



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΠΡΑΓΜΑΤΕΥΣΗ
ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ
ΖΗΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

ΑΘΑΝΑΣΙΑ – ΑΝΤΩΝΙΑ ΚΟΚΟΛΑΚΗ

ΡΕΘΥΜΝΟ 2022



UNIVERSITY OF CRETE
FACULTY OF EDUCATION
DEPARTMENT OF PRIMARY EDUCATION

PhD THESIS

**TEACHERS' TRAINING IN THE NEGOTIATION OF
CURRENT SOCIOSCIENTIFIC ISSUES IN SCIENCE
TEACHING**

ATHANASIA – ANTONIA KOKOLAKI

RETHYMNO 2022

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΠΡΑΓΜΑΤΕΥΣΗ
ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ
ΖΗΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

ΑΘΑΝΑΣΙΑ – ΑΝΤΩΝΙΑ ΚΟΚΟΛΑΚΗ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Καθηγητής Σταύρου Δημήτρης, Επιβλέπων

Καθηγητής Τζανάκης Κωνσταντίνος, Μέλος Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής

Επ. Καθηγητής Ασημόπουλος Στέφανος, Μέλος Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής

Επ. Καθηγητής Ζουπίδης Αναστάσιος, Εξεταστής

Αν. Καθηγητής Καλογιαννάκης Μιχαήλ, Εξεταστής

Επ. Καθηγητής Κούρκουλος Μιχαήλ, Εξεταστής

Καθηγήτρια Σπύρτου Άννα, Εξετάστρια

Στη μαμά μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πρώτα απ' όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Δημήτρη Σταύρου για την επιστημονική καθοδήγηση και άμεση υποστήριξή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διατριβής. Τον ευχαριστώ για τον προσωπικό του χρόνο, τη διαρκή και άμεση επικοινωνία μας, την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αλλά και για όλες τις ευκαιρίες που μου προσέφερε στη διάρκεια όλων των χρόνων συνεργασίας μας. Η ενθάρρυνση και υποστήριξή του για την εμπλοκή μου σε ποικίλες διαδικασίες όπως είναι η οργάνωση και συμμετοχή σε ελληνικά και ευρωπαϊκά συνέδρια, θερινά σχολεία, ευρωπαϊκά προγράμματα συνέβαλλαν καθοριστικά στην εξέλιξή μου ανοίγοντάς μου νέους ορίζοντες και προοπτικές.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα άλλα δύο μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής, τον κ. Κωνσταντίνο Τζανάκη και τον κ. Στέφανο Ασημόπουλο για τη συμμετοχή τους στην κρίση της διατριβής, τις γόνιμες συμβουλές τους και την υποστήριξή τους ήδη από το στάδιο των μεταπτυχιακών μου σπουδών. Επιπλέον, ευχαριστώ και όλα τα υπόλοιπα μέλη της επταμελούς επιτροπής για τις κρίσεις τους και τα εποικοδομητικά σχόλιά τους. Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω επίσης στην κ. Μαρία Ευαγόρου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια στο Πανεπιστήμιο Λευκωσίας, για τις πολύτιμες και καίριες συμβουλές της αναφορικά με την ανάλυση των δεδομένων της κυρίως έρευνας.

Ένα ιδιαίτερο και ξεχωριστό ευχαριστώ οφείλω στην μεταδιδακτορική ερευνήτρια Έμιλυ Μιχαηλίδη για τη διαρκή υποστήριξη της, τις πολύτιμες συμβουλές και ιδέες της, τις πολύωρες συζητήσεις μας γύρω από ακαδημαϊκά και μη ζητήματα. Η αγάπη και η αφοσίωσή της στο αντικείμενο λειτούργησαν συχνά για μένα ως πρότυπο και κίνητρο. Την ευχαριστώ ολόθερμα για τη διαρκή αλληλεπίδρασή μας και που ήταν πάντα εκεί.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα Αργύρη Νιτυράκη για την συνεργασία μας στην παράλληλη πορεία των διατριβών μας καθώς και την υποψήφια διδάκτορα Καλλιόπη Γιαννακουδάκη για την πολύτιμη βοήθειά της στη φάση της εφαρμογής του διδακτικού υλικού που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας έρευνας. Επιπλέον, ευχαριστώ θερμά τον υποψήφιο διδάκτορα Γιάννη Μεταξά για τις πολύτιμες συμβουλές του αναφορικά με το επιστημονικό αντικείμενο της νανοτεχνολογίας αλλά και για τις ιδέες, σκέψεις και προβληματισμούς που ανταλλάξαμε. Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω και στον Νίκο Καπελώνη, υποψήφιο διδάκτορα και ΕΤΕΠ του Πανεπιστημίου Κρήτης, για την τεχνική υποστήριξη που μου προσέφερε κατά την απότομη μετάβαση από την δια ζώσης οργάνωση

της εμπειρικής έρευνας σε ψηφιακή στο πρώτο ξέσπασμα της πανδημίας. Η συμβολή του ήταν καθοριστική ώστε να μην χαθεί καθόλου χρόνος και να εξελιχθεί ομαλά η διαδικασία.

Επιπλέον θέλω να ευχαριστήσω τη μεταπτυχιακή φοιτήτρια Ελένη Μποτζάκη, η οποία έχει ένα μαγικό τρόπο να δρα πάνω μου αγχολυτικά σε περιόδους ιδιαίτερης πίεσης. Την ευχαριστώ τόσο για την άψογη συνεργασία μας σε επαγγελματικά πλαίσια όσο και για την στενή φιλική σχέση που έχουμε αναπτύξει. Ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ οφείλω και σε όλα τα υπόλοιπα μέλη της ερευνητικής μας ομάδας καθώς το ζεστό και ευχάριστο κλίμα εργασίας και συνεργασίας μας συνέβαλε ώστε το εργαστήριο να λογίζεται για πολλούς από εμάς ως «δέυτερο» σπίτι! Ευχαριστώ επομένως κάθε προπτυχιακό ή μεταπτυχιακό φοιτητή που πέρασε από τους χώρους αυτούς τα τελευταία πέντε χρόνια και ιδιαίτερα το Μανόλη, το Μιχάλη, τη Χαρά και την Έλλη.

Επιπρόσθετα, ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στους συμμετέχοντες φοιτητές της εμπειρικής έρευνας και ιδιαίτερα στους έξι φοιτητές της κυρίως έρευνας. Η στενή και ευχάριστη συνεργασία μας κατέστησε τη χρονιά διεξαγωγής της κυρίως έρευνας την πιο συναρπαστική χρονιά αυτής της διαδρομής. Επιπλέον, ευχαριστώ θερμά τις εκπαιδευτικούς Μαρία Θεοδοσούλη και Ελευθερία Βουρδουμπάκη που συνέβαλαν στην εφαρμογή του διδακτικού υλικού που αναπτύχθηκε στην πράξη και μάλιστα υπό τις πρωτόγνωρες και δύσκολες συνθήκες που διαμόρφωσε η τηλεκπαίδευση.

Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω όλους μου τους φίλους για την υπομονή και την υποστήριξή τους και ιδιαίτερα τη Δέσποινα, τη Μαρία, τον Γιάννη και τον Χρήστο. Τους ευχαριστώ για τις πολύωρες συζητήσεις μας γύρω από προβληματισμούς και ανησυχίες αλλά κυρίως γιατί ακόμη και από μακριά ήταν εδώ στην πιο δύσκολη στιγμή αυτής της διαδρομής δείχνοντάς μου συχνά μια εναλλακτική οπτική στα διάφορα ζητήματα που προέκυπταν. Τέλος, ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον αδερφό μου και στον μπαμπά μου, ο οποίος από την πρώτη στιγμή που γεννήθηκα μου προσφέρει πολλά περισσότερα από όσα μπορεί, πολλά περισσότερα από όσα χρειάζομαι. Τον ευχαριστώ που πάντα είναι δίπλα μου με κάθε κόστος, που ξέρει με έναν τρόπο διακριτικό να με στηρίζει, να με συμβουλεύει και να αποτελεί για μένα ένα σταθερό σημείο αναφοράς.



Η ερευνητική εργασία υποστηρίχτηκε από το Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας (ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ.) στο πλαίσιο της Δράσης «Υποτροφίες ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ. Υποψηφίων Διδασκόντων» (Αριθμός Υποτροφίας: 1490).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ.....	xii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ.....	xiii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	xiv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	xv
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	17
1.1. Η αναγκαιότητα της έρευνας.....	17
1.2. Θεωρητικό πλαίσιο της έρευνας.....	19
1.3. Η υλοποίηση της έρευνας στο πλαίσιο του MER – Δομή της διατριβής.....	26
1.4. Το ERTE στην παρούσα έρευνα.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΖΗΤΗΜΑΤΩΝ	31
2.1. Τα χαρακτηριστικά των Κοινωνικοεπιστημονικών Ζητημάτων.....	31
2.2. Αντικείμενα σύγχρονης έρευνας & Κοινωνικοεπιστημονικά Ζητήματα.....	35
2.3. Οι θεματικές περιοχές των ΚΕΖ.....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ.....	42
3.1. Η αξία διαπραγμάτευσης ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ.....	42
3.2. Η στοχοθεσία μιας ΚΕΖ διδασκαλίας.....	45
3.3. Τα μοντέλα σχεδιασμού και ανάπτυξης ΚΕΖ διδασκαλιών.....	51
3.4. Τάσεις στην εφαρμογή ΚΕΖ προσεγγίσεων κατά τη διδασκαλία των ΦΕ.....	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΙ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ.....	64
4.1. Οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών ΦΕ για την ΚΕΖ προσέγγιση.....	64
4.2. Τα προφίλ των εκπαιδευτικών με βάση τις αντιλήψεις τους.....	68
4.3. Δυσκολίες των εκπαιδευτικών κατά τον σχεδιασμό και υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών.....	74
4.4. Εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και ΚΕΖ διδασκαλία.....	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ.....	79
5.1. Οι θεμελιώδεις ιδέες της Νανοτεχνολογίας.....	79
5.2. Νανοτεχνολογία και Κοινωνικοεπιστημονικά Ζητήματα.....	83
5.3. Οι αντιλήψεις των μαθητών για τις θεμελιώδεις ιδέες της Νανοτεχνολογίας.....	86
5.4. Οι εφαρμογές της NET ως πλαίσιο διδασκαλίας των θεμελιωδών ιδεών της.....	91
Σύνοψη βιβλιογραφικής ανασκόπησης.....	93
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΡΟ-ΕΡΕΥΝΑ.....	94
6.1. Σκοπός της προ – έρευνας.....	94
6.2. Οι συμμετέχοντες της προ – έρευνας.....	95
6.3. Το πλαίσιο υλοποίησης της προ – έρευνας.....	95

6.4. Περιγραφή των διδασκαλιών της προ – έρευνας.....	99
6.5. Συλλογή δεδομένων προ – έρευνας.....	102
6.6. Ανάλυση δεδομένων προ – έρευνας.....	103
6.7. Αποτελέσματα προ - έρευνας.....	105
6.7.1. Περιεχόμενο των δραστηριοτήτων των σχεδίων μαθήματος της προ – έρευνας.....	105
6.7.2. Η στοχοθεσία των διδασκαλιών της προ – έρευνας.....	110
6.8. Συζήτηση – Συμπεράσματα προ – έρευνας.....	114
6.8.1. Συζήτηση των αποτελεσμάτων της προ-έρευνας.....	114
6.8.2. Προεκτάσεις προ-έρευνας στην κυρίως εμπειρική έρευνα.....	116
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΚΥΡΙΩΣ ΕΜΠΕΙΡΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	118
7.1. Σκοπός και ερευνητικό ερώτημα της κυρίως εμπειρικής έρευνας.....	118
7.2. Οι συμμετέχοντες στην κυρίως εμπειρική έρευνα.....	119
7.3. Οι φάσεις διεξαγωγής της κυρίως εμπειρικής έρευνας.....	120
7.4. Περιγραφή των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων της κυρίως εμπειρικής έρευνας.....	128
7.4.1. Δ1: NET και προϊόντα καθημερινής χρήσης.....	128
7.4.2. Δ2: NET και διάστημα.....	131
7.4.3. Δ3: NET και αντιμικροβιακές εφαρμογές.....	133
7.4.4. Δ4: NET και φωτοβολταϊκά συστήματα.....	136
7.4.5. Δ5: NET και καθαρισμός θαλασσών από τις πετρελαιοκηλίδες.....	137
7.4.6. Δ6: NET και μόλυνση του περιβάλλοντος.....	139
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	141
8.1. Πολλαπλές μελέτες περίπτωσης (Multiple – case studies).....	141
8.2. Ο ρόλος της ερευνήτριας.....	143
8.3. Εγκυρότητα και αξιοπιστία έρευνας.....	144
8.4. Συλλογή δεδομένων.....	145
8.5. Ανάλυση δεδομένων.....	147
8.5.1. Οι θεματικές περιοχές των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων.....	148
8.5.2. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων.....	149
8.5.3. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στα διδακτικά σενάρια.....	150
8.5.4. Οι τύποι των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια.....	152
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΜΠΕΙΡΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	155
9.1. Αποτελέσματα της εμπειρικής έρευνας για το Δ1.....	156
9.1.1. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ1.....	156
9.1.2. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ1.....	158
9.1.3. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ1.....	160
9.1.4. Ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ1.....	162

9.1.5. Σύνοψη αποτελεσμάτων για το Δ1	163
9.2. Αποτελέσματα της εμπειρικής έρευνας για το Δ2	165
9.2.1. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ2	165
9.2.2. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ2.....	167
9.2.3. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ2.....	169
9.2.4. Ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ2	171
9.2.5. Σύνοψη αποτελεσμάτων για το Δ2	172
9.3. Αποτελέσματα της εμπειρικής έρευνας για το Δ3	174
9.3.1. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ3	174
9.3.2. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ3.....	176
9.3.3. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ3.....	178
9.3.4. Ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ3	180
9.3.5. Σύνοψη αποτελεσμάτων για το Δ3	181
9.4. Αποτελέσματα της εμπειρικής έρευνας για το Δ4	183
9.4.1. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ4	183
9.4.2. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ4.....	185
9.4.3. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ4.....	187
9.4.4. Ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ4.....	188
9.4.5. Σύνοψη αποτελεσμάτων για το Δ4	190
9.5. Αποτελέσματα της εμπειρικής έρευνας για το Δ5	191
9.5.1. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ5	191
9.5.2. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ5.....	192
9.5.3. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ5.....	194
9.5.4. Ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ5.....	195
9.5.5. Σύνοψη των αποτελεσμάτων για το Δ5	196
9.6. Αποτελέσματα της εμπειρικής έρευνας για το Δ6	197
9.6.1. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ6	197
9.6.2. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ6.....	199
9.6.3. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ6.....	201
9.6.4. Ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ6.....	203
9.6.5. Σύνοψη των αποτελεσμάτων για το Δ6	204
9.7. Συνοπτικά αποτελέσματα των μελετών περίπτωσης	206
9.7.1. Οι θεματικές περιοχές των διδακτικών σεναρίων.....	206
9.7.2. Η στοχοθεσία των διδακτικών σεναρίων	207
9.7.3. Οι διδακτικές πρακτικές των διδακτικών σεναρίων	209
9.7.4. Ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στα διδακτικά σενάρια.....	210

9.8. Συγκριτική θεώρηση των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων	213
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΣΥΖΗΤΗΣΗ –ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	219
10.1. Συζήτηση των αποτελεσμάτων της έρευνας	219
10.2 Συμπεράσματα της έρευνας	229
10.3. Οι περιορισμοί της παρούσας έρευνας	232
10.4. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	232
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	235
Παράρτημα I: Τελική ημι – δομημένη συνέντευξη προ – έρευνας.....	253
Παράρτημα II: Κατηγοριοποίηση του περιεχομένου των δραστηριοτήτων της προ – έρευνας	254
Παράρτημα III: Κατηγοριοποίηση της στοχοθεσίας των δραστηριοτήτων της προ – έρευνας	255
Παράρτημα IV: Περιεχόμενα του υλικού προς μελέτη κατά την Φάση Α της κυρίως εμπειρικής έρευνας.....	257
Παράρτημα V: Αρχική συνέντευξη κυρίως εμπειρικής έρευνας.....	258
Παράρτημα VI: Ημι – δομημένη συνέντευξη κυρίως εμπειρικής έρευνας.....	260
Παράρτημα VII: Ημι – δομημένη τελική συνέντευξη κυρίως εμπειρικής έρευνας.....	261
Παράρτημα VIII :Κατηγοριοποίηση των θεματικών περιοχών.....	262
Παράρτημα IX : Κατηγοριοποίηση της στοχοθεσίας των δραστηριοτήτων.....	265
Παράρτημα X : Κατηγοριοποίηση των διδακτικών πρακτικών.....	268
Παράρτημα XI : Κατηγοριοποίηση του τύπου των ερωτημάτων.....	270
Δημοσιεύσεις σχετικές με τη διατριβή.....	271

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διατριβή επικεντρώνει στην εκπαίδευση μελλοντικών εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στη διαπραγμάτευση Κοινωνικοεπιστημονικών Ζητημάτων (ΚΕΖ) που εγείρονται από επιστήμες και τεχνολογίες αιχμής στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μέσα από τη διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης διδακτικών σεναρίων για τα ΚΕΖ που εγείρονται από εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας. Συγκεκριμένα, διερευνάται ο τύπος ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων που σχεδιάζουν και αναπτύσσουν μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης με βάση τις α. θεματικές περιοχές που θίγουν στο διδακτικό τους υλικό, β. τη στοχοθεσία των δραστηριοτήτων που αναπτύσσουν, γ. τις διδακτικές πρακτικές που αξιοποιούν και δ. τον τύπο των ερωτημάτων που ενσωματώνουν.

Στο πλαίσιο της παρούσας εμπειρικής έρευνας, έλαβαν χώρα μια προ – έρευνα με 12 μελλοντικούς εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης καθώς και η κυρίως εμπειρική έρευνα με τη συμμετοχή 6 μελλοντικών εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Κατά την προ – έρευνα οι 12 φοιτητές, χωρισμένοι σε ομάδες των τριών, σχεδίασαν και ανέπτυξαν διδακτικό υλικό για τη διαπραγμάτευση των ΚΕΖ που εγείρονται από τη χρήση πλαστικών – μικροπλαστικών. Η ανάλυση των δεδομένων της προ – έρευνας μας έδωσε κάποια πρώτα εμπειρικά στοιχεία σχετικά με τα χαρακτηριστικά των ΚΕΖ διδασκαλιών που αναπτύσσουν μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης ενώ τα στοιχεία αυτά, στη συνέχεια, τροφοδότησαν το πλαίσιο διεξαγωγής της κυρίως εμπειρικής έρευνας.

Κατά την υλοποίηση της κυρίως εμπειρικής έρευνας, οι έξι συμμετέχοντες φοιτητές, σχεδίασαν και ανέπτυξαν, στην διάρκεια ενός ακαδημαϊκού έτους, από ένα διδακτικό σενάριο για τη διαπραγμάτευση των ΚΕΖ που εγείρονται από την αξιοποίηση εφαρμογών της Νανοτεχνολογίας. Η κυρίως εμπειρική έρευνα πραγματοποιήθηκε σε τρεις φάσεις. Στην φάση Α, που περιλαμβάνει 6 συναντήσεις ολομέλειας, οι συμμετέχοντες φοιτητές εξοικειώθηκαν αφενός με το επιστημονικό περιεχόμενο, τις κοινωνικές προεκτάσεις και τη διδακτική της νανοτεχνολογίας και αφετέρου με το πλαίσιο της κοινωνικοεπιστημονικής προσέγγισης στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Στη φάση Β, που έλαβε χώρα μέσα από 8 ατομικές συναντήσεις με καθένα από τους συμμετέχοντες φοιτητές, πραγματοποιήθηκε ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη του διδακτικού υλικού από τους φοιτητές. Τέλος, στη φάση Γ, το παραχθέν διδακτικό υλικό εφαρμόστηκε εξ αποστάσεως με μαθητές κατά τη διάρκεια 4 συναντήσεων ανά διδακτικό υλικό.

Κατά τη διάρκεια της κυρίως εμπειρικής έρευνας δεδομένα συλλέχθηκαν από α. μια αρχική συνέντευξη, β. τις ηχογραφήσεις των ατομικών συναντήσεων και συναντήσεων ολομέλειας, γ. μια ημι – δομημένη συνέντευξη μετά την ολοκλήρωση του σχεδιασμού και της ανάπτυξης των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων και δ. μια ημι – δομημένη τελική συνέντευξη μετά την ολοκλήρωση της εφαρμογής του υλικού. Για την ανάλυση των δεδομένων, αξιοποιήθηκαν ποιοτικές μέθοδοι ανάλυσης περιεχομένου.

Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης διαμορφώνουν τρεις διαφορετικούς τύπους ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων. Ο πρώτος τύπος – *Multidimensional – driven KEZ διδακτικό υλικό* – καθοδηγείται από τη διαπραγμάτευση των ποικίλων παραγόντων και οπτικών που ενδεχομένως εμπλέκονται σε ένα ΚΕΖ. Ο δεύτερος τύπος – *Content – driven KEZ διδακτικό υλικό* – καθοδηγείται από τη διαπραγμάτευση των επιστημονικών διαστάσεων του υπό μελέτη ζητήματος ενώ ο τρίτος τύπος ΚΕΖ διδακτικού υλικού αξιοποιεί τα ΚΕΖ ως πλαίσιο για την εμπλοκή των μαθητών με έννοιες και αρχές επιστημονικού περιεχομένου ή και σύγχρονων τεχνολογικών εφαρμογών. Τα αποτελέσματα φανερώνουν την προοπτική εφαρμογής της ΚΕΖ προσέγγισης στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση αλλά και την ανάγκη εκπαίδευσης των μελλοντικών εκπαιδευτικών στην ιδιαίτερη στοχοθεσία και τις διδακτικές πρακτικές των ΚΕΖ διδασκαλιών.

Με βάση τα παραπάνω, η παρούσα έρευνα συνεισφέρει στην ερευνητική βιβλιογραφία που αφορά στην εκπαίδευση μελλοντικών εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στην διαπραγμάτευση ΚΕΖ που εγείρονται από σύγχρονα επιστημονικά αντικείμενα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Θεματική περιοχή: Εκπαίδευση μελλοντικών εκπαιδευτικών

Λέξεις κλειδιά: Κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα, σχεδιασμός διδακτικού υλικού, νανοτεχνολογία

SUMMARY

Literature review. Socioscientific Issues (SSI) are controversial issues rooted in science (e.g. Sadler & Zeidler, 2005) and usually in the knowledge related to frontiers of science (e.g. Ratcliffe & Grace, 2003) while their solutions are shaped by social, economic, political, and ethical concerns.

The value of SSI- based teaching in science courses is widely recognized (e.g. Sadler & Zeidler, 2005). SSI approaches have been argued to support students' science learning as well as to serve as effective contexts for understanding aspects of the nature of science (e.g. Karisan & Zeidler, 2017; Sadler et al., 2007). Educators have additionally argued the use of SSI in terms of their potential to foster students' argumentation and reasoning skills (e.g. Dawson & Venville, 2010; Zohar & Nemet, 2002). By discussing SSI, students form their own arguments, look for evidence, evaluate the available claims and try to balance the scientific and the social aspects of an issue. In this way, they gain knowledge and skills to make informed decisions, participate in public debates and take informed sociopolitical actions. All the aforementioned competencies are conceived to be necessary for students, as future citizens, in order to be able to deal with the social challenges and inequalities (e.g. Bencze et al., 2020).

However, literature review revealed that teachers face difficulties regarding the implementation of SSI – based teaching (e.g. Lee & Yang, 2017) such as a. the limited content knowledge especially in case of cutting – edge research topics, b. the limited pedagogical content knowledge regarding SSI negotiation in science courses and c. the lack of teaching materials, updated curriculums and time. Despite of teachers' difficulties, the research in SSI field is focused mainly on students. Empirical studies on the teaching practices teachers' use and on the way they plan and implement their SSI instructions are limited (e.g. Evagorou & Dillon, 2020; Hancock et al., 2019; Nielsen, 2020; Saunders & Rennie, 2013). The limited empirical research on how teachers use SSI approaches in science course is even less when referring to primary school teachers and to SSIs derived from contemporary scientific topics and technological innovations (e.g. Espeja & Couso, 2020; Evagorou & Puig, 2017; Nielsen et al. al., 2020).

