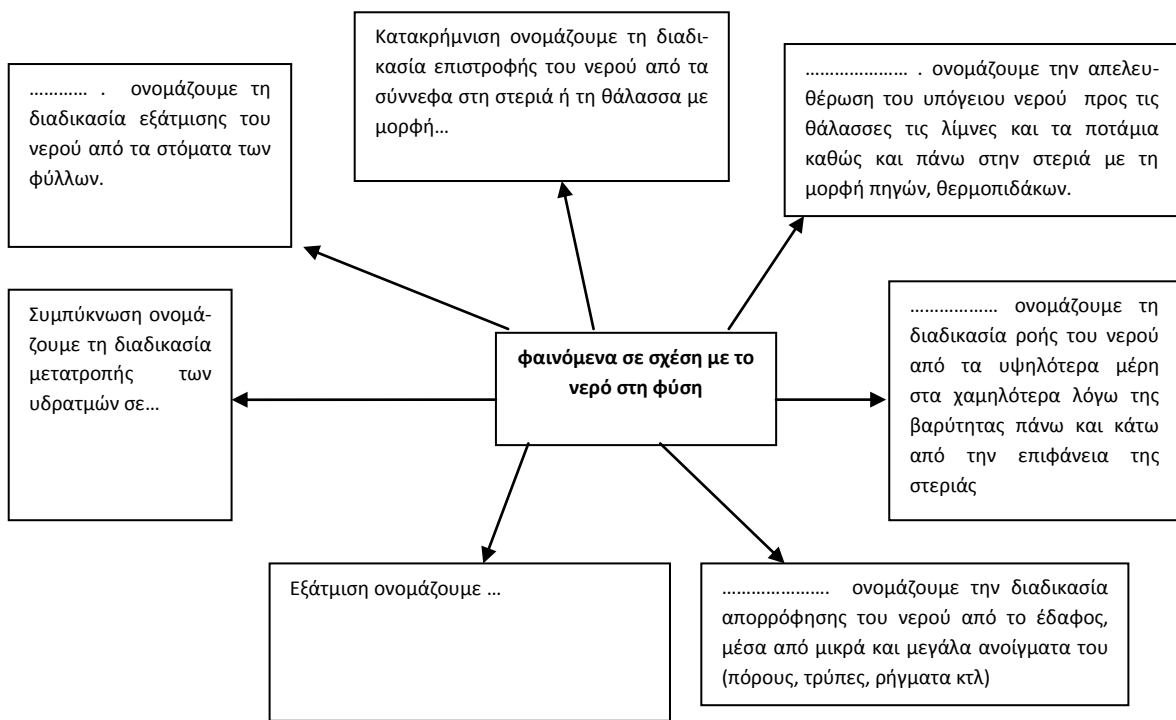


Εικόνα 9: διαπνοή



Εικόνα 10: Εκφόρτιση

το παρακάτω ακτινικό διάγραμμα με κεντρικό θέμα «φαινόμενα σε σχέση με το νερό στη φύση».



Credit: Ming kei College, Hong Kong

Εικόνα 11: Διερεύνηση διαπνοής

- 2. Υλικά και όργανα:** Δύο ίδια μπουκάλια Λάδι, Μαρκαδόρος, Βλαστοί φυτού. **Πειραματική διαδικασία:**
- Γεμίζουμε τα δύο μπουκάλια με την ίδια ποσότητα νερού.
  - Ρίχνουμε και στα δύο μπουκάλια λίγο λάδι ώστε το νερό να καλύπτεται από ένα λεπτό στρώμα λαδιού.
  - Τοποθετούμε στο ένα μπουκάλι τον ένα βλαστό φυτού με φύλλα και στο άλλο βλαστό φυτού, από τον οποίο έχουν αφαιρεθεί τα φύλλα.
  - Σημειώνουμε με το μαρκαδόρο τη στάθμη του νερού.
  - Παρακολουθούμε τη στάθμη του νερού στα μπουκάλια για μερικές ημέρες.
- Πρόβλεψη:** .....
- Παρατήρηση:**.....

Ερμηνεία:.....

Συμπέρασμα:.....

3. Διαθέτετε μια μικρή γλάστρα που περιέχει χώμα και κάποιο φυτό, με πιατάκι από κάτω, ποτιστήρι (με κόσκινο) γεμάτο νερό, ένα κομματάκι ξύλο. Κάντε την εξής διαδικασία: αφού δώσετε μια μικρή κλίση στην γλάστρα βάζοντας το ξύλο από κάτω, αρχίστε να ποτίζετε τη γλάστρα πολύ αργά. (Αν εκτελέσετε σωστά τη διαδικασία θα παρατηρήσετε το πιατάκι να γεμίζει σιγά σιγά με νερό και ένα μέρος του νερού να μην προλαβαίνει να απορροφηθεί και να τρέχει έξω από την γλάστρα).

Ονομάστε τα φαινόμενα που θα παρατηρήσετε άμεσα ή έμμεσα (από τα αποτελέσματά τους). Είναι ίσως κάποια από τα παρακάτω;

α. κατείσδυση β. απορροή γ. υπόγεια απορροή δ. εκφόρτιση. Δικαιολογήστε την άποψή σας.

.....  
.....  
.....

Αν α. βγάλετε το φυτό από την γλάστρα και β. αντικαταστήσετε το χώμα με άμμο προβλέψτε ποιες διαδικασίες(φαινόμενα) θα γίνουν πιο έντονα / λιγότερα έντονα και γιατί;

.....  
.....  
.....

#### **4. Ο κύκλος του νερού (2 Διδακτικές ώρες)**

**Στόχοι:** Να μπορούν οι μαθητές:

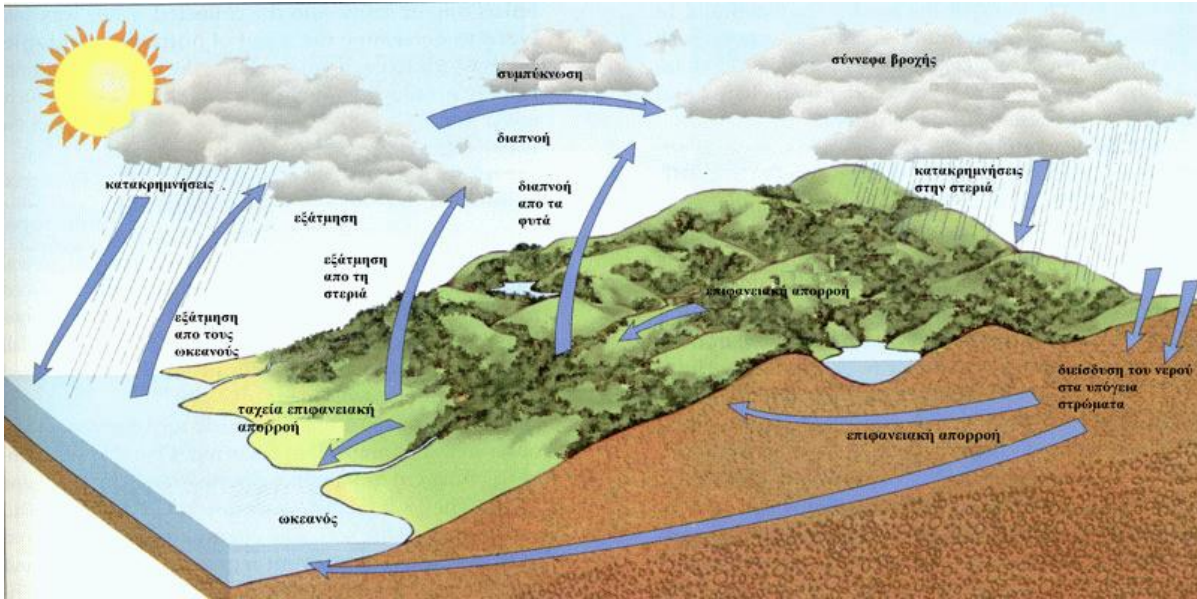
1. Να περιγράψουν τον κύκλο του νερού ως σύνολο διαδοχικών φαινομένων και να τον αναπαριστούν ως μοντέλο
2. Να κατανοούν τη διατήρηση της ποσότητας του νερού κατά την διάρκεια του κύκλου.

Προσδοκώμενα αποτελέσματα	Δραστηριότητες εκπαιδευτικού	Δραστηριότητες μαθητών	Εκπαιδευτικό υλικό
•Να κατανοήσουν ότι τα φαινόμενα του νερού στην φύση συνδέονται μεταξύ τους με ένα δυναμικό κύκλο που χαρακτηρίζεται ως	-Δείχνει την εικόνα 1 καλώντας του μαθητές να αναγνωρίσουν και κατόπιν να συνδέσουν τα φαινόμενα του τρίτου μέρους με τη σωστή διαδοχή, σε μια κυκλική διαδικασία που ονομάζεται «κύκλος του νερού» -Ενισχύει προβάλλοντας το <a href="#">Βίντεο 1</a> (NASA) που αναφέρεται	-Οι μαθητές παρατηρούν την εικόνα 1 και το Βίντεο 1 διαδοχικά και εκφράζουν τυχόν παρατηρήσεις, απορίες -Κατόπιν συμπληρώνουν ομαδικά την άσκηση 1 του Φ.Ε. 4.	εικόνα 1 (αναπαράσταση κύκλου του νερού)  <a href="#">Βίντεο 1</a> (ταξίδι ενός μορίου νερού της NASA δια-

<p>«κύκλος του νερού».</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Να κατανοήσουν ότι ο υδρολογικός κύκλος είναι κλειστός και επομένως η συνολική ποσότητα του νερού παραμένει σταθερή.</li> <li>• Να ενισχύσουν την άποψή τους για τη διατήρηση της μάζας του νερού μέσα από ιστορικά κείμενα.</li> <li>• Να συνδέουν ατμόσφαιρα-λιθόσφαιρα-υδρόσφαιρα-βιόσφαιρα μέσα από σειρά φαινομένων (κύκλος του νερού ως σύστημα).</li> </ul>	<p>στην κίνηση ενός μορίου νερού για να τονίσει επιπλέον και την διαρκή κυκλοφορία του νερού, άλλοτε με μεγάλη ταχύτητα (ατμόσφαιρα) και άλλοτε με πολύ μικρή (υπόγεια ύδατα, παγετώνες)</p> <p>- Προτρέπει τους μαθητές να συμπληρώσουν την άσκηση 1.</p> <p>- Καλεί τους μαθητές να παρατηρήσουν με προσοχή την εικόνα 2 της άσκησης 2 του Φ.Ε. 4 που αναφέρεται στο παγκόσμιο υδατικό ισοζύγιο και τους καλεί να εστιάσουν στους αριθμούς να βρουν τους επιμέρους κύκλους και να επιβεβαιώσουν την αρχή διατήρησης της μάζας του νερού στην διάρκεια του υδρολογικού κύκλου.</p> <p>- Προτρέπει τους μαθητές να συμπληρώσουν την άσκηση 3 που αναφέρεται στις σκέψεις του Αριστοτέλη για την συνολική ποσότητα νερού κατά την διάρκεια του υδρολογικού κύκλου.</p> <p>- Διευκρινίζει ότι τα παραπάνω φαινόμενα συμβαίνουν μέσα στο σύμπλεγμα ατμόσφαιρα(αέρας)-λιθόσφαιρα(έδαφος, υπέδαφος)-υδρόσφαιρα(θάλασσες, λίμνες, ποτάμια)-βιόσφαιρα(έμβια όντα) προβάλλει την εικόνα 3 και ζητά από τους μαθητές να συμπληρώσουν ομαδικά την άσκηση 4 του Φ.Ε. 4.</p> <p>- Καταλήγει στο ότι ο κύκλος του νερού αποτελείται από σειρά μερών-φαινομένων που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους αποτελώντας ένα σύστημα.</p>	<p>- Εκτελούν την άσκηση 2 του Φ.Ε. 4 και ο εκπρόσωπος κάθε ομάδας διαχέει τα αποτελέσματα στην ολομέλεια.</p> <p>- Εκτελούν την άσκηση 3 του Φ.Ε. 4 και ο εκπρόσωπος κάθε ομάδας διαχέει τα αποτελέσματα στην ολομέλεια.</p> <p>- Οι μαθητές συμπληρώνουν την άσκηση 4 του Φ.Ε. 4.</p> <p>- Επικοινωνούν τα αποτελέσματα τους στην ολομέλεια.</p>	<p>σκευασμένο από Γκλέζου Κατερίνα)</p> <p>άσκηση 1 Φ.Ε. 4</p> <p>Φ.Ε. 4 άσκηση 2</p> <p>εικόνα 2 (παγκόσμιο υδατικό ισοζύγιο) της άσκησης 2.</p> <p>κείμενο Αριστοτέλη για τον κύκλο του νερού της άσκησης 3 του Φ.Ε. 4.</p> <p>Εικόνα 3 (ατμόσφαιρα-λιθόσφαιρα-υδρόσφαιρα-βιόσφαιρα)</p>
--	--	--	--

### Φύλλο εργασίας 4

1. Αφού διαδράσετε με το [Βίντεο 1](#) και την παρακάτω Εικόνα 1 προσπαθήστε σε συνεργασία με την ομάδα σας να γράψετε ένα μικρό κείμενο με θέμα «ο κύκλος του νερού» χρησιμοποιώντας όσες περισσότερες από τις παρακάτω λέξεις μπορείτε: συμπύκνωση, σύστημα, απορροή, νερό, γενεσιουργός αιτία, ψυχρές αέριες μάζες, εξάτμιση, ανακύκλωση, κατείδυση, ήλιος, διαπνοή, βάρος, κατακρήμιση, εκφόρτιση.



Εικόνα 1: Ενοιολογικό μοντέλο του κύκλου του νερού

.....

.....

.....

.....

.....

.....

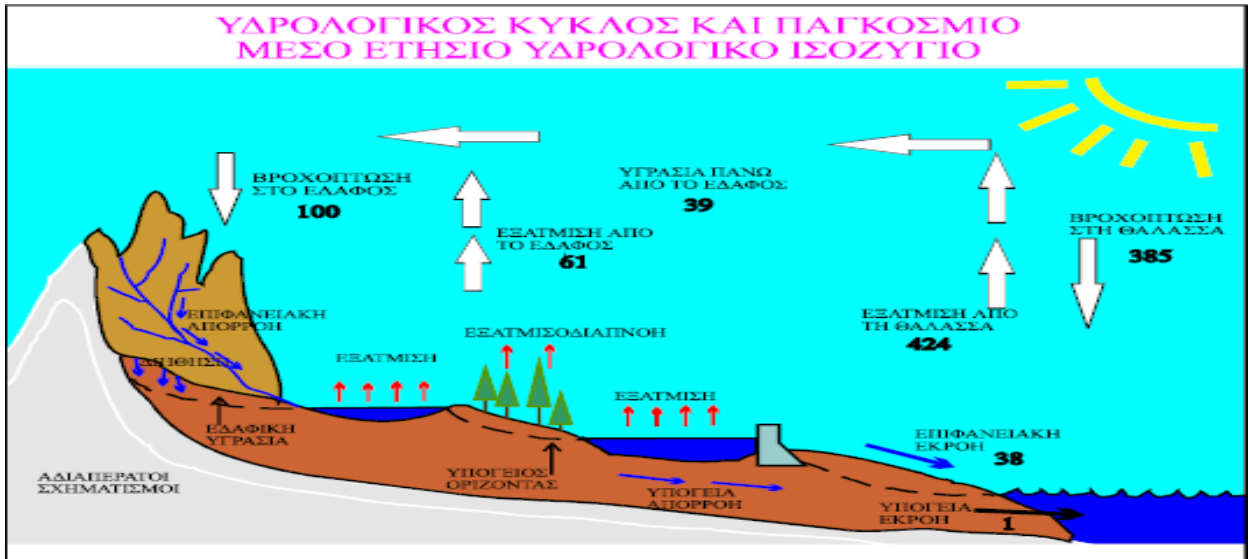
.....

.....

.....

2. Παρατηρήστε με προσοχή την παρακάτω εικόνα 2 εστιάστε στους αριθμούς και προσπαθήστε να βρείτε: α. τυχόν επιμέρους κύκλους από τους οποίους αποτελείται ο κύκλος του νερού και β. τι συμβαίνει με την συνολική ποσότητα νερού κατά τη διάρκεια του κύκλου.





Εικόνα 2: Παγκόσμιο μέσο ετήσιο ισοζύγιο του κύκλου του νερού

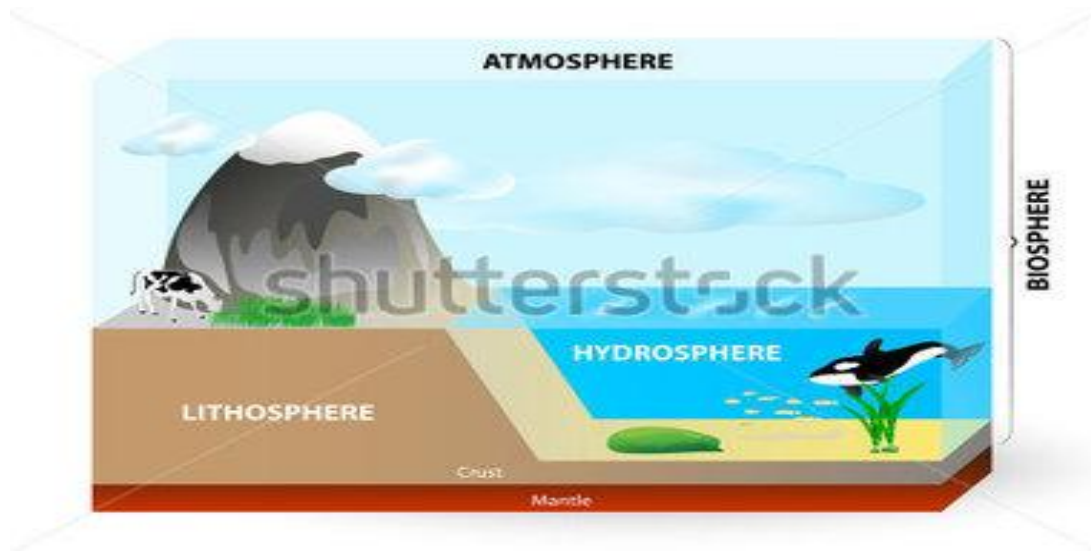
α.....  
 .....  
 .....

β.....  
 .....  
 .....

3. Τι κατά την γνώμη σας εννοούσε ο Αριστοτέλης με τις παρακάτω προτάσεις:  
 «Κατά συνέπεια, η θάλασσα δεν θα στεγνώσει ποτέ αφού το νερό που ανέβηκε προς τα πάνω πρωτύτερα θα γυρίσει σ' αυτήν' κι αν αυτό συνέβη κάποτε, θα πρέπει να δεχτούμε την επαναληπτική εμφάνισή του». «Ακόμα κι αν δεν επιστρέφει πίσω η ίδια ποσότητα κάθε χρόνο ή σε μια δεδομένη περιοχή, ωστόσο σε μια ορισμένη χρονική περίοδο η συνολική ποσότητα που αφαιρέθηκε θα επιστρέψει».

.....  
 .....  
 .....

4. Στην παρακάτω εικόνα 3 αναφέρονται οι έννοιες υδρόσφαιρα (νερό), ατμόσφαιρα (αέρας), λιθόσφαιρα (έδαφος και υπέδαφος), βιόσφαιρα (ζωντανοί οργανισμοί) προσπαθήστε να τις συνδέσετε ανά δύο ή τρεις με ένα από τα παρακάτω φαινόμενα- διαδικασίες όπως το παράδειγμα: κατείδυση, κατακρήμνιση, εξάτμιση, διαπνοή, χημική αποσάθρωση, φωτοσύνθεση, δημιουργία εδάφους.



Εικόνα 3: Ατμόσφαιρα, λιθόσφαιρα, υδρόσφαιρα, βιόσφαιρα

Υδρόσφαιρα-Ατμόσφαιρα **εξάτμιση**

Υδρόσφαιρα-Λιθόσφαιρα.....

Υδρόσφαιρα-Βιόσφαιρα.....

Ατμόσφαιρα-Λιθόσφαιρα.....

Ατμόσφαιρα-Βιόσφαιρα.....

Λιθόσφαιρα-Βιόσφαιρα.....

Υδρόσφαιρα-βιόσφαιρα-λιθόσφαιρα .....

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5: Φύλλο Παρατήρησης

### 1<sup>η</sup> Διδασκαλία – Σύνολο μαθητών: 17 / 20

Πίνακας 1: Φύλλο παρατήρησης από τον εξωτερικό παρατηρητή.