Aim of the study. Based on the above, the present study focuses on pre – service primary teachers' education in the negotiation of SSI that arise from cutting – edge research topics in science courses through the design and development of SSI teaching scenarios about

Nanotechnology applications. In particular, we explore the types of SSI teaching scenarios pre – service primary teachers (PPTs) develop. The type of the SSI teaching scenario is determined by a. the subject areas included, b. the objectives of the activities, c. the teaching practices used and d. the type of incorporated questions. In particular, the research question that guides the present study is the following:

Which are the types of teaching scenarios pre – service primary teachers design and develop for the negotiation of the SSIs that arise from cutting – edge research topics such as nanotechnology?

Research design. The study was conducted within the framework of the Model of Educational Reconstruction for Teacher Education (Komorek & Kattmann, 2008; Van Dijk & Kattmann, 2007). Initially, in the context of the empirical study, a pilot study with 12 PPTs took place. During the pilot study, the participants, divided in groups of three, designed and developed teaching material for the negotiation of the SSIs that arise from the use of plastics and micro – plastics in daily life. Data analysis from the pilot study provided us with insights into the features of the SSI instructions PPTs develop while the results gave us the necessary feedback for the design of the main empirical study.

During the main study, 6 PPTs designed and developed teaching scenarios for the negotiation of the SSIs that arise from Nanotechnology applications. The main study took place through three phases. In phase A (6 meetings), PPTs got familiar with a. the scientific content, the social implications and the teaching approach of Nanotechnology and b. with the SSI - based teaching approach in science education. In phase B (8 meetings with each participant), PPTs designed and developed their SSI teaching scenario. Finally, in phase C (4 meetings for each SSI teaching scenario), the implementation of the developed SSI teaching materials took place.

Data collection & analysis. During the main study, data was collected through a. an initial interview, b. the audio recordings of phases A and B, c. a semi – structured interview after the development of the SSI teaching materials and d. a semi – structured final interview after the implementation of the SSI teaching materials. In order to explore the types of the SSI teaching scenarios PPTs design and develop, the data was analyzed based on four different axes:

1. The subject areas included in the teaching scenarios
2. The objectives of the developed activities
3. The adopted teaching practices in the lesson plans

4. The type of incorporated questions

Because of the explorative nature of the study, for the data analysis qualitative methods of content analysis were used (Mayring, 2015).

Results. The results show that PPTs develop three different types of SSI teaching scenarios. The first type – *the Multidimensional – driven SSI teaching material* – is focused on the SSIs' multiple perspectives and factors. In detail, this type of teaching scenario gives emphasis on the social aspects of the issues under examination while the main objective refers to the development of students' perspective – taking. The main teaching practice adopted in the lesson plans is stakeholders' analysis while most of the incorporated questions ask students to predict or analyze the relationship among the diverse involved factors (*explain questions*). Three of the participants developed multidimensional – driven SSI teaching materials.

The second type – *the Content – driven SSI teaching material* – gives emphasis on the SSIs scientific aspects. In particular, this type of SSI teaching scenario focuses on the scientific principles and empirical data relating to the issues under examination while the main objective concerns students' recognition of the SSIs' on – going inquiry. In the content – driven SSI teaching materials reasoning questions that call students to argument, to propose a solution or to take a decision are mainly incorporated. Two of the participants developed content – driven SSI teaching scenarios.

Finally, the third type of teaching scenarios use SSIs as contexts for students' engagement with scientific principles or technological applications. Either topic – specific teaching practice or SSI – related goals were identified. One of the participants developed a teaching scenario that uses SSI as context.

Conclusions. The results give insights into the potential of SSI approach in primary education while they support the need for PPTs training in the topic – specific teaching goals and strategies. Hence, based on the aforementioned, the present study contributes in research literature relating to pre – service primary teachers' training in the negotiation of the SSIs that are raised by contemporary scientific topics and technological applications.

Subject area: Initial teacher education

Keywords: Socioscientific issues, design of teaching material, nanotechnology

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

ERTE:	Μοντέλο Εκπαιδευτικής Αναδόμησης για την Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών
MER:	Μοντέλο Εκπαιδευτικής Αναδόμησης
ΚΕΖ:	Κοινωνικοεπιστημονικά Ζητήματα
NET:	Νανοτεχνολογία
ΠΓΠ:	Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου
ΠΤΔΕ:	Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
ΥΕΚ:	Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία
ΦΕ:	Φυσικές Επιστήμες
ΦτΕ:	Φύση της Επιστήμης

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 6.1. Το περιεχόμενο των δραστηριοτήτων της προ – έρευνας	106
Γράφημα 6.2. Η στοχοθεσία των διδασκαλιών της προ – έρευνας	110
Γράφημα 9.1. Η απόλυτη συχνότητα ανά τύπο ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ1	162
Γράφημα 9.2. Η απόλυτη συχνότητα ανά τύπο ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ2	171
Γράφημα 9.3. Η απόλυτη συχνότητα ανά τύπο ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ3	180
Γράφημα 9.4. Η απόλυτη συχνότητα ανά τύπο ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ4	188
Γράφημα 9.5. Η απόλυτη συχνότητα ανά τύπο ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ5	195
Γράφημα 9.6. Η απόλυτη συχνότητα ανά τύπο ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ6	203
Γράφημα 9.7. Η απόλυτη συχνότητα των αναφορών για τις θεματικές περιοχές ανά διδασκτικό σενάριο	206
Γράφημα 9.8. Η απόλυτη συχνότητα ανά τύπο ερωτημάτων στα διδασκτικά σενάρια	211

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1. Τα αλληλεπιδρώντα στοιχεία μιας διδασκαλίας (Duit et al., 2012).....	20
Σχήμα 1.2. Μετασηματισμός του επιστημονικού περιεχομένου σε περιεχόμενο προς διδασκαλία (Duit et al., 2012).....	21
Σχήμα 1.3. Το Μοντέλο της Διδακτικής Αναδόμησης – MER (Duit et al., 2012)	22
Σχήμα 1.4. Το Μοντέλο Διδακτικής Αναδόμησης για την Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών (Van Dijk & Kattmann, 2007).....	25
Σχήμα 1.5. Το ERTE με ενσωματωμένο το MER (van Dijk & Kattmann, 2007).....	27
Σχήμα 1.6. Το ERTE στην εμπειρική έρευνα της διατριβής	29
Σχήμα 2.1. Το πλαίσιο Family Resemblance Approach (Erduran & Dagher, 2014).....	36
Σχήμα 2.2. Το μοντέλο SEE - SEP (Rundgren & Rundgren, 2010).....	40
Σχήμα 3.1. Το εύρος της στοχοθεσίας μιας KEZ διδασκαλίας (Simonneaux, 2014).....	45
Σχήμα 3.2. Η προοδευτική εξέλιξη των δεξιοτήτων KEZ συλλογιστικής (Romine et al., 2020)	48
Σχήμα 3.3. Πλαίσιο KEZ προσέγγισης στη διδασκαλία (Presley et al., 2013).....	53
Σχήμα 3.4. Μοντέλο για ανάπτυξη ηθικής συλλογιστικής μέσω διαπραγμάτευσης KEZ (Saunders & Rennie, 2013).....	54
Σχήμα 3.5. Socioscientific Inquiry - Based Learning (SSIBL) (Levinson et al., 2017; Amos et al., 2020).....	56
Σχήμα 3.6. Το μοντέλο STEPWISE (Bencze et al., 2012; Bencze et al., 2020).....	56
Σχήμα 3.7. Το μοντέλο SSI - TL (Sadler et al., 2017)	57
Σχήμα 6.1. Υλοποίηση της προ-έρευνας.....	96
Σχήμα 7.1. Οι φάσεις της κυρίως εμπειρικής έρευνας.....	121
Σχήμα 8.1. Η μεθοδολογία των πολλαπλών μελετών περίπτωσης - multiple case study (Yin, 2012)	142
Σχήμα 8.2. Το χρονοδιάγραμμα συλλογής των δεδομένων.....	146
Σχήμα 9.1. Τα ιδιαίτερα στοιχεία των Multidimensional – driven KEZ διδακτικών σεναρίων.....	214
Σχήμα 9.2. Τα ιδιαίτερα στοιχεία των Content - driven KEZ διδακτικών σεναρίων.....	216
Σχήμα 9.3. Τα ιδιαίτερα στοιχεία των διδακτικών σεναρίων με τα KEZ ως πλαίσιο	217

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 6.1. Οι πτυχές της ΥΕΚ.....	97
Πίνακας 6.2. Οι διδασκαλίες της προ - έρευνας.....	99
Πίνακας 6.3. Η διδασκαλία για τα μικροπλαστικά στην καθημερινή ζωή.....	100
Πίνακας 6.4. Η διδασκαλία για τα μικροπλαστικά & την ανθρώπινη υγεία.....	101
Πίνακας 6.5. Η διδασκαλία για τα βιοδιασπώμενα πλαστικά.....	101
Πίνακας 6.6. Η διδασκαλία για τα μικροπλαστικά & τη θαλάσσια ζωή.....	102
Πίνακας 6.7. Κατηγοριοποίηση του περιεχομένου των δραστηριοτήτων της προ - έρευνας.....	104
Πίνακας 6.8. Κατηγοριοποίηση της στοχοθεσίας των δραστηριοτήτων της προ - έρευνας.....	105
Πίνακας 7.1. Τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων της έρευνας.....	120
Πίνακας 7.2. Περιεχόμενο συναντήσεων φάσης Α.....	122
Πίνακας 7.3. Δραστηριότητες για τις Μεγάλες ιδέες της NET.....	123
Πίνακας 7.4. Δραστηριότητες για τις κοινωνικές πτυχές της επιστήμης.....	124
Πίνακας 7.5. Το μοντέλο των 5Ε.....	125
Πίνακας 7.6. Εφαρμογή των διδακτικών σεναρίων.....	127
Πίνακας 7.7. Τα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια.....	128
Πίνακας 7.8. Συνοπτική περιγραφή του Δ1.....	129
Πίνακας 7.9. Συνοπτική περιγραφή του Δ2.....	133
Πίνακας 7.10. Συνοπτική περιγραφή του Δ3.....	134
Πίνακας 7.11. Συνοπτική περιγραφή του Δ4.....	137
Πίνακας 7.12. Συνοπτική περιγραφή του Δ5.....	138
Πίνακας 7.13. Συνοπτική περιγραφή του Δ6.....	140
Πίνακας 8.1. Άξονες ανάλυσης και επιμέρους διαστάσεις.....	147
Πίνακας 8.2. Κατηγοριοποίηση των θεματικών περιοχών.....	148
Πίνακας 8.3. Κατηγοριοποίηση της στοχοθεσίας των δραστηριοτήτων.....	149
Πίνακας 8.4. Κατηγοριοποίηση των διδακτικών πρακτικών.....	151
Πίνακας 8.5. Κατηγοριοποίηση του τύπου των ερωτημάτων.....	154
Πίνακας 9.1. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ1.....	156
Πίνακας 9.2. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ1.....	158

Πίνακας 9.3. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ1	160
Πίνακας 9.4. Σύνοψη των αποτελεσμάτων του Δ1	164
Πίνακας 9.5. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ2.....	165
Πίνακας 9.6. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ2.....	167
Πίνακας 9.7. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ2.....	169
Πίνακας 9.8. Η σύνοψη των αποτελεσμάτων του Δ2.....	173
Πίνακας 9.9. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ3.....	174
Πίνακας 9.10. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ3.....	176
Πίνακας 9.11. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ3.....	178
Πίνακας 9.12. Σύνοψη των αποτελεσμάτων του Δ3.....	181
Πίνακας 9.13. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ4.....	183
Πίνακας 9.14. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ4.....	185
Πίνακας 9.15. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ4.....	187
Πίνακας 9.16. Σύνοψη των αποτελεσμάτων του Δ4.....	190
Πίνακας 9.17. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ5.....	191
Πίνακας 9.18. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ5.....	192
Πίνακας 9.19. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ5.....	194
Πίνακας 9.20. Σύνοψη των αποτελεσμάτων του Δ5.....	196
Πίνακας 9.21. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ6.....	197
Πίνακας 9.22. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ6.....	199
Πίνακας 9.23. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ6.....	201
Πίνακας 9.24. Σύνοψη των αποτελεσμάτων του Δ6.....	204
Πίνακας 9.25. Οι στόχοι των διδακτικών σεναρίων ως προς τις δεξιότητες ΚΕΖ συλλογιστικής.....	208
Πίνακας 9.26. Οι διαφοροποιήσεις των σεναρίων ως προς τις διδακτικές πρακτικές.....	209

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο πρώτο, εισαγωγικό κεφάλαιο της εργασίας περιγράφεται η αναγκαιότητα, ο σκοπός και το ερευνητικό ερώτημα της έρευνας που έλαβε χώρα στα πλαίσια της παρούσας διατριβής (υποενότητα 1.1). Στη συνέχεια αναλύεται το Μοντέλο της Διδακτικής Αναδόμησης (*Model of Educational Reconstruction, MER*) καθώς και το συναρτώμενο με αυτό Μοντέλο της Διδακτικής Αναδόμησης για την Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών (*Model of Educational Reconstruction for Teacher Education – ERTE*) που αποτέλεσαν το θεωρητικό πλαίσιο της εργασίας (υποενότητα 1.2). Τέλος, παρουσιάζεται η εφαρμογή του MER στην παρούσα έρευνα (υποενότητα 1.3) καθώς και η υλοποίηση του ERTE ως μεθοδολογικό πλαίσιο της εμπειρικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της διατριβής (υποενότητα 1.4).

1.1. Η αναγκαιότητα της έρευνας

Η πανδημία του Covid – 19 έχει αγγίξει σχεδόν κάθε σημείο του πλανήτη και συνεχίζει έπειτα από δύο χρόνια να επηρεάζει τις ζωές των ανθρώπων, τα μέσα διαβίωσής τους, τις οικονομίες και τον πολιτισμό τους, καθιστώντας το ένα ζήτημα ατομικό αλλά και συνάμα παγκόσμιο. Η διαχείριση του ζητήματος αυτού, που απασχόλησε και συνεχίζει να απασχολεί την κοινωνία, τους ερευνητές και τους πολιτικούς ανέδειξε την δυσπιστία μεγάλης μερίδας των πολιτών απέναντι στην επιστήμη, τη δυσκολία κατανόησης του τρόπου με τον οποίο λειτουργεί η επιστήμη και παράγεται η επιστημονική γνώση αλλά και τη δυσκολία στην λήψη αποφάσεων που στηρίζονται σε έγκυρα και αξιόπιστα επιστημονικά δεδομένα και όχι σε αυθαίρετα προσωπικά πιστεύω και απόψεις (Dillon & Anraamidou, 2020). Από τον τρόπο με τον οποίο οι πολίτες διαχειρίστηκαν το ζήτημα αυτό και τις αμφιλεγόμενες διαστάσεις του, φανερώθηκε η ανάγκη για μια εκπαίδευση που θα εξοπλίζει τους μαθητές με τις κατάλληλες δεξιότητες ώστε να μπορούν να ερμηνεύουν και να διαχειρίζονται αντικρουόμενες απόψεις, να μπορούν να αξιολογούν την ποιότητα των ισχυρισμών και επιχειρημάτων με τα οποία έρχονται σε επαφή, να μπορούν να συμμετέχουν σε δημόσιες συζητήσεις γύρω από σύγχρονα επιστημονικά και τεχνολογικά ζητήματα με κοινωνικές προεκτάσεις αλλά και να μπορούν να λαμβάνουν ενήμερες αποφάσεις και δράσεις τόσο για τους ίδιους όσο και για την πρόοδο της κοινωνίας στην οποία ανήκουν.

Αυτές οι δεξιότητες θεωρείται ότι μπορούν να καλλιεργηθούν στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) μέσα από τη διαπραγμάτευση σύγχρονων Κοινωνικοεπιστημονικών Ζητημάτων (ΚΕΖ) (πχ. Sadler & Zeidler, 2005; Zeidler et al., 2019; Bencze et al., 2020),

θεμάτων δηλαδή που απορρέουν από την αλληλεπίδραση των επιστημονικών και τεχνολογικών εξελίξεων με την κοινωνία και τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει. Ωστόσο, η εφαρμογή τέτοιου είδους προσεγγίσεων στην πράξη είναι αρκετά περιορισμένη (πχ. Sadler et al., 2016) καθώς συχνά επικρατεί η αντίληψη ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς ότι η διδασκαλία των ΦΕ πρέπει να είναι αξιακά ουδέτερη και να εστιάζει στη διαπραγμάτευση εννοιών και αρχών της επιστήμης (πχ. Bryce & Gray, 2004; Tidemand & Nielsen, 2017). Όμως στην πραγματικότητα η παρουσίαση της επιστήμης ως μιας δραστηριότητας αξιακά ουδέτερης, έρχεται σε αντίθεση με τις ποικίλες, σύγχρονες κοινωνικές προκλήσεις που αναδεικνύουν μια πολυπαραγοντική σχέση ανάμεσα στην επιστήμη, την τεχνολογία και την κοινωνία (πχ. Allchin, 2011). Πέρα από τις απλοϊκές επιστημολογικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών, η βιβλιογραφία αναδεικνύει επίσης και άλλες δυσκολίες που δρουν περιοριστικά στην υιοθέτηση τέτοιων προσεγγίσεων στην πράξη από τους εκπαιδευτικούς, με τις κυριότερες να είναι (πχ. Lee & Yang, 2017):

- Η περιορισμένη γνώση επιστημονικού περιεχομένου ειδικά όταν αναφερόμαστε σε σύγχρονα επιστημονικά αντικείμενα που βρίσκονται στην αιχμή της έρευνας.
- Η περιορισμένη παιδαγωγική γνώση περιεχομένου σχετικά με τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ.
- Η έλλειψη διδακτικού υλικού, ενημερωμένων αναλυτικών προγραμμάτων και χρόνου.

Παρά τις δυσκολίες των εκπαιδευτικών και την περιορισμένη εφαρμογή της ΚΕΖ προσέγγισης στη διδασκαλία των ΦΕ, το μεγαλύτερο μέρος της βιβλιογραφίας σχετικά με τα ΚΕΖ εστιάζει στον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές επιχειρηματολογούν για τέτοιου είδους ζητήματα. Έρευνες σχετικά με τους εκπαιδευτικούς, τις πρακτικές που υιοθετούν, τον τρόπο που σχεδιάζουν και υλοποιούν ΚΕΖ διδασκαλίες είναι αρκετά περιορισμένες (πχ. Evagorou & Dillon, 2020; Hancock et al., 2019; Nielsen, 2020; Saunders & Rennie, 2013). Από αυτές, η πλειοψηφία εστιάζει στις αντιλήψεις τους για την ΚΕΖ προσέγγιση καθώς και στις δυσκολίες και περιορισμούς που αυτοί αναγνωρίζουν ή βιώνουν. Οι έρευνες, που σχετίζονται με την υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών, αφορούν κατά κύριο λόγο στον τρόπο με τον οποίο οι εκπαιδευτικοί εφαρμόζουν ΚΕΖ διδακτικό υλικό το οποίο έχει σχεδιαστεί από ερευνητές ή ως αποτέλεσμα της στενής συνεργασίας ερευνητών και έμπειρων εκπαιδευτικών (πχ. Hancock et al., 2019) και όχι στον τρόπο με τον οποίο εφαρμόζουν ΚΕΖ διδασκαλίες που οι ίδιοι έχουν σχεδιάσει. Αυτό το κενό στη βιβλιογραφία γίνεται ακόμη πιο έντονο όταν αναφερόμαστε σε εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (πχ. Evagorou & Puig, 2017) και στον τρόπο που

αυτοί διαχειρίζονται, κατά τη διδασκαλία ΦΕ, ΚΕΖ που απορρέουν από σύγχρονες επιστημονικές και τεχνολογικές εφαρμογές (πχ. Espeja & Couso, 2020).

Με βάση τα παραπάνω, σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχεδιάζουν ΚΕΖ διδακτικό υλικό για ένα σύγχρονο επιστημονικό ή τεχνολογικό ζήτημα με κοινωνικές προεκτάσεις. Δεδομένης μάλιστα της εκπαιδευτικής αξίας της νανοτεχνολογίας (NET) και της ανάγκης διαχείρισής της ως ένα σύγχρονο ΚΕΖ (πχ. Hingant & Albe, 2010; Jones et al., 2013), η κυρίως έρευνα της παρούσας διατριβής εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχεδιάζουν και αναπτύσσουν διδακτικό υλικό για τη διαπραγμάτευση των ΚΕΖ που εγείρονται από εφαρμογές της NET. Πιο συγκεκριμένα, μελετάται ο τρόπος με τον οποίο οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί διαπραγματεύονται την αλληλεπίδραση του επιστημονικού περιεχομένου και των κοινωνικών πτυχών της NET στα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια που αναπτύσσουν. Πιο συγκεκριμένα, θεωρώντας ως βασικές και αλληλεπιδρούσες συνιστώσες μιας διδασκαλίας τους στόχους, το περιεχόμενο, τις μεθόδους και τα μέσα που αξιοποιούνται (Duit et al., 2012) τα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια που αναπτύχθηκαν εξετάστηκαν ως προς α. τις ΚΕΖ θεματικές περιοχές που τίγονται, β. τη στοχοθεσία των δραστηριοτήτων, γ. τις διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται και δ. τον τύπο των ερωτημάτων που ενσωματώνονται. Συνεπώς, το ερευνητικό ερώτημα που αποτέλεσε οδηγό της παρούσας διατριβής είναι το ακόλουθο:

Πώς οι βασικές συνιστώσες μιας διδασκαλίας αντανακλώνται στα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια που αναπτύσσουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για τη διαπραγμάτευση των ΚΕΖ που εγείρονται από τη χρήση εφαρμογών της νανοτεχνολογίας;

1.2. Θεωρητικό πλαίσιο της έρευνας

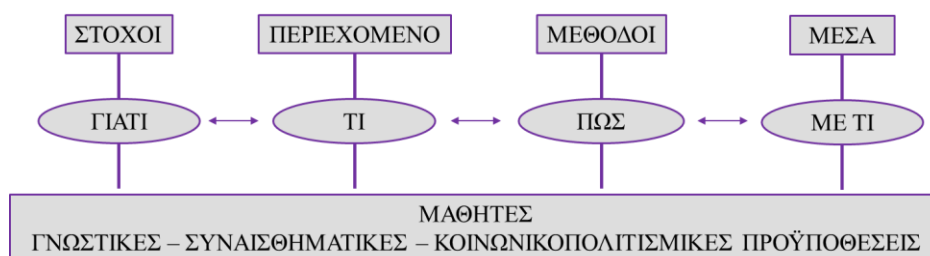
Το Μοντέλο της Διδακτικής Αναδόμησης

Ως θεωρητικό πλαίσιο της παρούσας διατριβής αξιοποιήθηκε το Μοντέλο Διδακτικής Αναδόμησης (*Model of Educational Reconstruction – MER*) (Duit et al., 2012). Το μοντέλο αυτό είχε αρχικά αναπτυχθεί ως ένα θεωρητικό πλαίσιο για έρευνες που μελετούν την εκπαιδευτική αξία και τη δυνατότητα διδασκαλίας συγκεκριμένων επιστημονικών εννοιών και αρχών της επιστήμης, με κύριο στόχο το σχεδιασμό διδακτικού υλικού και περιβαλλόντων μάθησης που φέρνουν σε ισορροπία τη δομή του επιστημονικού περιεχομένου με τις γνωστικές και συναισθηματικές προϋποθέσεις των μαθητευόμενων. Μάλιστα, σύμφωνα με το MER, η

βελτίωση της διδακτικής πράξης προϋποθέτει η δόμηση των μαθησιακών περιβαλλόντων να βασίζεται σε εμπειρικά ερευνητικά δεδομένα και αποτελέσματα. Ενδεικτικά το MER έχει αξιοποιηθεί ως πλαίσιο για τη διδασκαλία σύγχρονων επιστημονικών αντικειμένων όπως είναι τα μη γραμμικά δυναμικά συστήματα (πχ. Stavrou & Duit, 2014), η γενετική (Lewis & Kattmann, 2004), η κλιματική αλλαγή (Niebert & Gropengießer, 2013) κλπ. Πιο αναλυτικά, οι παραδοχές πάνω στις οποίες στηρίζεται το MER είναι οι ακόλουθες (Duit et al., 2012):

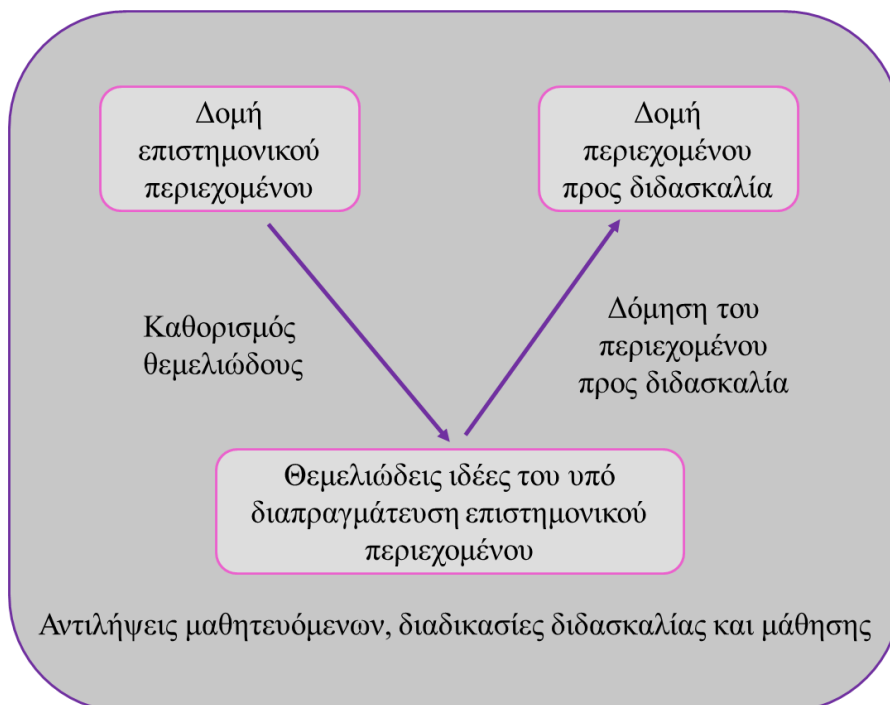
Εποικοδομητική επιστημολογική θεώρηση. Οι μαθητές εισέρχονται στη μαθησιακή διαδικασία «φέρνοντας» μαζί τους ιδέες και αντιλήψεις για μια σειρά φαινομένων με βάση τις οποίες ερμηνεύουν τον κόσμο γύρω τους. Οι ιδέες και αντιλήψεις αυτές συχνά δεν είναι σύμφωνες με τις επιστημονικές χωρίς όμως αυτό να θεωρείται εμπόδιο για τη διαδικασία της μάθησης. Αντίθετα, οι ιδέες και αντιλήψεις των μαθητών αξιοποιούνται στη διδασκαλία ως αφετηρία και πολύτιμα εργαλεία για περαιτέρω οικοδόμηση της γνώσης.

Αλληλεπίδραση των επιμέρους στοιχείων μιας διδασκαλίας. Κατά το σχεδιασμό και ανάπτυξη μιας διδασκαλίας, οι σκοποί και οι στόχοι, το περιεχόμενο, η μέθοδος και τα μέσα προς αξιοποίηση βρίσκονται υπό διαρκή αλληλεπίδραση και αλληλοκαθορίζονται (Σχήμα 1.1). (Duit et al., 2012). Αυτό, για παράδειγμα, σημαίνει ότι μια συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί επίσης μια επιλογή για έμφαση σε συγκεκριμένους σκοπούς και στόχους διδασκαλίας και αντίστροφα. Οι ερευνητές και οι εκπαιδευτικοί επομένως που σχεδιάζουν και αναπτύσσουν διδακτικά υλικά και περιβάλλοντα μάθησης καλούνται να γνωρίζουν τη διάδραση αυτή και να προβαίνουν σε κατάλληλες επιλογές συνυπολογίζοντας τις ποικίλες γνωστικές, συναισθηματικές και κοινωνικοπολιτισμικές προϋποθέσεις των μαθητών τους. Επιπλέον, είναι σημαντικό να αναγνωρίζουν ότι ως περιεχόμενο προς διδασκαλία νοούνται τόσο οι έννοιες και αρχές του επιστημονικού περιεχομένου όσο και οι επιστημονικές διαδικασίες, οι πτυχές της Φύσης της Επιστήμης και τα θέματα που αναδεικνύουν τη σχέση επιστήμης – κοινωνίας – τεχνολογίας.



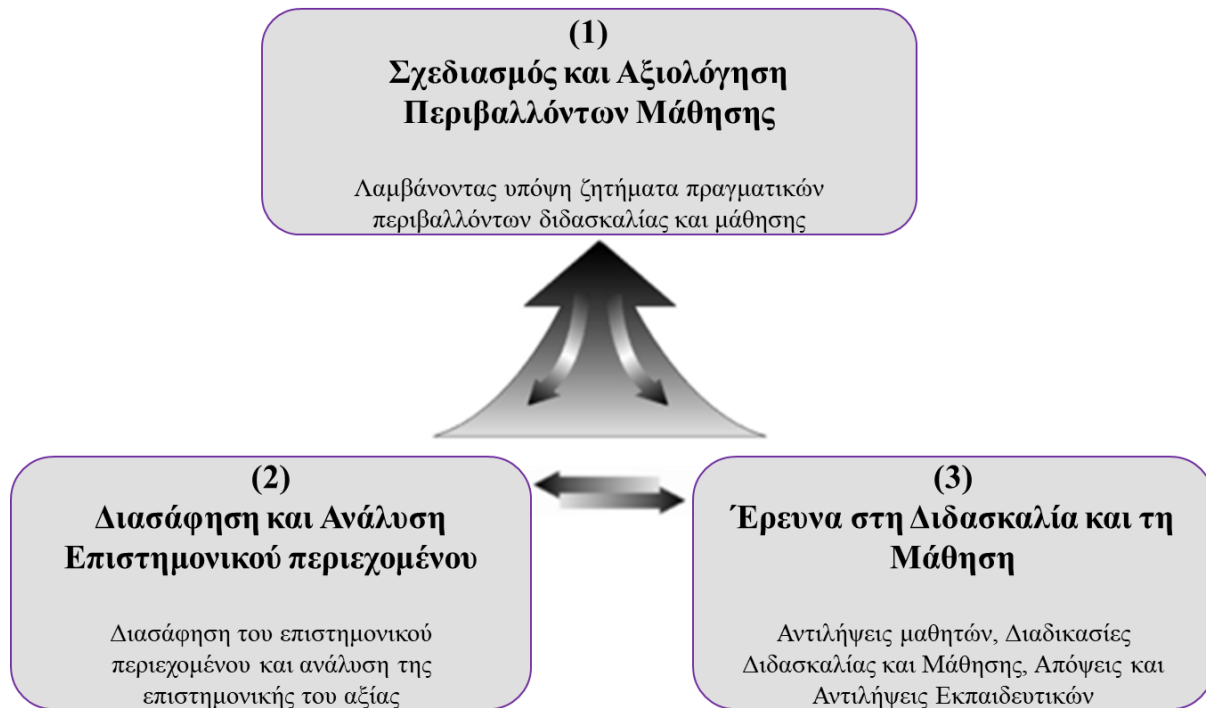
Σχήμα 1.1. Τα αλληλεπιδρώντα στοιχεία μιας διδασκαλίας (Duit et al., 2012)

Διδακτική αναδόμηση του επιστημονικού περιεχομένου. Η θεμελιώδης ιδέα του MER αφορά στο μετασχηματισμό της δομής του επιστημονικού περιεχομένου σε δομή περιεχομένου προς διδασκαλία. Οι δύο αυτές δομές είναι θεμελιωδώς διαφορετικές ενώ κατά τη διαδικασία του μετασχηματισμού λαμβάνονται υπόψη αφενός οι σκοποί και στόχοι της διδασκαλίας των ΦΕ και αφετέρου οι ανάγκες των μαθητών. Ο μετασχηματισμός της δομής του επιστημονικού περιεχομένου σε δομή περιεχομένου προς διδασκαλία συντελείται μέσω δύο επιμέρους διαδικασιών: α. του καθορισμού του θεμελιώδους (*elementarization*) και της δόμησης του περιεχομένου προς διδασκαλία (Σχήμα 1.2) Η διαδικασία του καθορισμού του θεμελιώδους αφορά στον προσδιορισμό θεμελιωδών ιδεών – στοιχείων του επιστημονικού περιεχομένου που πρέπει να διδαχθούν (Duit et al., 2012) ώστε το περιεχόμενο προς διδασκαλία α. να βρίσκεται σε συμφωνία με το επιστημονικό περιεχόμενο, β. να είναι επιστημονικά επεκτάσιμο, γ. να ανταποκρίνεται στην ιδέες, τα ενδιαφέροντα και τις ανάγκες των μαθητών και δ. να συνδέεται με τους σκοπούς και στόχους της διδασκαλίας των ΦΕ. Παράλληλα, συντελείται η μείωση του υψηλού βαθμού αφαίρεσης και πολυπλοκότητας του επιστημονικού περιεχομένου ώστε να είναι προσβάσιμο στους εκάστοτε μαθητευόμενους και να έχει νόημα για αυτούς. Μετά τον καθορισμό των θεμελιωδών ιδεών ακολουθεί η δόμησή τους ώστε να είναι διδακτικά αξιοποιήσιμες.



Σχήμα 1.2. Μετασχηματισμός του επιστημονικού περιεχομένου σε περιεχόμενο προς διδασκαλία (Duit et al., 2012)

Με βάση τις παραπάνω παραδοχές, το MER διαμορφώνεται από τρεις συνιστώσες που αλληλεπιδρούν και αλληλεξαρτώνται μιας και οποιαδήποτε εμπειρική γνώση για τη μια ανατροφοδοτεί με δεδομένα την άλλη όπως αποτυπώνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 1.3):



Σχήμα 1.3. Το Μοντέλο της Διδακτικής Αναδόμησης – MER (Duit et al., 2012)

Πιο αναλυτικά:

1. *Διασάφηση και ανάλυση επιστημονικού περιεχομένου.* Στόχος αυτής της συνιστώσας (συνιστώσα 2 – Σχήμα 1.3), είναι η ανάλυση συγκεκριμένων επιστημονικών εννοιών και της δομής του επιστημονικού περιεχομένου από εκπαιδευτική σκοπιά με βάση τη προαναφερθείσα διαδικασία του καθορισμού των θεμελιωδών ιδεών (Σχήμα 1.2). Δύο διεργασίες που συνδέονται στενά και περιλαμβάνονται στη συνιστώσα αυτή αφορούν στην διασάφηση του επιστημονικού περιεχομένου και στην ανάλυση της εκπαιδευτικής του αξίας. Η διασάφηση του επιστημονικού περιεχομένου βασίζεται στην κριτική ανάλυση του περιεχομένου ακαδημαϊκών εγχειριδίων στα οποία η επιστημονική γνώση παρουσιάζεται πιο συμπυκνωμένη, απευθυνόμενη σε ειδικούς χωρίς αναφορά στην ερευνητική διαδικασία, τα ερευνητικά ερωτήματα και τις μεθόδους που εφαρμόστηκαν. Ιδιαίτερη προσοχή επίσης δίνεται στις γλωσσικές εκφράσεις που αξιοποιούνται καθώς αρκετοί όροι της επιστήμης αποκτούν διαφορετικό νόημα όταν αξιοποιούνται σε πλαίσια της καθημερινής ζωής. Κατά τη

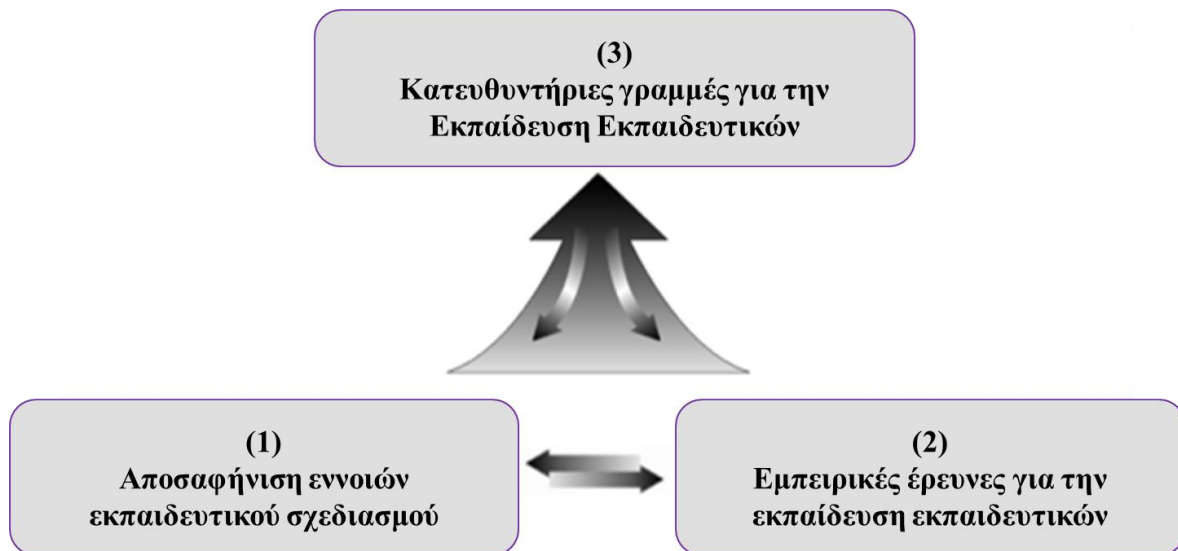
διαδικασία διασάφησης του επιστημονικού περιεχομένου λαμβάνονται υπόψη οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών, οι οποίες, όπως έχει ήδη αναφερθεί, συχνά δεν βρίσκονται σε συμφωνία με τις επιστημονικές, συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο αφενός στην πληρέστερη κατανόηση του επιστημονικού περιεχομένου αλλά και αφετέρου στην ισορροπία της δομής του επιστημονικού περιεχομένου με τις γνωστικές και συναισθηματικές προϋποθέσεις των μαθητευόμενων.

2. *Έρευνα στη διδασκαλία και τη μάθηση.* Η συνιστώσα αυτή (συνιστώσα 3 – Σχήμα 1.3), υποδηλώνει την ανάγκη η διαδικασία της ανάλυσης του επιστημονικού περιεχομένου και της δόμησης του περιεχομένου προς διδασκαλία να βασίζονται σε εμπειρικά δεδομένα σχετικά με τη διδασκαλία και τη μάθηση. Πιο συγκεκριμένα, η συνιστώσα αυτή περιλαμβάνει α. εμπειρικές έρευνες για τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών, τα ενδιαφέροντα και τις στάσεις τους, β. έρευνες αναφορικά με τις διαδικασίες διδασκαλίας και μάθησης και τον ρόλο συγκεκριμένων μεθόδων και μέσων διδασκαλίας καθώς και γ. έρευνες αναφορικά με τις απόψεις και αντιλήψεις των εκπαιδευτικών ως προς το επιστημονικό περιεχόμενο, την μάθηση των μαθητών αλλά και του ρόλου που καλούνται να διαδραματίσουν κατά τον σχεδιασμό και υλοποίηση διδασκαλιών.
3. *Σχεδιασμός και αξιολόγηση περιβαλλόντων μάθησης.* Η συνιστώσα αυτή (συνιστώσα 1 – Σχήμα 1.3), περιλαμβάνει τον σχεδιασμό διδακτικού υλικού, δραστηριοτήτων ή και διδακτικών μαθησιακών ακολουθιών. Η συνιστώσα αυτή βρίσκεται στο επίκεντρο του μοντέλου καθώς ο σχεδιασμός των περιβαλλόντων μάθησης δομείται με βάση τις συγκεκριμένες ανάγκες και μαθησιακές ικανότητες των μαθητών. Τα ερευνητικά δεδομένα αναφορικά με τις αντιλήψεις, δυνατότητες, δυσκολίες και ενδιαφέροντα των μαθητών (συνιστώσα 2) αλλά και τα αποτελέσματα από τη διαδικασία ανάλυσης του επιστημονικού περιεχομένου και της εκπαιδευτικής του αξίας (συνιστώσα 1) τροφοδοτούν τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη των περιβαλλόντων μάθησης, τα οποία στη συνέχεια δοκιμάζονται και αξιολογούνται από μαθητές και εκπαιδευτικούς ώστε να αναπροσαρμόζονται και να προτείνονται κατευθυντήριες γραμμές για τη διδασκαλία και τη μάθηση.

Το Μοντέλο Διδακτικής Αναδόμησης για την Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών

Όπως έχει ήδη περιγραφεί παραπάνω (υποενότητα 1.2), το MER αποτελεί ένα θεωρητικό πλαίσιο με συγκεκριμένες αρχές τόσο για τη διεξαγωγή έρευνας στον τομέα της διδακτικής των ΦΕ όσο και για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη αποτελεσματικών περιβαλλόντων μάθησης (Duit et al., 2012). Το MER μπορεί να αποτελέσει επίσης τη βάση για την ανάπτυξη ενός μοντέλου που θα στοχεύει στη διαμόρφωση κατάλληλων περιβαλλόντων εκπαίδευσης εκπαιδευτικών (Σχήμα 1.4) (Duit et al., 2012; Komorek & Kattmann, 2008; Van Dijk & Kattmann, 2007).

Κατ' αναλογία επομένως με το MER, οι Van Dijk και Kattmann (2007) προτείνουν το Μοντέλο Διδακτικής Αναδόμησης για την Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών (*Model of Educational Reconstruction for Teacher Education – ERTE*). Το ERTE βασίζεται στην ιδέα ότι το αντικείμενο της εκπαίδευσης εκπαιδευτικών πρέπει να αναδομηθεί διδακτικά λαμβάνοντας υπόψη τις εμπειρικές έρευνες τόσο για την Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (ΠΓΠ) των εκπαιδευτικών όσο και για τις αντιλήψεις, τις δυσκολίες και τις ανάγκες τους αναφορικά με τη διδασκαλία και τη μάθηση στις ΦΕ. Το ERTE διατηρεί επίσης την τριγωνική μορφή του MER δίνοντας με αυτό τον τρόπο έμφαση στην διαρκή και αμοιβαία αλληλεπίδραση και ανατροφοδότηση των επιμέρους συνιστωσών που το διαμορφώνουν όπως απεικονίζεται και στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 1.4). Στο πλαίσιο του ERTE επομένως οι μελέτες για την ΠΓΠ και τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών (συνιστώσα 2 – Σχήμα 1.4) διεξάγονται σε σχέση με τη διαδικασία εκπαιδευτικού σχεδιασμού όπως περιγράφεται από το MER (συνιστώσα 1 – Σχήμα 1.4). Ουσιαστικά δηλαδή η διαδικασία ανάλυσης του επιστημονικού περιεχομένου και της εκπαιδευτικής του αξίας λαμβάνοντας υπόψη τις αντιλήψεις και ανάγκες των μαθητευόμενων παρέχουν το πλαίσιο για την διερεύνηση των αντιλήψεων και όψεων της ΠΓΠ των εκπαιδευτικών. Μέσα από τη διαδικασία αυτή προκύπτουν νέες κατευθυντήριες γραμμές και προοπτικές για τη δόμηση αποτελεσματικών πλαισίων εκπαίδευσης εκπαιδευτικών (συνιστώσα 3 – Σχήμα 1.4).



Σχήμα 1.4. Το Μοντέλο Διδακτικής Αναδόμησης για την Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών (Van Dijk & Kattmann, 2007)

Σύμφωνα με τους Komorek και Kattmann (2008), η προαναφερθείσα διαδικασία καθορίζεται από τα παρακάτω ερωτήματα:

- Ποια γνώση επιστημονικού περιεχομένου προς διδασκαλία διαθέτουν οι εκπαιδευτικοί;
- Ποια η γνώση των εκπαιδευτικών σχετικά με τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών τους για το συγκεκριμένο αντικείμενο καθώς και σχετικά με τις διαδικασίες μάθησής τους;
- Ποιες είναι οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών ως προς την δόμηση εκπαιδευτικών περιβαλλόντων (σχεδιασμός εκπαιδευτικού υλικού, αναπαραστάσεις επιστημονικού περιεχομένου κλπ.);

Οι τρεις αυτές ερωτήσεις βρίσκονται σε απόλυτη σε συμφωνία με τις τρεις συνιστώσες του MER (Σχήμα 1.3): α. διασάφηση και ανάλυση του επιστημονικού περιεχομένου, β. έρευνα στη διδασκαλία και τη μάθηση και γ. σχεδιασμός και αξιολόγηση περιβαλλόντων μάθησης.

1.3. Η υλοποίηση της έρευνας στο πλαίσιο του MER – Δομή της διατριβής

Δεδομένου ότι το MER αποτελεί ένα θεωρητικό πλαίσιο έρευνας και ανάπτυξης στη διδακτική των ΦΕ, η έρευνα της παρούσας διατριβής πραγματοποιήθηκε με βάση τις αρχές και συνιστώσες του συγκεκριμένου μοντέλου (Σχήμα 1.3). Πιο αναλυτικά:

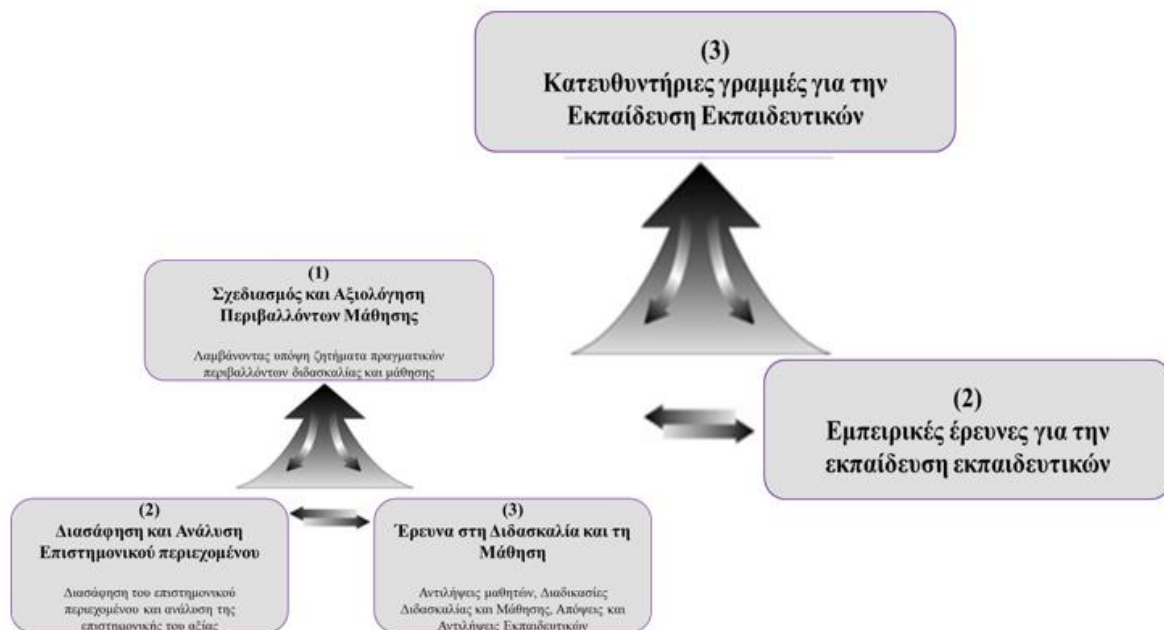
Στα πλαίσια της συνιστώσας *Διασάφηση και ανάλυση επιστημονικού περιεχομένου* (συνιστώσα 1 – σχήμα 1.3), στο **δεύτερο κεφάλαιο** περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των ΚΕΖ και η πολυεπιστημονική τους φύση με αναφορά στις ποικίλες θεματικές περιοχές που μπορεί να εμπλέκονται κατά την ανάλυση και επεξεργασία ενός ΚΕΖ. Παράλληλα, αναλύεται ο ρόλος των αντιπαραθέσεων εντός της επιστημονικής κοινότητας στη διαμόρφωση των ΚΕΖ που απορρέουν από σύγχρονες επιστημονικές και τεχνολογικές εφαρμογές καθώς και η σχέση αυτών των ΚΕΖ με τις κοινωνικές πτυχές της επιστήμης.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** αναλύεται η εκπαιδευτική αξία διαπραγμάτευσης ΚΕΖ μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών που μελετούν τα οφέλη που απορρέουν για τους μαθητές από την διαχείριση ΚΕΖ κατά τη διδασκαλία ΦΕ καθώς και το εύρος της στοχοθεσίας της ΚΕΖ προσέγγισης (συνιστώσα 1 – σχήμα 1.3). Στο ίδιο κεφάλαιο, στα πλαίσια της συνιστώσας *Έρευνα στη διδασκαλία και τη μάθηση του MER* (συνιστώσα 2 – σχήμα 1.3), αναλύονται πλαίσια δόμησης ΚΕΖ διδασκαλιών που προτείνονται στη βιβλιογραφία καθώς και έρευνες σχετικά με τις διδακτικές πρακτικές που ακολουθούνται κατά τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ.