Α. ΦΑΣΗ/ ΠΕΡΙΕΧΟ- ΜΕΝΟ	Β. ΣΤΟΧΟΣ	Γ.ΔΙΔ. ΜΕ- ΘΟΔΟΣ/ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ	Δ. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ Τι κάνει ο Εκπαι- δευτικός και τι οι μαθητές	Ε.ΤΕΚΜΗΡΙΑ Των προηγούμενων
1.Εξοικείωση και προβληματισμός	Να εισαχθούν οι μαθητές στο θέμα, να αναδειχθούν οι ιδέες τους, να διατυπώσουν απορίες και ερωτήματα πάνω στο θέμα.	Συζήτηση	<p><b>Διάρκεια φάσης: 15΄</b> Χαιρετισμός και Εισαγωγή στο θέμα και στις επιμέρους ενότητες Οδηγίες για τη διαδικασία που θα ακολουθηθεί.</p> <p>Ερώτημα για τον κύκλο του νερού (Ερώτημα προς όλους, ο καθένας λέει την άποψή του)</p> <p>Με τη χρήση προτζέκτορα προβάλλεται ο ορισμός που δίνει η Wikipedia</p> <p>Συζήτηση σχετικά με τον ορισμό της Wikipedia</p>	<p>E: Το θέμα μας ποιο είναι; M: Ο κύκλος του νερού.</p> <p>E:Θα έχετε τους Η/Υ σας, θα έχετε μπροστά σας ένα φύλλο εργασίας, ο ένας θα είναι ο χειριστής, ο άλλος θα είναι ο εκπρόσωπος της ομάδας και θα σας λέω μια φορά να κάνετε μια άσκηση. Το φύλλο εργασίας αποτελείται από 5 ασκήσεις. Εσείς θα συζητάτε, θα καταλήγετε σε κάτι, μπορεί να διαφωνείτε και ο εκπρόσωπος της κάθε ομάδας θα το ανακοινώνει στην ολομέλεια.</p> <p>E: Θέλω να μου πείτε όλοι τη γνώμη σας για τον κύκλο του νερού. Τι νομίζετε πως είναι ο κύκλος του νερού. M1: Είναι ο κύκλος από τον οποίο το νερό από τις θάλασσες εξατμίζεται από τον Ήλιο, μετατρέπεται σε υδρατμούς και γίνονται σύννεφα, μεταφέρονται και πάνε σε ψυχρές περιοχές όπως τα βουνά, τότε το νερό υγροποιείται και βαραίνει και σχηματίζονται ποτάμια, το οποία πάνε στις λίμνες και τις θάλασσες. E: Μάλιστα. Ο επόμενος. M2: Είναι μια διαδικασία την οποία την ακολουθεί το νερό σε όλη τη διάρκεια του M3: Είναι ο τρόπος με τον οποίο το νερό παραμένει σταθερό στη Γη. M4:Οι μορφές που παίρνει το νερό. M5:Σαν το νερό να ανακυκλώνεται. M6:Η διαδικασία με την οποία εξασφαλίζεται σταθερή ποσότητα νερού. M7:Η ικανότητα της φύσης να κρατάει τα αποθέματα νερού , σταθερά.</p> <p>E: Για να πάμε να δούμε τι ορισμό δίνει η Wikipedia; Αν θέλουμε συμπληρώσουμε ή αφαιρούμε κάτι.</p> <p>E:Τα περισσότερα από αυτά τα είπαμε. Κάποιος αναφέρθηκε στην αιτία του υδρολογικού κύκλου. Κάποιοι μιλήσατε για την ανακύκλωση του νερού. Άρα είναι η σκέτη ανακύκλωση του νερού ή η συνεχής ανακύκλωση του νερού M:Η συνεχής. E:Μήπως η λέξη ανακύκλωση είναι άγνωστη λέξη; M:Όχι, είναι η ανανέωση. E:Ας κάνουμε μια σύνοψη. Ο κύκλος του νερού είναι η συνεχής ανακύκλωση, ή ανανέωση, του νερού της Γης μέσα από την υδρόσφαιρα, την ατμόσφαιρα και στην λιθόσφαιρα. Ξέρει κάποιος να μου πει τι είναι η υδρόσφαιρα; M:Η θάλασσα , τα ποτάμια, οι λίμνες. Όλα τα υγρά στοιχεία.</p> <p>E:Να συμπληρώσουμε και κάτι άλλο; Να σας δείξω μια απάντηση που έδωσε ένας συμμαθητής σας (προβάλλεται στον προτζέκτορα). Διαβάζει την απάντηση «Εννοεί την ανακύκλωση του νερού της θάλασσας, λιμνών, ποταμών κτλ., γίνονται υδρατμοί και δημιουργούν τη βροχή ποτίζοντας τη φύση με νερό και</p>

			<p>Συμπλήρωμα του ορισμού της Wikipedia μέσω της απάντησης ενός μαθητή, για το τι είναι ο υδρολογικός κύκλος, στα pretest.</p> <p>Ερώτηση - απορία για το νερό στο ανθρώπινο σώμα</p> <p>Ερώτημα για την αξία του νερού</p>	<p>το νερό επιστρέφει από τη Γη, από τους ζωντανούς οργανισμούς». Μιλήσαμε εμείς για τους ζωντανούς οργανισμούς; Μ:Όχι. Ε:Πώς ονομάζουμε γενικά τους ζωντανούς οργανισμούς; Μ:Έμβια όντα; Ε:Ναι, αλλά επειδή μιλάμε για σφαίρες, να το πούμε βιόσφαιρα;</p> <p>ΕΠΑΝΑΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΟΡΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΚΥΚΛΟ</p> <p>Μ:Κύριε να ρωτήσω κάτι; Σχετικά με το ότι το νερό μένει σταθερό, αυτό το νερό που πίνουμε, τι γίνεται; Ε:Θέλει να απαντήσει κάποιος στη συμμαθήτριά σας; Μ:Αυτό το νερό που πίνουμε κάπου το χάνουμε, και θέλουμε να το ανανεώσουμε ξανά. Ε:Όπως γίνεται ένας κύκλος του νερού στη φύση, έτσι γίνεται κι ένας κύκλος του νερού στον άνθρωπο.</p> <p>Ε: Το σημερινό μάθημα έχει να κάνει με την αξία του νερού για δημιουργία της ζωής. Λοιπόν, να ακούσω απόψεις;;</p> <p><b>Συμμετοχή μαθητών: Σχεδόν όλοι οι μαθητές συμμετείχαν διότι στις αρχικές ερωτήσεις είχαν όλοι την άποψή τους. Φυσικά μερικοί είχαν μεγαλύτερη συμμετοχή λόγω των αποριών και των ερωτήσεων που είχαν.</b></p>
2.Εισαγωγή της νέας γνώσης: Α. Η αξία του νερού για τη δημιουργία της ζωής	Να αντιληφθούν την αξία του νερού για τη δημιουργία της ζωής	Χρήση της εφαρμογής Google Earth για την παρουσίαση της γης ως γαλάζιου πλανήτη, συζήτηση (κατάθεση απόψεων ατομικά)και κατόπιν συμπλήρωση άσκησης 1 του Φ.Ε. 1 ομαδικά, ανακοίνωση αποτελεσμάτων από τους αντιπροσώπους των ομάδων και μετά από συζήτηση εξαγωγή συμπερασμάτων και σύνοψη από την ερευνητή.	<p><b>Διάρκεια φάσης: 15'</b></p> <p>Παρουσίαση και άνοιγμα google earth</p> <p>Γη: Γαλάζιος πλανήτης</p> <p>Νερό σε άλλους πλανήτες</p> <p>Συμπλήρωση της άσκησης 1.1 ανά ομάδες (Πολλές ομάδες έβαλαν ότι υπάρχει νερό στη Γη και στον Άρη)</p> <p>Αποσαφήνιση για το σίγουρα με το πιθανό.</p> <p>Συζήτηση για την ύπαρξη της ζωής με βασική προϋ-</p>	<p>Ε: Θα ανοίξω μια εφαρμογή. Ποια είναι αυτή; Μ: Το google earth. Ε: Πάρα πολύ ωραία. Θα μας δείξει τον πλανήτη μας και θέλω να σας ρωτήσω γιατί ονομάζεται γαλάζιος πλανήτης; Μ: Γιατί τα 2/3 είναι νερό. Ε: Θέλει να πει κάποιος άλλος κάτι; Μ:Το 70%. Ε: Επομένως δώσαμε αυτή την ονομασία γιατί υπάρχει πάρα πολύ νερό.</p> <p>Ε: Γιατί ψάχνουν νερό στη σελήνη και σε άλλους πλανήτες; Λέτε να υπάρχει νερό κάπου αλλού; Τι λέτε; Μ1: Ψάχνουμε να δούμε αν μπορούμε να δημιουργήσουμε. Μ2: Στον Άρη υπάρχει νερό.</p> <p>Ε: Σε ποιους πλανήτες υπάρχει σίγουρα νερό; Μ1:Στη Γη. Μ2:Υπάρχει και στον Άρη. Μ3:Και στον Ποσειδώνα. Ε: Γιατί; Μ3: Επειδή είναι γαλάζιος. – Ε:Όπως είναι η Γη γαλάζια θεωρείς ότι και ο Ποσειδώνας επειδή είναι γαλάζιος έχει νερό. Ο Μ4 όμως κάτι λέει. Μ4: Εδώ όμως λέει σίγουρα υπάρχει νερό, όχι να υποθέσουμε. Ε:Όχι να υποθέσουμε, άρα; Εσύ Μ2 είσαι σίγουρη ότι υπάρχει στον Άρη νερό; Μ5: Υποθέτω. Σε αποκρυσταλλωμένη μορφή. Ε:Εσύ τι λες; Μ6:Δεν είναι σίγουρο ότι υπάρχει. Ε:Αν θέλουμε να πούμε ότι υπάρχει κάπου σίγουρα νερό, τι θα λέγαμε; ΜΜΜ: Στη Γη.</p> <p>Ε:Γιατί ψάχνουν οι επιστήμονες για ύπαρξη νερού στη Σελήνη λέτε; Μ:Για να δουν αν υπάρχει ζωή εκεί ή αν μπορούμε να επιβιώσουμε. Ε: Μπορείτε να μου πείτε το τελικό συμπέρασμα στο οποίο καταλήξατε;</p>

			<p>πόθεση το νερό.</p> <p>Συμπέρασμα στην ολομέλεια</p> <p>Απόψεις μαθητών για την αξία του νερού στη δημιουργία της ζωής (καλές πρακτικές). Ανάγνωση των απόψεων από τον εκπαιδευτικό από το pretest.</p> <p>Σύνοψη</p>	<p>M1:όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί ανεξαιρέτως χρειάζονται νερό για να ζήσουν. M2:όπου υπάρχει νερό , υπάρχει και ζωή.</p> <p>E:Ας καταλήξουμε σε ένα συμπέρασμα, όπως το είπαν οι τέσσερις ομάδες, όπου υπάρχει νερό, υπάρχει και ζωή. Υπάρχουν οι απαραίτητες προϋποθέσεις για την ύπαρξή της.</p> <p>E: «αν ποτίσεις ένα σπόρο με νερό θα μεγαλώσει, και θα δημιουργηθεί ένα δέντρο» «γιατί οι πρώτες μορφές ζωής δημιουργήθηκαν στη θάλασσα»</p> <p>E:Σας έδειξα τη Γη, και σας είπα ότι λέγεται γαλάζιος πλανήτης λόγω της μεγάλης ποσότητας νερού που περιέχει και ότι οι επιστήμονες έχουν καταλήξει ότι είναι απαραίτητο για την ύπαρξη ζωής.</p> <p><b>ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΠΑΙΔΙΩΝ:</b> Η συγκεκριμένη φάση περιείχε στο μεγαλύτερο μέρος της ομαδικές δραστηριότητες στις οποίες συμμετείχαν ενεργά όλα τα παιδιά σε επίπεδο ομάδας αλλά σε επίπεδο ολομέλειας την κύρια συμμετοχή είχαν οι εκπρόσωποι των ομάδων. Υπήρξαν φυσικά και κάποιες παρεμβάσεις των άλλων μελών ότι δεν υπήρχε σαφής κατανόηση των ερωτήσεων (όπως στο παράδειγμα του νερού στον Άρη)</p>
2. Εισαγωγή της νέας γνώσης: Β. Η αξία του νερού για τη διατήρηση της ζωής	Να αναγνωρίζουν την αξία του νερού για τη διατήρηση της ζωής	Συζήτηση για την ύπαρξη νερού στους ζωντανούς οργανισμούς, επιβιβαστικό πείραμα για την ύπαρξη νερού στην πατάτα, άσκηση 2 του Φ.Ε. 1 (διερεύνησης του ποσοστού νερού που υπάρχει στα πορτοκάλια) και κατόπιν συζήτηση για τις βασικές ιδιότητες του νερού (άριστο διαλύτη, μεταφορέας ουσιών από και προς τα κύτταρα), συμπλήρωση άσκησης 3 του Φ.Ε. 1 (διατύπωση συμπεράσματος από τον συνδυα-	<p><b>Διάρκεια φάσης: 25'</b></p> <p>Εκτέλεση πειράματος από τον Εκπαιδευτικό. Κόβει την πατάτα και την σκουπίζει με μια χαρτοπετσέτα.</p> <p>Ποσοστό νερού σε πορτοκάλια και σε άνθρωπο</p> <p>Συμπλήρωση άσκησης 2</p> <p>Αντιμετώπιση πιθανών δυσκολιών</p> <p>Ανακοίνωση αποτελεσμάτων στη ολομέλεια</p>	<p>E:τι πιστεύετε ότι θα απλωθεί πάνω στην χαρτοπετσέτα αν την κόψω κομματάκια; M:Νερό.</p> <p>E:Θα κάνετε την επόμενη άσκηση για να βρείτε το ποσοστό του νερού που υπάρχει σε ένα πορτοκάλι. Μήπως ξέρετε το ποσοστό του νερού που υπάρχει στον άνθρωπο; M: 70%</p> <p>E:το ποσοστό του νερού που υπάρχει στα πορτοκάλια, τι πιστεύετε ότι θα είναι; Περισσότερο ή λιγότερο; M:Περισσότερο.</p> <p>E:θυμάστε από το μάθημα της χημείας, που είχαμε, ποιος έχει το μεγαλύτερο ποσοστό σε νερό; M:H ντομάτα. E:πόσο ποσοστό; θυμάσαι; M:91%; E:95%</p> <p>E:Έχουμε τα «ζωντανά» κομμάτια από πορτοκάλι εδώ, και τα αφυδατωμένα εδώ.</p> <p>E:Αν έχετε απορία μπορείτε να δείτε τον πίνακα, και αν δυσκολεύεστε στις πράξεις μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την αριθμομηχανή από τον Η/Υ.</p> <p>M1: 75% M2: 80% M3: 86% M2: 65% M2: 77%</p>

		<p>σμό των παραπάνω). Σύνοψη από τον ερευνητή</p>	<p>Συμπέρασμα πειράματος - Γενικό συμπέρασμα για τα έμβια όντα</p> <p>Νερό και άνθρωπος</p> <p>Νερό και ζωντανοί οργανισμοί</p> <p>Επισήμανση μαθητή</p> <p>Σύνοψη «το νερό είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της ζωής»</p>	<p>Ε:πόσο νερό πρέπει να πίνει ο άνθρωπος; Μ:γενικώς να πίνει νερό. Ε:εσύ τι έχεις ακούσει; Μ1:8 ποτήρια την ημέρα. Μ2:2 λίτρα. Ε:τα 8 ποτήρια πόσα λίτρα είναι παιδιά; Δεν είναι περίπου 2 λίτρα; Ε:πρέπει να πίνουμε περίπου 2 λίτρα για να διατηρηθούμε στη ζωή. Όταν λέμε να διατηρηθούμε στη ζωή, τι εννοούμε; Σε τι πράγμα νομίζετε ότι βοηθάει το νερό; Μ1:για να έχει κάποιος την απαραίτητη ενέργεια Μ2:για να διαλύει τους ουσίες. Μ3:το νερό βοηθάει σε κάποιες λειτουργίες του σώματός μας. Όπως στην καλή λειτουργία του παχέος εντέρου.</p> <p>Ε:αυτό όμως δεν ισχύει μόνο για τον άνθρωπο. Ισχύει για τον άνθρωπο, τα ζώα και τα φυτά. Μας μίλησε για μια ιδιότητα η Μ. Ποια είναι αυτή; Μ:ότι το νερό διαλύει πολλές ουσίες. Ε:τι άλλο μπορεί να κάνει το νερό στα φυτά; Μ:βοηθάει στη φωτοσύνθεση. Ε:αν δεν υπήρχε το νερό, θα μπορούσαν να ζήσουν κάποιοι οργανισμοί; Μ:όχι, για παράδειγμα τα ψάρια. Ε:είναι το φυσικό περιβάλλον, ο φυσικός τόπος διαβίωσής τους Ε:πως μπορεί ένα φυτό που είναι μέσα στη θάλασσα να φωτοσυνθέσει; Μπορείτε να με βοηθήσετε; Τι χρειάζεται ένα φυτό για να φωτοσυνθέσει; Μ:νερό, διοξείδιο του άνθρακα και ήλιο. Ε:και που βρίσκεται το διοξείδιο του άνθρακα μέσα στο νερό; Μ:Βρίσκεται. Ε:και πως αναπνέουν τα ζώα και τα φυτά μέσα στο νερό; Που βρίσκουν το οξυγόνο; Μ:υπάρχει μέσα στο νερό. Ε: το νερό βοηθάει με το να διαλύει ουσίες όπως το διοξείδιο του άνθρακα και το οξυγόνο. Μ:κάποια φυτά πρέπει να είναι και πιο ψηλά στα θάλασσα για να φτάνει και ο ήλιος. Ε:σωστό κι αυτό.</p> <p>Ε:πρώτο, υπάρχει μεγάλο ποσοστό νερού σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς. Είναι άριστος διαλύτης, αυτό βοηθάει και στο να διατηρηθούν και οι οργανισμοί που είναι μέσα στο νερό. Είναι και «μεταφορέας» μεταφέρει ουσίες από και προς τα κύτταρα. Όλα αυτά είναι απαραίτητα για να διατηρηθεί η ζωή.</p> <p><b>Συμμετοχή παιδιών: όλα τα παιδιά συμμετείχαν σε αυτή τη φάση, και σχεδόν τα μισά μίλησαν πάνω από 2 φορές</b></p>
<p>2. Εισαγωγή της νέας γνώσης: Γ. Το πρόβλημα της λειψυδρίας</p>	<p>Να ερμηνεύουν το πρόβλημα της λειψυδρίας σε κάποιες περιοχές της Γης</p>	<p>Προβολή του Χάρτη της Γεωλογικής Υπηρεσίας των ΗΠΑ για την παγκόσμια κατανομή νερού, εστίαση πάνω στο μικρό ποσοστό (3%) του</p>	<p><b>Διάρκεια φάσης: 70'</b></p> <p>Προβολή χάρτη για την κατανομή του νερού και ποσοστό του γλυκού νερού</p>	<p>Ε:αυτός ο χάρτης μας δείχνει την κατανομή του νερού παγκοσμίως και είναι από την γεωλογική υπηρεσία των ΗΠΑ. Ε:γιατί πριν αφού σας μιλούσα για λειψυδρία, τώρα σας δείχνω αυτό τον χάρτη; για να σας πω ότι το νερό είναι πολύ ή λίγο; Τι λέτε; Μ1:πολύ Μ2:είναι πολύ αλλά όχι πόσιμο απαραίτητα. Ε:δηλαδή τι ποσοστό του συνολικού νερού είναι πόσιμο; Μ:ελάχιστο Ε:αυτό ακριβώς θέλω να σας δείξω. Βλέπετε ότι από το 100% , το 97 % είναι αλμυρό. Από το 3 % του γλυκού βλέπετε το 67 % είναι παγετώνες. Θα μπορούσαμε να το χρησιμοποιήσουμε αυτό;</p>

		<p>γλυκού νερού καθώς και του ακόμα μικρότερου (1%) εκμεταλλεύσιμου και 0,01% του επιφανειακού εύκολα εκμεταλλεύσιμου. Διάδραση των μαθητών (εφαρμογή φωτόδεντρου) με τις 10 περιοχές της Γης που έχουν έντονο πρόβλημα λειψυδρίας (άσκηση 4 του Φ.Ε.1), προβολή βίντεο από το κανάλι της βουλής (πρόβλημα της λειψυδρίας, αιτίες, τρόποι αντιμετώπισης) συζήτηση, συμπλήρωση ομαδικά της άσκησης 5 του Φ.Ε. 1, ανακοίνωση των αποτελεσμάτων στην ολομέλεια, εξαγωγή συμπερασμάτων-σύντομη από τον ερευνητή.</p>	<p>Άμεσα εκμεταλλεύσιμο νερό</p> <p>Τοποθέτηση μαθητή για το αλμυρό νερό</p> <p>Αναζήτηση πληροφοριών στο φωτόδεντρο – 10 περιοχές με πρόβλημα λειψυδρίας</p> <p>Ανάγνωση των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν γειτονικά κράτη σχετικά με τη χρήση και την εκμετάλλευση του νερού</p> <p>Παρακολούθηση βίντεο που έχει ως θέμα το πρόβλημα της λειψυδρίας</p> <p>Διακοπή του νερού σε περιοχές της Ελλάδας το καλοκαίρι</p> <p>Σύνδεση της πληροφορίας του βίντεο με το ερώτημα του φύλλο εργασίας</p> <p>Το πρόβλημα λειψυδρίας τοπικά</p> <p>Το πρόβλημα λειψυδρίας χρονικά</p> <p>Η αλόγιστη χρήση του νερού</p> <p>Περιοχές με έντο-</p>	<p>M:όχι. E:δύσκολα. Αν και σε μια συζήτηση που είχα, επειδή στην Αυστραλία έχουν έλλειψη, λένε να εκμεταλλευτούν τα θαλάσσια παγόβουνα.</p> <p>E:Το άμεσα εκμεταλλεύσιμο νερό είναι το 0.009 %. Θα μου πει κάποιος το υπόγειο νερό είναι εκμεταλλεύσιμο, αφού κάνουμε γεωτρήσεις. Ναι, αλλά το υπόγειο νερό υπάρχει στα 10 μέτρα, στα 100, και στα... Οπότε μόνο ένα μέρος του υπογείου νερού είναι άμεσα εκμεταλλεύσιμο.</p> <p>M1:δεν υπάρχει τρόπος να κάνουμε το αλμυρό νερό πόσιμο; E:πολύ ωραία ερώτηση. M2:να κάνουμε εξάτμιση. E:αυτά όμως δεν είναι χρονοβόρα και δεν κοστίζουν;</p> <p>E:συμπληρώστε την άσκηση στο φύλλο εργασίας και συζητάμε τα αποτελέσματα</p> <p>E:αν πατήσετε εδώ, σε αυτές τις περιοχές με κόκκινο, αυτές έχουν σύρραξη με γειτονικές χώρες. Έχετε βρει κάποια τέτοια περιοχή; M:εμείς έχουμε γράψει την Κένυα και τη Σομαλία. E:τι πρόβλημα διαπιστώσατε εκεί;</p> <p>E: Σε κάποιες περιοχές της Ελλάδας υπάρχουν καλοκαίρια που το νερό διακόπτεται για κάποιες ώρες της ημέρας. Δώστε μια ερμηνεία γιατί συμβαίνει αυτό. M1:λόγω της εξάτμισης και των φυτών που απορροφούν πολύ νερό. M2: Το καλοκαίρι υπάρχει τεράστια χρήση του νερού M3:Λόγω της υψηλής θερμοκρασίας και της ξηρασίας, και της αλόγιστης χρήσης του νερού E:ακούσατε πολλές απόψεις έτσι. Ας καταλήξουμε σε 2-3 λόγους. Πρώτος λόγος, λόγω του κλίματος. Εγώ διαπίστωνα ότι όλοι είπατε λόγω του καιρού, λόγω της ζέστης, λόγω της ξηρασίας. E:για να έχουμε νερό το καλοκαίρι τι πρέπει να έχουμε; M:υγρασία, βροχές. Επειδή το καλοκαίρι υπάρχει ξηρασία, δεν έχουμε νερό.</p> <p>E:άρα καταλήγουμε σε αυτό που είτε ο επιστήμονας στο βίντεο, ότι σε λίγα χρόνια θα μειωθούν οι βροχές 20-25% σε όλον τον κόσμο.</p> <p>E:στην Ελλάδα που εντοπίζονται αυτές οι περιοχές; M:στα νησιά του Αιγαίου και στην Ανατολική Ελλάδα E:άρα η Δυτική Ελλάδα δεν έχει έντονο πρόβλημα λειψυδρίας. Επομένως από τόπο σε τόπο μπορεί να υπάρχουν προβλήματα λειψυδρίας.</p> <p>E:να το πάμε και στον χρόνο τώρα. Το χειμώνα υπάρχουν προβλήματα λειψυδρίας. M:όχι.</p> <p>E:το χρησιμοποιούμε αλόγιστα. Μερικοί νομίζουν ότι έχουμε άφθονο νερό και τα καλοκαίρια ποτίζουμε τον κήπο μας, τις γλάστρες μας αφήνουμε το νερό να τρέχει όταν βουρτσίζουμε τα δόντια μας κάνουμε μπάνιο αντί για ντουζ .</p> <p>E:πάμε στο β ερώτημα τώρα.</p>
--	--	--	--	---

		<p>νο πρόβλημα λειψυδρίας -γιατί;</p> <p>Σύνδεση κλίματος με τον υδρολογικό κύκλο</p> <p>Αύξηση πληθυσμού και χρήση του νερού</p> <p>Σύνοψη για το φαινόμενο της λειψυδρίας</p> <p>Αναστοχασμός στη λειψυδρία</p> <p>Μετανάστευση</p> <p>Οικονομική και φυσική λειψυδρία</p> <p>Προτάσεις προς λύση για τη λειψυδρία</p>	<p>M1:η αλόγιστη χρήση και η μόλυνση. M2:λόγω της κακής διαχείρισης και λόγω των καιρικών συνθηκών M3:λόγω της αύξησης της χρήσης και του φαινομένου του θερμοκηπίου</p> <p>E:τι θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ώστε να μην αλλάξουμε το κλίμα; M:ανανεώσιμες πηγές ενέργειας E:δεν πρέπει να στηριχθούμε στις μη ανανεώσιμες πηγές, αλλά στις ανανεώσιμες που δεν μολύνουν το περιβάλλον και δεν δημιουργούν πρόβλημα στον υδρολογικό κύκλο.</p> <p>E:ο ένας λόγος είναι το κλίμα. Ο άλλος είναι η κακή διαχείριση. E:εσύ τι είπες πριν; M:λόγω της αύξησης της χρήσης και του φαινομένου του θερμοκηπίου E:τι εννοείς με την αύξηση της χρήσης; M:ο πληθυσμός αυξάνεται. E:αυξάνεται ο πληθυσμός, άρα αυξάνεται και η απαίτηση σε νερό. Αυξάνεται όμως η ποσότητα του νερού που υπάρχει στη φύση; τι νομίζεται; M:παραμένει σταθερή. E:μέσα στο βίντεο τι είπες; Και αυξάνεται ο πληθυσμός και ο άνθρωπος χρησιμοποιεί 2 φορές περισσότερο νερό.</p> <p>E:να συνοψίσουμε; Πρώτον, κλιματική αλλαγή. Δεύτερον, αλόγιστη χρήση. Τρίτον, αύξηση πληθυσμού. Δεν είναι 3 ισχυροί λόγοι για την λειψυδρία;</p> <p>E:ξερεί κανένας από εσάς να μου πει, τι ονομάζουμε λειψυδρία τώρα; M1:η έλλειψη νερού. E:αν σας πω ότι η έλλειψη νερού είναι η μη ύπαρξη νερού, συμφωνείτε; M:όχι. E:αν σας πω ότι η έλλειψη νερού είναι το λίγο νερό, συμφωνείτε; M:όχι. E:αν σας πω ότι είναι το νερό που έχουμε, είτε είναι λίγο είτε πολύ, να μη φτάνει για τις ανάγκες του πληθυσμού μιας περιοχής, συμφωνείτε; M:ναι. E:άρα εκεί θα μείνουμε; συμφωνούμε όλοι; M:ναι. E:επομένως πηγαίνουμε στον ορισμό που μας είπε και ο επιστήμονας στο βίντεο.</p> <p>E:πως οι αρχαίοι Έλληνες έλυσαν το πρόβλημα της λειψυδρίας; M:έστειλαν ένα μέρος του πληθυσμού και έκαναν τις αποικίες. E:λέτε σήμερα να συμβαίνει κάτι αντίστοιχο; M:με τις μεταναστεύσεις που γίνονται. E:που υπάρχει το λιγότερο νερό; M:στην Αφρική, E:οπότε βλέπετε στα επόμενα χρόνια ένα μεγάλο κύμα ανθρώπων να μεταναστεύει σε περιοχές όπου υπάρχει περισσότερο νερό; M:ναι.</p> <p>E:λοιπόν, να καταλήξουμε κάπου. Υπάρχει η φυσική λειψυδρία και η οικονομική λειψυδρία. Στην πρώτη, σε ένα μέρος δεν υπάρχει <u>τόσο νερό ώστε να καλύπτει τις ανάγκες των πολιτών</u>. Όταν λέμε οικονομική λειψυδρία εννοούμε ότι σε ένα μέρος υπάρχει νερό, αλλά στο κράτος αυτό δεν υπάρχουν οι κατάλληλες υποδομές ώστε αυτό το νερό να μοιραστεί σε όλο τον πληθυσμό. Πχ. Εδώ δημιουργούμε φράγματα, αρδευτικά έργα E:ξέρετε από που παίρνει νερό η Αθήνα; Από τη λίμνη του Μαραθώνα.</p> <p>M1:εξοικονόμηση νερού και σωστή κατανομή M2:ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, όχι το πετρέλαιο που δημιουργεί πρόβλημα στον κύκλο</p>
--	--	--	--



				<p>M3:εξοικονόμηση της χρήσης και μείωση της ρύπανσης</p> <p>E:ποιος είναι ο τρόπος να μειώσουμε τη ρύπανση. Ο ένας είναι να μην πετάμε σκουπίδια μας είτε η Μ.</p> <p>M:να ανακυκλώνουμε</p> <p>E:όταν ανακυκλώνουμε περιορίζεται και η ρύπανση;</p> <p>M1:ε ναι, γιατί δεν πετάμε σκουπίδια</p> <p>M2:πρέπει να ελέγχουμε βιομηχανίες τι ρίχνουν στο νερό</p> <p>M3:βιολογικά φάρμακα</p> <p>E:αυτά καταλήγουν και στα υπόγεια νερά.</p>
			<p>Ρύπανση και μόλυνση</p>	<p>E:ίδιο πράγμα είναι η ρύπανση και η μόλυνση;</p> <p>M:η ρύπανση έχει να κάνει με τους ρύπους ενώ η μόλυνση έχει να κάνει με ασθένειες.</p> <p>E:δηλαδή με ιούς;</p> <p>M:ναι</p> <p>E:είναι διαφορετικά πράγματα, η μόλυνση έχει να κάνει με αρρώστιες είναι χειρότερο.</p>
			<p>Σύνοψη φάσης</p>	<p>E:το νερό ενώ φαινομενικά δείχνει να είναι άφθονο, τελικά ένα πάρα πολύ μικρό μέρος του είναι εκμεταλλεύσιμο.</p> <p>M1:αφού το νερό είναι σταθερό γιατί υπάρχει έλλειψη;</p> <p>M2:ένα μέρος του μένει στον οργανισμό μας.</p> <p>E:συμφωνείς;</p> <p>M1:όχι, το βγάζουμε.</p> <p>M3:το νερό παραμένει μολυσμένο πάνω στη Γη, μειώνονται οι βροχές και δεν μπορεί να ανανεωθεί.</p> <p>E:ο κύκλος του νερού έχει αλλοιωθεί. Δεν λειτουργεί όπως λειτουργούσε παλιά.</p> <p>M4:χρησιμοποιούμε δυτλάσια απ'ότι παλιά.</p> <p>E:είναι οι 3 λόγοι που είπαμε πριν</p> <p><b>Συμμετοχή παιδιών: όλα τα παιδιά συμμετείχαν, έκαναν ερωτήσεις και έθεσαν διάφορες απορίες.</b></p>

## 2<sup>η</sup> Διδασκαλία - Σύνολο μαθητών: 16 / 20

**Πίνακας 2: Φύλλο παρατήρησης από τον εξωτερικό παρατηρητή.**

Α. ΦΑΣΗ/ ΠΕΡΙΕΧΟ- ΜΕΝΟ	Β. ΣΤΟΧΟΣ	Γ.ΔΙΔ. ΜΕΘΟΔΟΣ/ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ	Δ. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ Τι κάνει ο Εκπαιδευ- τικός και τι οι μαθη- τές	Ε.ΤΕΚΜΗΡΙΑ Των προηγούμενων
<p>3. Εφαρμογή της νέας γνώσης: Α. Μορφές και καταστάσεις του νερού</p>	<p>Να διακρίνουν τις διάφορες μορφές που έχει το νερό στη φύση και να τις συσχετίζουν με την αντίστοιχη φυσική κατάσταση.</p>	<p>Εξοικείωση και προβληματισμός με το θέμα και τα μέρη της 2<sup>ης</sup> ενότητας Πρόκληση συζήτησης για τις διάφορες μορφές νερού στη φύση. Συμπλήρωση άσκησης 1 του Φ.Ε. 2 ομαδικά (αντιστοίχισης μορφών νερού με φυσικές καταστάσεις). Ανακοίνωση αποτελεσμάτων στην ολομέλεια συζήτηση και σύνοψη από τον ερευνητή.</p>	<p><b>Διάρκεια Φάσης: 25'</b> Σύνοψη το τι είχαν πει την προηγούμενη φορά</p> <p>Εισαγωγή για το τι θα περιλαμβάνει το μάθημα</p> <p>Συζήτηση για τις μορφές και τις καταστάσεις νερού</p> <p>Συμπλήρωση άσκησης 2.1</p> <p>Εξήγηση του λυμένου παραδείγματος της άσκησης για το « από τι αποτελείται ένα σύννεφο »</p> <p>Απορία για τους παγοκρυστάλλους</p> <p>Υγροποίηση στα σύννεφα</p>	<p>E: Θα μιλήσουμε για τις μορφές και τις καταστάσεις του νερού. Το μάθημα θα το χωρίσουμε σε τέσσερις ενότητες. Πρώτη ενότητα: Μορφές και καταστάσεις του νερού. Δεύτερη ενότητα: Τα επιστημονικά μοντέλα. Για ποιον λόγο; Γιατί στην τρίτη ενότητα θα μελετήσουμε ένα σωματιδιακό μοντέλο, αυτό του νερού. Και κατόπιν στην τελευταία ενότητα θα μιλήσουμε για τη σχέση μεταξύ φυσικής κατάστασης και θερμοκρασίας.</p> <p>E: Πείτε μου μια μορφή νερού που ξέρετε. M1: υπάρχουν πολλές μορφές νερού πάνω στη Γη, σε μορφή παγετώνων, ακόμη και κάτω στο έδαφος υπάρχει. E: αυτές είναι ορατές όλες; M1: όχι, δεν είναι. E: πώς τις αντιλαμβάνομαστε; M1: με γεωτρήσεις που κάνουμε. M2: Ή με την μορφή υδρατμών. E: τους υδρατμούς τους βλέπεις; M2: όχι E: άρα πώς τους αντιλαμβάνεσαι; M2: αν υγροποιηθούν. E: άρα υπάρχουν μορφές νερού που είναι μη ορατές και τις αντιλαμβάνομαστε από τα αποτελέσματά τους.</p> <p>E: βλέπετε το παράδειγμα που σας έχω κάνει με το σύννεφο. Τι περιέχει ένα σύννεφο; Σας έχω γράψει, σταγονίδια νερού, παγοκρυστάλλοι, υδρατμοί. Μπορεί ένα σύννεφο να περιέχει ένα από αυτά, μπορεί να περιέχει δύο από αυτά, μπορεί και τα τρία. Αν υπάρχουν και τα τρία από αυτά σε ένα σύννεφο, τότε γράφω στο διπλανό κουτάκι ότι συνυπάρχουν οι καταστάσεις, στερεή, υγρή και αέρια. Εδώ ένας συμμαθητής σας είχε μια απορία. M: είπα πως γίνεται σε ένα σύννεφο να υπάρχουν παγοκρυστάλλοι. E: θέλει κάποιος να απαντήσει στο M, ή να απαντήσω εγώ; M1: μόνο χαλάζι μπορεί να έχει. M2: το χαλάζι, παγοκρυστάλλοι δεν είναι; E: λουπόν, εσύ τι θεωρείς ότι υπάρχει σε ένα σύννεφο, M; M: μπορεί να υπάρχει η υγρή μορφή που είναι η βροχή και η στερεή μορφή που είναι χαλάζι ή χιόνι. Όχι παγοκρυστάλλοι. M3: Εγώ πιστεύω έχει υδρατμούς και ανάλογα με τον καιρό αλλάζουν. E: λουπόν θέλει κανένας άλλος να μιλήσει; Σε ένα σύννεφο υπάρχουν υδρατμοί, και αναλόγως με το πόσο χαμηλές είναι οι θερμοκρασίες μπορεί οι υδρατμοί να γίνουν σταγονίδια νερού ή παγοκρυστάλλοι. Εσύ M δεν είπες σε προηγούμενο μάθημα ότι στα σύννεφα συμβαίνει το φαινόμενο της υγροποίησης; Και κάποια στιγμή αυτά βαραίνουν και πέφτουνε;</p>

			<p>Φ.Κ. του χιονιού</p> <p>Διευκρίνιση για τα υπόγεια νερά.</p> <p>Κατάσταση των υδρατμών</p> <p>Ομίχλη</p>	<p>M: ναι. E: εκεί συμβαίνει το φαινόμενο της υγροποίησης, γίνονται οι υδρατμοί σταγονίδια νερού. Αν το σύννεφο βρίσκεται σε θερμοκρασία κάτω του μηδέν αυτά τα μικροσταγονίδια γίνονται παγοκρύσταλλοι. Τα οποία μπορεί να ενωθούν μεταξύ τους και να σχηματίσουν το χιόνι. Τη χιονονιφάδα, η οποία αποτελείται από παγοκρυστάλλους.</p> <p>E: με βάση αυτά που είπαμε, το χιόνι, σε ποια φυσική κατάσταση βρίσκεται; M1: υγρή και στερεή; M2: στερεή E: εσύ τι λες; M3: στερεή M4: στερεή E: εσείς που γράψατε στερεή και υγρή πως το δικαιολογείτε; M1: στο σύννεφο υπάρχει θερμοκρασία από μηδέν έως 4. E: ναι, αλλά εδώ στη φωτογραφία βλέπουμε μόνο χιόνι. Οπότε εντάξει;</p> <p>E: πάμε στη θάλασσα. M1: υγρή M2: υγρή</p> <p>E: στα υπόγεια νερά; M1: υγρή M2: υγρή και αέρια E: γιατί είπατε υγρή και αέρια; Πώς το δικαιολογείτε; M2: ίσως σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες το νερό κάτω από τη Γη μπορεί να βρίσκεται σε αέρια κατάσταση. E: τα υπόγεια νερά, που είναι σε θερμοκρασίες από μηδέν έως εκατό, τότε το νερό είναι στην υγρή μορφή. Τώρα αν μιλάμε για θερμές πηγές, τότε μπορεί να είναι και σε αέρια μορφή, όπως λένε τα παιδιά, οπότε μπορούμε να το συμπληρώσουμε και αυτό.</p> <p>E: πάμε στους υδρατμούς. M1: αέρια M2: υγρή και αέρια M3: αέρια E: γιατί δεν μπορεί να είναι στην υγρή (Φ.Κ.); M3: γιατί δε θα λέγαμε υδρατμοί αλλά νερό. E: ναι M3 αλλά αυτοί (ομάδα M2) επειδή βλέπουν το αποτέλεσμα δηλαδή το γυαλί να δακρύζει θεωρούν ότι είναι μικροσταγονίδια αυτά όμως προκύπτουν από την υγροποίηση των υδρατμών. Τους αόρατους υδρατμούς τους καταλαβαίνουμε από τα αποτελέσματά τους. Που οφείλεται αυτό το δάκρυσμα; Στους υδρατμούς που υγροποιούνται.</p> <p>M: κύριε η ομίχλη; E: η ομίχλη είναι ένα φαινόμενο στο οποίο οι υδρατμοί έχουν υγροποιηθεί και έχουν γίνει μικροσταγονίδια νερού, γι' αυτό τους βλέπουμε. Το χειμώνα, όταν μιλάμε βλέπουμε τα χνώτα μας; M: ναι E: τα χνώτα μας τι είναι; Είναι μικροσταγονίδια. Οι υδρατμοί έχουν υποστεί το φαινόμενο της υγροποίησης.</p> <p><b>Συμμετοχή παιδιών: Σχεδόν τα περισσότερα παιδιά μιλήσαν από μία φορά, και συμμετείχαν ενεργά στις συζητήσεις των ομάδων τους για την επίλυση των ασκήσεων του φύλλου εργασίας. Η συνολική συζήτηση έγινε κυρίως με τους εκπροσώπους των ομάδων που έδιναν τις απαντήσεις που είχαν συζητήσει από πριν.</b></p>
4.3. Εφαρμογή της νέας	Να κατανοούν την ανάγκη στις	Προβληματισμός πάνω σε επιστημονικά	<b>Διάρκεια φάσης: 20'</b>	

<p>γνώσης; B. Τα επιστημονικά μοντέλα (ορισμός, σκοπός)</p>	<p>Φ.Ε. αναπαράστασης του μικρόκοσμου και του μακρόκοσμου με μοντέλα</p>	<p>μοντέλα και στον σκοπό που εξυπηρετούν, συμπλήρωση άσκηση 2 του Φ.Ε.2 . Συζήτηση αποτελεσμάτων και εξαγωγή συμπερασμάτων. Σύνοψη από τον ερευνητή.</p>	<p>Εισαγωγή στα επιστημονικά μοντέλα</p> <p>Σε τι μας βοηθάνε τα μοντέλα</p> <p>Συμπλήρωση άσκησης 2.2</p> <p>Συζήτηση γύρω από το γαϊόραμα</p>	<p>E: Θα ήθελα να μου πείτε τα επιστημονικά μοντέλα που έχετε κάνει στο μάθημα της φυσικής, της χημείας, της βιολογίας. Ή γενικά επιστημονικά μοντέλα που έχετε ακούσει από άλλες πηγές. M1: το μοντέλο του DNA. E: τι έχεις στο μυαλό σου , για πες στα παιδιά. Σε μορφή σχεδίου, ζωγραφιάς, κατασκευής; M1: σχέδιο E: άλλος M2: τα μόρια που αναπαριστώνται από σφαιρίδια E: τα σφαιρίδια αυτά τι είναι; M2: αντιστοιχεί σε ένα μόριο. E: στα άτομα ενός στοιχείου. (επίδειξη της κατασκευής που υπάρχει στο εργαστήριο) Άλλο; M3: το ανθρώπινο σώμα. E: το πρόπλασμα του ανθρώπινου σώματος που κάνατε στη βιολογία. Ποιος ο σκοπός αυτού του μοντέλου; M3: να μάθουμε το ανθρώπινο σώμα, γενικά η ανατομία του ανθρώπου. E: άλλο; M4: αυτό που δείχνει τις θέσεις των πλανητών E: το πλανητικό μοντέλο. M5: το μοντέλο του ατόμου που δείχνει τα ηλεκτρόνια</p> <p>E: πώς βοηθάει ένα τέτοιο μοντέλο και το χρησιμοποιούμε στις φυσικές επιστήμες; Σε τι μας βοηθάει; M1: να καταλάβουμε καλύτερα κάποιες λειτουργίες M2: να έχουμε μια εικόνα γι' αυτό που μιλάμε</p> <p>E: στην πρώτη εικόνα παρατηρείτε μια αναπαράσταση ή ένα ακριβές αντίγραφο; M1: αναπαράσταση M2: αναπαράσταση M3: ακριβές αντίγραφο M4: αναπαράσταση E: οι πιο πολλές ομάδες συμφωνούν ότι παρατηρούν μια αναπαράσταση. Καταλαβαίνετε ότι μιλάμε για μία αναπαράσταση; Για ποιον σκοπό δημιουργήθηκε; M1: μας βοηθάει να καταλάβουμε την κίνηση της Γης και της σελήνης γύρω από τον Ήλιο. M2: για να καταλάβουμε την περιστροφή της Γης γύρω από τον Ήλιο. E: παρατηρήστε λίγο τον ήλιο. Μέσα στον ήλιο υπάρχει μία λάμπα. Το οποίο φως κατευθύνεται προς το σύστημα γης-σελήνης. Έτσι όπως κατευθύνεται το φως, μήπως θέλει να μας δείξει κάτι ο κατασκευαστής; Κάτι πιο συγκεκριμένο εκτός από τις κινήσεις. M: όταν ευθυγραμμίζονται το φως πέφτει πάνω στη σελήνη και δε φτάνει στη Γη. E: δηλαδή; M: την ηλιακή έκλειψη. E: τι άλλο θέλει να δείξει. Τις φάσεις της σελήνης. Τι άλλο θα μπορούσε να μας δείξει; M: τη διάρκεια της μέρας; E: μπράβο. Το φαινόμενο μέρας – νύχτας. Τι ονομασία δώσατε στο πρώτο μοντέλο; M1: σεληνιακό; M2: ηλιακό M3: ηλιακό E: τώρα μετά από αυτά που είπαμε, μπορείτε να δώσετε άλλες ονομασίες; M1: μοντέλο μέρας – νύχτας</p>
---	--	---	---	--