Το **τέταρτο κεφάλαιο** εστιάζει στις αντιλήψεις και δυσκολίες των εκπαιδευτικών αναφορικά με την διαπραγμάτευση ΚΕΖ που εγείρονται από εφαρμογές επιστήμης και τεχνολογίας αιχμής κατά τη διδασκαλία των ΦΕ, στοιχείο που επίσης περιλαμβάνεται στη συνιστώσα 2 του MER (Σχήμα 1.3). Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας αναφορικά με τις δυσκολίες των εκπαιδευτικών και του τρόπου με τον οποίο δομούν διδακτικό υλικό για τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ ανέδειξε την ανάγκη περαιτέρω έρευνας αναφορικά με τα περιβάλλοντα μάθησης που διαμορφώνουν οι εκπαιδευτικοί ώστε να ενισχύουν την κατανόηση και επιχειρηματολογία των μαθητών τους γύρω από σύγχρονα και πολυπαραγοντικά ΚΕΖ. Η ανάγκη αυτή φαίνεται να είναι ακόμη μεγαλύτερη στην περίπτωση των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** περιγράφονται οι βασικές διαστάσεις του πεδίου της Νανοεπιστήμης – Νανοτεχνολογίας καθώς το σύγχρονο αυτό αντικείμενο αποτέλεσε το πλαίσιο για την διαπραγμάτευση ΚΕΖ που απορρέουν από επιστήμη και τεχνολογία αιχμής στην παρούσα

διατριβή. Συγκεκριμένα, στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύονται οι θεμελιώδεις ιδέες προς διδασκαλία της νανοτεχνολογίας καθώς και η αξία διαχείρισής της ως ένα σύγχρονο KEZ (συνιστώσα 1 – σχήμα 1.3) ενώ παράλληλα αναλύονται οι αντιλήψεις και δυσκολίες των μαθητών (συνιστώσα 2 – σχήμα 1.3) κατά την επεξεργασία των θεμελιωδών της ιδεών. Εστιάζοντας στην ανάγκη εκπαίδευσης εκπαιδευτικών στη διαπραγμάτευση KEZ κατά τη διδασκαλία ΦΕ όπως αυτή προκύπτει από την βιβλιογραφική ανάλυση που αποτυπώνεται στο κεφάλαιο 4, η παρούσα έρευνα αξιοποιεί το ERTE (Σχήμα 1.4) ως μεθοδολογικό πλαίσιο για την υλοποίηση της εμπειρικής έρευνας. Ως θεωρητικό πλαίσιο για τη δόμηση των KEZ διδακτικών σεναρίων, που κλήθηκαν να δομήσουν οι συμμετέχοντες στην εμπειρική έρευνα της διατριβής, αξιοποιείται το MER (Σχήμα 1.3) καθώς το μοντέλο αυτό αποτελεί ένα πλαίσιο σχεδιασμού και ανάπτυξης περιβαλλόντων μάθησης (Duit et al., 2012). Υπό την έννοια αυτή, το ERTE στην παρούσα έρευνα αποκτά τη δομή που αποτυπώνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 1.5) και η οποία αποτέλεσε και την πρόταση των van Dijk και Kattmann (2007) κατά την αρχική εκδοχή του ERTE.



Σχήμα 1.5. Το ERTE με ενσωματωμένο το MER (van Dijk & Kattmann, 2007)

Δεδομένης της περιορισμένης βιβλιογραφίας αναφορικά με το σχεδιασμό KEZ διδακτικού υλικού από εκπαιδευτικούς και ιδιαίτερα εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, αρχικά έλαβε χώρα μια μικρής έκτασης προ-έρευνα με μελλοντικούς εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας

εκπαίδευσης ώστε να λάβουμε κάποια πρώτα στοιχεία σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο αυτοί σκέφτονται και δομούν ΚΕΖ διδακτικό υλικό για ένα σύγχρονο επιστημονικό αντικείμενο (συνιστώσα 2 – σχήμα 1.5). Συνεπώς στο **έκτο κεφάλαιο** της διατριβής περιγράφεται αναλυτικά η μεθοδολογία της προ - έρευνας, τα αποτελέσματα της αλλά και ο τρόπος με τον οποίο τα αποτελέσματα της προ – έρευνας ανατροφοδότησαν το πλαίσιο διεξαγωγής της κυρίως έρευνας της διατριβής (συνιστώσα 3 - σχήμα 1.5).

Το **έβδομο κεφάλαιο** περιλαμβάνει αναλυτική περιγραφή της διαδικασίας υλοποίησης της εμπειρικής έρευνας στο πλαίσιο του ΕΡΤΕ. Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων της κυρίως έρευνας, αναλύεται το πλαίσιο εκπαίδευσης τους (συνιστώσα 3 – σχήμα 1.5) και αποτυπώνεται η διαδικασία δόμησης των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων από αυτούς (συνιστώσα 1 – σχήμα 1.5).

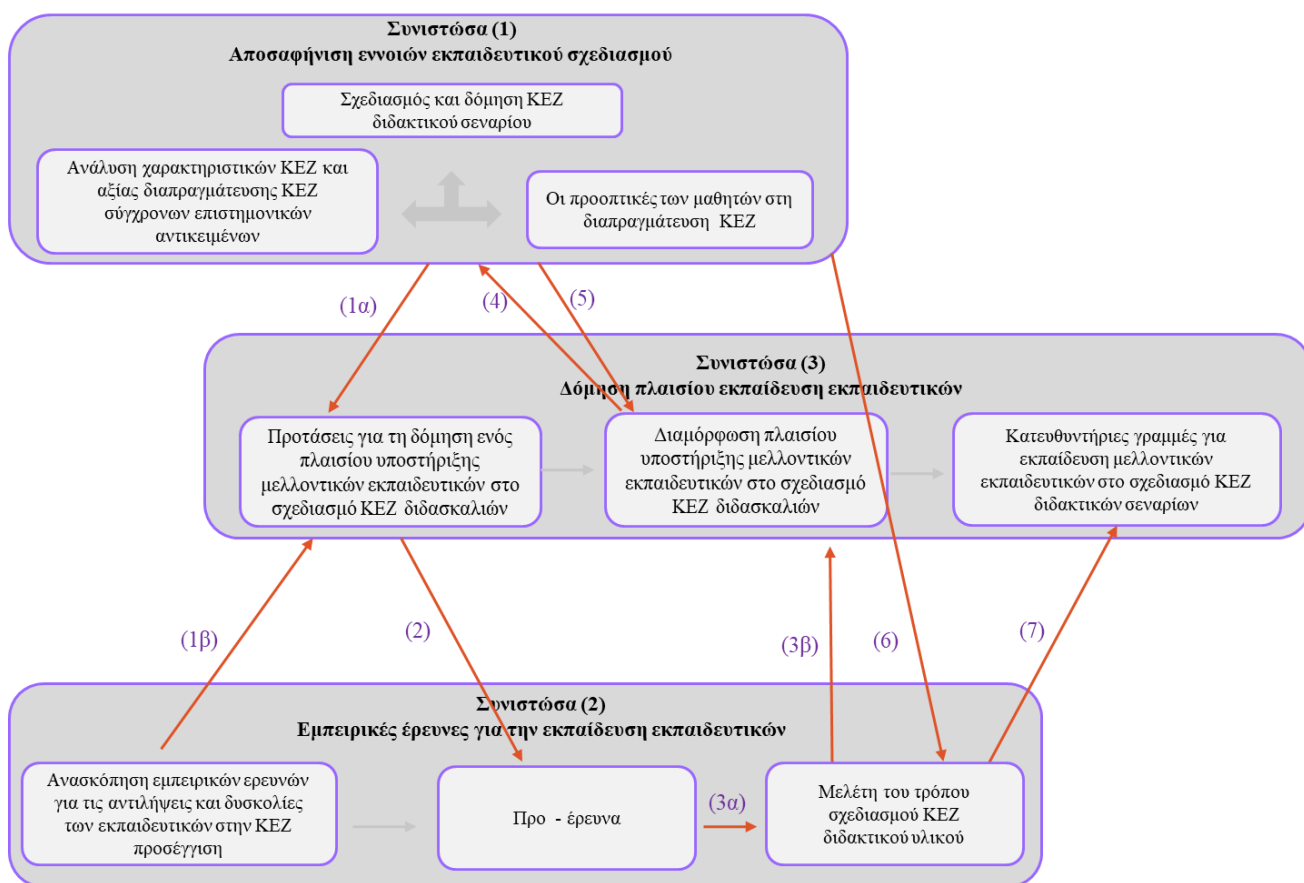
Στο **όγδοο κεφάλαιο** αναλύεται το είδος του ερευνητικού σχεδιασμού, περιγράφονται τα μέσα συλλογής των δεδομένων καθώς και η διαδικασία ανάλυσή τους. Η ανάλυση των δεδομένων εστιάζει στον προσδιορισμό του τύπου ΚΕΖ διδακτικού σεναρίου που σχεδιάζουν και αναπτύσσουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης με βάση τις θεματικές περιοχές που επικεντρώνουν, τη στοχοθεσία των δραστηριοτήτων που αναπτύσσουν, τις διδακτικές πρακτικές που υιοθετούν και τον τύπο των ερωτημάτων που ενσωματώνουν στα διδακτικά τους σενάρια (συνιστώσα 1 – σχήμα 1.5).

Στο **ένατο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της κυρίως έρευνας τόσο ανά μελέτη περίπτωσης όσο και συγκριτικά για το σύνολο των έξι συμμετεχόντων.

Τέλος, στο **δέκατο κεφάλαιο** πραγματοποιείται η συζήτηση των αποτελεσμάτων με βάση τη σχετική βιβλιογραφία και παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της έρευνας ως προς την εκπαίδευση μελλοντικών εκπαιδευτικών στη διαπραγμάτευση ΚΕΖ κατά τη διδασκαλία ΦΕ (συνιστώσα 3 – σχήμα 1.5). Τέλος, αποτυπώνονται οι περιορισμοί και οι προεκτάσεις της έρευνας.

1.4. Το ERTE στην παρούσα έρευνα

Το μοντέλο ERTE, όπως έχει ήδη αναφερθεί (υποενότητα 1.3) αξιοποιήθηκε ως μεθοδολογικό πλαίσιο της παρούσας εμπειρικής έρευνας ώστε να μελετηθεί η διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης διδακτικών σεναρίων για τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ που σχετίζονται με εφαρμογές επιστήμης και τεχνολογίας αιχμής από μελλοντικούς εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης καθώς και να διατυπωθούν κατευθυντήριες γραμμές για την εκπαίδευσή τους. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε αποτυπώνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 1.6).



Σχήμα 1.6. Το ERTE στην εμπειρική έρευνα της διατριβής

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας σχετικά με τα χαρακτηριστικά των ΚΕΖ, την εκπαιδευτική τους αξία, τη στοχοθεσία μιας ΚΕΖ διδασκαλίας, τα πλαίσια δόμησης ΚΕΖ διδασκαλιών καθώς και διδακτικές πρακτικές που αξιοποιούνται κατά τη διαχείριση ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ (κεφάλαια 2 & 3). Στη συνέχεια, αναλύθηκαν οι αντιλήψεις και οι δυσκολίες των εκπαιδευτικών στην εφαρμογή της ΚΕΖ προσέγγισης (κεφάλαιο 4) καθώς και οι κοινωνικές προεκτάσεις της NET (κεφάλαιο 5). Με βάση λοιπόν την ανάλυση της βιβλιογραφίας, διαμορφώθηκαν προτάσεις για ένα πλαίσιο υποστήριξης των

μελλοντικών εκπαιδευτικών αναφορικά με το σχεδιασμό και την ανάπτυξη ΚΕΖ διδασκαλιών (βέλη 1α και 1β - σχήμα 1.6).

Στη συνέχεια, με βάση αυτές τις προτάσεις πραγματοποιήθηκε η προ - έρευνα (βέλος 2 – σχήμα 1.6) (κεφάλαιο 6) που μας παρείχε κάποια πρώτα στοιχεία σχετικά με το πώς σκέφτονται οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης κατά τη δόμηση ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων (βέλος 3α – σχήμα 1.6) αλλά και για τη διαμόρφωση ενός τελικού πλαισίου υποστήριξης μελλοντικών εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στο σχεδιασμό ΚΕΖ διδασκαλιών σχετικά με ένα αντικείμενο σύγχρονης έρευνας (βέλος 3β – σχήμα 1.6).

Στη συνέχεια, μέσα σε αυτό το πλαίσιο υποστήριξης (κεφάλαιο 7), οι συμμετέχοντες φοιτητές της κυρίως έρευνας κλήθηκαν να σχεδιάσουν και να αναπτύξουν το ΚΕΖ διδακτικό τους σενάριο, ακολουθώντας τη φιλοσοφία του MER (υποενότητα 1.2) αλλά και τα δομικά στοιχεία μιας διδασκαλίας ΚΕΖ όπως προτείνονται από τον Sadler και του συνεργάτες του (2017) (κεφάλαιο 3 – υποενότητα 3.3) (βέλος 4 – σχήμα 1.6). Η ενεργός συμμετοχή της ερευνήτριας στην υποστήριξη των φοιτητών κατά τη διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης του ΚΕΖ διδακτικού σεναρίου, έδωσε την δυνατότητα πραγματοποίησης στοχευμένων παρεμβάσεων με σκοπό να αντιμετωπίζονται οι προκλήσεις που προέκυπταν στα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης του ΚΕΖ διδακτικού σεναρίου (βέλος 5 – σχήμα 1.6).

Επιπλέον, κατά τη διαδικασία αυτή, ελήφθησαν εμπειρικά δεδομένα για τη διερεύνηση της διαδικασίας σχεδιασμού και ανάπτυξης διδακτικών σεναρίων για τη διαπραγμάτευση των ΚΕΖ που εγείρονται από εφαρμογές της NET (κεφάλαιο 8) (βέλος 6 – σχήμα 1.6). Τέλος, τα αποτελέσματα από την ανάλυση των δεδομένων (κεφάλαιο 9) σε συνδυασμό με τα ευρήματα της βιβλιογραφίας συνέβαλαν στην διαμόρφωση συμπερασμάτων και κατευθυντήριων γραμμών σχετικά με την προετοιμασία μελλοντικών εκπαιδευτικών στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων σχετικά με επιστήμη και τεχνολογία αιχμής (βέλος 7 – σχήμα 1.6) (κεφάλαιο 10).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΖΗΤΗΜΑΤΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό επιδιώκεται η ανάλυση του όρου των κοινωνικοεπιστημονικών ζητημάτων (ΚΕΖ), όπως αξιοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διατριβής. Συγκεκριμένα, στην υποενότητα 2.1 δίνεται ο ορισμός της έννοιας των ΚΕΖ, περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των ζητημάτων αυτών ενώ αναλύονται συνοπτικά και οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τη διαδικασία επιχειρηματολογίας γύρω από ΚΕΖ που εγείρονται από επιστήμη και τεχνολογίες αιχμής. Στη συνέχεια, στην υποενότητα 2.2. αναδεικνύεται η ανάγκη κατανόησης των γνωστικών, επιστημολογικών και κοινωνικών πτυχών της επιστήμης προκειμένου να μπορέσουν να αναλυθούν σύγχρονα ΚΕΖ αλλά και να αξιολογηθεί η εγκυρότητα και αξιοπιστία των ισχυρισμών με τους οποίους ερχόμαστε σε επαφή. Έτσι, στην υποενότητα 2.2. αναλύεται το πλαίσιο *Family Resemblance Approach*, το οποίο αποτυπώνει μια ολιστική εικόνα για την επιστήμη. Τέλος, στην υποενότητα 2.3. περιγράφονται οι θεματικές περιοχές – γνωστικά πεδία που μπορεί να εμπλέκονται κατά τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ.

2.1. Τα χαρακτηριστικά των Κοινωνικοεπιστημονικών Ζητημάτων

Η σύγχρονη εποχή χαρακτηρίζεται από μια ραγδαία ανάπτυξη της επιστήμης και της τεχνολογίας με την εμφάνιση ποικίλων καινοτόμων εφαρμογών και τη συνεχή εξέλιξη επιστημονικών πεδίων που βρίσκονται στην αιχμή της έρευνας όπως είναι η νανοτεχνολογία, η βιοτεχνολογία κλπ. Τα επιστημονικά αυτά πεδία, καθώς και οι εφαρμογές τους, υπόσχονται σημαντικές προοπτικές για βελτίωση της ζωής του ανθρώπου, των μεθόδων ιατρικής και των μεθόδων προστασίας του περιβάλλοντος. Παράλληλα όμως η σύγχρονη εποχή χαρακτηρίζεται και από ποικίλα προβλήματα και προκλήσεις που καλείται να αντιμετωπίσει ο άνθρωπος και αφορούν είτε στην υγεία του με την εμφάνιση και όξυνση ασθενειών, είτε στο περιβάλλον με την κλιματική αλλαγή, είτε στην καθημερινότητα του με την έλλειψη ιδιωτικότητας και προστασίας των προσωπικών του δεδομένων (πχ. Wan & Bi, 2020; Bencze et al., 2020). Παρατηρείται, επομένως, μια αντίφαση μεταξύ της κοινωνικής ανάπτυξης στην οποία μπορεί να οδηγήσει η εξέλιξη της επιστήμης και της τεχνολογίας και των κοινωνικών προκλήσεων που ταυτόχρονα αναδύονται. Τα ζητήματα αυτά, που προκύπτουν λόγω της αλληλεπίδρασης και συσχέτισης των σύγχρονων επιστημονικών αντικειμένων με τις κοινωνικές ανάγκες και προβληματισμούς, ονομάζονται *κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα (ΚΕΖ)* ή όπως συναντώνται στη διεθνή βιβλιογραφία *socioscientific issues (SSI)* (πχ. Wan & Bi, 2020; Bencze et al., 2020).

Πιο συγκεκριμένα, λέγοντας KEZ εννοούνται προβληματικές καταστάσεις ανοικτού τύπου, οι οποίες δεν επιδέχονται μια μονοσήμαντα ορθή απάντηση και στις οποίες εμπλέκονται ταυτόχρονα αντιτιθέμενες και αμφιλεγόμενες πληροφορίες από ποικίλα πεδία (Sadler & Zeidler, 2005). Σύμφωνα με τους Ratcliffe & Grace (2003), ένα KEZ έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Σχετίζεται με την επιστήμη και μάλιστα συχνά με σύγχρονα επιστημονικά πεδία που βρίσκονται στην αιχμή της έρευνας (*science – in - the making / frontiers of scientific knowledge*)
- Σχετίζεται με την συνεχή εξέλιξη της πληροφόρησης σε ερευνητικό και επιστημονικό επίπεδο λόγω των νέων εμπειρικών δεδομένων που έρχονται στο φως
- Σχετίζεται με την πρόσβαση σε πληροφορίες που εκφράζονται από ποικίλους φορείς με διαφορετικά κίνητρα και συμφέροντα όπως είναι οι δημοσιογράφοι, οι πολιτικοί, οι επιχειρηματίες, οι περιβαλλοντικοί ακτιβιστές κλπ.
- Σχετίζεται με τη διαμόρφωση προσωπικών θέσεων και τη λήψη αποφάσεων σε προσωπικό και κοινωνικό επίπεδο
- Σχετίζεται με τοπικά, εθνικά ή παγκόσμια ζητήματα καθώς και με τα πολιτικά πλαίσια που διαμορφώνονται για τη διαχείριση αυτών των ζητημάτων
- Περιλαμβάνει την ανάλυση και το «ζύγισμα» οφελών – κινδύνων λόγω και της αλληλεπίδρασης των αποφάσεων που λαμβάνονται με τις προσωπικές αξίες και πιστεύω
- Περιλαμβάνει την εμπλοκή ηθικών αξιών και προβληματισμών
- Αναφέρεται συχνά στα μέσα μαζικής ενημέρωσης
- Είναι επίκαιρο

Οι μορφές των κοινωνικοεπιστημονικών αντιπαραθέσεων (types of SSI controversy)

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω ορισμό των KEZ, ένα από τα πιο κεντρικά χαρακτηριστικά τους είναι ότι είναι πρόκειται για αμφιλεγόμενα ζητήματα, τα οποία εγείρουν ποικίλες διαμάχες και αντιπαραθέσεις (*controversies*). Αυτές οι αντιπαραθέσεις μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα το περιεχόμενό τους και το πλαίσιο στο οποίο εκδηλώνονται σε δύο διαφορετικές κατηγορίες (Albe & Pedretti, 2013; Borgerding & Dagistan, 2018; Fensham, 2014; Hodson, 2013; Ratcliffe & Grace, 2003):

- Αντιπαραθέσεις για θέματα που βρίσκονται στην αιχμή της έρευνας (*science – in – the – making, emerging science, frontiers of science*) και για τα οποία ακόμη και η επιστημονική κοινότητα μπορεί να μην έχει καταλήξει σε κοινά αποδεκτές απαντήσεις. Οι αντιπαραθέσεις αυτές, εκτός των ηθικών, πολιτικών, οικονομικών πτυχών που μπορεί να εμπλέκουν, συχνά σχετίζονται και με το γεγονός ότι τα διαθέσιμα εμπειρικά στοιχεία και δεδομένα μπορεί να είναι ανεπαρκή, ελλιπή, δύσκολα να ερμηνευτούν κλπ. Παραδείγματα τέτοιου είδους αντιπαραθέσεων, που εδράζονται τόσο εντός της επιστήμης όσο και της κοινωνίας, σχετίζονται με σύγχρονες τεχνολογικές εφαρμογές όπως είναι οι εφαρμογές της νανοτεχνολογίας, η τεχνητή νοημοσύνη κλπ.
- Αντιπαραθέσεις για θέματα στα οποία η επιστημονική κοινότητα έχει καταλήξει σε κοινά συμπεράσματα και έχει επέλθει ομοφωνία (*well – established science, certain science*). Οι αντιπαραθέσεις αυτές συνδέονται κυρίως με τις διαφορετικές πολιτικές, κοινωνικές, οικονομικές, πολιτισμικές, θρησκευτικές, ηθικές ή και προσωπικές αξίες, αντιλήψεις και νόρμες. Χαρακτηριστικό παράδειγμά τέτοιων αντιπαραθέσεων, που εδράζονται αποκλειστικά εντός της κοινωνίας, είναι για παράδειγμα τα εμβόλια.

Στα πλαίσια της παρούσας διατριβής έμφαση δίνεται στην πρώτη κατηγορία αντιπαραθέσεων, δηλαδή στα ΚΕΖ που συνδέονται με επιστημονικά θέματα που βρίσκονται στην αιχμή της έρευνας καθώς και με την αξιοποίηση σύγχρονων τεχνολογικών εφαρμογών. Για το λόγο αυτό, παρακάτω αναλύονται συνοπτικά οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιχειρηματολογία των ατόμων γύρω από ΚΕΖ που σχετίζονται με την αξιοποίηση εφαρμογών επιστήμης και τεχνολογίας αιχμής.

Επιχειρηματολογία γύρω από τα ΚΕΖ αντικειμένων σύγχρονης έρευνας

Δεδομένου ότι γύρω από τα σύγχρονα επιστημονικά και τεχνολογικά θέματα συχνά υπάρχει έλλειψη ομοφωνίας μεταξύ των επιστημόνων – ερευνητών, οι αντιλήψεις των ατόμων γύρω από τα χαρακτηριστικά της επιστήμης και του τρόπου με τον οποίο αυτή παράγεται, φαίνεται να παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαδικασία της επιχειρηματολογίας και λήψης απόφασης αλλά και στην αναγνώριση της εγκυρότητας και αξιοπιστίας των ισχυρισμών με τους οποίους έρχονται σε επαφή κατά την επεξεργασία αμφιλεγόμενων ζητημάτων (πχ. Christensen, 2011; Driver et al., 1996; Kolstø, 2001b; Ryder & Leach, 2000; Sadler, 2004; Sadler & Zeidler, 2005).

Πιο συγκεκριμένα, το γεγονός ότι οι αντιπαραθέσεις εντός της επιστημονικής κοινότητας γύρω από σύγχρονα επιστημονικά και τεχνολογικά θέματα αποδίδονται στις πιθανές διαφορετικές προσωπικές απόψεις και πιστεύω των ερευνητών – επιστημόνων καθώς και σε πιθανά προσωπικά τους συμφέροντα και κίνητρα περιορίζει την κατανόηση και ερμηνεία της φύσης των αντικειμένων έρευνας αιχμής (πχ. Christensen, 2011; Thomm et al., 2017; Sadler et al., 2004). Αποτελέσματα ερευνών έχουν δείξει ότι τόσο μαθητές όσο και ενήλικες εξηγούν τις επιστημονικές αντιπαραθέσεις αναφερόμενοι στα πιθανά διαφορετικά πιστεύω και γνώμες των ερευνητών, σε διαφορετικές πειραματικές προσεγγίσεις που ενδεχομένως ακολουθούνται, σε διαφορετικούς τρόπους ανάλυσης των δεδομένων αλλά και στα διαφορετικά ερευνητικά ερωτήματα που πιθανά να τίθενται (πχ. Christensen, 2011; Driver et al., 1996; Sadler et al., 2004). Φαίνεται επομένως, ότι υπάρχει δυσκολία στην αναγνώριση της διαδικασίας παραγωγής της επιστημονικής γνώσης και στην κατανόηση ότι πρόκειται για μια κοινωνική διαδικασία κατά την οποία οι ερευνητές – επιστήμονες επικοινωνούν, συνεργάζονται, επιχειρηματολογούν και αξιολογούν τα αποτελέσματα των δικών τους ερευνητικών προσπαθειών αλλά και των συναδέλφων τους (Christensen, 2011; Kolsto, 2001a). Παράλληλα, αποτελέσματα εμπειρικών ερευνών αναδεικνύουν και έλλειψη κατανόησης σχετικά με την εμπειρική φύση της έρευνας και το ρόλο του πειράματος και της θεωρίας στη διαδικασία παραγωγής της επιστημονικής γνώσης. Το πείραμα θεωρείται ως η βασική μέθοδος – διαδικασία μέσα από την οποία θα δοθεί η «σωστή» απάντηση στα ερωτήματα που τίθενται ενώ ο ρόλος των διαφορετικών θεωριών στην ερμηνεία αντικρουόμενων δεδομένων δεν λαμβάνεται υπόψη. Τα άτομα τείνουν να βασίζονται σε διαισθητικές ερμηνείες σχετικά με την έλλειψη ομοφωνίας γύρω από επιστημονικά θέματα καθώς η κατανόησή τους γύρω από την αλληλεπίδραση εμπειρικών δεδομένων και υφιστάμενων θεωριών είναι περιορισμένη (πχ. Ryder & Leach, 2000).

Τέλος, ως προς τη γνώση επιστημονικού περιεχομένου, αν και θεωρείται ότι μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την ποιότητα της επιχειρηματολογίας των ατόμων γύρω από σύγχρονα KEZ, φαίνεται να επιδρά σε μικρότερο βαθμό στη λήψη αποφάσεων και τη διαμόρφωση προσωπικών θέσεων συγκριτικά με τους συναισθηματικούς παράγοντες, τα προσωπικά πιστεύω και εμπειρίες αλλά και τις επιστημολογικές αντιλήψεις των ατόμων (Albe, 2008a; Albe, 2008b; Emery et al., 2017; Lewis & Leach, 2006; Sadler & Zeidler, 2005; Zohar & Nemet, 2002). Κρίνεται επομένως σημαντικό, όλοι αυτοί οι παράγοντες α. συναισθηματικοί, β. επιστημολογικοί και γ. γνωστικοί να συνυπολογίζονται κατά την επεξεργασία KEZ που εγείρονται από σύγχρονα επιστημονικά και τεχνολογικά ζητήματα.

2.2. Αντικείμενα σύγχρονης έρευνας & Κοινωνικοεπιστημονικά Ζητήματα

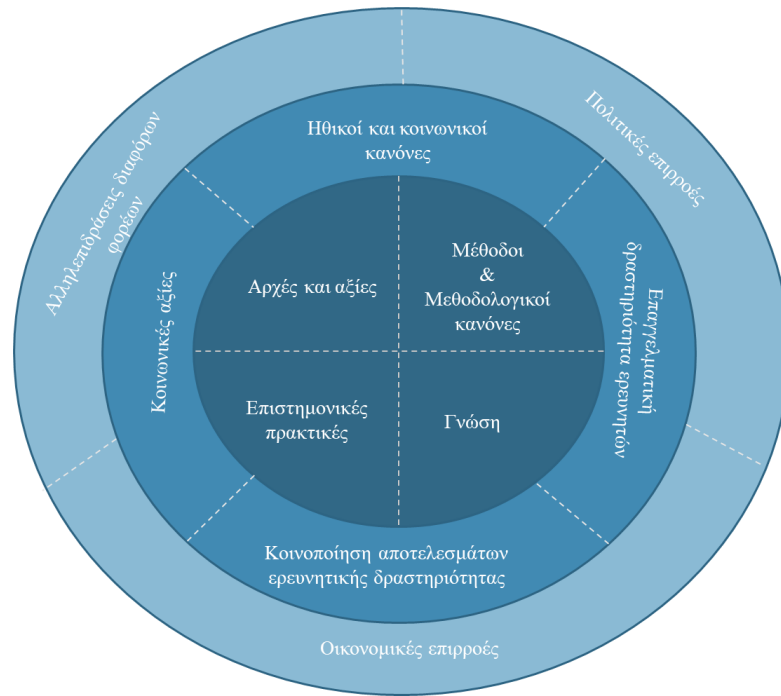
Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η επεξεργασία ΚΕΖ που εγείρονται από σύγχρονα επιστημονικά και τεχνολογικά θέματα προϋποθέτει την εμπλοκή των ατόμων με τις γνωστικές, επιστημολογικές και κοινωνικές πτυχές της επιστήμης ώστε οι πολίτες να μπορούν να ερμηνεύουν με τρόπο αποτελεσματικό τις αντικρουόμενες επιστημονικές απόψεις που συναντούν αλλά και να αναγνωρίζουν τις διαδικασίες και πρακτικές εκείνες που καθιστούν την επιστήμη μια αντικειμενική μορφή γνώσης (πχ. Albe, 2008a; Albe, 2008b; Allchin, 2011; Allchin, 2012; Duschl, 2000; Sadler, 2004). Η κατανόηση του τρόπου παραγωγής της επιστημονικής γνώσης καθώς και των δυνατοτήτων και περιορισμών της επιστήμης θεωρείται απαραίτητη κατά την εμπλοκή των πολιτών με σύγχρονα ΚΕΖ, καθώς η επεξεργασία των κοινωνικών προβληματισμών που προκύπτουν απαιτεί από την πλευρά τους την ερμηνεία και αξιολόγηση ποικίλων ισχυρισμών που συχνά παρουσιάζονται ως επιστημονικοί χωρίς απαραίτητα να είναι (πχ. Allchin, 2012; Kolstø, 2001a). Παρακάτω περιγράφεται ένα πλαίσιο, που αναγνωρίζει την αλληλεπίδραση των γνωστικών, επιστημολογικών και κοινωνικών πτυχών της επιστήμης παρουσιάζοντας μια πιο ολιστική εικόνα των χαρακτηριστικών της.

Το πλαίσιο Family Resemblance Approach (FRA)

Στο σημείο αυτό αναλύονται συνοπτικά οι γνωστικές, επιστημολογικές και κοινωνικές πτυχές της επιστήμης σύμφωνα με το πλαίσιο *Family Resemblance Approach (FRA)* που προτάθηκε από τις Erduran & Dagher το 2014 (Σχήμα 2.1).

Σύμφωνα με το πλαίσιο αυτό λοιπόν, η επιστήμη ως ένα σύστημα γνωστικών και επιστημολογικών πτυχών (*Cognitive – Epistemic aspects*) περιλαμβάνει:

- Ένα σύνολο διερευνητικών διαδικασιών και επιστημονικών πρακτικών (*Scientific practices & inquiry*)
- Αρχές και αξίες που πρέπει να διέπουν την διαδικασία παραγωγής επιστημονικής γνώσης (*Aims & values of science*)
- Μεθόδους και μεθοδολογικούς κανόνες που δύναται να ακολουθηθούν ανάλογα το είδος της επιστημονικής έρευνας που διεξάγεται (*Methods & methodological rules*)
- Την ίδια την επιστημονική γνώση ως το «τελικό προϊόν» της αλληλεπίδρασης των γνωστικών, επιστημολογικών και κοινωνικών πτυχών της επιστήμης



Σχήμα 2.1. Το πλαίσιο Family Resemblance Approach (Erduran & Dagher, 2014)

Αναλυτικότερα, λέγοντας επιστημονικές πρακτικές και διαδικασίες διερεύνησης (*scientific practices & inquiry*) εννοούνται διαδικασίες όπως η παρατήρηση, η ταξινόμηση, το πείραμα οι οποίες αξιοποιούνται με στόχο τη συλλογή δεδομένων. Παράλληλα με αυτές τις επιστημονικές πρακτικές, και άρρηκτα συνδεδεμένες με αυτές, βρίσκονται διαδικασίες όπως η διατύπωση προβλέψεων και υποθέσεων, η ερμηνεία των δεδομένων, η μοντελοποίηση κλπ. Ως αρχές και αξίες της επιστήμης (*Aims & values of science*) νοείται ένα σύνολο αρχών που καθοδηγούν τις επιστημονικές πρακτικές και οι οποίες συχνά δεν δηλώνονται ρητά παρόλο που το «τελικό προϊόν» της επιστημονικής δραστηριότητας πρέπει να τις ικανοποιεί. Σε αυτές τις αρχές και αξίες συγκαταλέγονται έννοιες όπως η ακρίβεια (*accuracy*), η αντικειμενικότητα (*objectivity*), η συνέπεια και συνοχή (*consistency*), η επάρκεια εμπειρικών δεδομένων (*empirical adequacy*), η καινοτομία (*novelty*) κ.α. Οι έννοιες αυτές πέρα του ότι αποτελούν τις αρχές και τις αξίες πάνω στις οποίες στηρίζεται και λειτουργεί η επιστήμη παράλληλα λειτουργούν και ως κριτήρια για την επιλογή του θεωρητικού πλαισίου που καθοδηγεί την ερευνητική δραστηριότητα αλλά και ως δείκτες για την εγκυρότητα και την αξιοπιστία της έρευνας. Αντίστοιχα, οι μέθοδοι και οι μεθοδολογικοί κανόνες (*Methods & methodological rules*) αναφέρονται στην ποικιλία των συστηματικών προσεγγίσεων και των κανόνων που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες για να εξασφαλίσουν την αξιοπιστία των γνώσεων που παράγουν. Η επιστημονική μέθοδος δεν είναι μια γραμμική διαδικασία παρατήρησης, υπόθεσης, πειράματος, συλλογής και ανάλυσης δεδομένων, ερμηνείας και συμπεράσματος

όπως συχνά προβάλλεται. Αντίθετα, οι ερευνητές αξιοποιούν μια ποικιλία στρατηγικών και συλλογισμών (παραγωγικούς, επαγωγικούς, αναλογικούς συλλογισμούς) αλλά και μια ποικιλία μεθόδων συλλογής και ανάλυσης δεδομένων προκειμένου να οδηγηθούν σε έγκυρα συμπεράσματα και να παράγουν και να εξελίξουν νόμους, θεωρίες και μοντέλα για τον επιστημονικό κλάδο στον οποίο εργάζονται. Η ποικιλία των μεθόδων που αξιοποιούν συμβάλλει στο να οδηγηθούν στην παραγωγή διαφορετικών μορφών δεδομένων και επομένως σε πληρέστερες και πιο συνεκτικές ερμηνείες των υπό εξέταση φαινομένων. Ουσιαστικά δηλαδή, η προαναφερθείσα ποικιλία αξιών και μεθόδων που διέπουν την ερευνητική δραστηριότητα συμβάλλουν στη διαμόρφωση έγκυρων ισχυρισμών και την παραγωγή «ισχυρής» γνώσης, διασφαλίζοντας παράλληλα την αντικειμενικότητα μέσα από τη διαδικασία κοινοποίησης της γνώσης και των εκάστοτε ευρημάτων στην επιστημονική κοινότητα. Τέλος, λέγοντας επιστημονική γνώση (*Scientific knowledge*) εννοείται το «τελικό προϊόν» της ερευνητικής δραστηριότητας, το οποίο μεταφράζεται σε επιστημονικά μοντέλα (*models*), νόμους (*laws*) και θεωρίες (*theories*).

Πέρα από τις προαναφερθείσες γνωστικές και επιστημολογικές πτυχές της επιστήμης, η επιστήμη διαμορφώνεται και από ένα σύνολο κοινωνικών πτυχών (*Social aspects of science*). Πιο αναλυτικά, η επιστήμη είναι ένα εγγενώς κοινωνικό σύστημα δεδομένου ότι περιλαμβάνει επιστήμονες, οι οποίοι εργάζονται και ανήκουν σε ερευνητικές ομάδες και κοινότητες και συνήθως εμπλέκονται σε δραστηριότητες με αντίκτυπο στην κοινωνία. Η κατανόηση των κοινωνικών πτυχών της επιστήμης κρίνεται απαραίτητη δεδομένου ότι συμβάλλει παράλληλα στην κατανόηση των δομών της επιστήμης και των επιρροών που καθορίζουν την εξέλιξή της. Γίνεται έτσι αντιληπτή η σύνδεση των ερευνητικών δραστηριοτήτων με την οικονομία, την πολιτική κλπ. και επιπρόσθετα προωθείται η διαπραγμάτευση ζητημάτων ηθικής αναφορικά με τις αποφάσεις και δράσεις του εκάστοτε πολίτη ή ερευνητή. Πιο συγκεκριμένα, η κατανόηση της επιστήμης ως ένα σύστημα που λειτουργεί μέσα στην κοινωνία και επηρεάζεται από αυτήν προωθείται μέσα από την κατανόηση:

- α. Της **επαγγελματικής δραστηριότητας των ερευνητών** (*Professional activities & social organizations and interactions*). Οι επιστήμονες – ερευνητές εμπλέκονται σε μια ποικιλία δραστηριοτήτων και διαδικασιών προκειμένου να υλοποιήσουν τις ερευνητικές τους δράσεις και να καταλήξουν σε συμπεράσματα σημαντικά για την επιστημονική κοινότητα. Παράλληλα, οι ερευνητές εμπλέκονται και σε μια ποικιλία δραστηριοτήτων για την **κοινοποίηση των αποτελεσμάτων της ερευνητικής τους**

δραστηριότητας στην ευρύτερη επιστημονική κοινότητα (*Social certification and dissemination*) μέσω της παρακολούθησης και συμμετοχής σε συνέδρια, της δημοσίευσης ερευνητικών εργασιών σε επιστημονικά περιοδικά, της υποβολής ερευνητικών και αναπτυξιακών προτάσεων για χρηματοδότηση ερευνών κλπ. Οι δραστηριότητες αυτές συμβάλλουν στην «αξιολόγηση» της ερευνητικής εργασίας και πρακτικής από τρίτους, οδηγώντας σταδιακά στην επικύρωση της παραχθείσας επιστημονικής γνώσης από την ευρύτερη επιστημονική κοινότητα.

- β. Του συνόλου των **ηθικών και κοινωνικών κανόνων** που καλούνται να ακολουθήσουν οι επιστήμονες (*Scientific ethos*). Η ερευνητική δραστηριότητα, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, διέπεται και θα πρέπει να διέπεται από ένα σύνολο αρχών και αξιών. Επομένως, οι ίδιοι οι ερευνητές, που είναι οι εκφραστές αυτής της ερευνητικής δραστηριότητας, αναμένεται να συμμορφωθούν με ένα σύνολο κανόνων τόσο κατά την πραγμάτωση της δικής τους εργασίας όσο και κατά την αλληλεπίδρασή τους με άλλους συναδέλφους και ερευνητές από άλλα πανεπιστήμια ή ερευνητικά κέντρα. Παραδείγματα τέτοιων κανόνων και αξιών είναι ο σεβασμός στο εκάστοτε ερευνητικό αντικείμενο, ο σεβασμός στο περιβάλλον, η ελευθερία, η ειλικρίνεια, η προώθηση της ανοικτής πρόσβασης στα αποτελέσματα ερευνών, η αποσύνδεση της ερευνητικής δράσης από προσωπικά συμφέροντα και οφέλη κλπ.
- γ. Των **κοινωνικών αξιών** που καλείται η ίδια η επιστήμη να ικανοποιήσει (*Social values of science*). Η επιστήμη ως ένα ενιαίο σύστημα γνωστικών, επιστημολογικών και κοινωνικών πτυχών ενσωματώνει διάφορες κοινωνικές αξίες όπως είναι ο σεβασμός στο περιβάλλον, η ελευθερία, η ισότητα, η κοινωνική χρησιμότητα (*social utility*), η οποία ουσιαστικά αφορά στη βελτίωση της ανθρώπινης υγείας, της ποιότητας της ζωής και στην αντιμετώπιση των ανθρώπινων αναγκών κλπ.
- δ. Των **αλληλεπιδράσεων των διαφόρων φορέων** (*Social organizations and interactions*). Η επιστήμη είναι κοινωνικά οργανωμένη σε ποικίλους χώρους όπως τα πανεπιστήμια, τα ερευνητικά κέντρα ακόμη και η βιομηχανία. Η φύση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μελών που εργάζονται στον εκάστοτε χώρο πολλές φορές καθορίζει την πορεία μιας ερευνητικής δραστηριότητας καθώς και των αποφάσεων που λαμβάνονται σχετικά με την προώθηση νέων ερευνητικών δράσεων.
- ε. Των **πολιτικών επιρροών** (*Political power structures*). Οι πολιτικές αποφάσεις και οι εκάστοτε κυβερνήσεις επηρεάζουν την κατεύθυνση και την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων και εφαρμογών της επιστήμης. Συχνά, οι αποφάσεις αυτές καθορίζουν την χρηματοδότηση της ερευνητικής δραστηριότητας ενώ παράλληλα λειτουργούν – ή

θα έπρεπε να λειτουργούν- προστατευτικά απέναντι σε ενδεχόμενες επιβλαβείς διαστάσεις της έρευνας και της καινοτομίας.

στ. Των **οικονομικών επιρροών** (*Financial systems*). Η πρόοδος και η εξέλιξη της επιστήμης οδηγεί συχνά στην εμφάνιση νέων, καινοτόμων εφαρμογών που προωθούν την ανάπτυξη της οικονομίας. Παράλληλα, οικονομικοί παράγοντες διαμεσολαβούν στην επιστημονική διαδικασία δεδομένου ότι οι ερευνητές χρειάζονται χρηματοδότηση για να διεκπεραιώσουν το έργο τους.

Συνοψίζοντας, αναφορικά με το πλαίσιο Family Resemblance Approach, παρατηρούμε ότι παρουσιάζει μια ολιστική εικόνα για την επιστήμη, εμφανίζοντάς την ως ένα δυναμικό σύστημα όπου οι επιμέρους πτυχές και τα επιμέρους χαρακτηριστικά αλληλεπιδρούν ως στοιχεία ενός ευρύτερου όλου. Αναγνωρίζοντας αυτή την ολιστική εικόνα της επιστήμης ως ένα δυναμικό σύστημα, το οποίο καθορίζεται όχι μόνο από γνωστικές και επιστημολογικές πτυχές αλλά και κοινωνικές, δίνεται η δυνατότητα στους πολίτες που θα κληθούν να συμμετάσχουν στη λήψη αποφάσεων στην επιστήμη και για την επιστήμη, να εξοικειωθούν με τις επιστημονικές πρακτικές και διαδικασίες που προσφέρουν εγκυρότητα και αξιοπιστία στην επιστημονική γνώση αλλά και να γνωρίσουν ότι οι επιστημονικές έρευνες και επιδιώξεις μπορεί να επηρεάζονται και συχνά να περιορίζονται από κοινωνικές επιρροές, ιδεολογίες και οικονομικές και πολιτικές αποφάσεις.

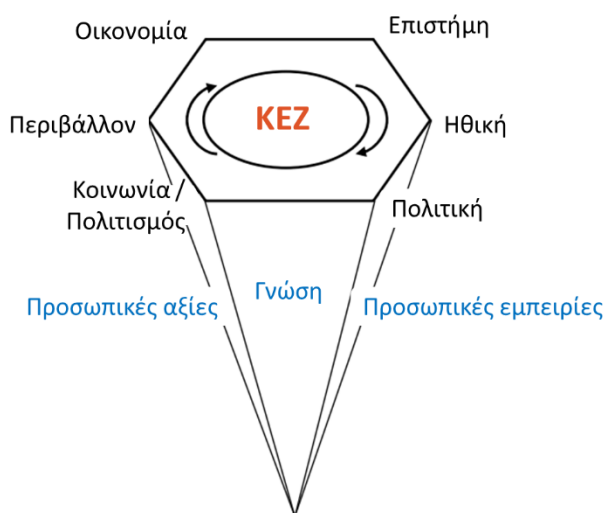
2.3. Οι θεματικές περιοχές των KEZ

Τα ποικίλα πεδία – θεματικές περιοχές (*subject areas*) που εμπλέκονται κατά την διαπραγμάτευση KEZ περιγράφονται από το μοντέλο SEE – SEP (Σχήμα 2.2) που πρώτη φορά πρότειναν οι Rundgren & Rundgren (2010) με στόχο τη διαμόρφωση μιας ολιστικής εικόνας για τα ζητήματα αυτά. Ο τίτλος SEE – SEP προκύπτει από τα αρχικά των επιμέρους θεματικών περιοχών που μπορεί να εμπλέκονται σε ένα KEZ και υποδηλώνει τόσο την πολυεπιστημονική φύση των KEZ όσο και την ανάγκη τα ζητήματα αυτά να εξετάζονται ξεχωριστά (*sep - seperate*) από την οπτική των επιμέρους γνωστικών περιοχών. Σύμφωνα, λοιπόν, με το μοντέλο αυτό, ένα KEZ μπορεί να σχετίζεται με έξι θεματικές περιοχές όπως:

1. **Κοινωνία – πολιτισμός** (*Sociology – Culture*). Αφορά σε στοιχεία σχετικά με το κοινωνικό – πολιτισμικό πλαίσιο που πιθανά επιδρά σε ένα υπό εξέταση ζήτημα καθώς και στις ανθρώπινες αλληλεπιδράσεις μέσα στην κοινωνία.
2. **Περιβάλλον – Οικολογία** (*Environment – Ecology*). Αφορά στις αλληλεπιδράσεις των ζώντων οργανισμών με το περιβάλλον τους καθώς και σε πιθανά περιβαλλοντικά

προβλήματα στα οποία ο σύγχρονος άνθρωπος καλείται να δώσει λύσεις. Οι λύσεις αυτές μάλιστα πρέπει να είναι συμβατές με τις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης.