			<p>Αποσαφήνιση για το τι είναι ακριβές αντίγραφο</p> <p>Μοντέλο των φάσεων της σελήνης</p> <p>Σύνοψη για το τι είναι μοντέλα</p>	<p>M2: μοντέλο έκλειψης</p> <p>E: πάμε τώρα στο δεύτερο. Καταρχήν συμφωνούμε ότι το πρώτο είναι μια κατασκευή; Αυτό τι είναι;</p> <p>M: ένα σχέδιο</p> <p>E: και τι βάλατε; Ακριβές αντίγραφο ή αναπαράσταση;</p> <p>M1: ακριβές αντίγραφο</p> <p>M2: ακριβές αντίγραφο</p> <p>M3: ακριβές αντίγραφο</p> <p>M4: ακριβές αντίγραφο</p> <p>E: λουπόν, για ακούστε λίγο. Για να τα ξεμπερδέψουμε αυτά. Ακριβές αντίγραφο για να έχουμε θα πρέπει να καθορίσουμε τα πάντα με ακρίβεια. Αυτό είναι μια αναπαράσταση. Δεν μπορούμε να τα έχουμε όλα σε αυτό το μοντέλο. Για ποιον σκοπό δημιουργήθηκε;</p> <p>M1: για να δείξει τις φάσεις της σελήνης.</p> <p>M2: τις φάσεις της σελήνης</p> <p>E: άρα εδώ ποια ονομασία δίνουμε</p> <p>M1: σεληνιακό μοντέλο</p> <p>M2: ο κύκλος της σελήνης</p> <p>M3: μοντέλο των φάσεων της σελήνης</p> <p>E: τι είναι μοντέλα; είναι οντότητες, μπορεί να είναι ένα σχέδιο, όπως αυτό, ένα σκίτσο, μπορεί να είναι μια κατασκευή, μπορεί να είναι μια προσομοίωση, μπορεί να είναι μια ζωγραφιά, μπορεί να είναι ένα λογισμικό στον Η/Υ και σκοπός του είναι να ερμηνεύει φαινόμενα και διαδικασίες, να προβλέπει φαινόμενα, για να προβλέψουμε τον καιρό για παράδειγμα.</p> <p><b>Συμμετοχή παιδιών: Σχεδόν τα μισά παιδιά συμμετείχαν στη συζήτηση, αφού η συγκεκριμένη φάση είχε σχεδιαστεί για τη συζήτηση στις ομάδες.</b></p>
Εφαρμογή της νέας γνώσης: Γ. Σωματιδιακό μοντέλο του νερού	Να αντιληφθούν ότι οι τρεις Φ.Κ. του νερού είναι θέμα κίνησης και απόστασης μορίων και όχι σύστασης.	Προβολή σωματιδιακού μοντέλου του νερού στις τρεις Φ.Κ. και συζήτηση πάνω σ' αυτό, εκτέλεση άσκησης 2 του Φ.Ε. 2 (κιναισθητικό μοντέλο των τριών Φ.Κ. του νερού). Συζήτηση για εξαγωγή συμπερασμάτων. Σύνοψη από τον ερευνητή	<p><b>Διάρκεια φάσης: 25'</b></p> <p>Προβολή του σωματιδιακού μοντέλου του νερού στις 3 φάσεις (στερεή, υγρή και αέρια) στον προτζέκτορα</p> <p>Σχηματική αναπαράσταση στον χώρο από τους μαθητές</p> <p>Σύνοψη ενότητας</p> <p>Απορία για τον όγκο σε στερεή και υγρή κατάσταση</p>	<p>E: κοιτάξτε λιγάκι. Τι νομίζετε ότι είναι αυτό;</p> <p>M1: τα μόρια του νερού σε διάφορες καταστάσεις του.</p> <p>E: αν ήθελες να συνδέσεις αυτό με τα προηγούμενα που κάναμε, τι ονομασία θα έδινες;</p> <p>M1: αναπαράσταση.</p> <p>E: μια αναπαράσταση.</p> <p>M2: αναπαράσταση μορίων του νερού</p> <p>E: τα μόρια και τα άτομα επειδή είναι πάρα πολύ μικρά, θυμάστε πως τα είχαμε ονομάσει; Σώματα ή σωματίδια;</p> <p>M: σωματίδια.</p> <p>E: για κοιτάξτε πως ονόμασα εγώ το συγκεκριμένο μοντέλο. Σωματιδιακό μοντέλο του νερού, στις τρεις φυσικές καταστάσεις.</p> <p>E: θα ήθελα να προσπαθήσετε να διαβάσετε τι λέει εδώ πάνω. Θέλω να δείτε το σχέδιο και ανά έξι άτομα να μου αναπαραστήσετε το σχέδιο στον χώρο.</p> <p>E: αυτό που κάναμε ξέρετε πως το ονομάζουμε;</p> <p>Κιναισθητικό μοντέλο, γιατί περιέχει την κίνηση και την αίσθηση. Αυτό το κάναμε για να δείξουμε ότι μεταξύ των μορίων υπάρχουν δυνάμεις που τα συγκρατούν.</p> <p>E: πάμε να συνοψίσουμε. Όσον αφορά το νερό. Στην στερεή κατάσταση ο όγκος του νερού είναι πιο μεγάλος ή πιο μικρός από την υγρή;</p> <p>M1: μεγαλύτερος. Εεε, μικρότερος</p> <p>M2: μεγαλύτερος στην στερεή. Γιατί στην στερεή τα μόρια είναι πιο μακριά αφού πιάνουν συγκεκριμένες θέσεις.</p> <p>E: λουπόν, τώρα M1 κατάλαβες που είναι μεγαλύτερος ο όγκος του νερού. Σε ποια κατάσταση;</p>

			Εφαρμογή του φαινομένου	<p>M1: στην στερεή. Εεεε, στην υγρή. Μπερδεύτηκα κύριε.  E: πότε πιάνετε εσείς μεγαλύτερο όγκο. Όταν ήσασταν εξάγωνο, ή όταν γλιστρούσατε ο ένας πάνω στον άλλο;  M1: στο εξάγωνο.  E: εξάγωνο η στερεή κατάσταση δεν ήταν;  M1: ναι</p> <p>E: που βρίσκουν αυτά εφαρμογές. Ότι δηλαδή ο όγκος του μεγαλώνει. Κάπου που κάνει καλό και κάπου κακό.  M1: όταν το νερό παγώνει σκάνε οι σωλήνες (ύδρευσης)  M2: γι' αυτό αφήνουμε τις βρύσες να τρέχουν το χειμώνα.  E: αυτό όμως δεν είναι καλό. Το καλύτερο είναι να τις αδειάζουμε.  Άλλος μια εφαρμογή;  M3: νομίζω στις λίμνες.  E: ο πάγος τον χειμώνα δημιουργείται στην επιφάνεια. Κι έτσι διατηρείται η ζωή στις λίμνες.</p> <p><b>Συμμετοχή παιδιών: όλα τα παιδιά συμμετείχαν, είτε σηκώνοντας χέρι στα ερωτήματα του εκπαιδευτικού – ερευνητή, είτε συμμετέχοντας στη κινητική δραστηριότητα που είχε σχεδιαστεί γι' αυτή τη φάση της διδασκαλίας.</b></p>
Εφαρμογή της νέας γνώσης: Δ. Σχέση Φ.Κ. του νερού και θερμοκρασίας.	Να διερευνούν την εξάρτηση των Φ.Κ. του νερού από την θερμοκρασία.	Προβολή κ' επίδειξη της εφαρμογής συσχέτισης της Φ.Κ. με την θερμοκρασία, προτροπή διάδρασης προς τους μαθητές, εστίασης στις περιοχές σταθεροποίησης της θερμοκρασίας (αλλαγές φάσης του νερού), προσπάθεια σύνδεσης με τις κινήσεις των μορίων του νερού. Συμπλήρωση άσκησης 4 του Φ.Ε. 2. Ανακοίνωση των αποτελεσμάτων στην ολομέλεια και συζήτηση. Σύνοψη συμπερασμάτων από τον ερευνητή.	<p><b>Διάρκεια φάσης: 20'</b></p> <p>Θερμοκρασία και φυσική κατάσταση νερού</p> <p>Περιγραφή της εφαρμογής και οδηγίες χρήσης της</p> <p>Συμπλήρωση της άσκησης 2.4</p> <p>Εφαρμογή και εξάχωση</p>	<p>E:θα μιλήσουμε για τη σχέση θερμοκρασίας και φυσικής κατάστασης του νερού. Θα σας δείξω μια εφαρμογή στον Η/Υ, θα διαδράσετε και θα προσπαθήσετε να καταλάβετε αυτή τη σχέση.</p> <p>E: θα δείτε αυτή την εφαρμογή. Κάτω υπάρχει ένα κουμπί έναρξη. Κι έχουμε ένα διάγραμμα θερμοκρασίας – θερμότητας. Αυτή τη στιγμή η θερμοκρασία είναι στους -30C. Εδώ υπάρχει ένα θερμόμετρο. Εδώ πάνω αν πατήσουμε ένα κλικ, μας δείχνει τον μικρόκοσμο. Επομένως πατάω έναρξη και θέλω να εστιάσετε τις περιοχές όπου η θερμοκρασία παραμένει σταθερή. Πατάω στον μικρόκοσμο και συνυπάρχουν ποιες καταστάσεις.</p> <p>E: Με τη βοήθεια και της εφαρμογής του φωτόδεντρου προσπαθήστε να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα που αναφέρεται στο νερό σε ατμοσφαιρική πίεση όπως το παράδειγμα. (όπου δεν προκύπτει αλλαγή κατάστασης ή συνύπαρξη καταστάσεων στην τελική θερμοκρασία βάλτε παύλα). Και πάμε στο πρώτο παράδειγμα. Έχουμε την αλλαγή κατάστασης από υγρή σε αέρια και συνύπαρξη υγρής και αέριας κατάστασης. Το παρακολουθήσατε αυτό στην εφαρμογή πιστεύω έ;  M: ναι.  E: από τους -20 στους +30 βαθμούς  M: αλλαγή κατάστασης από στερεή στην υγρή  E: και συνύπαρξη καταστάσεων  M: μόνο υγρή  E: μπορείς να βάλεις παύλα. Όπου δεν προκύπτει αλλαγή κατάστασης ή δεν υπάρχει συνύπαρξη βάζετε παύλα. Συμφωνούμε όλοι με την M;  MMMM: Ναι.  E: πάμε στο δεύτερο.  M1: από στερεή σε αέρια  M2: από στερεή σε υγρή και μετά σε αέρια.  M3: από στερεή σε αέρια.  E: και συνύπαρξη καταστάσεων;  M3: δεν υπάρχει  E: οπότε παύλα</p> <p>E: λοιπόν παιδιά, σύμφωνα με την εφαρμογή που έχετε μπροστά σας, θα πρέπει το νερό να περάσει από στερεή κατάσταση να πάει στην υγρή, και μετά στην αέρια. Στη φύση όμως υπάρχει και το φαινόμενο</p>

			<p>Συνύπαρξη καταστάσεων του νερού</p> <p>Φαινόμενα που συμβαίνουν στην αλλαγή των καταστάσεων του νερού</p> <p>Σύνοψη όλου του μαθήματος</p>	<p>που λέτε εσείς. Ποιο;  M: της εξάχνωσης.  E: κατά το οποίο μετατρέπεται η στερεή μορφή του νερού, απευθείας σε αέρια. Αλλά στην εφαρμογή βλέπουμε ότι το νερό περνάει στην υγρή μορφή. Οπότε το σωστό είναι ότι το νερό από τη στερεή περνάει στην υγρή κατάσταση και έπειτα στην αέρια.</p> <p>E: μπορείτε να μου εξηγήσετε σύντομα σε ποιες θερμοκρασίες υπάρχει συνύπαρξη καταστάσεων;  M1: στους μηδέν και στους 100 βαθμούς  E: ποιες καταστάσεις συνυπάρχουν στους μηδέν βαθμούς;  M1: η υγρή και η στερεή  E: στους εκατό;  M2: αέρια και υγρή  E: η θερμοκρασία τι κάνει όταν συνυπάρχουν καταστάσεις;  M3: παραμένει σταθερή  E: όταν συνυπάρχει η στερεή και η υγρή, ποια είναι η θερμοκρασία που παραμένει σταθερή;  M4: μηδέν βαθμοί.  E: όταν συνυπάρχει η αέρια και η υγρή ποια είναι η θερμοκρασία στην οποία συμβαίνει αυτό;  M5: εκατό  E: το καταλάβαμε όλοι;  MMM: ναι.</p> <p>E: ποιος θα μου πει τα φαινόμενα πως λέγονται; Στους μηδέν βαθμούς κελσίου.  M1: τήξη  E: και;  M1: πήξη  E: και στους εκατό βαθμούς έχουμε το φαινόμενο της εξαέρωσης (βρασμός).</p> <p>E: σήμερα είπαμε μορφές νερού, ορατές και μη ορατές. Το νερό στις τρεις καταστάσεις. Είπαμε για τα μοντέλα και τον σκοπό τους. Είδαμε το σωματιδιακό μοντέλο του νερού και το αναπαρήγαγαμε. Και τέλος μιλήσαμε για τη σχέση θερμοκρασίας και φυσικής κατάστασης με εστίαση κυρίως εκεί όπου η θερμοκρασία παραμένει σταθερή, δηλαδή στους μηδέν και στους εκατό βαθμούς όπου υπάρχει και συνύπαρξη καταστάσεων.</p> <p><b>Συμμετοχή παιδιών: τα περισσότερα παιδιά συμμετείχαν σε αυτή τη φάση σηκώνοντας χέρι, καθώς και όλα συμμετείχαν στη δραστητική εφαρμογή για την επίλυση της άσκησης του φύλλου εργασίας</b></p>
--	--	--	---	--

### 3<sup>η</sup> Διδασκαλία – Σύνολο μαθητών : 18 / 20

Πίνακας 3: Φύλλο παρατήρησης από τον εξωτερικό παρατηρητή.

Α. ΦΑΣΗ/ ΠΕΡΙΕΧΟ- ΜΕΝΟ	Β. ΣΤΟΧΟΣ	Γ.ΔΙΔ. ΜΕΘΟΔΟΣ/ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ	Δ. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ Τι κάνει ο Εκπαιδευ- τικός και τι οι μαθη- τές	Ε.ΤΕΚΜΗΡΙΑ Των προηγούμενων
<p>Εφαρμογή της νέας γνώσης: Τα 7 βασικά φαινόμενα του νερού στη φύση(εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση, απορροή, διήθηση, εκφόρτιση, διαπνοή).</p>	<p>Η αναγνώριση και περιγραφή των 7 βασικών φαινομένων που σχετίζονται με τον ΚτΝ.</p>	<p>Συζήτηση για την έννοια φαινόμενα του νερού, επίδειξη και προτροπή για διάδραση με τις εφαρμογές για τα 5 πρώτα φαινόμενα, επίδειξη εικόνας<sup>1,2</sup> για τα φαινόμενα της διαπνοής, εκφόρτισης, συμπύκνωσης 1 Φ.Ε.3.</p>	<p><b>Διάρκεια: 50'</b></p> <p>Εισαγωγή για το πως θα είναι το σημερινό μάθημα</p> <p>Αναφορά ότι διδάσκονται ένα μέρος από αυτό που συμβαίνει στη φύση</p> <p>Αναφορά στα φαινόμενα του νερού που συμβαίνουν στη φύση</p> <p>Αποσαφήνιση του όρου φαινόμενο</p> <p>Φυσικές και χημικές μεταβολές</p>	<p>Ε: Είναι πολύ σημαντικό το σημερινό μάθημα γιατί αναφέρεται στα φαινόμενα του νερού στη φύση. Επομένως θα χωρίσουμε την σημερινή ενότητα σε 4 μέρη. Στο πρώτο μέρος θα προσπαθήσουμε όλοι να αναγνωρίσουμε και να περιγράψουμε τα 7 βασικά φαινόμενα του νερού στη φύση. Για την εξάτμιση, για τη συμπύκνωση, για την κατακρήμνιση, για την απορροή, για την διήθηση, για την εκφόρτιση και για την διαπνοή. Τα φαινόμενα του νερού στη φύση, σύμφωνα με τη γεωλογική υπηρεσία των ΗΠΑ είναι 16. Εμείς τα συμπυκνώσαμε σε 7. Στη δεύτερη ενότητα θα διερευνήσουμε το φαινόμενο της διαπνοής μέσα από μια εικόνα και μέσα από ένα πείραμα. Το πείραμα επειδή θέλει χρόνο να γίνει, θα κάνετε εσείς την πρόβλεψη και το πείραμα στο σπίτι. Στην τρίτη ενότητα θα σας κάνω ένα πείραμα επιβεβαιωτικό κι εσείς κάθε φορά που θα κάνω κάτι στη διάρκεια του πειράματος, θα κάνετε τις προβλέψεις σας για το τι θα συμβεί μετά. Αυτό το πείραμα αναφέρεται στα φαινόμενα της εξάτμισης, της συμπύκνωσης, στην κατακρήμνιση και επίσης στον αυτό-καθαρισμό του νερού. Το τελευταίο είναι σχετιζόμενη γνώση και δεν είναι ένα από τα επτά φαινόμενα που εξετάζουμε σήμερα. Και η τελευταία ενότητα αναφέρεται στη διερεύνηση της απορροής, της διήθησης και της εκφόρτισης. Μέσα από μια δραστηριότητα, που επειδή θέλει και αυτή χρόνο, θα εκτελέσετε εσείς στο σπίτι αφού πρώτα κάνετε τις προβλέψεις σας σύμφωνα με τις οδηγίες της άσκησης.</p> <p>Ε: Πάμε στην πρώτη ενότητα που θα έχουμε την περιγραφή και τη διερεύνηση των επτά φαινομένων του κύκλου του νερού. Μπορεί κάποιος να μου πει με τη λέξη φαινόμενο τι εννοούμε; Ή φυσικά φαινόμενα να το πούμε καλύτερα.</p> <p>M1: τις δράσεις που πραγματοποιούνται από το νερό στη φύση. M2: τις διαδικασίες M3: τις μεταβολές; Ε: φαινόμενο = μεταβολή. Συμφωνείς M4; M4: ναι, μεταβολή</p> <p>Ε: έχουμε και στη χημεία μεταβολές. Χημικές μεταβολές. Εδώ έχουμε φυσικές μεταβολές. Θυμάστε σε τι διαφέρουν;</p> <p>Ε: στις φυσικές μεταβολές, η σύσταση των σωμάτων δεν αλλάζει. Για πες μου μια φυσική μεταβολή. M1: η βροχή Ε: μία ακόμη M2: το χιόνι M3: το χαλάζι M4: ο βρασμός του νερού, γιατί πάλι νερό έχουμε Ε: να μείνω σε αυτά τα δύο που είπαν τα παιδιά; Βρασμό και βροχή. Που νομίζετε ότι οφείλονται αυτά; M1: θερμοκρασία M2: τα σύννεφα, τα οποία προκαλούν τα βροχή M3: το ύψωμα που βρίσκονται τα σύννεφα</p>



			<p>Σύνδεση βαρύτητας – πυκνότητας με τα φαινόμενα</p> <p>Προβολή εφαρμογής για τα φαινόμενα της εξάτμισης και της διαπνοής</p> <p>Εξάτμιση από το έδαφος</p> <p>Συζήτηση για το κάθε φαινόμενο της διαδραστικής εφαρμογής</p> <p>(Συμπύκνωση)</p> <p>(Κατακρήμνιση)</p>	<p>E: αν μιλήσουμε γι' αυτά τα φαινόμενα, χαλάζι – βροχή – χιόνι, θα υπήρχαν αν δεν υπήρχε η βαρύτητα; MMMM: Όχι E: άρα μπορούμε να πούμε ότι μερικά φυσικά φαινόμενα οφείλονται στη βαρύτητα; M: ναι E: σε κάποια άλλα φυσικά φαινόμενα όπως ο βρασμός, και η εξάτμιση έχουμε αλλαγή φυσικής κατάστασης; MMMM: ναι E: στον βρασμό, οι υδρατμοί γιατί πηγαίνουν προς τα πάνω; Λόγω βαρύτητας δεν έπρεπε να πάνε προς τα κάτω; M1: έχουν μικρότερη βαρύτητα M2: Το βάρος τους είναι μικρότερο από την ατμόσφαιρα M3: λόγω πυκνότητας, έχουν μικρότερη από τον αέρα E: μάλιστα και άρα ανεβαίνουν προς τα πάνω</p> <p>E: για μπειτε σε αυτή την εφαρμογή που υπάρχει στην επιφάνεια εργασίας. Τι μας δείχνει εδώ; Δύο φαινόμενα. Και την εξάτμιση και τη διαπνοή. Εγώ θέλω να εστιάσετε στην εξάτμιση. M: και στις δύο περιπτώσεις το νερό εξατμίζεται, γίνεται υδρατμοί, από τα φυτά στη διαπνοή και από το νερό των ποταμών, θαλασσών και λιμνών E: μάλλον ο M λέει να βάλουμε αυτά τα 2 φαινόμενα μαζί, γιατί μάλλον μας μιλάει για το φαινόμενο της εξάτμισης. Από τη μία λέει έχουμε εξάτμιση από το νερό των λιμνών και των θαλασσών και από την άλλη έχουμε εξάτμιση από τα φυτά. Να συμπληρώσω και κάτι άλλο. Έχουμε εξάτμιση μόνο από το νερό που βλέπουμε , ή και από κάπου αλλού; M: στο χώμα E: με ποια μορφή; M: υγρασίας; E: σωστά</p> <p>E: πάμε να δούμε διαδοχικά τα φαινόμενα. Συζητήσαμε την εξάτμιση και πάμε στη συμπύκνωση. Για πες τε λιγάκι, τι θα λέγαμε για τη συμπύκνωση. M1: υγροποίηση υδρατμών M2: υγροποίηση του νερού M3: οι υδρατμοί παίρνουν τη μορφή από τα σύννεφα M4: είναι η κατάσταση από την οποία το νερό μετατρέπεται από την αέρια μορφή στην υγρή E: πάμε στην κατακρήμνιση. Ποιος θέλει να μου πει; M1: είναι η διαδικασία με την οποία το νερό πέφτει στη Γη με την μορφή κατακρημισμάτων, δηλαδή βροχής , χιονιού κτλ E: άλλος κάτι; Συμφωνείτε όλοι με αυτό; MMM: ναι E: εδώ βλέπετε τη λέξη κατακρημνίσματα ενώ εγώ σας έχω βάλει τη λέξη κατακρήμνιση στο φύλλο εργασίας. Και συνδέσατε αυτές τις δύο λέξεις. Θέλετε να διευκρινίσουμε κάτι με τα βέλη εδώ; Για δείτε λίγο εδώ πως πέφτει το νερό. Συμφωνείτε με αυτό ή όχι; (η εφαρμογή έδειχνε με πλάγια βέλη να πέφτει το νερό μόνο στη στεριά) M: κάποιο μέρος θα πρέπει να πέφτει και στη θάλασσα. E: και μάλιστα το μεγαλύτερο ή το μικρότερο; M: το μεγαλύτερο E: βλέπετε πώς το μεγαλύτερο μέρος το κατακρημισμάτων πέφτει στη θάλασσα. Η βιβλιογραφία λέει πως το 90% πέφτει στη θάλασσα και μόνο στο 10% μεταφέρονται τα σύννεφα πάνω από τη στεριά M: φταίει το ότι το μεγαλύτερο μέρος της Γης είναι θάλασσα και όχι στεριά E: και το φαινόμενο της εξάτμισης παρατηρείτε που; M: στη θάλασσα E: ποια είναι τα κατακρημνίσματα;</p>
--	--	--	---	---

				<p>M: η βροχή, το χιόνι, το χαλάζι E: πέφτουν στη στεριά. Πότε δημιουργείται βροχή, πότε χιόνι, πότε χιονόνερο, πότε χαλάζι M: όταν η θερμοκρασία μικραίνει, το σύννεφο βαραίνει και δημιουργείται η βροχή</p> <p>E: ποιος θα μου περιγράψει την απορροή σύμφωνα με την εφαρμογή; M1: η πορεία του νερού που προέρχεται από ένα βουνό και καταλήγει στη θάλασσα E: η πορεία του νερού που; M1: στην επιφάνεια της Γης</p> <p>E: για κοιτάξτε την εφαρμογή και την κατεύθυνση του νερού που δείχνουν τα βέλη. Πρώτη κατεύθυνση είναι αυτή και δεύτερη αυτή M1: τα υπόγεια νερά, ανεβαίνουν στην επιφάνεια και καταλήγουν στη θάλασσα M2: ένα μέρος του θα απορροφήσει, κι ένα μέρος του θα πάει στη θάλασσα</p> <p>E: εδώ βλέπουμε την απορρόφηση του νερού από το έδαφος. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται διήθηση ή κατείοδυση. Κατόπιν τι μας δείχνει; Τα διακεκομμένα βέλη μας δείχνουν το υπόγειο νερό που κατευθύνεται στις θάλασσες. Αυτό λέγεται υπόγεια απορροή. Έχουμε την επιφανειακή απορροή και την υπόγεια απορροή. Αυτό το υπόγειο νερό, τι κάνει; M: καταλήγει στις θάλασσες; E: και το άλλο; M: αναδύεται E: προς τα πάνω; Που να πάει δηλαδή; M2: θερμοπίδακες E: ή τι άλλο; Ή με τη μορφή πηγών. Ή να καταλήξει στους πυθμένες των λιμνών. Αυτό το φαινόμενο λέγεται εκφόρτιση.</p> <p>E: αυτή η νοητή γραμμή λέγεται υδροφόρος ορίζοντας, κάτι σαν την επιφάνεια του νερού στα συγκοινωνούντα δοχεία.</p> <p>E: (διαβάζει τον ορισμό της διαπνοής από την εικόνα 1) το νερό μεταφέρεται σε όλα τα μέρη του φυτού. Στα στόματα που βρίσκονται στην κάτω επιφάνεια του φύλλου αποβάλλεται το μεγαλύτερο ποσοστό νερού με τη μορφή υδρατμών. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται διαπνοή. Ποιος θα μου πει απλά και σύντομα, τι είναι η διαπνοή; M1: το νερό μεταφέρεται σε όλα τα μέρη του φυτού, το νερό φεύγει από τα στόματα που βρίσκονται κάτω από το φύλλο M2: η εξάτμιση του νερού από τα φυτά E: όχι από τα στόματα; M2: από τα στόματα E: που υπάρχουν που; M2: σε όλο το φύλλο E: και πάνω και κάτω M2: ναι M3: μόνο πάνω E: για κοιτάξτε, στόματα στο φυτό υπάρχουν παντού. Το μεγαλύτερο ποσοστό είναι στην κάτω επιφάνεια των φύλλα των φυτών.</p> <p>E: άρα μπορείτε να μου αναγνωρίσετε τα επτά βασικά φαινόμενα του κύκλου του νερού. Εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση, απορροή, εκφόρτιση, διαπνοή. Σας καλώ να κάνετε την άσκηση 1, του φύλλου εργασίας 3.</p>
		(Απορροή)		
		(Διήθηση) επίδειξη εφαρμογής		
		Υπόγεια απορροή και εκφόρτιση		
		Υδροφόρος ορίζοντας		
		(Διαπνοή)		
		Διευκρίνιση για τα στόματα		
		Μίνι σύνοψη και συμπλήρωση άσκησης 3.1		

			Μπέρδεμα με τη διήθηση	<p>E: 1. Αφού διαδράσετε με τις εφαρμογές 1-5 και παρατηρήσετε τις εικόνες 1 και 2 προσπαθήστε να συμπληρώσετε το παρακάτω ακτινικό διάγραμμα με κεντρικό θέμα φαινόμενα σε σχέση με το νερό στη φύση</p> <p>M1: Διαπνοή ονομάζουμε τη διαδικασία εξάτμισης του νερού από τα στόματα των φύλλων</p> <p>E: συμφωνείτε οι υπόλοιποι;</p> <p>MMMM: ναι</p> <p>E: πάμε στο επόμενο</p> <p>M2: Συμπύκνωση ονομάζουμε τη διαδικασία μετατροπής των υδρατμών σε νερό</p> <p>E: πάμε στην τρίτη ομάδα</p> <p>M3: Εξάτμιση ονομάζουμε τη διαδικασία με την οποία το νερό μετατρέπεται σε υδρατμούς μόνο από την επιφάνεια θαλασσών, λιμνών και ποταμών.</p> <p>E: πάμε στην επόμενη.</p> <p>M4: εκφόρτιση ονομάζουμε την διαδικασία απορρόφησης του νερού από το έδαφος, μέσα από μικρά και μεγάλα ανοίγματα του (πόρους, τρύπες, ρήγματα κτλ)</p> <p>E: M5 συμφωνείς με αυτή την άποψη;</p> <p>M5: ναι</p> <p>E: αυτό βάλτε κι εσείς. Εσείς</p> <p>M6: απορροή</p> <p>E: εδώ δεν τα πήγαμε πολύ καλά παιδιά. Ας το ξαναδιαβάσω: ποια διαδικασία ονομάζουμε την απορρόφηση του νερού από το έδαφος, μέσα από μικρά και μεγάλα ανοίγματα του (πόρους, τρύπες, ρήγματα κτλ)</p> <p>M4: διήθηση;</p> <p>E: ναι. Διήθηση ονομάζουμε την διαδικασία απορρόφησης του νερού από το έδαφος, μέσα από μικρά και μεγάλα ανοίγματα του (πόρους, τρύπες, ρήγματα κτλ). Στην εικόνα ήταν τα πολύ μικρά βελάκια. Πάμε στο επόμενο</p> <p>M4: Απορροή ονομάζουμε τη διαδικασία ροής του νερού από τα υψηλότερα μέρη στα χαμηλότερα λόγω της βαρύτητας πάνω και κάτω από την επιφάνεια της στεριάς</p> <p>E: γιατί λέει πάνω και κάτω παιδιά;</p> <p>M6: γιατί έχουμε την επιφανειακή απορροή και την υπόγεια.</p> <p>E: μπράβο. Πάμε και στο επόμενο.</p> <p>M7: Εκφόρτιση ονομάζουμε την απελευθέρωση του υπόγειου νερού προς τις θάλασσες τις λίμνες και τα ποτάμια καθώς και πάνω στην στεριά με τη μορφή πηγών, θερμοπιδάκων</p> <p>E: ωραία, συμφωνούμε όλοι; Αυτό δεν είναι η εκφόρτιση;</p> <p>MMM: ναι</p> <p>Πάμε και στο τελευταίο.</p> <p>M8: Κατακρήμιση ονομάζουμε τη διαδικασία επιστροφής του νερού από τα σύννεφα στη στεριά ή τη θάλασσα με μορφή κατακρημνισμάτων.</p> <p>E: πολύ ωραία. Και τι είναι κατακρημνίσματα;</p> <p>M9: η βροχή, το χιόνι, το χαλάζι.</p> <p><b>Συμμετοχή παιδιών:</b> Λόγω της μεγάλης διάρκειας αυτής της φάσης και των διαλόγων που υπήρξαν όλα τα παιδιά μίλησαν πάνω από 2 φορές, και συμμετείχαν ενεργά στο περιεχόμενο της ενότητας</p>
Εφαρμογή της νέας γνώσης: Διερεύνηση του φαινομένου της διαπνοής	Να ερμηνεύουν το φαινόμενο της διαπνοής	Προβληματίζει τους μαθητές προβάλλοντας την εικόνα 3, μετά από συζήτηση συνοψίζει σε συμπεράσματα, συμπλήρωση άσκησης	<b>Διάρκεια φάσης: 15'</b>  Εικόνα που προβάλλει την υγρασία των υδρατμών ενός φυτού που είναι σκεπασμένο με μια σακούλα	<p>E: για κοιτάξε αυτή την εικόνα. Ένα μέρος του φυτού με τι το έχουν καλύψει;</p> <p>M: με σακούλα</p> <p>E: παρατηρείται κάτι;</p> <p>M1: ότι το φυτό μέσα είναι ξηραμένο.</p>

		2 του Φ.Ε.3 μόνο το μέρος της πρόβλεψης, συζήτηση, σύνοψη αποτελεσμάτων.	<p>Άσκηση 2 Φ.Ε. 3</p> <p>Μιλάνε οι εκπρόσωποι</p> <p>Αιτιολόγηση πρόβλεψης</p>	<p>M2: έχει θολώσει η σακούλα E: μήπως ξέρεις γιατί; M2: με το νερό λόγω της διαπνοής M3: υγροποιείται μέσω της σακούλας</p> <p>E: πάμε να σας τη διαβάσω. Δύο ίδια μπουκάλια Λάδι, Μαρκαδόρος, βλαστοί φυτού. Πειραματική διαδικασία. Γεμίζουμε τα δύο μπουκάλια με την ίδια ποσότητα νερού. Ρίχνουμε και στα δύο μπουκάλια λίγο λάδι ώστε το νερό να καλύπτεται από ένα λεπτό στρώμα λαδιού. Τοποθετούμε στο ένα μπουκάλι τον ένα βλαστό φυτού με φύλλα και στο άλλο βλαστό φυτού, από τον οποίο του έχουν αφαιρεθεί τα φύλλα. Σημειώνουμε με το μαρκαδόρο τη στάθμη του νερού. Παρακολουθούμε τη στάθμη του νερού στα μπουκάλια για μερικές ημέρες. Κι εγώ σας καλώ τώρα εσάς να συζητήσετε λίγο μεταξύ σας και να μου πείτε τι προβλέπετε να συμβεί. Και την Τρίτη που θα ξανασυναντηθούμε να μου πείτε το αποτέλεσμα. E: γιατί θέλουμε ένα λεπτό στρώμα λαδιού πάνω στο νερό; M1: για να μην εξατμιστεί. E: ωραία, γιατί δεν θέλουμε να εστιάσουμε στην επιφανειακή εξάτμιση. Πάμε στην πρόβλεψη. M3: το φυτό με τα φύλλα θα χρειαστεί περισσότερο νερό, οπότε η στάθμη του θα πέσει.</p> <p>E: για ποιον λόγο M1: το νερό με τα φύλλα έχει περισσότερες ανάγκες για νερό από ότι το φυτό χωρίς φύλλα M2: το φυτό θα χρειαστεί νερό για τη φωτοσύνθεση και να το αποβάλλει στη διαπνοή. E: χωρίς φύλλα λέει ο M2 ούτε φωτοσύνθεση έχουμε, ούτε διαπνοή. Η στάθμη του νερού θα ελαττωθεί γιατί το φυτό που έχει φύλλα θα διαπνέει πολύ περισσότερο από το άλλο φυτό που δεν έχει.</p> <p><b>Συμμετοχή παιδιών:</b> Μικρή συμμετοχή αφού περιείχε μόνο πρόβλεψη και αιτιολόγησή της. Μίλησαν κυρίως οι εκπρόσωποι.</p>
Εφαρμογή της νέας γνώσης: Επιβεβαιωτικό πείραμα επίδειξης για τα φαινόμενα εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση.	Να ερμηνεύουν τα φαινόμενα εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση και καθαρισμού του νερού.	Εκτελεί το πείραμα σταδιακά καλώντας τους μαθητές να προβλέψουν τι θα γίνει πριν από κάθε στάδιο, συζήτηση στο τέλος του πειράματος, σύνοψη και εξαγωγή συμπερασμάτων.	<b>Διάρκεια: 25'</b>  Πείραμα επίδειξης. Διάλυμα νερού και ζάχαρης θερμαίνεται στο γκαζάκι	<p>E: θα κάνουμε ένα πείραμα επίδειξης. Θα πάρουμε ζάχαρη και θα τη ρίξουμε μέσα στο νερό. Τι γεύση θα έχει το νερό; M1: γλυκιά E:θα θερμαίνουμε το διάλυμα του ζαχαρόνευ. Θέλω να προβλέψετε τι θα συμβεί. M2: επειδή θερμαίνουμε το δοχείο με το νερό, το νερό θα εξατμιστεί και θα μείνει η ζάχαρη. E: άλλος; M3: μήπως γίνει λιγότερο γλυκό; E: άλλος; M4: θα γίνει περισσότερο γλυκό, γιατί θα εξατμιστεί το νερό και θα μείνει μόνο η ζάχαρη. E: επειδή οι περισσότεροι εστιάζετε τι θα γίνει εδώ μέσα, εγώ θέλω να εστιάσετε περισσότερο στο τι θα φύγει προς τα έξω. Τι θα φύγει προς τα έξω; M5: υδρατμοί E: αυτοί οι υδρατμοί θα γίνουν περισσότεροι ή λιγότεροι αν αυξήσω τη θερμοκρασία; M5: περισσότεροι E: άρα το φαινόμενο της εξάτμισης γίνεται εντονότερο όσο αυξάνω τη θερμοκρασία. Τους υδρατμούς τους βλέπετε τώρα; Υπάρχει φαινόμενο εξάτμισης; M6: φαίνονται ελάχιστα. M7: δεν έχει φτάσει το νερό στους 100 βαθμούς ακόμη.</p>

			<p>Ο ερευνητής τοποθετεί πολύ μικρή ποσότητα νερού στο πιατάκι</p>	<p>M8: ο βρασμός γίνεται στους 100 βαθμούς κελσίου. Όχι η εξάτμιση. E: η εξάτμιση στους πόσους βαθμούς νομίζετε ότι γίνεται; M9: άνω του μηδέν</p> <p>E: τι θερμοκρασία έχει εδώ μέσα; M1: 15; 10; E: το νερό τι θα κάνει; M2: σε 3 μέρες θα εξατμιστεί. E: αν πάρω αυτό το πιατάκι και το βάλω μέσα στο ψυγείο, το νερό θα εξατμιστεί; M3: ναι, αλλά πολύ πιο σιγά E: άρα συμφωνείς ότι το νερό εξατμίζεται πάνω από τους μηδέν βαθμούς; M4: Ναι E: και κάτω από πόσους; M3: 100 E: αλλά όσο πιο μεγάλη η θερμοκρασία, τόσο πιο έντονο το φαινόμενο της εξάτμισης M5: αν το νερό είναι κάτω από μηδέν, τότε εξατμίζεται; E: τι λες εσύ; M7: όχι E: γιατί; M7: γιατί το νερό είναι στη στερεή μορφή. E: στη στερεή μορφή τι μπορεί να πάθει το νερό; Αν έχει υψηλές θερμοκρασίες; M8: να υγροποιηθεί; E: και τι άλλο; M9: εξάχνωση E: και τι σημαίνει αυτό; M9: ότι από στερεό γίνεται αέριο. Αυτή την απορία είχα όμως. Δεν θα υπάρχει κάτι ενδιάμεσο; Δε θα γίνει υγρό; E:γι' αυτό το λέμε εξάχνωση. Γιατί δεν υπάρχει η υγρή κατάσταση ενδιάμεσα.</p>
			<p>Εξάχνωση</p>	<p>E: ποιο είναι το αντίστροφο φαινόμενο της εξάχνωσης; M1: η απόθεση E: Πάμε λίγο στο νερό. Άρα εκεί οι υδρατμοί γίνονται παγοκρύσταλλοι, πάχνη M2: χιονονιφάδες E: όπως το νερό μπορεί να μετατραπεί από τη μορφή την αέρια στην μορφή την στερεή, των πάγων, έτσι μπορεί και να συμβεί το αντίθετο, να μετατραπεί από την στερεή μορφή στην αέρια. Και μάλιστα εδώ στη Φλώρινα είναι συνηθισμένο φαινόμενο αυτό. Εξάχνωση του πάγου και του χιονιού.</p>
			<p>Απόθεση και σύνδεση με νερό</p>	<p>E: εδώ λένε τα παιδιά, ότι δεν έχουμε εξάτμιση γιατί δε βλέπουν. Τι δε βλέπετε M1; M1: τους υδρατμούς E: οι υδρατμοί είναι ορατοί ή αόρατοι; MMM: αόρατοι. E: πάμε στην υγροποίηση. Πότε συμβαίνει αυτό. Πάνω από το γκαζάκι τι λέτε να υπάρχουν; M2: υδρατμοί. E: ποιος θα προβλέψει τι θα συμβεί; M3: θα σχηματιστεί νερό κάτω από το δίσκο M4: θα σχηματιστούν παγοκρύσταλλοι M5: στο κάτω μέρος του δίσκου θα υγροποιηθούν οι υδρατμοί και στο πάνω θα λιώσουν τα παγάκια λόγω της θερμότητας</p>
			<p>Εξάτμιση και υγροποίηση (τοποθετεί μεταλλικό δίσκο με παγάκια πάνω από το γκαζάκι)</p>	<p>E: οι υδρατμοί υγροποιήθηκαν. Αυτή η υγροποίηση θα επιταχυνθεί με</p>
			<p>Υγροποίηση των υ-</p>	