3. **Οικονομία (Economy)**. Αφορά στην επίδραση που μπορεί να έχουν προτεινόμενες λύσεις σχετικά με τα υπό μελέτη ΚΕΖ στην αύξηση ή την μείωση του κόστους, στις χρηματοδοτήσεις και στη διαμόρφωση νέων θέσεων εργασίας.
4. **Επιστήμη (Science)**. Αφορά σε γνώσεις φυσικής, χημείας, βιολογίας, ιατρικής κ.ο.κ, γνώσεις γύρω από σύγχρονες τεχνολογικές εφαρμογές καθώς και σε πτυχές της φύσης της επιστήμης.
5. **Ηθική (Ethics/ Morality)**. Αφορά στους ηθικούς προβληματισμούς που μπορεί να εγείρονται από έναν προβληματισμό αλλά και σε ζητήματα κοινωνικής υπευθυνότητας (*social responsibility*), ανοικτής προσβασιμότητας (*accessibility*), κοινωνικής ισότητας και δικαιοσύνης (*social justice*).
6. **Πολιτική (Policy)**. Αφορά στις πολιτικές αποφάσεις σχετικά με ένα ζήτημα, στη θέσπιση νέων νομοθετικών πλαισίων για τον περιορισμό πιθανών αυθαιρεσιών καθώς και στην εμπιστοσύνη του κοινού στις αποφάσεις και επιλογές των εκάστοτε κυβερνήσεων και αρχών.



Σχήμα 2.2. Το μοντέλο SEE - SEP (Rundgren & Rundgren, 2010)

Συνεπώς με βάση το μοντέλο αυτό, ένα ΚΕΖ ενσωματώνει τόσο επιστημονικές διαστάσεις (θεματική περιοχή της επιστήμης) όσο και κοινωνικές, περιβαλλοντικές, οικονομικές, ηθικές και πολιτικές πτυχές. Το μοντέλο αυτό αποτυπώνει επίσης – πέρα από τις θεματικές περιοχές που εμπλέκονται σε ένα ΚΕΖ – και τις διαστάσεις στις οποίες συχνά στηρίζεται η επιχειρηματολογία και συλλογιστική των ατόμων κατά τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ. Αυτές οι

διαστάσεις συνοπτικά είναι (Christenson et al., 2012; Christenson et al., 2015; Es & Nurhan Öztürk, 2021; Rundgren & Rundgren, 2010):

1. **Η γνώση (Knowledge)**. Ως γνώση αναφέρεται η αξιοποίηση εννοιών, θεωριών, νόμων ή εμπειρικών στοιχείων που σχετίζονται με κάποια από τις προαναφερθείσες θεματικές περιοχές.
2. **Οι προσωπικές αξίες (Personal values)**. Οι προσωπικές αξίες σχετίζονται κατά κύριο λόγο με τον συναισθηματικό τομέα του ατόμου που επιχειρηματολογεί. Οι προσωπικές αξίες αφορούν στα προσωπικά πιστεύω και στις στάσεις του ατόμου ως προς το υπό μελέτη ΚΕΖ ενώ συχνά επηρεάζονται από το εκάστοτε κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο.
3. **Οι προσωπικές εμπειρίες (Personal experiences)**. Συχνά τα άτομα, όταν καλούνται να επιχειρηματολογήσουν γύρω από ένα ΚΕΖ, αξιοποιούν τις προσωπικές τους εμπειρίες και βιώματα, ιδιαίτερα όταν δεν έχουν πρόσβαση ή δυσκολεύονται να ερμηνεύσουν συγκεκριμένα εμπειρικά δεδομένα και στοιχεία για να στηρίξουν τις απόψεις τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται ο ρόλος των ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ. Συγκεκριμένα στην υποενότητα 3.1. αναλύεται η αξία διαπραγμάτευσης ΚΕΖ στα μαθήματα των ΦΕ ενώ στην υποενότητα 3.2. περιγράφεται το εύρος της στοχοθεσίας που συνοδεύει την εφαρμογή ΚΕΖ διδασκαλιών στην πράξη. Στη συνέχεια (υποενότητα 3.3) αναλύονται τα μοντέλα – πλαίσια σχεδιασμού και υλοποίησης ΚΕΖ διδασκαλιών. Ακολούθως, στην υποενότητα 3.4, περιγράφονται οι τάσεις – «ρεύματα» που διατυπώνονται στη βιβλιογραφία αναφορικά με την αξιοποίηση των ΚΕΖ προσεγγίσεων στα μαθήματα των ΦΕ ενώ τέλος, στην ίδια υποενότητα (υποενότητα 3.4) περιλαμβάνονται και οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται κατά το σχεδιασμό και υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών.

3.1. Η αξία διαπραγμάτευσης ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ

Ο επιστημονικός γραμματισμός (*scientific literacy*) θεωρείται αναπόσπαστο κομμάτι της γενικής εκπαίδευσης και κουλτούρας των πολιτών σε παγκόσμια κλίμακα. Επανέρχεται στις μέρες μας ως αναγκαιότητα λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης της επιστήμης και της τεχνολογίας, γεγονός που οδηγεί την εκπαιδευτική κοινότητα στον επαναπροσδιορισμό της σχολικής εκδοχής της επιστήμης, ώστε ο μαθητής, ως μελλοντικός πολίτης, να μπορέσει να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του 21ου αιώνα δηλαδή να μπορέσει να παρακολουθεί και να συμμετέχει στις τρέχουσες εξελίξεις και τις καινοτομίες της έρευνας. Συνεπώς, κρίνεται αναγκαίο οι μαθητές, μέσα από τα μαθήματα των ΦΕ - πέρα από το να αποκτήσουν τις απαραίτητες γνώσεις για τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί ο φυσικός κόσμος (*Vision I of scientific literacy*, Robert, 2007) – να αναπτύξουν τις κατάλληλες δεξιότητες ώστε να μπορούν οι ίδιοι να επιχειρηματολογούν, να λαμβάνουν αποφάσεις και να αναλαμβάνουν δράση στην καθημερινή τους ζωή σχετικά με ζητήματα που αφορούν τις κοινωνικές προεκτάσεις και επιρροές της επιστήμης και της τεχνολογίας (*Vision II of scientific literacy*, Robert, 2007). Αυτή η οπτική – διάσταση του επιστημονικού γραμματισμού, η οποία δεν αφορά μόνο στους μαθητές που θα ακολουθήσουν κάποιο τομέα των ΦΕ ως επάγγελμα, αλλά αφορά σε όλους τους μαθητές – *science for all* – (NRC, 1996) οι οποίοι θα κληθούν στο μέλλον να πάρουν αποφάσεις και να συμμετέχουν σε συζητήσεις σχετικές με επιστημονικά θέματα, θεωρείται ότι μπορεί να προωθηθεί στα μαθήματα των ΦΕ μέσα από τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ (πχ. Albe, 2008b; Sadler, 2004; Zeidler et al., 2019).

Πιο συγκεκριμένα, θεωρείται ότι η ενσωμάτωση ΚΕΖ στα μαθήματα των ΦΕ ενισχύει την κατανόηση των μαθητών γύρω από τη σχέση επιστήμης – κοινωνίας αλλά και το ρόλο των ποικίλων φορέων όπως είναι οι πολιτικοί, οι μη κυβερνητικές οργανώσεις, η βιομηχανία κλπ., στη διαδικασία της έρευνας και της καινοτομίας. Με αυτόν τον τρόπο, από τη μια οι μαθητές έρχονται σε επαφή με τις ποικίλες οπτικές και απόψεις γύρω από τα θέματα που εξετάζουν και από την άλλη ενισχύεται το ενδιαφέρον και το κίνητρό τους γύρω από επιστημονικά και τεχνολογικά θέματα καθώς αυτά αποκτούν άμεση σύνδεση και συνάφεια με την καθημερινή τους ζωή και πρακτική (πχ. Hofstein et al., 2011).

Επιπρόσθετα έρευνες έχουν δείξει ότι η εφαρμογή κοινωνικοεπιστημονικών προσεγγίσεων στα μαθήματα των ΦΕ μπορεί να ενισχύσει την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών γύρω από έννοιες και αρχές επιστημονικού περιεχομένου προσφέροντας κατάλληλα πλαίσια για τη διαπραγμάτευση αυτών των εννοιών αλλά και για την καλλιέργεια των διερευνητικών τους δεξιοτήτων (πχ. Lewis & Leach, 2006; Sadler et al., 2007; Sadler et al., 2016; Venville & Dawson; 2010). Για παράδειγμα ο Sadler και οι συνεργάτες του (2016), μελέτησαν το βαθμό που μια κοινωνικοεπιστημονική διδασκαλία μπορεί να υποστηρίξει την εκμάθηση επιστημονικού περιεχομένου. Στην έρευνα συμμετείχαν εξήντα εννιά μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, οι οποίοι έδειξαν στατιστικά σημαντικά κέρδος ως προς τη γνώση εννοιών σχετικών με τη βιοτεχνολογία. Αντίστοιχα ήταν και τα αποτελέσματα από την έρευνα των Venville & Dawson (2010) σχετικά με την κατανόηση επιστημονικού περιεχομένου γύρω από έννοιες της γενετικής σε 92 μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μέσω πειραματικού σχεδιασμού.

Επιπλέον, στη βιβλιογραφία ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στο ρόλο της διαπραγμάτευσης ΚΕΖ στα μαθήματα των ΦΕ, για την εξοικείωση των μαθητών με πτυχές της φύσης της επιστήμης (ΦτΕ) και της επιστημονικής γνώσης (Eastwood et al., 2012; Karisan & Zeidler, 2017; Khishfe, et al., 2017; Khishfe & Lederman, 2006; Sadler et al., 2002; Vázquez-Alonso et al., 2016; Zeidler et al., 2002). Θεωρείται ότι τα ΚΕΖ μπορούν να λειτουργήσουν ως αποτελεσματικά πλαίσια για την κατανόηση από τους μαθητές των περιορισμών της επιστημονικής έρευνας, των κοινωνικών πτυχών της επιστήμης, του ρόλου των εμπειρικών δεδομένων και των υφιστάμενων θεωριών στη διαδικασία παραγωγής της επιστημονικής γνώσης καθώς και του ρόλου της ομοφωνίας στην επιστημονική κοινότητα. Για παράδειγμα, η Eastwood και οι συνεργάτες της (2012), διερεύνησαν, μέσω ενός ανοικτού ερωτηματολογίου, τις αντιλήψεις μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με πτυχές της ΦτΕ. Οι μαθητές που

διδάχθηκαν ρητά πτυχές της ΦτΕ σε ένα πλαίσιο διαπραγμάτευσης ΚΕΖ μπόρεσαν και χρησιμοποιήσαν συγκεκριμένα παραδείγματα κατά την αποτύπωση των αντιλήψεών τους για τις υπό εξέταση πτυχές της ΦτΕ, σε αντίθεση με τους συμμαθητές τους που είχαν διδαχθεί ρητά πτυχές της ΦτΕ αλλά σε ένα πλαίσιο διαπραγμάτευσης επιστημονικού περιεχομένου.

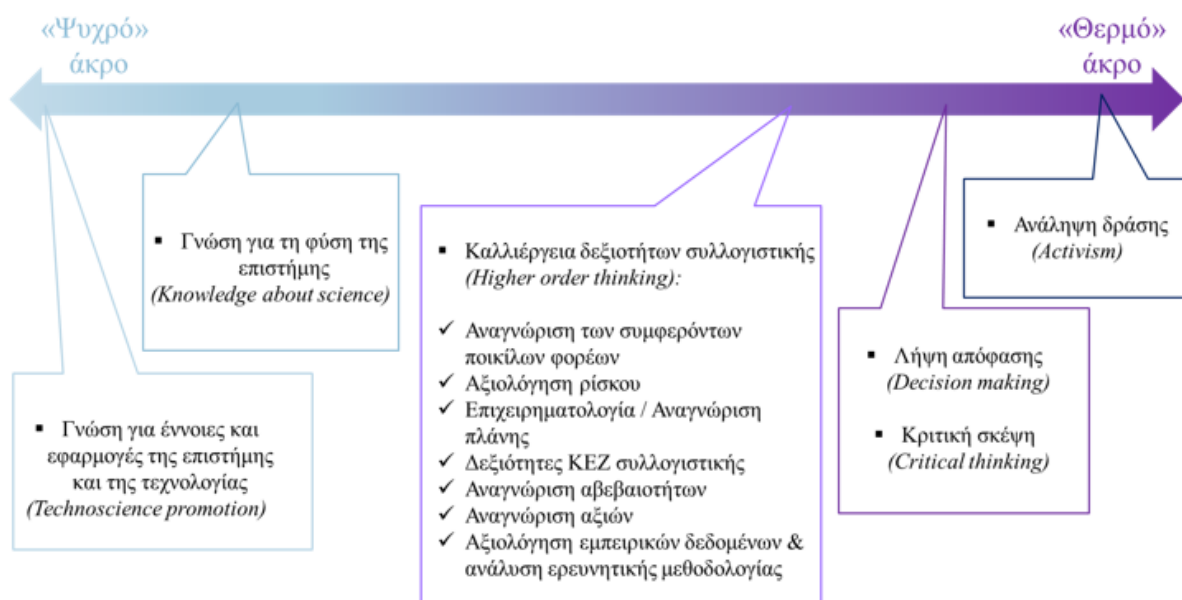
Επιπροσθέτως, σύμφωνα με τα αποτελέσματα ποικίλων εμπειρικών ερευνών, η αξιοποίηση των ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ μπορεί να συνεισφέρει στην καλλιέργεια των δεξιοτήτων ενήμερης επιχειρηματολογίας και λήψης απόφασης των μαθητών (πχ. Dawson & Venville, 2010; Dawson & Carson, 2020; Evagorou, 2011; Evagorou & Osborne, 2012; Nicolaou et al., 2009; Osborne et al., 2004; Walker & Zeidler, 2007; Zohar & Nemet, 2002). Μέσα από τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ, οι μαθητές καλούνται να διαμορφώσουν τα δικά τους επιχειρήματα, να αναζητήσουν εμπειρικά στοιχεία και δεδομένα, να αξιολογήσουν ισχυρισμούς και να συνυπολογίσουν τις επιστημονικές και κοινωνικές πτυχές ενός ζητήματος. Με αυτό τον τρόπο, αποκτούν νέα γνώση αλλά και καλλιεργούν δεξιότητες που συνεισφέρουν αφενός στην διαμόρφωση ενήμερης επιχειρηματολογίας και λήψης απόφασης και αφετέρου στη συμμετοχή τους σε δημόσιες συζητήσεις για επιστημονικά και τεχνολογικά θέματα καθώς καλούνται να διατυπώσουν ισχυρισμούς με επαρκή αιτιολόγηση υποστηρίζοντας τις θέσεις τους έναντι άλλων αντιτιθέμενων απόψεων.

Τέλος, η διαπραγμάτευση ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ φαίνεται να συνδέεται με την διαμόρφωση κατάλληλων πλαισίων για την ανάληψη κοινωνικοπολιτικής δράσης (*sociopolitical action taking*) από τους μαθητές συνεισφέροντας με αυτόν τον τρόπο στην ενεργό και υπεύθυνη συμμετοχή τους σε κοινωνικά ζητήματα και αποφάσεις (*responsible citizenship*) (πχ. Bencze et al., 2012; Hodson, 2013; Sadler et al., 2007). Η εφαρμογή κοινωνικοεπιστημονικών προσεγγίσεων φαίνεται να παρέχει στους μαθητές τις κατάλληλες ευκαιρίες ώστε να εμπλέκονται με ποικίλα κοινωνικά ή/και περιβαλλοντικά προβλήματα, να αναζητούν λύσεις για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων και να αναλαμβάνουν δράσεις προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος και οι επιπτώσεις που τα συνοδεύουν. Έτσι, οι μαθητές καλούνται να εκτιμήσουν την αποτελεσματικότητα ποικίλων δράσεων, να αναγνωρίσουν περιορισμούς, εμπόδια και δυσκολίες, να αναλύσουν και διευθετήσουν διαφωνίες μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων στις ποικίλες δράσεις, να υλοποιήσουν τις δράσεις αυτές αλλά και να τις προβάλλουν με στόχο την ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του ευρέος κοινού γύρω από τα ζητήματα αυτά.

Φαίνεται λοιπόν από όλα τα παραπάνω ότι οι κοινωνικοεπιστημονικές προσεγγίσεις στη διδασκαλία των ΦΕ θεωρείται ότι μπορούν να συνεισφέρουν τόσο στην γνωστική όσο και στην κοινωνική, πολιτική και ηθική ανάπτυξη των μαθητών (πχ. Sadler, 2004).

3.2. Η στοχοθεσία μιας ΚΕΖ διδασκαλίας

Τα ΚΕΖ όπως έχει ήδη αναφερθεί (υποενότητα 2.1) αντιπροσωπεύουν επίκαιρα, αμφιλεγόμενα ζητήματα που εδράζονται στην αλληλεπίδραση επιστήμης – κοινωνίας. Ωστόσο, ο τρόπος με τον οποίο συχνά ενσωματώνονται στη διδακτική πράξη δεν αναδεικνύει τα χαρακτηριστικά και τη φύση αυτών των ζητημάτων (υποενότητα 2.1) (Simonneaux, 2014a). Ως εκ τούτου, στη βιβλιογραφία αναφέρονται ποικίλοι διαφορετικοί στόχοι που συνδέονται με την ενσωμάτωση και διαπραγμάτευση ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ, οι οποίοι διαμορφώνουν μάλιστα ένα συνεχές, το οποίο αποτυπώνεται στο σχήμα 3.1 που ακολουθεί (Simonneaux, 2014a).



Σχήμα 3.1. Το εύρος της στοχοθεσίας μιας ΚΕΖ διδασκαλίας (Simonneaux, 2014)

Παρακάτω περιγράφεται αυτό το συνεχές αναλύοντας τη στοχοθεσία διαπραγμάτευσης ΚΕΖ από το «ψυχρό» άκρο στο πιο «θερμό».

Εξοικείωση με έννοιες και εφαρμογές της επιστήμης και της τεχνολογίας. Όπως φαίνεται λοιπόν από το παραπάνω σχήμα (Σχήμα 3.1) στο ένα άκρο του συνεχούς βρίσκεται η ενσωμάτωση των ΚΕΖ στην εκπαιδευτική πράξη με στόχο την διαμόρφωση κινήτρων για εμπλοκή των μαθητών με έννοιες, αρχές και φαινόμενα που σχετίζονται με την επιστήμη αλλά και για την εξοικείωσή τους με εφαρμογές της τεχνολογίας. Φαίνεται επομένως ότι ένας τρόπος

αξιοποίησης των ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ σχετίζεται με το ότι παρέχουν ένα κατάλληλο πλαίσιο για την εξοικείωση των μαθητών με την αξία και τα επιτεύγματα της τεχνοεπιστήμης. Ουσιαστικά δηλαδή, στην περίπτωση του «ψυχρού» άκρου του συνεχούς, η εισαγωγή ΚΕΖ στην διδασκαλία των ΦΕ αφορά αποκλειστικά στην εκμάθηση εννοιών σχετικών με το υπό μελέτη ζήτημα και όχι στην ανάπτυξη προβληματισμού γύρω από τις διαστάσεις του ζητήματος.

Εξοικείωση με πτυχές της Φύσης της Επιστήμης. Ένας άλλος στόχος που μπορεί να συνδέεται με την διαπραγμάτευση ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ, σχετίζεται με την κατανόηση από πλευράς των μαθητών του τρόπου με τον οποίο λειτουργεί η επιστήμη και παράγεται η επιστημονική γνώση, δηλαδή με την εξοικείωση των μαθητών με πτυχές της ΦτΕ.

Εμπλοκή με ανωτέρου επιπέδου διαδικασίες συλλογιστικής (Higher order thinking). Καθώς προχωράμε κατά μήκος του συνεχούς που αντιπροσωπεύει τη στοχοθεσία σχετικά με τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ (Σχήμα 3.1), φαίνεται ότι αρχίζουν να αναγνωρίζονται και να αποδίδονται στα ΚΕΖ τα αμφιλεγόμενα χαρακτηριστικά τους. Βασική επιδίωξη της εφαρμογής της ΚΕΖ προσέγγισης κατά τη διδασκαλία ΦΕ είναι οι μαθητές να αποκτήσουν τις κατάλληλες δεξιότητες ώστε να μπορούν να διαμορφώνουν ενήμερες απόψεις και να λαμβάνουν ενήμερες αποφάσεις γύρω από σύγχρονα ζητήματα όπως είναι η κλιματική αλλαγή, η βιοτεχνολογία, η αξιοποίηση εφαρμογών της νανοτεχνολογίας κοκ. μιας και η διαδικασία λήψης αποφάσεων δεν αφορά μονάχα στους ειδικούς αλλά και στους ίδιους τους πολίτες που στην καθημερινότητά τους μπορούν εν δυνάμει να αποκτήσουν το ρόλο του καταναλωτή, του ψηφοφόρου, του νομοθέτη κλπ. Προκειμένου να καλλιεργηθούν αυτές οι δεξιότητες ενήμερης λήψης απόφασης, θα πρέπει οι μαθητές να εμπλακούν σε υψηλού επιπέδου γνωστικές διαδικασίες. Συνεπώς, καθώς προχωράμε προς το «θερμό» άκρο του συνεχούς, η στοχοθεσία της ΚΕΖ προσέγγισης σχετίζεται με το να μπορούν οι μαθητές να αναγνωρίζουν και να αναλύουν αντιτιθέμενα συμφέροντα και τις ποικίλες οπτικές φορέων που ενδεχομένως εμπλέκονται σε ένα ζήτημα, να μπορούν να αξιολογούν τους ενδεχόμενους κινδύνους και αβεβαιότητες, να αξιολογούν τα εμπειρικά δεδομένα που έχουν στη διάθεσή τους κοκ.

Καλλιέργεια δεξιοτήτων ΚΕΖ συλλογιστικής (Socioscientific Reasoning Skills – SSR). Ο Sadler και οι συνεργάτες του (2007) προσδιόρισαν τις βασικές δεξιότητες συλλογιστικής που συνδέονται με τη διαπραγμάτευση σύγχρονων, αμφιλεγόμενων ΚΕΖ ώστε ο εκάστοτε μαθητής ή πολίτης να μπορεί να παίρνει μέρος στη διαδικασία λήψης ενήμερων αποφάσεων για κοινωνικά θέματα με επιστημονική βάση. Η καλλιέργεια αυτών των δεξιοτήτων ΚΕΖ

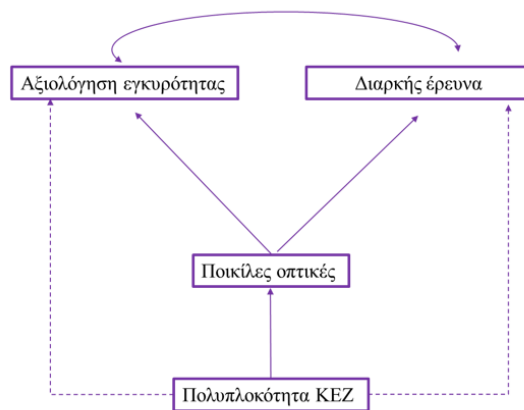
συλλογιστικής αποτελούν, όπως υποστηρίζεται στη βιβλιογραφία, μια από τις βασικότερες διαστάσεις της στοχοθεσίας της ΚΕΖ προσέγγισης στη διδασκαλία των ΦΕ (πχ. Chang et al., 2020; Irmak, 2020; Karahan & Roehring, 2017; Kinslow et al., 2019; Morin et al., 2017; Owens et al., 2018; Romine et al., 2017; Romine et al., 2020; Sadler et al., 2007; Simonneaux & Simonneaux; 2009; Zeidler et al., 2019). Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι βασικές δεξιότητες ΚΕΖ συλλογιστικής είναι οι ακόλουθες:

- *Αναγνώριση της έμφυτης πολυπλοκότητας των ΚΕΖ (SSI – complexity).* Δεδομένου ότι τα ΚΕΖ είναι αμφιλεγόμενα ζητήματα που υπόκεινται σε ποικίλες και αντικρουόμενες απόψεις και λύσεις, κρίνεται απαραίτητο οι μαθητές να μπορούν να αναγνωρίζουν αυτή την πολυπλοκότητα και να συνυπολογίζουν τους ποικίλους παράγοντες που ενδεχομένως εμπλέκονται σε ένα ζήτημα. Κρίνεται, δηλαδή, απαραίτητο οι μαθητές να αναγνωρίζουν και να αναλύουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών των παραγόντων και όχι να παρουσιάζουν συλλογιστικές που περιορίζονται σε γραμμικές σχέσεις αιτίου – αποτελέσματος.
- *Ανάλυση των ποικίλων οπτικών γύρω από ένα ΚΕΖ (Perspective taking).* Η αμφιλεγόμενη φύση των ΚΕΖ σχετίζεται – πέρα από την εμπλοκή διαφορετικών παραγόντων - και με την ύπαρξη ποικίλων απόψεων γύρω από ένα υπό μελέτη ζήτημα. Οι ποικίλες αυτές απόψεις συχνά αντικατοπτρίζουν τα διαφορετικά συμφέροντα και ιδεολογίες των εμπλεκόμενων φορέων. Οι μαθητές, επομένως, κρίνεται σκόπιμο να μπορούν να αναγνωρίζουν τις ποικίλες οπτικές αναφορικά με ένα ΚΕΖ ή τις προτεινόμενες σε αυτό λύσεις, ιδιαίτερα όταν αυτές οι οπτικές έρχονται σε αντίθεση με τις δικές τους προσωπικές απόψεις και ιδέες, ώστε να δομούν μια ολοκληρωμένη επιχειρηματολογία - με τα επιχειρήματα και αντεπιχειρήματά τους - για το εκάστοτε ζήτημα που εξετάζουν.
- *Αναγνώριση ότι τα ΚΕΖ υπόκεινται σε διαρκή έρευνα (On – going inquiry).* Τα ΚΕΖ είναι ζητήματα του πραγματικού κόσμου τα οποία χαρακτηρίζονται από ένα σημαντικό βαθμό αβεβαιότητας λόγω της έλλειψης ολοκληρωμένης πληροφόρησης. Αυτή η έλλειψη πληροφοριών γύρω από ένα ΚΕΖ μπορεί να αφορά είτε στις επιστημονικές είτε στις κοινωνικές διαστάσεις του ζητήματος. Οι μαθητές, συνεπώς, πρέπει να μπορούν να αναγνωρίζουν αυτές τις αβεβαιότητες και την ανάγκη για περισσότερες πληροφορίες γύρω από ένα ζήτημα, δεδομένου ότι τα ΚΕΖ είναι ανοικτά ζητήματα που εγείρουν ποικίλα ερωτήματα. Επίσης, κρίνεται σημαντικό να μπορούν να αναγνωρίζουν ότι τα ερωτήματα αυτά δεν αφορούν αποκλειστικά τον επιστημονικό ή

τον κοινωνικό τομέα αλλά αντίθετα συχνά εδράζονται στην αλληλεπίδραση αυτών των διαστάσεων.

- *Έλεγχος σχετικά με την εγκυρότητα και αξιοπιστία των πληροφοριών (Employ Skepticism)*. Δεδομένου ότι σε ένα ΚΕΖ εμπλέκονται ποικίλοι φορείς με διαφορετικές απόψεις, αξίες, ιδεολογίες αλλά και δεδομένου ότι σε ΚΕΖ συζητήσεις συχνά αξιοποιούνται επιχειρήματα και ισχυρισμοί από ειδικούς που αναγνωρίζονται ως «αυθεντίες» (Kolsto, 2001b), η αξιολόγηση της εγκυρότητας και αξιοπιστίας των ισχυρισμών που διατυπώνονται αλλά και των πηγών που αξιοποιούνται καθίστανται αναγκαία. Συνεπώς, οι μαθητές πρέπει να εξοπλιστούν με τις κατάλληλες δεξιότητες και στρατηγικές ώστε να αναγνωρίζουν και να εξετάζουν ενδεχόμενες προκαταλήψεις στις πηγές και τους ισχυρισμούς με τις οποίες έρχονται σε επαφή κατά την εξέταση ενός ΚΕΖ.

Πρόσφατες έρευνες μάλιστα αναδεικνύουν μια προοδευτική εξέλιξη στην καλλιέργεια αυτών των δεξιοτήτων ΚΕΖ συλλογιστικής (πχ. Romine et al., 2020) με τις δεξιότητες σχετικά με την αναγνώριση της πολυπλοκότητας ενός ΚΕΖ να θεωρούνται λιγότερο απαιτητικές σε σχέση με τις υπόλοιπες αλλά ταυτόχρονα και η βάση για την προώθηση της ανάπτυξης των υπολοίπων δεξιοτήτων (Σχήμα 3.2.).



Σχήμα 3.2. Η προοδευτική εξέλιξη των δεξιοτήτων ΚΕΖ συλλογιστικής (Romine et al., 2020)

Σημαντικό στοιχείο του παραπάνω σχήματος (Σχήμα 3.2.) αποτελεί το γεγονός ότι η αναγνώριση και ανάλυση των ποικίλων οπτικών βρίσκεται στο επίκεντρο. Αυτό δηλώνει ότι η αναγνώριση της πολυπλοκότητας ενός ΚΕΖ από τους μαθητές αν και αποτελεί ένα πρώτο βήμα κατανόησης της φύσης και των χαρακτηριστικών των ΚΕΖ, δεν αρκεί για την εμπλοκή των

μαθητών με ανώτερες γνωστικές διαδικασίες όπως είναι η αναγνώριση της διαρκούς έρευνας στην οποία υπόκεινται τα ΚΕΖ ή η αξιολόγηση της εγκυρότητας των πηγών και ισχυρισμών που συναντάμε κατά την επεξεργασία τους. Αντίθετα, η επικέντρωση πρέπει να αφορά στην ανάλυση των ποικίλων οπτικών μιας και με αυτό τον τρόπο διαμορφώνεται η κατάλληλη βάση για την προώθηση της αναγνώρισης των αβεβαιοτήτων που συνοδεύουν ένα ζήτημα (Kahn & Zeidler, 2019; Romine et al., 2017; Romine et al., 2020).

Καλλιέργεια δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας. Πέρα από τις προαναφερθείσες δεξιότητες ΚΕΖ συλλογιστικής, σύμφωνα με το σχήμα 3.1. άλλοι στόχοι μιας ΚΕΖ διδασκαλίας, που σχετίζονται με την καλλιέργεια υψηλού επιπέδου συλλογιστικής από τους μαθητές, αφορούν στην καλλιέργεια δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας των μαθητών (*argumentation skills*) (πχ. Acar et al., 2010; Jimenez – Aleixandre, 2002; Simon et al., 2006). Ιδιαίτερη βαρύτητα μάλιστα δίνεται στο να μπορούν οι μαθητές να αξιοποιούν τα εμπειρικά δεδομένα και στοιχεία που επεξεργάζονται ώστε να υποστηρίζουν τα επιχειρήματα και αντεπιχειρήματα τους κατά τη συμμετοχή τους σε διαδικασίες debate. Βέβαια για είναι αυθεντική η διαδικασία επιχειρηματολογίας των μαθητών σχετικά με ΚΕΖ, κρίνεται σημαντικό να συνοπολογίζονται πέρα από τις επιστημονικές έννοιες και τα εμπειρικά δεδομένα, η ανάλυση της διεπιστημονικότητας των υπό εξέταση προβληματισμών αλλά και οι ποικίλοι συναισθηματικοί και αξιακοί παράγοντες που υπεισέρχονται (Simonpeaux, 2014a).

Καλλιέργεια δεξιοτήτων λήψης απόφασης και ανάληψης δράσης. Τέλος, στο πιο «θερμό» άκρο του συνεχούς της στοχοθεσίας μιας ΚΕΖ διδασκαλίας, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, βρίσκεται η λήψη απόφασης (*decision making*) και η ανάληψη κοινωνικοπολιτικής δράσης (*sociopolitical action taking*) γύρω από κρίσιμα κοινωνικά και περιβαλλοντικά ΚΕΖ (πχ. Barrue & Albe, 2013; Bencze & Sperling, 2012). Σημαντικό σημείο της ανάληψης δράσης στα πλαίσια της εφαρμογής της ΚΕΖ προσέγγισης στη διδασκαλία των ΦΕ αποτελεί η κριτική ανάλυση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των επιλογών που λαμβάνονται από τους μαθητές με στόχο την προώθηση κοινωνικής ισότητας και δικαιοσύνης, υπευθυνότητας αλλά και επιθυμίας για κοινωνική αλλαγή.

Επίπεδα ενσωμάτωσης ΚΕΖ στη διδασκαλία Φυσικών Επιστημών

Με βάση το εύρος της στοχοθεσίας μιας ΚΕΖ διδασκαλίας, όπως αναλύεται παραπάνω, ο Hodson (2010; 2013) προσδιόρισε διαφορετικά επίπεδα ενσωμάτωσης των ΚΕΖ στο αναλυτικό πρόγραμμα. Συγκεκριμένα, αναφέρει τέσσερα επίπεδα:

- *Επίπεδο 1:* Αναλυτικό πρόγραμμα που εστιάζει στο να μπορέσουν οι μαθητές να αξιολογήσουν το κοινωνικό αντίκτυπο της επιστημονικής και τεχνολογικής εξέλιξης και να αναγνωρίσουν ότι η επιστήμη και η τεχνολογία είναι, σε σημαντικό βαθμό, πολιτισμικά καθορισμένες.
- *Επίπεδο 2:* Αναλυτικό πρόγραμμα που εστιάζει στο να μπορέσουν οι μαθητές να αναγνωρίσουν ότι οι αποφάσεις για την επιστημονική και τεχνολογική ανάπτυξη συχνά επηρεάζονται από συγκεκριμένα οικονομικά, πολιτικά κλπ. συμφέροντα και καθώς και να αναγνωρίσουν ότι η επιστημονική και τεχνολογική ανάπτυξη είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με τη διανομή του πλούτου και της εξουσίας.
- *Επίπεδο 3:* Αναλυτικό πρόγραμμα που εστιάζει στην ανάπτυξη των προσωπικών απόψεων και τον προσδιορισμό των προσωπικών θέσεων των μαθητών.
- *Επίπεδο 4:* Αναλυτικό πρόγραμμα που εστιάζει στην προετοιμασία και ανάληψη δράσης των μαθητών για σύγχρονα ΚΕΖ και περιβαλλοντικά ζητήματα.

Αντίστοιχη είναι και η κατηγοριοποίηση που έχουν προτείνει και οι Simonneaux & Simonneaux (2012) και Simonneaux (2014b) σχετικά με τη διαχείριση ΚΕΖ κατά την διδασκαλία των ΦΕ σε συνάρτηση με τη στοχοθεσία. Πιο αναλυτικά, αναφέρουν και αναλύουν τέσσερις κατηγορίες:

- *Δογματική διδασκαλία (doctrinal)*, που αντιστοιχεί σε μια μορφή διδασκαλίας με χαρακτηριστικά διάλεξης όπου ο εκπαιδευτικός θεωρείται η αυθεντία και σκοπός του είναι να «μεταφέρει» το περιεχόμενο προς διδασκαλία στην τάξη αφήνοντας λίγες ευκαιρίες για επικοινωνία και αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών.
- *Διδασκαλία προβληματισμού (problematizing)*, όπου εστιάζει στη γνωστική δραστηριότητα των μαθητών. Ουσιαστικά δηλαδή ο εκπαιδευτικός επιδιώκει την ενεργό συμμετοχή των μαθητών στην κατασκευή της γνώσης γύρω από το υπό μελέτη ζήτημα και στην ανάπτυξη της συλλογιστικής τους. Η εστίαση δεν αφορά στο να μπορέσουν οι μαθητές να προτείνουν λύσεις για τους υπό μελέτη προβληματισμούς.
- *Κριτική διδασκαλία (critical)*, όπου στοχεύει στο να μπορέσουν οι μαθητές να επιχειρηματολογήσουν γύρω από το ζήτημα και να αξιολογήσουν τις διαφορετικές απόψεις γύρω από περιβαλλοντικούς και κοινωνικούς προβληματισμούς που φέρουν ποικίλες αβεβαιότητες.

- *Πραγματιστική διδασκαλία (pragmatic)*, όπου στοχεύει στην ανάληψη δράσης από τους μαθητές. Οι μαθητές δηλαδή έρχονται αντιμέτωποι με πραγματικά περιβαλλοντικά και κοινωνικά ζητήματα και καλούνται να δράσουν και να προτείνουν λύσεις.

Βλέπουμε λοιπόν και από τις δύο αυτές προαναφερθείσες κατηγοριοποιήσεις ότι ως ανώτερη διαδικασία σκέψης κατά την εμπλοκή των μαθητών με τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ θεωρείται η ανάληψη κοινωνικοπολιτικής δράσης από τους μαθητές για σύγχρονα κοινωνικά και περιβαλλοντικά προβλήματα. Εξίσου σημαντική κρίνεται και η καλλιέργεια δεξιοτήτων με βάση τις οποίες οι μαθητές θα μπορέσουν να εκφράσουν προσωπικές απόψεις και θέσεις γύρω από σύγχρονα ΚΕΖ. Η απόκτηση γνώσεων γύρω από επιστημονικά και τεχνολογικά ζητήματα αλλά και η αναγνώριση της αξίας της επιστήμης και της τεχνολογίας για την πρόοδο της κοινωνίας θεωρούνται λιγότερο απαιτητικοί στόχοι κατά την εφαρμογή της ΚΕΖ προσέγγισης στη διδασκαλία των ΦΕ.

3.3. Τα μοντέλα σχεδιασμού και ανάπτυξης ΚΕΖ διδασκαλιών

Στη βιβλιογραφία προτείνονται ποικίλα μοντέλα – πλαίσια που μπορούν να λειτουργήσουν υποστηρικτικά για τους εκπαιδευτικούς κατά τη διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης ΚΕΖ διδασκαλιών (πχ. Ekborg et al., 2013; Levinson et al., 2017; Sadler et al., 2017; Saunders & Rennie; 2013). Τα μοντέλα αυτά περιέχουν πολλά κοινά στοιχεία αλλά και ορισμένες διαφοροποιήσεις λόγω και της διαφορετικής τους επικέντρωσης (Sadler et al., 2016). Κοινός τύπος σχετικά με την ενσωμάτωση ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ είναι ότι τα ΚΕΖ που επιλέγονται πρέπει να πληρούν τα εξής κριτήρια (Marks & Eilks, 2009; Hofstein et al., 2011):

- *Αυθεντικότητα (Authenticity)*. Οι ΚΕΖ διδασκαλίες πρέπει να ξεκινούν από ένα σύγχρονο, αμφιλεγόμενο θέμα που συναντάται συχνά στα μέσα μαζικής ενημέρωσης όπως είναι οι εφημερίδες, το διαδίκτυο, η τηλεόραση κοκ. λόγω των δημόσιων συζητήσεων που εγείρει, παρέχοντας με αυτό τον τρόπο τα κατάλληλα ερεθίσματα ώστε να ξεκινήσει ένας πρώτος γύρος διαλόγου γύρω από το υπό εξέταση ζήτημα. Επομένως, επιλέγονται θέματα που διεγείρουν διαφορετικές απόψεις από τους ποικίλους εμπλεκόμενους φορείς και οι απόψεις αυτές να έχουν εκφραστεί στο δημόσιο διάλογο και συζητήσεις.
- *Συνάφεια (Relevance)*. Τα ζητήματα και οι προβληματισμοί που βρίσκονται υπό διαπραγμάτευση κατά την υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών θα πρέπει να σχετίζονται με

αποφάσεις και λύσεις που έχουν μια άμεση επίδραση στην ζωή των μαθητών στο παρόν ή επηρεάζουν το κοντινό τους μέλλον.

- *Να είναι απροσδιόριστα από κοινωνικής άποψης (Undetermined in a societal respect).* Τα υπό διαπραγμάτευση ζητήματα μιας ΚΕΖ διδασκαλίας θα πρέπει να συνδέονται με διαφορετικές απόψεις και θέσεις ποικίλων εμπλεκόμενων φορέων οι οποίες ενδεχομένως να εκφράζουν διαφορετικές ιδεολογίες, αξίες και συμφέροντα.
- *Να επιτρέπουν την ανοικτή συζήτηση (Allow open – discussion).* Οι δραστηριότητες μιας ΚΕΖ διδασκαλίας θα πρέπει να είναι δομημένες με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπουν στους μαθητές να εκφράζουν τις προσωπικές τους απόψεις και θέσεις γύρω από τα υπό μελέτη ζητήματα. Μάλιστα, κρίνεται σημαντικό κατά τη διάρκεια αυτών των ανοικτών συζητήσεων να υπάρχει σεβασμός ως προς τις ευαίσθητες ηθικές, θρησκευτικές αξίες ή κοινωνικοοικονομικό στάτους των μαθητών (Zeidler & Nichols, 2009). Επιπλέον, το γεγονός ότι σημασία δεν έχει η τελική απόφαση που θα ληφθεί γύρω από το υπό μελέτη ζήτημα, αλλά η διαδικασία μέχρι ο μαθητής να φτάσει σε αυτή την απόφαση (πχ. Saunders & Rennie, 2013), καθιστά τις ανοικτές συζητήσεις, κατά τις οποίες οι μαθητές ξεδιπλώνουν τις σκέψεις τους και τη συλλογιστική τους, ως αναπόσπαστο μέρος κάθε ΚΕΖ διδασκαλίας.
- *Να σχετίζονται με ερωτήματα επιστήμης και τεχνολογίας (Deal with questions from science and technology).* Τέλος, κρίσιμο σημείο μιας ΚΕΖ διδασκαλίας είναι η εμπλοκή των μαθητών με έννοιες επιστημονικού περιεχομένου και διερευνητικές διαδικασίες μιας και οι επιστημονικές και τεχνολογικές πτυχές μπορούν να ενισχύσουν την συμμετοχή των μαθητών στις ανοικτές συζητήσεις.

Έχοντας λοιπόν ως κοινό τόπο τα παραπάνω γενικά χαρακτηριστικά που πρέπει να ικανοποιεί μια ΚΕΖ διδασκαλία, στη βιβλιογραφία προτείνονται ποικίλα μοντέλα – πλαίσια, τα οποία λειτουργούν ως «σκαλωσιά» για τους εκπαιδευτικούς στη διαδικασία σχεδιασμού και υλοποίησης των ΚΕΖ διδασκαλιών τους καθώς τους παρέχουν στοιχεία ως προς α. το περιεχόμενο, β. τη στοχοθεσία, γ. τη δομή και δ. τις διδακτικές πρακτικές που μπορούν να αξιοποιηθούν. Παρακάτω αναλύονται ορισμένα από τα πιο χαρακτηριστικά μοντέλα – πλαίσια ΚΕΖ διδασκαλιών που συναντώνται στη βιβλιογραφία της διδακτικής των ΦΕ και τα οποία παρά τα κοινά στοιχεία που παρουσιάζουν έχουν διαφορετικές επιστημολογικές αφετηρίες και δίνουν έμφαση σε διαφορετικές διαστάσεις της ΚΕΖ προσέγγισης.

Πλαίσιο ΚΕΖ διδασκαλίας με έμφαση στα χαρακτηριστικά του εκπαιδευτικού

Μια από τις πρώτες προσπάθειες συνδυασμού αυτών των στοιχείων για τη διαμόρφωση ενός πλαισίου διδασκαλίας ΚΕΖ έγινε από τον Presley και τους συνεργάτες του (2013) ο οποίος περιέγραψε τους βασικούς παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό μιας ΚΕΖ διδασκαλίας. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους Presley et al. (2013), μια ΚΕΖ διδασκαλία που στοχεύει στα μέγιστα δυνατά εκπαιδευτικά οφέλη πρέπει να φέρνει σε ισορροπία τρία βασικά στοιχεία α. τον σχεδιασμό, β. τις μαθησιακές εμπειρίες και γ. τα χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών, μέσα στο στενό πλαίσιο της τάξης και το ευρύτερο πλαίσιο της κοινωνίας (Σχήμα 3.3).

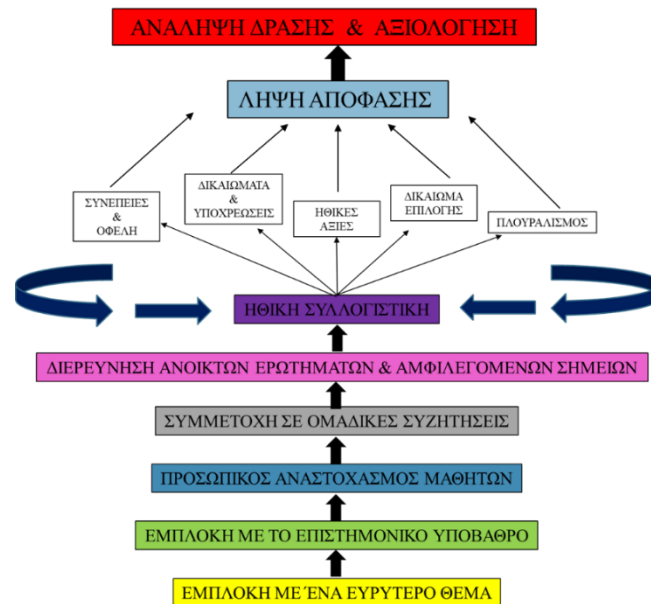


Σχήμα 3.3. Πλαίσιο ΚΕΖ προσέγγισης στη διδασκαλία (Presley et al., 2013)

Σύμφωνα με το πλαίσιο αυτό (Σχήμα 3.3), οι εκπαιδευτικοί οφείλουν να χρησιμοποιούν κατάλληλες δραστηριότητες ώστε να εμπλέκουν τους μαθητές σε ανώτερες νοητικές διαδικασίες και μαθησιακές εμπειρίες έχοντας ως αφετηρία και επίκεντρο ένα ελκυστικό ΚΕΖ. Σε μια ΚΕΖ διδασκαλία θα πρέπει, επομένως, να δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να συλλέγουν και να αναλύουν δεδομένα, να έρχονται αντιμέτωποι με επιστημονικές ιδέες, αρχές και θεωρίες και παράλληλα να βασίζονται σε αυτά τα στοιχεία ώστε να καλλιεργήσουν δεξιότητες επιχειρηματολογίας και λήψης ενήμερων αποφάσεων. Το ιδιαίτερο στοιχείο αυτού του πλαισίου είναι ότι δίνει έμφαση στον ρόλο των εκπαιδευτικών κατά την παραπάνω διαδικασία. Ουσιαστικά τονίζεται ότι οι εκπαιδευτικοί οφείλουν να είναι εξίσου εξοικειωμένοι τόσο με το επιστημονικό περιεχόμενο όσο και με τους κοινωνικούς παράγοντες που επιδρούν στο προς μελέτη ζήτημα και ταυτόχρονα να αποδέχονται τους γνωστικούς τους περιορισμούς και να είναι πρόθυμοι να αντιμετωπίσουν στην τάξη τις αβεβαιότητες με τις οποίες είναι συνυφασμένα τα ζητήματα αυτά.

Πλαίσιο ΚΕΖ διδασκαλίας με έμφαση στην καλλιέργεια της ηθικής συλλογιστικής

Την ίδια περίπου περίοδο με τον Presley et al. (2013), οι Saunders και Rennie (2013) πρότειναν ένα πλαίσιο για την καλλιέργεια της ηθικής συλλογιστικής των μαθητών (*ethical thinking – moral reasoning*) κατά την εμπλοκή τους με σύγχρονα ΚΕΖ (Σχήμα 3.4).