			<p>δρατμών στο κάτω μέρος του δίσκου</p> <p>Ένωση μικροσταγονιδίων και <u>κατακρήμνιση</u></p> <p>Αυτό-καθαρισμός νερού</p> <p>Σύνδεση πειράματος με φύση – Ιδιότητα αέρα</p> <p>Κατακρημνίσματα</p> <p>Χιόνι</p> <p>Χιονόνερο</p> <p>Χαλάζι</p> <p>Σύνοψη πειράματος</p>	<p>τα παγάκια που έχω βάλει εγώ εδώ πάνω; Για ποιον λόγο τα έχω βάλει;</p> <p>M1: για να γίνει πιο κρύο το δισκάκι</p> <p>E: αυτοί οι υδρατμοί που υπάρχουν στο κάτω μέρος του δίσκου είναι με τη μορφή μεγάλων σταγόνων, ή μικροσταγονιδίων; Τι λετε;</p> <p>M2: μικροσταγονίδια</p> <p>E: αυτά τα μικροσταγονίδια που αρχίζουν να συσσωρεύονται εδώ, τι νομίζετε ότι θα κάνουν;</p> <p>M3: ενώνονται.</p> <p>E: και αφού έχω δώσει εγώ μια κλίση στο δισκάκι, τι νομίζετε ότι θα κάνουν;</p> <p>M4: να πέσουν</p> <p>E: προς τα που;</p> <p>M4: προς τα κάτω</p> <p>E: και να πέσουν στο δοχείο που έχω βάλει εκεί λόγω κλίσης</p> <p>E: μπορείτε να προβλέψετε αυτό το νερό (μέσα στο δοχείο συλλογής) τι νερό θα είναι;</p> <p>M1: θα είναι κανονικό νερό</p> <p>M2: όπως και το απιονισμένο που δεν έχει άλατα</p> <p>E: έλα δοκίμασε λίγο από αυτό το νερό; Τι είναι; Γλυκό;</p> <p>M3 (δοκιμάζει από το περιουλλεγμένο νερό): όχι κανονικό είναι</p> <p>E: το δισκάκι τι συμβολίζει; Τα ψυχρά στρώματα αέρα. ποιος θα μου πει, γιατί όταν οι υδρατμοί συναντάνε ψυχρά στρώματα αέρα υγροποιούνται;</p> <p>... .</p> <p>E: γιατί ο αέρας έχει μια ιδιότητα. Σε μια ορισμένη θερμοκρασία μπορεί να συγκρατήσει ορισμένη ποσότητα υδρατμών. Όταν η θερμοκρασία πέσει δεν μπορεί να συγκρατήσει όλους τους υδρατμούς και το υπόλοιπο μέρος τους υγροποιείται. Μετά έχουμε το φαινόμενο της κατακρήμνισης όπου τα μικροσταγονίδια ενώνονται μεταξύ τους γίνονται βαρύτερα και σύμφωνα με τον 2<sup>ο</sup> νόμο του του Νεύτωνα η συνισταμένη των δυνάμεων είναι προς τα κάτω και πέφτουν. Πότε έχουμε χιόνι;</p> <p>M1: όταν οι θερμοκρασίες είναι κάτω από μηδέν.</p> <p>E: όταν οι θερμοκρασίες είναι κάτω από μηδέν, οι υδρατμοί γίνονται μικροσταγονίδια νερού ή γίνονται παγοκρύσταλλοι.</p> <p>M2: παγοκρύσταλλοι</p> <p>E: οι παγοκρύσταλλοι μεταξύ τους τι σχηματίζουν</p> <p>M2: τις χιονονιφάδες</p> <p>E: κάποιες φορές εκτός από χιόνι, τι μπορούμε να συναντήσουμε εδώ κάτω;</p> <p>M3: χιονόνερο</p> <p>E: που σημαίνει ότι θερμοκρασίες εδώ κάτω στη Γη, τι είναι;</p> <p>M3: πιο ψηλές</p> <p>E: άρα το χιόνι καθώς πέφτει συναντάει πιο ψηλές θερμοκρασίες και γίνεται χιονόνερο. Η διαδικασία που γίνεται το χαλάζι, είναι πολύ πιο σύνθετη διαδικασία. Το χιόνι καθώς πέφτει, και το σύννεφο είναι μακρύ σε ύψος, το ξανά-σηκώνει προς τα ψηλά ο αέρας με αποτέλεσμα το χιόνι ξανά-παγώνει και όσες φορές ανεβοκατεβαίνει τόσο μεγαλύτερο γίνεται.</p> <p>E: εδώ (στο πείραμα) μελετήσαμε και ερμηνεύσαμε τέσσερα φαινόμενα. Εξάτμιση, υγροποίηση, κατακρήμνιση και αυτό-καθαρισμός του νερού.</p> <p><b>Συμμετοχή παιδιών:</b> Σχεδόν τα περισσότερα παιδιά συμμετείχαν κατά τη διάρκεια του πειράματος και μερικά στη συζήτηση που</p>
--	--	--	---	--

				ακολούθησε μετά από αυτό
Εφαρμογή της νέας γνώσης: Διερεύνηση φαινομένων διήθησης, εκφόρτισης, απορροής.	Να ερμηνεύουν τα φαινόμενα της διήθησης, εκφόρτισης και απορροής.	Προβληματισμός των μαθητών για το πρόβλημα των πλημμυρών, συζήτηση τρόπων αντιμετώπισης (δενδροφυτεύσεις), άσκηση3 Φ.Ε.3, συζήτηση αποτελεσμάτων σύνοψη εξαγωγή συμπερασμάτων.	<p><b>Διάρκεια: 15'</b>            Φαινόμενα διήθησης, απορροής και εκφόρτισης</p> <p>Προβληματισμός για τις πλημμύρες</p> <p>Συμπλήρωση άσκησης 3.3</p>	<p>E: πάμε να διερευνήσουμε και να ερμηνεύσουμε διαδικασίες όπως η διήθηση, η απορροή και η εκφόρτιση.</p> <p>E: Μπορείτε να μου πείτε λόγους που υπάρχουν πλημμύρες και τρόπος αντιμετώπισης αυτών;            M1: τα ποτάμια έχουν πολύ νερό και ξεχειλίζουν            M2: ανεβαίνει η στάθμη του νερού λόγω της βροχής            M3: αν είχαμε περισσότερα δέντρα θα μπορούσε να συγκρατήσει το νερό            E: ποιο φαινόμενο έχουμε εδώ;            M4: της διήθησης            E: και ποιος βοηθάει εδώ            M4: οι ρίζες</p> <p>E: Διαθέτετε μια μικρή γλάστρα που περιέχει χώμα και κάποιο φυτό, με πιατάκι από κάτω, ποτιστήρι με κόκκινο γεμάτο νερό, ένα κομματάκι ξύλο. Κάντε την εξής διαδικασία, αφού δώσετε μια μικρή κλίση στην γλάστρα βάζοντας το ξύλο από κάτω, αρχίστε να ποτίζετε τη γλάστρα πολύ αργά. Αν εκτελέσετε σωστά τη διαδικασία θα παρατηρήσετε το πιατάκι να γεμίζει σιγά σιγά με νερό και ένα μέρος του νερού να μην προλαβαίνει να απορροφηθεί και να τρέχει έξω από την γλάστρα.</p> <p>Ονομάστε τα φαινόμενα που θα παρατηρήσετε άμεσα ή έμμεσα από τα αποτελέσματά τους. Είναι ίσως κάποια από τα παρακάτω;            Κατείδυση, απορροή, υπόγεια απορροή, εκφόρτιση. Δικαιολογήστε την άποψή σας.            M1: θα γίνει κατείδυση γιατί το νερό απορροφάται από τις ρίζες του φυτού.            M2: κατείδυση γιατί το νερό θα περάσει στο χώμα και υπόγεια απορροή γιατί θα πάει στις ρίζες του φυτού            M3: απορροή λόγω κλίσης και διήθηση γιατί το νερό απορροφάται από το χώμα            E: υπόγεια ή επιφανειακή απορροή;            M3: επιφανειακή            M4: εμείς είπαμε διήθηση γιατί το νερό απορροφάται από το χώμα, και είπαμε την απορροή λόγω από τα ψηλότερα στα χαμηλότερα            E: υπόγεια ή επιφανειακή;            M4: και τα δύο            M5: διήθηση και εγώ λέω και εκφόρτιση επειδή ένα μέρος του νερού θα απορροφηθεί από τις ρίζες του φυτού            E: όλες οι ομάδες συμφωνούν ότι θα παρατηρήσουμε το φαινόμενο της κατείδυσης ή της διήθησης. Ορισμένες ομάδες μιλήσατε για την απορροή (υπόγεια ή και επιφανειακή). Ένας είτε ότι θα υπάρξει και εκφόρτιση. Ποιος θα θυμίσει στον M τι είναι η εκφόρτιση;            M5: όταν το νερό από τις υπόγειες πηγές ανεβαίνει στην επιφάνεια της Γης.            E: μόνο αυτό; Μήπως και το μεγαλύτερο μέρος του νερού που καταλήγει στις θάλασσες;            MMM: ναι</p> <p>E: αρχίζω να ποτίζω μια γλάστρα. Το νερό πέφτει σιγά – σιγά. Το νερό απορροφάται από το χώμα. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο είδος του χώματος και στο αν έχει μέσα κάποιο φυτό και έχει δημιουργήσει κάποια ανοίγματα μέσω των ριζών. Επομένως εδώ έχουμε το φαινόμενο της διήθησης. Υπάρχει περίπτωση ένα μέρος του νερού να φεύγει επιφανειακά επειδή η γλάστρα έχει κλίση;            M1: ναι            E: και τότε αυτό θα αυξηθεί;</p>

			<p>Μ2: όσο πιο μεγάλη κλίση  E: έχει σχέση και με το είδος του εδάφους;  Μ3: αν το έδαφος απορροφάει πιο πολύ νερό  E: πιο έδαφος απορροφάει πιο πολύ νερό. Το χώμα ή η άμμος;  Μ4: η άμμος  E: γιατί;  ....  E: γιατί η άμμος έχει πιο πολλούς πόρους, πιο πολλά ανοίγματα. Η διήθηση έχει να κάνει με το αν η γλάστρα έχει μέσα κάποιο φυτό;  Μ5: αν έχει κάποιο φυτό.  E: αν κάποιος το απορροφάει τότε το έδαφος δεν παθαίνει κορεσμό, μπορεί να τραβήξει και άλλο νερό.</p> <p>E: στη δραστηριότητα που θα κάνετε ποια φαινόμενα έχουμε;  Έχουμε τη διήθηση, έχουμε την υπόγεια απορροή, μπορεί να έχουμε κι επιφανειακή απορροή, όταν κορεστεί. Όσον αφορά το φαινόμενο της εκφόρτισης, μπορούμε να το δούμε στο μικρό πιατάκι που έχει από κάτω.</p> <p>E: άρα συνοψίζω στα επτά φαινόμενα του νερού στη φύση, καθώς τα περιγράψαμε και τα ερμηνεύσαμε.</p> <p><b><u>Συμμετοχή παιδιών:</u> Λόγω της περιορισμένης διάρκειας της δραστηριότητας και του ότι περιείχε μόνο πρόβλεψη μίλησαν κυρίως οι εκπρόσωποι των ομάδων</b></p>
--	--	--	---



## 4<sup>η</sup> Διδασκαλία – Σύνολο μαθητών : 20 / 20

**Πίνακας 4: Φύλλο παρατήρησης από τον εξωτερικό παρατηρητή.**

Α. ΦΑΣΗ/ ΠΕΡΙΕΧΟ- ΜΕΝΟ	Β. ΣΤΟΧΟΣ	Γ.ΔΙΔ. ΜΕΘΟΔΟΣ/ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ	Δ. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ Τι κάνει ο Εκπαιδευτι- κός και τι οι μαθητές	Ε.ΤΕΚΜΗΡΙΑ Των προηγούμενων
Εφαρμογή της νέας γνώσης: Ο ΚτΝ ως ένας δυναμικός κύκλος διαδοχικών φαινομένων	Να περιγράψουν τον ΚτΝ ως σύνολο διαδοχικών φαινομένων και να τον αναπαριστούν ως μοντέλο.	Προβολή εικόνας 1, μοντέλο μαθητή με κωδικό7009 (μοντέλο ΚτΝ), Συζήτηση, Προβολή video NASA (διαδρομή ενός μορίου νερού), Συζήτηση, Άσκηση 1 Φ.Ε. 4 Συζήτηση αποτελεσμάτων, Σύνοψη	<p><b>Διάρκεια: 40΄</b></p> <p>Συζήτηση για την άσκηση 3.2 που είχαν να την πραγματοποιήσουν σπίτι</p> <p>Συζήτηση για την άσκηση 3.3 που είχαν για το σπίτι (μερικές ομάδες δεν την έκαναν)</p> <p>Βήμα – βήμα η άσκηση</p>	<p>Ε: Είχαμε την εξής άσκηση σε ένα προηγούμενο μάθημα, είπαμε να βάλουμε σε 2 μπουκάλια λίγο νερό (στο ίδιο ύψος) και από πάνω βάλουμε λίγο λαδάκι ώστε να αποφύγουμε την εξάτμιση και είπαμε στο ένα να βάλουμε ένα βλαστό με φύλλα και στο άλλο ένα βλαστό χωρίς φύλλα. Και είχατε προβλέψει εσείς ότι στο βλαστό με φύλλα τι θα γίνει.</p> <p>M1: ό,τι η στάθμη του νερού θα μειωθεί.</p> <p>Ε: τι παρατηρήσατε</p> <p>M1:ναι, κατέβηκε περισσότερο</p> <p>Ε: εσείς;</p> <p>M2: το ίδιο</p> <p>Ε: δώστε μια ερμηνεία τώρα σε αυτό.</p> <p>M1: το φυτό που έχει το βλαστό με τα φύλλα απορροφά πιο πολύ νερό για τη φωτοσύνθεση και μετά το νερό που περισσεύει είτε βγαίνει από τα στόματα των φύλλων είτε πάει σε άλλα μέρη του φυτού για να καλύψει τις ανάγκες του.</p> <p>Ε: από αυτό που απορροφά, θυμάστε πόσο τοις εκατό σας είχα πει ότι παθαίνει διαπνοή, εξατμίζεται;</p> <p>M2: το 90%</p> <p>Ε: το 90% που απορροφά το φυτό με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης τελικά διαπνέεται. Οπότε ποιο είναι το συμπέρασμα που βγάλατε εσείς;</p> <p>M3: ότι λόγω της φωτοσύνθεσης χρησιμοποιείται πιο πολύ νερό.</p> <p>Ε: λόγω της φωτοσύνθεσης λέει η M3 αλλά εμείς τι είπαμε;</p> <p>M4: λόγω της διαπνοής</p> <p>Ε: οπότε σαν συμπέρασμα μπορούμε να πούμε ότι το 90% του νερού που απορροφάται από τα φυτά διαπνέεται</p> <p>Ε: πάμε στην εργασία με την γλάστρα. Διαθέτετε μια μικρή γλάστρα που περιέχει χώμα και κάποιο φυτό, με πιατάκι από κάτω, ποτιστήρι (με κόσκινο) γεμάτο νερό, ένα κομματάκι ξύλο. Κάντε την εξής διαδικασία: αφού δώσετε μια μικρή κλίση στην γλάστρα βάζοντας το ξύλο από κάτω, αρχίστε να ποτίζετε τη γλάστρα πολύ αργά. Ονομάστε τα φαινόμενα που θα παρατηρήσετε άμεσα ή έμμεσα (από τα αποτελέσματά τους). Τα φαινόμενα είναι η Κατείδυση, η απορροή, η υπόγεια απορροή και η εκφόρτιση. Εσείς παρατηρήσατε κάποια από αυτά; Τι θα γίνει;</p> <p>M1: θα πάει το νερό προς τα κάτω.</p> <p>Ε: πως το λέμε αυτό το φαινόμενο;</p> <p>M1: κατείδυση</p> <p>M2: ή διήθηση</p> <p>Ε: άρα το νερό απορροφάται από το χώμα</p> <p>M1: κατόπιν αυτό το νερό θα πηγαίνει προς τα κάτω.</p> <p>Ε: πως το λέμε αυτό το φαινόμενο;</p> <p>M1: απορροή</p> <p>Ε: υπόγεια ή επιφανειακή;</p> <p>M1: υπόγεια</p> <p>Ε: και μετά στο πιατάκι πήγε νερό;</p> <p>M1: ναι</p> <p>Ε: πως το ονομάσαμε αυτό. Που καταλήγουν τα υπόγεια νερά;</p> <p>M3: εκφόρτιση</p>

			<p>Ε: οπότε τα φαινόμενα που έχουμε είναι διήθηση, υπόγεια απορροή και εκφόρτιση. Και όσο συνέχιζες να ποτίζεις εσύ, τι παρατήρησες; M1: είχαμε και επιφανειακή απορροή.</p> <p>Ε: την επιφανειακή απορροή δε θα μπορούσαμε να την έχουμε και από την αρχή; Πότε; M4: άμα το φυτό ήταν ήδη ποτισμένο Ε: αν ήταν ήδη ποτισμένο ή αν δεν είχε μεγάλο ριζικό σύστημα ή αν ρίχναμε το νερό πιο έντονα. Αν τώρα αντικαθιστούσαμε το χώμα με άμμο, ποια φαινόμενα νομίζε- ται ότι θα ήταν πιο έντονα; M5: η διήθηση γιατί το έδαφος έχει περισσότερους πόρους Ε: πιο θα ήταν λιγότερο έντονο; M6: η επιφανειακή απορροή</p> <p>Ε: η σημερινή μας ενότητα είναι ο κύκλος του νερού. Πρώτη ενότητα ο κύκλος του νερού ως μια ενότητα διαδοχικών φαινομένων. Θέλω επί- σης να μάθετε όχι μόνο έναν κύκλο αλλά και επιμέρους κύκλους. Στη δεύτερη ενότητα στη ποσότητα του νερού που διακινείται. Στην επόμε- νη ενότητα θα δούμε τις απόψεις του Αριστοτέλη και στην τελευταία ενότητα τον κύκλο του νερού ως ένα σύστημα.</p> <p>Ε: στην πρώτη ενότητα θα δούμε ένα βίντεο της NASA και είναι το πιο χαρακτηριστικό. Εστίαστε κυρίως στο κείμενο που υπάρχει καθώς θα παίζει το video.</p> <p>Ε: αφού διαδράστε τώρα με το video της NASA μόνοι σας και δείτε την εικόνα 1 (δείχνει το μοντέλο του ΚtN) συμπληρώστε την άσκηση 4.1</p> <p>Ε: τι σας βοήθησε περισσότερο; Το video, το μοντέλο; M1: το video Ε: πάμε να δούμε αποτελέσματα. M1: ο ήλιος είναι η γενεσιουργός αιτία του κύκλου του νερού. Λόγω των υψηλών θερμοκρασιών το νερό εξατμίζεται και καθώς οι υδρατμοί μετακινούνται στα υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας συμπυκνώ- νονται και δημιουργούνται ψυχρές αέριες μάζες στα σύννεφα που όταν αποκτήσουν βάρος μέσω της κατακρήμνισης φτάνουν πάνω στην επι- φάνεια του εδάφους κι έπειτα απορροφούνται από αυτό κατείδουση και από τις ρίζες των δέντρων και θα εξατμιστούν μέσω της διαπνοής. Μέσω της απορροής το νερό θα εκτοπιστεί στη θάλασσα. Αυτό το σύ- στημα ανακύκλωσης του νερού ονομάζεται κύκλος του νερού. Ε: επειδή συμπυκνώνονται δημιουργούνται ψυχρές αέριες μάζες; Ή επειδή συναντούν ψυχρές αέριες μάζες συμπυκνώνονται; M: εεε ναι.</p> <p>Ε: συγνώμη, λόγω του βάρους των υδρατμών είπες; M: ναι Ε: προηγουμένως είπες συμπύκνωση. Εκεί τι είχαμε. Μετατροπή των υδρατμών σε M: σταγονίδια Ε: οπότε όχι το βάρος των υδρατμών αλλά M: των σταγονιδίων</p> <p>Ε: εγώ βλέπω πως σε όλους σας υπάρχει μια ασάφεια στην συμπύκνω- ση και στην κατακρήμνιση. Παρόλο που λέτε για συμπύκνωση συνεχίζε- τε να μιλάτε για υδρατμούς στην κατακρήμνιση. Εκεί θα πρέπει να μιλήσετε γιατί; Για σταγονίδια και μικροσταγονίδια. Οπότε τι κάνουν. Συγκρούονται μεταξύ τους, ενώνονται και βαραίνουν.</p> <p>Ε: στα σύννεφα μπορεί να υπάρχουν και υδρατμοί, και μικροσταγονίδια και αν οι θερμοκρασίες είναι μικρές μπορεί να έχουμε και παγοκρυ-</p>
--	--	--	---

			<p>Σύνοψη από τον ερευνητή για το κάθε φαινόμενο του κύκλου του νερού</p> <p>Επιφανειακή απορροή</p> <p>Διαδοχή των φαινομένων του κύκλου του νερού</p> <p>Απορία μαθητή για την εκφόρτιση</p> <p>Αναφορά και σε άλλους κύκλους</p> <p>Διευκρίνιση για διαπνοή</p> <p>Προβολή καλής πρακτικής με την προβολή εικόνας – περιγραφή του</p>	<p>στάλλους. Μπορεί να γίνει και στην πορεία, καθώς πέφτουν να συναντήσουν χαμηλές θερμοκρασίες.</p> <p>E: το νερό όταν καταλήξει στο έδαφος θα έχουμε ή κατείδυση ή επιφανειακή απορροή. Ορισμένη ποσότητα του νερού μπορεί να απορροφηθεί από τα φυτά και να έχουμε το φαινόμενο της διαπνοής. Για ποιό λόγο, λόγω του ότι τα φυτά θα πρέπει να φωτοσυνθέσουν. Έτσι μπαίνει μέσα στον κύκλο του νερού και η βιόσφαιρα.</p> <p>E: εγώ θέλω να ξέρετε τη σωστή διαδοχή των φαινομένων. Μπορούμε να ξεκινήσουμε απ' όπου θέλουμε, αφού είναι ένας κύκλος. Συνήθως μπορούμε να ξεκινήσουμε από τη θάλασσα, αλλά μπορούμε να ξεκινήσουμε και από την κατακρήμνιση.</p> <p>M: η κίνηση που κάνει το νερό από κάτω προς τα πάνω στα φυτά, είναι εκφόρτιση; E: αυτό δεν είναι εκφόρτιση. Αυτό είναι η απορρόφηση του νερού από τα φυτά προκειμένου να εκτελέσουν τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης.</p> <p>E: κοιτάξε έναν άλλο κύκλο. Αντί να πάμε προς τα κάτω (από το έδαφος) μπορούμε να πάμε από την κατακρήμνιση στην επιφανειακή απορροή, κατόπιν στην εξάτμιση από τις θάλασσες, συμπύκνωση και πάλι κατακρήμνιση. Εσείς προσπαθήστε να περιγράψετε τον μεγαλύτερο κύκλο που υπάρχει ώστε να βάλετε όλα τα φαινόμενα μέσα.</p> <p>E:Απλά για να μην υπάρχει μπερδεμα στη διαδοχή των φαινομένων καλό είναι να βάζετε τη διαπνοή δίπλα στην εξάτμιση.</p> <p>E: να σας δείξω μια καλή πρακτική από εσάς. Για κοιτάξε τι ωραίο μοντέλο του κύκλου του νερού κάνατε. Πείτε μου τι λείπει. M: η διήθηση E: είναι μια πολύ καλή περίπτωση του μοντέλου του κύκλου του νερού, όπου παρουσιάζει και τα επτά (6+1) φαινόμενα</p> <p><b>Συμμετογή παιδιών:</b> τα περισσότερα παιδιά συμμετείχαν. Πιθανώς άσκηση 4.1 πιθανόν να ήταν αυξημένης δυσκολίας καθώς τους πήρε αρκετή ώρα να την διατυπώσουν.</p>
Εφαρμογή της νέας γνώσης: ΚτΝ και ποσότητα νερού που διακινείται.	Να κατανοούν ότι ο ΚτΝ είναι ένας κλειστός κύκλος και επομένως η συνολική ποσότητα του νερού παραμένει σταθερή.	Προβολή εικόνας 2 (παγκόσμιο υδατικό ισοζύγιο), Συζήτηση, άσκηση 2 Φ.Ε. 4, Συζήτηση αποτελεσμάτων, Σύνοψη.	<p><b>Διάρκεια: 20'</b></p> <p>Συμπλήρωση άσκησης 4.2</p> <p>Συζήτηση άσκησης 4.2</p>	<p>E: θα δούμε τώρα ένα μοντέλο, σχετικό με το παγκόσμιο υδατικό ισοζύγιο. Εδώ εκτός απ' ότι έχει όλα τα φαινόμενα που έχουμε συζητήσει έχει και κάποιους αριθμούς. Για το αν διατηρείτε ή όχι η ποσότητα του νερού που διακινείται. Εστιάστε λίγο στους αριθμούς.</p> <p>E: Παρατηρήστε με προσοχή την παρακάτω εικόνα 2 εστιάστε στους αριθμούς και προσπαθήστε να βρείτε: τυχόν επιμέρους κύκλους από τους οποίους αποτελείται ο κύκλος του νερού και τι συμβαίνει με την συνολική ποσότητα νερού κατά τη διάρκεια του κύκλου M1: εξάτμιση, συμπύκνωση, και κατακρήμνιση. E: αναφέρεσαι σε ποιον κύκλο; Πάνω στη θάλασσα; Πάνω στη στεριά; M1: πάνω στη θάλασσα E: άλλο κύκλο γράψατε; M2: διήθηση, απορροή και εκφόρτιση E: κύκλος είναι αυτός; Τι λέτε οι υπόλοιπες ομάδες; M3: πρέπει να καταλήξουμε πάλι στη διήθηση. M4: διήθηση, υπόγεια απορροή, εκφόρτιση, εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση και πάλι διήθηση.</p> <p>E: με ανησυχεί που δε βάλατε τη διαπνοή. M: τη βάλαμε μαζί με την εξάτμιση</p>

			<p>Αναφορά στη διαπνοή</p> <p>Διατήρηση ποσότητας νερού στον κύκλο</p> <p>Απόδειξη με τη χρήση του μοντέλου</p>	<p>E: στο video της NASA που είδαμε, είδατε να υπάρχει πουθενά η διαπνοή; M: όχι</p> <p>E: είναι σημαντικός παράγοντας η διαπνοή στον κύκλο του νερού; E: ίσως να είχαν πρόβλημα στα γραφικά τους.</p> <p>E: πάμε στο δεύτερο ερώτημα. Τι κάνει η συνολική ποσότητα του νερού; M1: μένει ίδια</p> <p>E: τι κάνατε; Προσθέσεις, αφαιρέσεις κτλ; M1: πρέπει το νερό να είναι σταθερό. Το νερό που εξατμίζεται, το 424, και από τη στεριά, 61, όλο το νερό που βρίσκεται στον αέρα είναι 485. Και αν προσθέσουμε όλο το νερό που πέφτει είναι το ίδιο.</p> <p>E: το νερό που εξατμίζεται είναι 424 και 61, όλο μαζί 485. Πρέπει το νερό που εξατμίζεται να είναι ίσης ποσότητας με το νερό που πέφτει. Άρα για κοιτάζτε πόσο νερό πέφτει; 385 και 100 δηλαδή 485. Άρα σύμφωνα με αυτό το μοντέλο υπάρχει ένα ισοζύγιο στη διακίνηση του νερού μέσα στο κύκλο.</p> <p><b>Συμμετογή παιδιών:</b> κυρίως οι εκπρόσωποι των ομάδων συμμετείχαν σε αυτή τη φάση της διδασκαλίας. Η άσκηση με τους αριθμούς δυσκόλεψε μερικές ομάδες</p>
Εφαρμογή της νέας γνώσης: Απόψεις Αριστοτέλη για τη διατήρηση της μάζας του νερού κατά τη διάρκεια του ΚτΝ.	Να ενισχύσουν την άποψή τους για τη διατήρηση της μάζας του νερού (κατά την διάρκεια του ΚτΝ) μέσα από ιστορικά κείμενα.	Προβολή κειμένου του Αριστοτέλη, Άσκηση 3 Φ.Ε.4, Συζήτηση αποτελεσμάτων, Σύνοψη.	<p><b>Διάρκεια: 15'</b></p> <p>Παρουσίαση του κειμένου της άσκησης 4.3</p> <p>Συζήτηση στην ολομέλεια για την πρόταση του Αριστοτέλη</p> <p>Σύνδεση μοντέλου με άσκηση 4.3</p>	<p>E: αυτά που λέμε εμείς για τη συνολική ποσότητα του νερού, τα εξετάζαν και από την αρχαιότητα. Ένας μεγάλος φιλόσοφος, ο Αριστοτέλης, έγραψε το κείμενο της άσκησης 4.3. Σας το παρουσιάζω λιγάκι. Τι κατά την γνώμη σας εννοούσε ο Αριστοτέλης με τις παρακάτω προτάσεις: «Κατά συνέπεια, η θάλασσα δεν θα στεγνώσει ποτέ αφού το νερό που ανέβηκε προς τα πάνω πρωτύτερα θα γυρίσει σ' αυτήν» κι αν αυτό συνέβη κάποτε, θα πρέπει να δεχτούμε την επαναληπτική εμφάνισή του». «Ακόμα κι αν δεν επιστρέφει πίσω η ίδια ποσότητα κάθε χρόνο ή σε μια δεδομένη περιοχή, ωστόσο σε μια ορισμένη χρονική περίοδο η συνολική ποσότητα που αφαιρέθηκε θα επιστρέψει». Και σας καλώ να μου πείτε τι εννοούσε με αυτές τις 2 προτάσεις. M1: λέει ότι το νερό είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, και ότι και αν γίνει θα γυρίσει πίσω. M2: σύμφωνα με τον Αριστοτέλη, σημαντική ποσότητα νερού παραμένει σταθερή αλλά μερικές φορές το νερό αλλάζει τόπο και μορφή E: στην πρώτη πρόταση, ή στη δεύτερη; Ή και στις δύο; M2: συνολικά</p> <p>E: βλέποντας αυτό το μοντέλο στον πίνακα, πείτε μου τι εννοεί; M1: το νερό βρίσκεται στην ατμόσφαιρα και κάποια στιγμή θα ξαναγυρίσει E: μπορεί να εξατμιστεί από τη θάλασσα, να συμπυκνωθεί και να ξαναπέσει κάτω. Όμως αντί να πέσει αμέσως κάτω μπορεί να κάνει ένα μεγαλύτερο κύκλο και να κάνει χρόνια ή και αιώνες για να γυρίσει.</p> <p>E: και στο δεύτερο ερώτημα τι λέει; M1: μπορεί σε ορισμένες περιοχές να μη βρεθεί η ίδια ποσότητα την κάθε φορά, αλλά με τον κύκλο του νερού μπορεί να ξαναγυρίσει μετά από χρόνια M2: ο κύκλος του νερού είναι ένα συνεχές φαινόμενο που επαναλαμβάνεται στη φύση με αποτέλεσμα η συνολική ποσότητα του νερού να παραμένει σταθερή</p> <p>E: συνοψίζουμε λοιπόν, ότι λόγω της κυκλικής αυτής διαδικασίας η</p>

			<p>Σύνοψη από τον ερευνητή – εκπαιδευτικό</p> <p>Αναφορά στην τοπική και χρονική σταθερότητα του νερού</p> <p>Ρύπανση και λειψυδρία</p> <p>Απορία μαθήτριας</p>	<p>συνολική ποσότητα του νερού θα πρέπει να διατηρείται σταθερή και δεν τελειώνει ποτέ το νερό των θαλασσών, των λιμνών κτλ. Έστω και αν κάποιες χρονικές περιόδους κάποιες περιοχές δε θα έχουν νερό. Άρα υπάρχει χρονική και τοπική σταθερότητα του νερού;</p> <p>M: όχι</p> <p>E: οπότε το νερό δεν είναι ούτε τοπικά σταθερό, ούτε χρονικά σταθερό.</p> <p>M: Γι' αυτό μας φαίνεται εμάς ότι το νερό τελειώνει.</p> <p>E: ακριβώς ή ότι δεν διατηρείται η ποσότητα του νερού γιατί το κοιτάμε τοπικά ή σε περιορισμένο χρονικό διάστημα, δεν το κοιτάμε ευρέως.</p> <p>M: υπάρχει περίπτωση να καταστρέψουμε το νερό;</p> <p>E: εμείς τι είχαμε πει M; ότι τα αίτια της λειψυδρίας είναι η ρύπανση του νερού επίσης η κακή διαχείριση και η αύξηση του πληθυσμού.</p> <p>M1: όταν το νερό είναι μολυσμένο, και εξατμιστεί, θα συνεχίσει να είναι μολυσμένο; Ή θα είναι σα να έχει βράσει;</p> <p>E: ποιος θέλει να απαντήσει στην M1;</p> <p>M2: το νερό δε γίνεται να πάρει και άλλες ουσίες όταν εξατμιστεί.</p> <p>E: μάλιστα στην συγκεκριμένη περίπτωση που είναι μολυσμένο και όχι ρυπασμένο εννοεί του ιούς. Αυτά μένουν εκεί που ήταν αρχικά όταν εξατμίζεται.</p> <p>M3: είχαμε κάνει και το πείραμα και με τη ζάχαρη και είχαμε πει ότι το νερό δε θα βγει γλυκό.</p> <p>E: πάρα πολύ ωραία. Είχαμε κάνει το πείραμα στο προηγούμενο μάθημα με το ζαχαρόνερο και δοκίμασε ο M και είπε ότι το νερό δεν ήταν γλυκό.</p> <p>M1: το νερό είπαμε δε χάνεται. Από που προήλθε όμως αυτό το νερό;</p> <p>M: πριν δισεκατομμύρια χρόνια που δημιουργήθηκε η Γη, έβρεχε ασταμάτητα, αλλά δεν ξέρω γιατί.</p> <p>E: μην πάμε στη δημιουργία της Γης τώρα. Θα το δούμε αλλού.</p> <p><b>Συμμετοχή παιδιών:</b> Υπήρχε συζήτηση με τάξη των ομάδων για τη φράση του Αριστοτέλη, αλλά στην ολομέλεια μίλησαν κυρίως οι εκπρόσωποι. Στις δύο απορίες που διατυπώθηκαν, αρκετά παιδιά σηκώσαν το χέρι να απαντήσουν στους συμμαθητές τους.</p>
Εφαρμογή της νέας γνώσης: Ο ΚτΝ ως ένα σύστημα.	Να συνδέουν την ατμόσφαιρα, την υδρόσφαιρα, την βιόσφαιρα και την λιθόσφαιρα μέσα από σειρά μερών και φαινομένων που αλληλεπιδρούν ή αλληλοσχετίζονται.	Προβολή και σχολιασμός εικόνας 3 ( ατμόσφαιρας, υδρόσφαιρας, βιόσφαιρας και λιθόσφαιρας), Άσκηση 4 Φ.Ε.4, Συζήτηση αποτελεσμάτων Σύνοψη.	<p><b>Διάρκεια: 15'</b></p> <p>Διευκρινιστικές οδηγίες για την άσκηση 4.4</p> <p>Απορία έννοιας από μαθητή</p> <p>Συζήτηση άσκησης 4.4</p> <p>Λιθόσφαιρα – υδρόσφαιρα</p>	<p>E: πάμε να εστιάσουμε τώρα στην άσκηση 4.4. Σε αυτό το μοντέλο σας δείχνω τέσσερις έννοιες: ατμόσφαιρα, υδρόσφαιρα, λιθόσφαιρα και βιόσφαιρα. Τα επτά βασικά φαινόμενα του κύκλου του νερού αναφέρονται σε αυτές τις τέσσερις σφαίρες. Όταν λέμε ατμόσφαιρα εννοούμε τον αέρα, όταν λέμε υδρόσφαιρα εννοούμε όπου υπάρχει νερό. Όταν λέμε λιθόσφαιρα εννοούμε το έδαφος και το υπέδαφος και όταν λέμε βιόσφαιρα τη ζωή που υπάρχει στις τρεις άλλες σφαίρες.</p> <p>M: κύριε, τι σημαίνει χημική αποσάθρωση;</p> <p>E: για τη διάβρωση των μαρμάρων του Παρθενώνα έχετε ακούσει...</p> <p>E: Στην παρακάτω εικόνα 3 αναφέρονται οι έννοιες υδρόσφαιρα (νερό), ατμόσφαιρα (αέρας), λιθόσφαιρα (έδαφος και υπέδαφος), βιόσφαιρα (ζωντανοί οργανισμοί) προσπαθήστε να τις συνδέσετε ανά δύο ή τρεις με ένα από τα παρακάτω φαινόμενα- διαδικασίες όπως το παράδειγμα: κατείδυση, κατακρήμνιση, εξάτμιση, διαπνοή, χημική αποσάθρωση, φωτοσύνθεση, δημιουργία εδάφους. Πάμε τώρα υδρόσφαιρα – λιθόσφαιρα.</p> <p>M1: κατείδυση</p> <p>E: ποιος άλλος έχει γράψει κατείδυση. (σηκώνουν χέρι οι ομάδες)</p> <p>E: παιδιά δεν υπάρχει ένα σωστό. Είναι σωστό αυτό που είτε η μία ομάδα, κατείδυση, αλλά και αυτό που είπε η άλλη χημική αποσάθρωση.</p> <p>E: πάμε στο άλλο ατμόσφαιρα – υδρόσφαιρα – βιόσφαιρα</p>

			<p>Ατμόσφαιρα – υδρόσφαιρα – βιόσφαιρα</p> <p>Ατμόσφαιρα – λιθόσφαιρα</p> <p>Ατμόσφαιρα – βιόσφαιρα – λιθόσφαιρα</p> <p>Σύνοψη για τον κύκλο του νερού</p> <p>Σύνοψη και των τεσσάρων ενοτήτων</p>	<p>M1: φωτοσύνθεση E: και αυτό είναι. Αλλά τι άλλο θα μπορούσε να είναι; M2: διαπνοή E: πάρα πολύ ωραία. Για εξηγήστε γιατί το βάλατε. M2: τα φυτά ανήκουν στη βιόσφαιρά, παίρνουν νερό από την υδρόσφαιρα και από τα στόματα διαπνέουν.</p> <p>E: πάμε στο επόμενο. Ατμόσφαιρα – λιθόσφαιρα. Τι γράψατε παιδιά. M1: κατείδυση. Στην αρχή γράψαμε κατακρήμνιση M2: κατακρήμνιση M3: κατακρήμνιση</p> <p>E: στο τελευταίο πάμε ατμόσφαιρα – βιόσφαιρα – λιθόσφαιρα. Γνωρίζει κανένας εδώ τι συμβαίνει. Αυτό είναι λίγο «δυσκολούτσικο», το είχαμε κάνει στη χημεία στη Β' γυμνασίου. M1: χημική αποσάθρωση E: επειδή έχουμε και τη βιόσφαιρα , δε θα μπορούσαμε να βάλουμε χημική αποσάθρωση. Θα μπορούσαμε να βάλουμε τι; M2: δημιουργία εδάφους; E: ναι. Θυμάστε τι είχαμε πει στη χημεία στη Δευτέρα γυμνασίου; Η δημιουργία του εδάφους έγινε σιγά- σιγά με τη συνδρομή και του νερού και των μικροοργανισμών και τις λιθόσφαιρας.</p> <p>E: συνοψίζουμε εδώ ότι ο κύκλος του νερού είναι ένα σύστημα. Είναι ένα κλειστό και δυναμικό σύστημα. Τι σημαίνει σύστημα; Ότι αποτελείται από μέρη-διαδικασίες που αλληλοσυνδέονται- αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Και αν κάποιο δε δουλέψει, δε λειτουργεί ο κύκλος.</p> <p>E: στην πρώτη ενότητα είχαμε μιλήσει για την αξία του νερού, για τη δημιουργία της ζωής και τη διατήρηση της ζωής καθώς επίσης και για το πρόβλημα της λειψυδρίας. Είχαμε πει για κάποιες καλές πρακτικές από εσάς. Στη δεύτερη ενότητα είχαμε μιλήσει για τις μορφές και τις καταστάσεις του νερού. Κατόπιν μιλήσαμε για μοντέλα. Είναι ακριβές αντίγραφο ή αναπαράσταση; M1: αναπαράσταση. E: για να ερμηνεύουμε κάποια φυσικά φαινόμενα. Κατόπιν είχαμε μιλήσει για τη σχέση θερμοκρασίας και φυσικής κατάστασης. Αν η θερμοκρασία είναι από μηδέν εως εκατό βαθμών κελσίου, σε ποια κατάσταση είναι το νερό; M2:υγρή E: κάτω από τους μηδέν; M2: στερεή E: πάνω από τους 100; M3: αέρια E: στους μηδέν βαθμούς; M3: υπάρχει πάγος και νερό E: στους εκατό; M4: συνυπάρχει υγρή και αέρια μορφή E: κατόπιν στην τρίτη ενότητα μιλήσαμε για τα επτά βασικά στάδια του κύκλου του νερού. Ποια είναι αυτά; M5: εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση, απορροή υπόγεια και επιφανειακή, εκφόρτιση, διαπνοή, κατείδυση. E: και δώσαμε ερμηνείες. Υπάρχει καμία απορία για τις ερμηνείες; MMMM: όχι E: και σήμερα μιλήσαμε για τη σύνδεση αυτών των φαινομένων με τη σωστή διαδοχική σειρά. Είπαμε όμως μπορεί αυτά τα επτά φαινόμενα να μην συνυπάρχουν σε έναν κύκλο. Μπορεί να υπάρχουν μόνο τρία φαινόμενα. Και πάντα κοντά στην εξάτμιση , θα βάζουμε ποιο φαινόμενο;</p>
--	--	--	--	---

				<p>M6: διαπνοή.  E: και κατόπιν καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι η συνολική ποσότητα του νερού δε θα τελειώσει ποτέ για ποιον λόγο;  M7: γιατί ανακυκλώνεται.  E: είναι ίδιο το νερό που πίνουμε σήμερα με το νερό που έπιναν οι δεινόσαυροι M8;  M8: όχι  E: εσύ τι λες;  M9: ναι  M10: ναι  M11: όχι  M12: νομίζω ναι  M13: όχι  M14: γιατί;  M13: έχει χλώριο  E: Μάλλον M13 δεν κατάλαβες την ερώτηση. Είναι το ίδιο νερό, δεν εννοώ τις ουσίες που έχει μέσα για καθαρισμό του  M15: ναι, είναι το ίδιο  E: παιδιά, ευχαριστώ πάρα πολύ για τη συνεργασία.</p> <p><b>Συμμετογή παιδιών:</b> λόγω της σύνοψης που περιείχε αρκετές ερωτήσεις από όλες τις ενότητες σχεδόν όλα τα παιδιά συμμετείχαν απαντώντας</p>
--	--	--	--	---

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6:

### Δείγμα ερωτηματολογίου προελέγχου-μεταελέγχου

#### Το ερωτηματολόγιο προελέγχου της έρευνας

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ (Συμπλήρωσε δίπλα έναν κωδικό που τον θυμάσαι εύκολα 190...)

Αγαπητέ μαθητή/τρια,

Με τη συμπλήρωση αυτού του σύντομου ερωτηματολογίου, συμμετέχεις σε μια έρευνα η οποία γίνεται για να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας με θέμα «ο κύκλος του νερού». Να επισημανθεί ότι θα τηρηθεί ανωνυμία και εχεμύθεια και δε σχετίζεται καθόλου με την αξιολόγηση της επίδοσής σου στο μάθημα, ωστόσο θα μας βοηθήσεις πολύ αν απαντήσεις με ειλικρίνεια και σαφήνεια. Στο τέλος των μαθημάτων θα σου ζητηθεί να απαντήσεις στο ίδιο ερωτηματολόγιο, ακριβώς γιατί η σύγκριση των απαντήσεων πριν και μετά τη διδασκαλία μας θα μας βοηθήσει να εκτιμήσουμε την αποτελεσματικότητα της. Σε ευχαριστούμε πολύ για τη συμμετοχή.

#### Ερωτήσεις προελέγχου (pretest)

1. Α. Γράψτε ένα λόγο που να δικαιολογεί την πρόταση «το νερό είναι καθοριστικός παράγοντας δημιουργίας της ζωής».

Το νερό είναι καθοριστικός παράγοντας δημιουργίας της ζωής, καθώς όλοι οι οργανισμοί χρειάζονται το νερό. Είναι η βασική τους ανάγκη και η ζωή δημιουργείται από αυτό.

- Β. Γράψτε επίσης ένα λόγο που να δικαιολογεί την πρόταση «το νερό είναι θεμελιώδης παράγοντας διατήρησης της ζωής».

Το νερό είναι θεμελιώδης παράγοντας διατήρησης της ζωής, καθώς κατά τη φύση που αποτελεί το «επίγειο» της ζωής χωρίς νερό δεν θα μπορούσε να γίνει κανένας οργανισμός.

2. Τι σημαίνει η λέξη λειψυδρία. Ποια είναι η κυριότερη αιτία που τη δημιουργεί;

Δεν υπάρχει νερό.

3. Αντιστοιχίστε μορφές νερού στη φύση με τις αντίστοιχες φυσικές του καταστάσεις (για διευκόλυνσή, σας δίνουμε την πληροφορία ότι τα υπόγεια νερά είναι σε υγρή κατάσταση):

Μορφές νερού	Φυσική κατάσταση
Βροχή	<u>υγρή</u>
Υδρατμοί	<u>αέρια</u>
Παγετώνες	<u>στερεή</u>
Υπόγεια νερά	<u>υγρή</u>
Παγόβουνα	<u>στερεή</u>



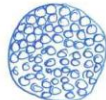
Ωκεανοί	υγρή
---------	------

4. Α. Περιγράψτε σύντομα ποιος νομίζετε ότι είναι ο σκοπός του παρακάτω προπλάσματος ανθρώπινου σώματος (μοντέλο).



Νομίζω ότι σκοπός του προπλάσματος ανθρώπινου σώματος είναι να μας δείξει την πορεία του νερού στο σώμα μας.

- Β. Προσπαθήστε να σχεδιάσετε παρακάτω 6 μόρια νερού στις τρεις φυσικές του καταστάσεις. Κάντε τρία διαφορετικά σχέδια (μοντέλα) ένα για κάθε κατάσταση. (κάθε μόριο παραστήστε το με ένα μικρό κύκλο όπως το διπλανό  $\circ$ )



στερεή



υγρή



αέρια

5. Α. Αντιστοιχίστε τα φαινόμενα της στήλης I με τις προτάσεις της στήλης II: (κάθε φαινόμενο της στήλης I αντιστοιχεί σε μία μόνο πρόταση της στήλης II)

Στήλη I	Στήλη II
<del>Α.</del> εξάτμιση	1. απορρόφηση νερού από το έδαφος
<del>Β.</del> κατείσδυση	2. κίνηση νερού πάνω στη στεριά και μέσα σ' αυτήν
<del>Γ.</del> απορροή	3. βροχή, χιόνι, χιονόνερο, χαλάζι
<del>Δ.</del> κατακρήμνιση	4. μετατροπή υδρατμών σε σταγονίδια νερού και παγοκρυστάλλους
<del>Ε.</del> συμπίκνωση	5. απελευθέρωση του υπόγειου νερού προς την θάλασσα και την επιφάνεια της στεριάς
<del>Στ.</del> εκφόρτιση	6. εξάτμιση νερού από τα στόματα των φύλλων των φυτών

<input checked="" type="checkbox"/> 7. διαπνοή	<input checked="" type="checkbox"/> 7. μετατροπή νερού σε υδρατμούς μόνο από την επιφάνεια του
	8. μετατροπή νερού σε υδρατμούς, σταγονίδια νερού και παγοκρυστάλλους
	<input checked="" type="checkbox"/> 9. Η πτώση του νερού με τη μορφή κατακρημνισμάτων δηλαδή βροχής, χιονιού, χιονόνεου και χαλαζιού

..... Α-7, Β-2, Γ-5, Δ-9, Ε-4, Ζ-9, Ζ-6

.....  
 Β. Αριθμήστε τα παραπάνω φαινόμενα του νερού της πρώτης στήλης από το 1 έως το 7 ώστε να φαίνεται η σωστή διαδοχική σειρά με την οποία εκδηλώνονται στη φύση. (μπορείτε να αρχίσετε από όποιο φαινόμενο θέλετε)

..... ~~1) κατακρήμνιση 2) απορροή 3)~~ 1) κατακρήμνιση 2) καταιγίδα  
 3) απορροή 4) εκκρυστάλλωση 5) διαπνοή 6) συμπύκνωση 7) εξάτμιση

6. Περιγράψτε σ' ένα σύντομο κείμενο τι εννοούμε με τη πρόταση «ο κύκλος του νερού στη φύση».

..... Με την πρόταση «ο κύκλος του νερού στη φύση» εννοούμε τη διαδρομή που κάνει το νερό στη φύση. Την πύση του νερού με διάφορες μορφές το κέρτασμα του και επιφανειακή και σε μεγαλύτερο βάθος εν η και τέλος την εξατμίση του και τη μετατροπή του σε υδρατμούς.

7. Λέγεται ότι η συνολική ποσότητα του νερού στη Γη παραμένει σταθερή. Επιλέξτε ένα από τα παρακάτω: Α) Συμφωνώ, Β) Διαφωνώ, Γ) Δεν γνωρίζω και αιτιολογήστε την απάντησή σας.

..... Διαφωνώ με την παραπάνω άποψη. Στην εποχή μας λόγω του κλιματικού αλλαγών υπάρχουν φαινόμενα αλλαγής στη θερμοκρασία και στο κλίμα. Αποτέλεσμα αυτού αποτελεί το λιώσιμο των παγετώνων κ.α

8. Προσπαθήστε να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα που αναφέρεται στο νερό σε ατμοσφαιρική πίεση όπως το παράδειγμα. (όπου δεν προκύπτει αλλαγή κατάστασης ή συνύπαρξη καταστάσεων στην τελική θερμοκρασία βάλτε παύλα)

Μεταβολή θερμοκρασίας	Αλλαγή κατάστασης	Συνύπαρξη καταστάσεων
-----------------------	-------------------	-----------------------

από .....°C	στους .....°C	από ....σε.... και κατόπιν σε....	στην τελική θερμοκρασία ..... και .....
από 43°C	στους 100°C	υγρή σε αέρια	υγρή και αέρια
από -20°C	στους +30°C	βρεφεί σε υγρή	υγρή
από -10°C	στους 110°C	βρεφεί και αέρια	αέρια
από 120°C	στους 160°C	υγρή και αέρια	αέρια
από -12°C	στους -5°C	βρεφεί	βρεφεί
από -4°C	στους 0°C	βρεφεί και υγρή	βρεφεί και υγρή

9. Α. Δώστε δύο πιθανές διαδρομές που μπορεί να ακολουθήσει το νερό που υπάρχει σε μια λακκούβα του δρόμου μετά από κάποιο χρονικό διάστημα.

1<sup>η</sup> διαδρομή ..... υγρή από χρονικό διάστημα μπορεί το νερό να απορροφηθεί από το έδαφος ή να εξατμιστεί (να πάει οι μορφή υδατμών των ατμόσφαιρα)

2<sup>η</sup> διαδρομή ..... υγρή το νερό να απορροφηθεί από το έδαφος

B. Είναι πιθανό το νερό αυτό πριν από κάποιο χρονικό διάστημα να έτρεξε από τις βρύσες των σπιτιών μας. Ναι - Όχι (κυκλώστε την επιλογή σας).

10. Α. Αναφέρετε και περιγράψτε τα φαινόμενα που αποτελούν τον κύκλο του νερού.

κατακρήμνιση, εξατμισμό, παύση του νερού σε διάφορες μορφές, απορροφή, διαλυση, ατμοσφαιρική, απορροφή, απορροφή, των από το έδαφος εξατμισμό που από τα υψίπεδα (ου πίν διασπορά, μεταφορά του σε υψίπεδα, διαλυση, εξατμισμό)

B. Δώστε μια σύντομη εξήγηση για τα φαινόμενα: εξατμωση, συμπύκνωση και κατακρήμνιση.

α) εξατμωση: είναι η μετατροπή νερού σε υδατμούς, λόγω των αυξημένων θερμοκρασιών

β) συμπύκνωση: μετατροπή υδατμών σε σφαιρίδια νερού και παγοκρυστάλλους

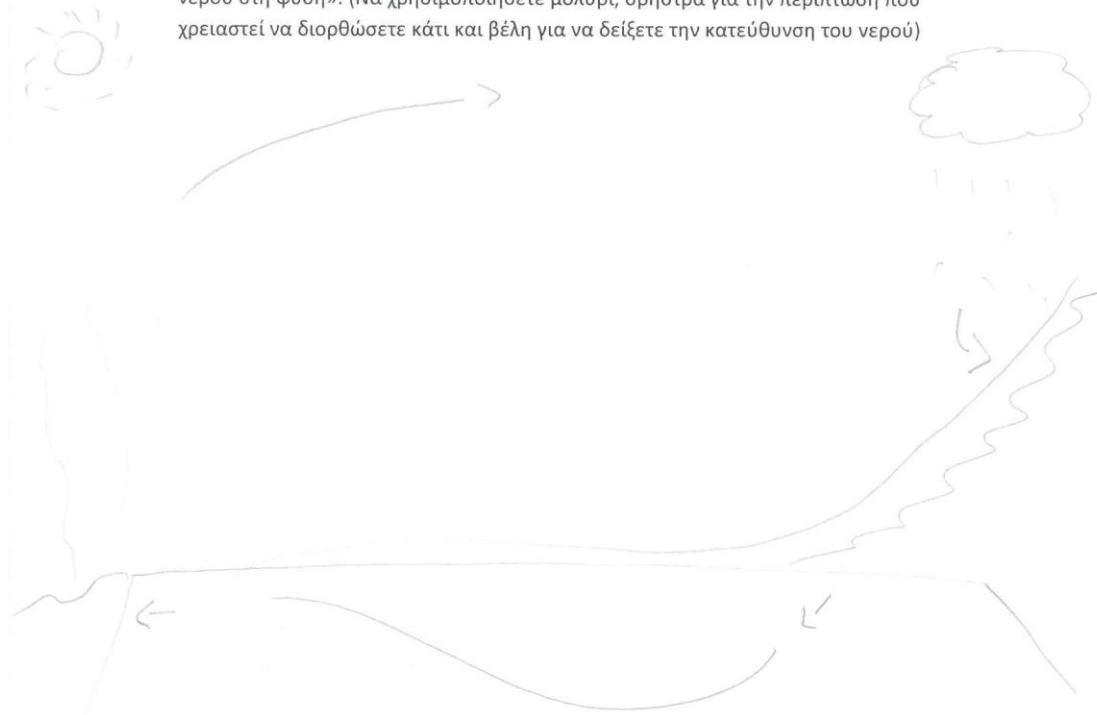
γ) κατακρήμνιση: είναι η παύση του νερού με διάφορες μορφές

.....  
.....  
.....

11. Απαντήστε στις παρακάτω προτάσεις γράφοντας Σ (Σωστό) ή Λ (Λάθος) στην αρχή κάθε πρότασης:

- A. Στην τροπική ζώνη συμβαίνει μεγαλύτερη εξάτμιση από την εύκρατη. Σ  
B. Ο κύκλος του νερού έχει πάντα ως αρχή τη θάλασσα και τέλος τη στεριά. Λ  
Γ. Ένα σύννεφο στην περιοχή σας έχει διαφορετική σύσταση από ένα σύννεφο στα Χανιά. Σ  
Δ. Η γενεσιουργός αιτία του κύκλου του νερού είναι ο ήλιος. Σ  
E. Το νερό (υδρατμός) που εξατμίζεται από την θάλασσα είναι «γλυκό». Σ  
ΣΤ. Δεν θα δημιουργηθεί πρόβλημα στην διαπνοή ενός φυτού αν καλύψουμε το κάτω μέρος των φύλλων του με βαζελίνη. Λ  
Ζ. Ο κύκλος του νερού αποτελεί ένα κλειστό σύστημα. Σ

12. Προσπαθήστε παρακάτω να κάνετε ένα σχέδιο που να αναπαριστά τον «κύκλο του νερού στη φύση». (Να χρησιμοποιήσετε μολύβι, σβήστρα για την περίπτωση που χρειαστεί να διορθώσετε κάτι και βέλη για να δείξετε την κατεύθυνση του νερού)



## Το ερωτηματολόγιο μεταελέγχου της έρευνας

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ (κωδικός: 190.....)

### Ερωτήσεις μεταελέγχου (post-test)

- A. Γράψτε ένα λόγο που να δικαιολογεί την πρόταση «το νερό είναι καθοριστικός παράγοντας δημιουργίας της ζωής».

Το νερό είναι καθοριστικός παραγοντικός δημιουργίας της ζωής γιατί είναι ο σημαντικότερος υδατάνωτος οργανισμός που υπάρχει στο νερό. Π.χ. όλα τα ζώα και επίσης χάρη στον ήλιο φαίνονται νερό σε άλλους πλανήτες.

B. Γράψτε επίσης ένα λόγο που να δικαιολογεί την πρόταση «το νερό είναι θεμελιώδης παράγοντας διατήρησης της ζωής».

Το νερό είναι θεμελιώδης παραγοντικός διατήρησης της ζωής καθώς είναι ο σημαντικότερος υδατάνωτος οργανισμός που υπάρχει στο νερό. Π.χ. Αν ζυγίζουμε έναν άνθρωπο και τον ποσόν, σε μέτρα, και αν γίνει το αιώμα θα αυξήσει.
- Τι σημαίνει η λέξη λειψυδρία. Ποια είναι η κυριότερη αιτία που τη δημιουργεί;

Λειψυδρία: Έχουμε όταν το νερό που υπάρχει στη μη δυν είναι ανεπαρκές για όλους τους οργανισμούς. Η κυριότερη αιτία που τη δημιουργεί είναι η ατέλει κατασκευή του νερού.
- Αντιστοιχίστε μορφές νερού στη φύση με τις αντίστοιχες φυσικές του καταστάσεις (για διευκόλυνσή, σας δίνουμε την πληροφορία ότι τα υπόγεια νερά είναι σε υγρή κατάσταση):

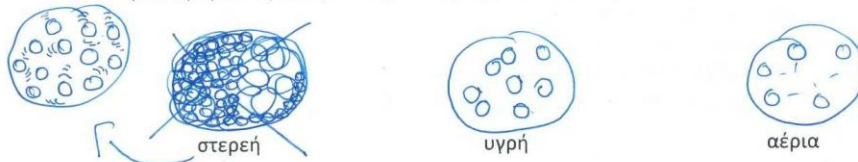
Μορφές νερού	Φυσική κατάσταση
Βροχή	υγρή
Υδρατμοί	αέρια
Παγετώνες	στερεή
Υπόγεια νερά	υγρή
Παγόβουνα	στερεή
Ωκεανοί	υγρή

- A. Περιγράψτε σύντομα ποιος νομίζετε ότι είναι ο σκοπός του παρακάτω προπλάσματος ανθρώπινου σώματος (μοντέλο).



Ο βιολογός του παραπάνω μοντέλου είναι να μας δείξει την πορεία που ακολουθεί το νερό στο ανθρώπινο σώμα.

B. Προσπαθήστε να σχεδιάσετε παρακάτω 6 μόρια νερού στις τρεις φυσικές του καταστάσεις. Κάντε τρία διαφορετικά σχέδια (μοντέλα) ένα για κάθε κατάσταση. (κάθε μόριο παραστήστε το με ένα μικρό κύκλο όπως το διπλανό  $\circ$  )



5. A. Αντιστοιχίστε τα φαινόμενα της στήλης I με τις προτάσεις της στήλης II: (κάθε φαινόμενο της στήλης I αντιστοιχεί σε μία μόνο πρόταση της στήλης II)

Στήλη I	Στήλη II
<input checked="" type="checkbox"/> Α. εξάτμιση	<input checked="" type="checkbox"/> 1. απορρόφηση νερού από το έδαφος
<input checked="" type="checkbox"/> Β. κατείδυση	<input checked="" type="checkbox"/> 2. κίνηση νερού πάνω στη στεριά και μέσα σ' αυτήν
<input checked="" type="checkbox"/> Γ. απορροή	3. βροχή, χιόνι, χιονόνερο, χαλάζι
<input checked="" type="checkbox"/> Δ. κατακρήμνιση	<input checked="" type="checkbox"/> 4. μετατροπή υδρατμών σε σταγονίδια νερού και παγοκρυστάλλους
<input checked="" type="checkbox"/> Ε. συμπύκνωση	<input checked="" type="checkbox"/> 5. απελευθέρωση του υπόγειου νερού προς την θάλασσα και την επιφάνεια της στεριάς
<input checked="" type="checkbox"/> Στ. εκφόρτιση	<input checked="" type="checkbox"/> 6. εξάτμιση νερού από τα στόματα των φύλλων των φυτών
<input checked="" type="checkbox"/> Ζ. διαπνοή	<input checked="" type="checkbox"/> 7. μετατροπή νερού σε υδρατμούς μόνο από την επιφάνεια του
	8. μετατροπή νερού σε υδρατμούς σταγονίδια νερού και παγοκρυστάλλους
	<input checked="" type="checkbox"/> 9. Η πτώση του νερού με τη μορφή κατακρημνισμάτων δηλαδή βροχής, χιονιού, χιονόνεου και χαλαζιού

A-7, B-1, Γ-2, Δ-9, Ε-4, ΣΤ-5, Ζ-6

B. Αριθμήστε τα παραπάνω φαινόμενα του νερού της πρώτης στήλης από το 1 έως

το 7 ώστε να φαίνεται η σωστή διαδοχική σειρά με την οποία εκδηλώνονται στη φύση. (μπορείτε να αρχίσετε από όποιο φαινόμενο θέλετε)

1) κατακρήμνιση 2) αφαίρεση 3) κατείδωση 4) ~~αποψύξη~~ εκκρίσιση  
5) εξάτμιση 6) διάλυση 7) συμπύκνωση

6. Περιγράψτε σ' ένα σύντομο κείμενο τι εννοούμε με τη πρόταση «ο κύκλος του νερού στη φύση».

Με την πρόταση «ο κύκλος του νερού στη φύση» εννοούμε τη διαδρομή που κάνει το νερό στη φύση μέσα από τις διάφορες μορφές που παίρνει (π.χ. υγρή, στερεή κ.λπ.)

7. Λέγεται ότι η συνολική ποσότητα του νερού στη Γη παραμένει σταθερή. Επιλέξτε ένα από τα παρακάτω: **A**) Συμφωνώ, **B**) Διαφωνώ, **Γ**) Δεν γνωρίζω και αιτιολογήστε την απάντησή σας.

Συμφωνώ με την παραπάνω πρόταση. Το νερό παραμένει σταθερό στη φύση. Αλλά μπορεί να μην απελευθερώσει ή να δεχθεί κρυμμένο θερμικό διαστήματα ή σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

8. Προσπαθήστε να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα που αναφέρεται στο νερό σε ατμοσφαιρική πίεση όπως το παράδειγμα. (όπου δεν προκύπτει αλλαγή κατάστασης ή συνύπαρξη καταστάσεων στην τελική θερμοκρασία βάλτε παύλα)

Μεταβολή θερμοκρασίας από .....°C στους .....°C	Αλλαγή κατάστασης από ...σε... και κατόπιν σε...	Συνύπαρξη καταστάσεων στην τελική θερμοκρασία ..... και .....
από 43°C στους 100°C	υγρή σε αέρια	υγρή και αέρια
από -20°C στους +30°C	στερεή σε υγρή	υγρή
από -10°C στους 110°C	στερεή σε αέρια	αέρια
από 120°C στους 160°C	αέρια	αέρια
από -12°C στους -5°C	στερεή	στερεή
από -4°C στους 0°C	στερεή σε υγρή	στερεή και υγρή

9. **A.** Δώστε δύο πιθανές διαδρομές που μπορεί να ακολουθήσει το νερό που υπάρχει σε μια λακκούβα του δρόμου μετά από κάποιο χρονικό διάστημα.

1<sup>η</sup> διαδρομή Νερό από κάποιο χρονικό διάστημα το νερό μπορεί να εξατμιστεί

2<sup>η</sup> διαδρομή Το νερό μπορεί να απορρομωθεί από το έδαφος

B. Είναι πιθανό το νερό αυτό πριν από κάποιο χρονικό διάστημα να έτρεξε από τις βρύσες των σπιτιών μας.  Ναι -  Όχι (κυκλώστε την επιλογή σας).

10. A. Αναφέρεται και περιγράψτε τα φαινόμενα που αποτελούν τον κύκλο του νερού.

- 1) κατακρήμνιση: Η πτώση του νερού στη γη με τη μορφή καταιγίδων ή χιονιού (π.χ. βροχή, χιόνι).
- 2) ατμόσφαιρα: κίνηση του νερού πάνω στη γη και μέσα στην ατμόσφαιρα.
- 3) καταιγιστική δύναμη: απορρομωμένο νερό από το έδαφος.
- 4) Εξάτμιση: απελευθέρωση των υγρών νερού στην θάλασσα και στην επιφάνεια της γης.
- 5) Εξάτμιση: μετατροπή του νερού σε υδραερίους, μακριά από την επιφάνεια της γης.
- 6) Διαπνοή: Εξάτμιση του νερού από τα κύματα των φυτών και των ζώων.
- 7) Συμπύκνωση: μετατροπή των υδραερίων σε σταγονίδια νερού και παγοκρυστάλλους.

B. Δώστε μια σύντομη εξήγηση για τα φαινόμενα: εξάτμιση, συμπύκνωση και κατακρήμνιση.

Εξάτμιση: Αιτία της εξάτμισης είναι οι υψηλές θερμοκρασίες

Συμπύκνωση: Οι υδραερίοι ανεβαίνουν στον αέρα και συσπύκνωση και παγοκρυστάλλους

Κατακρήμνιση: Το νερό πέφτει στη γη με διάφορες μορφές και λόγω της θερμοκρασίας

11. Απαντήστε στις παρακάτω προτάσεις γράφοντας Σ (Σωστό) ή Λ (Λάθος) στην αρχή κάθε πρότασης:

- A. Στην τροπική ζώνη συμβαίνει μεγαλύτερη εξάτμιση από την εύκρατη. **Λ**
- B. Ο κύκλος του νερού έχει πάντα ως αρχή τη θάλασσα και τέλος τη στεριά. **Λ**
- Γ. Ένα σύννεφο στην περιοχή σας έχει διαφορετική σύσταση από ένα σύννεφο στα Χανιά. **Σ**
- Δ. Η γενεσιουργός αιτία του κύκλου του νερού είναι ο ήλιος. **Σ**



- Ε. Το νερό (υδατμός) που εξατμίζεται από την θάλασσα είναι «γλυκό». Σ  
 ΣΤ. Δεν θα δημιουργηθεί πρόβλημα στην διαπνοή ενός φυτού αν καλύψουμε το κάτω μέρος των φύλλων του με βαζελίνη. Λ  
 Ζ. Ο κύκλος του νερού αποτελεί ένα κλειστό σύστημα. Σ

12. Προσπαθήστε παρακάτω να κάνετε ένα σχέδιο που να αναπαριστά τον «κύκλο του νερού στη φύση». (Να χρησιμοποιήσετε μολύβι, σβήστρα για την περίπτωση που χρειαστεί να διορθώσετε κάτι και βέλη για να δείξετε την κατεύθυνση του νερού)