Σχήμα 3.4. Μοντέλο για ανάπτυξη ηθικής συλλογιστικής μέσω διαπραγμάτευσης ΚΕΖ (Saunders & Rennie, 2013)

Σύμφωνα με το πλαίσιο αυτό, οι μαθητές:

1. Εμπλέκονται σε ένα ευρύτερο θέμα.
2. Διερευνούν τις επιστημονικές έννοιες και αρχές που σχετίζονται με το υπό εξέταση θέμα διαμορφώνοντας ένα κατάλληλο επιστημονικό υπόβαθρο.
3. Εξετάζουν σε προσωπικό επίπεδο το θέμα και αναστοχάζονται επί των προσωπικών αξιών και πιστεύω.
4. Συμμετέχουν σε συλλογικές συζητήσεις γύρω από το θέμα.
5. Αναλύουν τα ανοικτά ερωτήματα και αμφιλεγόμενα σημεία του υπό μελέτη θέματος.
6. Αναλύουν τα ανοικτά ερωτήματα και αμφιλεγόμενα σημεία ως προς α. τις πιθανές συνέπειες και τα οφέλη (*consequences harms & benefits*), β. τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις όλων των εμπλεκόμενων φορέων (*rights & duties*), γ. τις ηθικές αξίες (*virtue ethics*) όπως η ειλικρίνεια, η ακεραιότητα κλπ., δ. το δικαίωμα επιλογής (*right to choose*) και ε. τον σεβασμό στον πλουραλισμό (*pluralism*).

7. Λαμβάνουν αποφάσεις και τις αιτιολογούν με βάση την ηθική συλλογιστική που ανέπτυξαν.
8. Οργανώνουν και λαμβάνουν δράσεις τις οποίες στο τέλος αξιολογούν.

Πλαίσιο KEZ διδασκαλίας με έμφαση στα επιμέρους στοιχεία που τη διαμορφώνουν

Σύμφωνα με την Ekborg και τους συνεργάτες της (2013) μια KEZ διδασκαλία αποτελείται από έξι στοιχεία. Το πρώτο στοιχείο σχετίζεται με την εμπλοκή των μαθητών με ένα αρχικό ζήτημα (*starting point*), το οποίο είναι επίκαιρο και συχνά συναντάται στα μέσα μαζικής ενημέρωσης. Έπειτα, κρίνεται σημαντικό το υπό εξέταση θέμα να συνδέεται με κάποιο σχολικό μάθημα – αντικείμενο όπως είναι η φυσική, η χημεία, η βιολογία (*School science subject*) ώστε να επιτυγχάνεται και η σύνδεση της KEZ διδασκαλίας με το εκάστοτε αναλυτικό πρόγραμμα. Το τρίτο κομβικό στοιχείο του πλαισίου που προτείνεται από τους Ekborg et al. (2013) είναι ο αναστοχασμός γύρω από τη φύση των εμπειρικών δεδομένων που έχουν στη διάθεσή τους οι μαθητές σε σχέση με το υπό μελέτη KEZ. Ουσιαστικά σε αυτό το στοιχείο της διδασκαλίας αναλύεται ο βαθμός στον οποίο υπάρχει συμφωνία μεταξύ των επιστημόνων γύρω από τις ερμηνείες που δίνουν για τα εμπλεκόμενα στο ζήτημα φαινόμενα. Το τέταρτο στοιχείο μιας KEZ διδασκαλίας σχετίζεται με το περιεχόμενο του θέματος – ζητήματος από κοινωνικής πλευράς δηλαδή στην ενσωμάτωση προς διαπραγμάτευση των κοινωνικών πτυχών του ζητήματος όπως είναι οι πολιτικές, οικονομικές, ηθικές του διαστάσεις. Κρίσιμο στοιχείο μιας KEZ διδασκαλίας σύμφωνα με το πλαίσιο αυτό είναι επίσης η ενσωμάτωση δραστηριοτήτων στις οποίες η αξιοποίηση επιστημονικής γνώσης θα παρουσιάζεται ως αναγκαιότητα. Για παράδειγμα, κρίνεται σημαντικό να ενσωματώνονται δραστηριότητες λήψης απόφασης και ανάληψης δράσης στις οποίες οι μαθητές πέρα από την αξιοποίηση των κοινωνικών πτυχών των ζητημάτων θα αξιοποιούν γνώσεις επιστημονικού περιεχομένου για την διατύπωση ενήμερων θέσεων. Το τελευταίο στοιχείο μιας KEZ διδασκαλίας σύμφωνα με το πλαίσιο αυτό, τέλος, είναι η αναγνώριση από τους μαθητές του επιπέδου που λαμβάνει χώρα η αντιπαράθεση. Οι μαθητές ουσιαστικά θα πρέπει να μπορούν να αναγνωρίζουν αν οι αντιπαράθεσεις σχετίζονται με προσωπικά διλήμματα, αντιπαράθεσεις εντός διαφορετικών ομάδων της κοινωνίας ή για αντιπαράθεσεις σε θεσμικό επίπεδο δηλαδή λόγω των πολιτικών και οικονομικών μηχανισμών μιας κοινωνίας.

Πλαίσια KEZ διδασκαλίας με έμφαση στην ανάληψη δράσης

Δύο άλλα μοντέλα - πλαίσια KEZ διδασκαλίας, που έχουν προταθεί από τους Levinson et al. (2017) (Σχήμα 3.5) και τους Bencze et al. (2012) (Σχήμα 3.6) αντίστοιχα, δίνουν έμφαση στην ανάληψη ενήμερης κοινωνικοπολιτικής δράσης από τους μαθητές δηλαδή στην υιοθέτηση ακτιβιστικών συμπεριφορών και στάσεων με στόχο την αποκατάσταση περιβαλλοντικών και κοινωνικών προβλημάτων στηριζόμενοι σε επιστημονικά στοιχεία και δεδομένα. Απώτερος σκοπός δηλαδή αυτών των πλαισίων είναι οι μαθητές αφού κάνουν την έρευνά τους και εμπλακούν σε διερευνητικές διαδικασίες να μπορέσουν να αποκτήσουν κατάλληλες γνώσεις και δεξιότητες ώστε να σχεδιάζουν και να υλοποιούν ενέργειες και δράσεις για αποκατάσταση του περιβάλλοντος και της κοινωνικής ισότητας και δικαιοσύνης (*social justice and equity*).



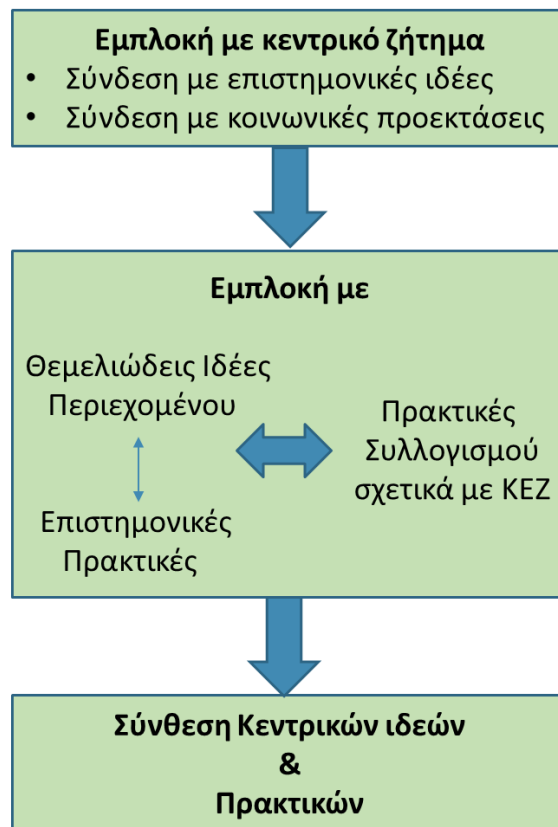
Σχήμα 3.5. Socioscientific Inquiry - Based Learning (SSIBL) (Levinson et al., 2017; Amos et al., 2020)



Σχήμα 3.6. Το μοντέλο STEPWISE (Bencze et al., 2012; Bencze et al., 2020)

Πλαίσιο για την διδασκαλία και τη μάθηση KEZ - SSI Teaching and Learning Model

Τέλος, αναφορικά με τα μοντέλα – πλαίσια σχεδιασμού και ανάπτυξης KEZ διδασκαλιών, ένα από τα πιο πρόσφατα μοντέλα που συναντώνται στην βιβλιογραφία, έχει προταθεί από τον Sadler και τους συνεργάτες του (2017) (Σχήμα 3.7). Το μοντέλο αυτό, που έχει τίτλο “*SSI Teaching and Learning Model*” (SSI – TL), αποτελεί μια εξέλιξη του πλαισίου που προτάθηκε από τους Presley et al. (2013) (Σχήμα 3.3) και αποτυπώνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 3.7).



Σχήμα 3.7. Το μοντέλο SSI - TL (Sadler et al., 2017)

Σύμφωνα λοιπόν με το σχήμα 3.7 προκύπτει ότι:

1. Μια ΚΕΖ διδακτική μαθησιακή ακολουθία ξεκινάει με ένα αρχικό κεντρικό ζήτημα (*Focal Issue*). Ουσιαστικά δηλαδή η διδασκαλία ξεκινάει με το ΚΕΖ που θα αποτελέσει το επίκεντρο όλης της διδακτικής ακολουθίας. Οι μαθητές σε αυτή τη φάση καλούνται να αναγνωρίσουν επιστημονικές διαστάσεις του υπό εξέταση ζητήματος αλλά και πτυχές που μπορεί να συνδέονται με τις κοινωνικές του προεκτάσεις (Friedrichsen et al., 2016; Sadler et al., 2017; Sadler et al., 2019).
2. Στη δεύτερη φάση της ακολουθίας, οι μαθητές καλούνται να εμπλακούν με έννοιες επιστημονικού περιεχομένου και επιστημονικές πρακτικές (*Scientific Ideas & Practices*) αλλά και να καλλιεργήσουν δεξιότητες ΚΕΖ συλλογιστικής (*Socioscientific Reasoning Skills*) στο πλαίσιο του κεντρικού ζητήματος (Sadler et al., 2017; Sadler et al., 2019). Η εμπλοκή με επιστημονικές έννοιες και πρακτικές προϋποθέτει την ενασχόληση των μαθητών με δραστηριότητες μοντελοποίησης, επιχειρηματολογίας (Evagorou, 2011; Sadler et al., 2019), ανάλυσης δεδομένων, διατύπωσης ερωτημάτων

προς διερεύνηση κοκ. Παράλληλα με την εμπλοκή σε δραστηριότητες επιστημονικών εννοιών και πρακτικών, κρίνεται εξίσου σημαντική η παροχή ευκαιριών στους μαθητές για καλλιέργεια των δεξιοτήτων KEZ συλλογιστικής όπως είναι η α. η κατανόηση της πολυπλοκότητας των KEZ (*SSI – complexity*), β. η κατανόηση ότι τα KEZ υπόκεινται σε διαρκή έρευνα (*On-going inquiry*), γ. η αντιμετώπιση του ζητήματος από ποικίλες οπτικές (*Perspective taking*) και δ. η αξιολόγηση της εγκυρότητας των πληροφοριών με τις οποίες έρχονται σε επαφή (*Skepticism*) (Sadler et al., 2007). Οι δεξιότητες αυτές αναλύονται λεπτομερώς στην υποενότητα 3.2 της παρούσας εργασίας.

3. Η τελευταία φάση της διδακτικής ακολουθίας περιλαμβάνει τη σύνθεση των επιστημονικών ιδεών, πρακτικών και δεξιοτήτων KEZ συλλογιστικής (*Synthesize*) προκειμένου οι μαθητές να εφαρμόσουν όσα έμαθαν και να αναστοχαστούν επί της διαδικασίας. Συνήθως η υλοποίηση αυτής της φάσης, πραγματοποιείται με μια «κορυφαία» δραστηριότητα (*Culminating Activity*) κατά την οποία οι μαθητές καλούνται να διατυπώσουν μια θέση σχετικά με το κεντρικό ζήτημα (Friedrichsen et al., 2016; Sadler et al., 2017; Sadler et al., 2019).

Αναλύοντας τα παραπάνω πλαίσια, παρατηρούμε ότι συστατικό στοιχείο μιας KEZ διδασκαλίας θεωρείται ένα επίκαιρο, σύγχρονο θέμα με επιστημονικές και κοινωνικές διαστάσεις που λειτουργεί ως αφορμή για την εμπλοκή των μαθητών με ανώτερες γνωστικές διαδικασίες. Κοινό στοιχείο είναι επίσης η εμπλοκή των μαθητών με διαδικασίες λήψης απόφασης ή και ανάληψης δράσης με βάση επιστημονικά στοιχεία και δεδομένα. Στα πλαίσια της παρούσας έρευνας αξιοποιήθηκε για την ανάπτυξη των KEZ διδακτικών σεναρίων των συμμετεχόντων στην έρευνα (βλ. κεφάλαιο 7) το μοντέλο SSI – TL που προτάθηκε από τον Sadler και τους συνεργάτες του (2017) (Σχήμα 3.7). Το μοντέλο αυτό επιλέχθηκε λόγω του κεντρικού και ρητού ρόλου που έχει η καλλιέργεια δεξιοτήτων KEZ συλλογιστικής αλλά και του γεγονότος ότι παρέχει μια προτεινόμενη σύνδεση – δομή των επιμέρους στοιχείων της διδασκαλίας. Παράλληλα, το SSI – TL έχει αξιοποιηθεί εκτενώς τα τελευταία χρόνια στο σχεδιασμό διδακτικών σεναρίων από ερευνητές σε συνεργασία με έμπειρους εκπαιδευτικούς (πχ. Friedrichsen et al., 2016; Friedrichsen et al., 2020; Friedrichsen et al., 2021; Hancock et al., 2019; Levrini et al., 2019; Zangori et al., 2017).

3.4. Τάσεις στην εφαρμογή ΚΕΖ προσεγγίσεων κατά τη διδασκαλία των ΦΕ

Οι ποικίλοι στόχοι αλλά και τρόποι διαχείρισης ΚΕΖ κατά τη διδασκαλία των ΦΕ έχουν οδηγήσει με τη σειρά τους στη διαμόρφωση διαφορετικών *τάσεων – ρευμάτων (Currents)* σχετικά με τις ΚΕΖ προσεγγίσεις στη διδασκαλία των ΦΕ. Τα «*ρεύματα*» αυτά καθορίζονται από τη διαφορετική επικέντρωση, τους στόχους και τις πρακτικές που υιοθετούνται σε μια ΚΕΖ διδασκαλία (πχ. Borgerding & Dagistan, 2018; Pedretti & Nazir, 2011). Πιο συγκεκριμένα, οι Pedretti & Nazir (2011), έπειτα από την ανάλυση βιβλιογραφίας σχετικά με τη σύνδεση επιστήμης – τεχνολογίας – κοινωνίας – περιβάλλοντος (*Science – Technology – Society – Environment / STSE movement*) αλλά και την ενσωμάτωση σύγχρονων ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ, κατέληξαν σε έξι διαφορετικές *τάσεις – ρεύματα*. Τα «*ρεύματα*» αυτά είναι τα ακόλουθα:

- *Το «ρεύμα» εφαρμογής – σχεδιασμού (Application – Design Current)*. Έμφαση δίνεται κυρίως στη σύνδεση της επιστήμης και της τεχνολογίας. Σκοπός είναι οι μαθητές να μπορέσουν να προτείνουν λύσεις γύρω από ΚΕΖ αξιοποιώντας τις γνώσεις τους γύρω από νέες καινοτόμες τεχνολογικές εφαρμογές. Είναι ξεκάθαρη η έμφαση στην απόκτηση γνώσεων επιστημονικού περιεχομένου και στην καλλιέργεια διερευνητικών δεξιοτήτων. Επομένως, βασική επιδίωξη είναι η εμπλοκή των μαθητών σε ανώτερες γνωστικές διαδικασίες μέσα από την υλοποίηση πειραματικών δραστηριοτήτων και εφαρμογής της νεοαποκτηθείσας γνώσεις σε νέα πλαίσια. Τα μειονεκτήματα αυτής της τάσης αφορούν στο ότι η επιστήμη και η τεχνολογία παρουσιάζονται ως αντικειμενικές και αξιακά ουδέτερες ενώ παράλληλα δεν παρέχονται και αρκετές ευκαιρίες για διαπραγμάτευση των κοινωνικών, πολιτικών, οικονομικών κλπ. πτυχών της επιστήμης και των υπό διαπραγμάτευση ζητημάτων.
- *Το ιστορικό «ρεύμα» (Historical Current)*. Το «*ρεύμα*» αυτό υπογραμμίζει ότι η επιστήμη είναι αποτέλεσμα ανθρώπινης προσπάθειας. Δίνει δηλαδή έμφαση στους εκάστοτε κοινωνικοπολιτισμικούς παράγοντες, τις αξίες και ιδεολογίες που πιθανώς να επηρεάζουν τις επιστημονικές ιδέες και τον τρόπο εργασίας των επιστημόνων. Επομένως, η επικέντρωση αφορά σε πτυχές της ΦτΕ και της επιστημονικής γνώσης. Προς την κατεύθυνση αυτή σημαντικό ρόλο φαίνεται να παίζει η ανάλυση ιστορικών εμβληματικών γεγονότων της επιστήμης και των κοινωνικών παραγόντων που τα καθόρισαν. Το βασικό μειονέκτημα αυτής της τάσης αφορά στην διαπραγμάτευση κυρίως των επιτευγμάτων της επιστήμης και όχι των αποτυχιών της.

- *Το «ρεύμα» λογικής συλλογιστικής (The Logical Reasoning Current).* Η βασική ιδέα πίσω από τη συγκεκριμένη τάση αφορά στη θεώρηση ότι κάθε ΚΕΖ μπορεί «επιλυθεί» μέσα από την ανάλυση των επιστημονικών δεδομένων και στοιχείων που το καθορίζουν. Επομένως, στη συγκεκριμένη προσέγγιση επιδίωξη είναι οι μαθητές να μπορέσουν να λάβουν αποφάσεις και να επιχειρηματολογήσουν γύρω από ένα ΚΕΖ με βάση τις επιστημονικές αρχές και γνώσεις. Το συγκεκριμένο «ρεύμα» αποτελεί μια από τις πιο κυρίαρχες τάσεις στην υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών. Η βασική αδυναμία αυτής της τάσης σχετίζεται με την περιορισμένη παρουσία και ανάλυση των κοινωνικών, συναισθηματικών και αξιακών παραγόντων που μπορεί να υπεισέρχονται κατά τη διαδικασία λήψης απόφασης γύρω από ένα ΚΕΖ.
- *Το «ρεύμα» που επικεντρώνει στις αξίες (The Value – Centered Current).* Η συγκεκριμένη τάση στηρίζεται στο γεγονός ότι κατά τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ τα άτομα βασίζονται στις προσωπικές τους αξίες, πιστεύω και ιδεολογίες. Μάλιστα, η αξιοποίηση αυτής της προσέγγισης παρέχει και μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για την επιστήμη, η οποία επίσης παρουσιάζεται ως αξιακά έμφορτη (*value – laden*). Σκοπός είναι οι μαθητές κατά τη διαχείριση ενός ΚΕΖ και τη λήψη αποφάσεων να καλλιεργήσουν την ηθική τους συλλογιστική (*ethical and moral reasoning*).
- *Το κοινωνικοπολιτισμικό «ρεύμα» (Sociocultural Current).* Έχει παρατηρηθεί ότι τόσο η επιστήμη όσο και η τεχνολογία παρουσιάζονται ως αυτόνομες οντότητες χωρίς να γίνεται αναφορά και ανάλυση στην επιρροή που ασκούν αλλά και δέχονται από κοινωνικούς παράγοντες όπως είναι η πολιτική, η οικονομία και το εκάστοτε πολιτισμικό πλαίσιο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει μια διάσταση ανάμεσα στον τρόπο με τον οποίο ερμηνεύεται και αξιοποιείται η επιστήμη και η τεχνολογία από τις δυτικές και μη δυτικές κοινωνίες. Έτσι, σύμφωνα με τη συγκεκριμένη τάση σκοπός της διαπραγμάτευσης ΚΕΖ είναι να γεφυρωθεί το χάσμα και να γίνουν η επιστήμη και η τεχνολογία πιο προσιτές σε μεγαλύτερο μέρος του μαθητικού πληθυσμού.
- *Το «ρεύμα» κοινωνικό – περιβαλλοντικής δικαιοσύνης (Socio – Ecojustice Current).* Βασική επιδίωξη της τάσης αυτής είναι όχι απλώς να γίνουν κατανοητές οι επιρροές της επιστήμης και της τεχνολογίας στην κοινωνία και το περιβάλλον, αλλά να καταστούν οι μαθητές ικανοί να προτείνουν λύσεις για πιθανά προβλήματα και να αναλαμβάνουν δράση. Σκοπός δηλαδή είναι οι μαθητές πέρα από το να μπορέσουν να κατανοήσουν τις σχέσεις μεταξύ επιστημονικών και κοινωνικών πτυχών ενός ζητήματος, να μπορέσουν να δράσουν ώστε να μετασχηματιστεί η κοινωνία αποκτώντας πιο δίκαιο και ισότιμο χαρακτήρα.

Οι παραπάνω τάσεις παρέχουν μια συνολική εικόνα των δυνατοτήτων που υπάρχουν σχετικά με τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ καθώς η διαχείριση τέτοιων ζητημάτων παρέχει την ευκαιρία η επιστήμη να αναλυθεί σε ένα ευρύτερο πλαίσιο – κοινωνικό, ιστορικό, πολιτικό, ηθικό, φιλοσοφικό – ανάλογα τις εκάστοτε ανάγκες και προσανατολισμούς. Η σχέση, επομένως, ανάμεσα στις προαναφερθείσες τάσεις δεν είναι ιεραρχική. Αντίθετα, λόγω διαφορετικών δυνατοτήτων και περιορισμών, μπορούν να συνυπάρχουν και να αξιοποιούνται παράλληλα ανάλογα το εκάστοτε πλαίσιο, θέμα κλπ.

Στη συνέχεια αναλύονται οι ιδιαίτερες διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται συνήθως κατά την υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών στα μαθήματα των ΦΕ.

Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται σε μια ΚΕΖ διδασκαλία

Όπως έχει ήδη περιγραφεί στο παρόν κεφάλαιο (υποενότητα 3.2) η εφαρμογή της ΚΕΖ προσέγγισης στη διδασκαλία των ΦΕ συνοδεύεται από ένα εύρος σκοπών και στόχων λόγω των διαφορετικών ερμηνειών και διαστάσεων που αποδίδονται στην έννοια των ΚΕΖ από τους εκπαιδευτικούς (Simonpeaux, 2014a). Στη βιβλιογραφία, αναφέρονται διαφορετικοί τρόποι ενσωμάτωσης και διαπραγμάτευσης ΚΕΖ που αξιοποιούν οι εκπαιδευτικοί κατά την υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών στα μαθήματα των ΦΕ και οι οποίοι φαίνεται να επηρεάζονται από τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τις εκπαιδευτικές προτεραιότητες αυτής της προσέγγισης (Simonpeaux, 2014b).

Οι πιο χαρακτηριστικές και συχνές διδακτικές πρακτικές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία είναι α. η ανάλυση οφελών – κινδύνων (*cost – benefit analysis / risk – benefit analysis*) μιας επιστημονικής ή τεχνολογικής καινοτομίας, β. η ηθική ανάλυση μιας κρίσιμης κατάστασης – περίπτωσης (*ethical analysis of a critical case*), γ. η ανάλυση απόψεων ποικίλων φορέων (*stakeholder analysis / multiple perspective analysis*), δ. η αξιολόγηση πηγών από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης (*evaluation of media reports*) και ε. η εμπλοκή σε δράσεις και προγράμματα της κοινωνίας (*engagement in community projects*) (πχ. Borgerding & Dagistan, 2018; Genel & Topcu, 2016; Owens et al., 2019; Ratcliffe & Grace, 2003). Αυτές οι διδακτικές πρακτικές αντικατοπτρίζουν τους βασικούς τύπους δραστηριοτήτων που πρέπει να ενσωματώνουν τα ΚΕΖ διδακτικά υλικά ώστε να συμβάλλουν στην εμπλοκή των μαθητών με πρακτικές ΚΕΖ συλλογιστικής (*socioscientific reasoning practices*) και διαδικασίες διατύπωσης θέσης και λήψης απόφασης (*positioning – decision making*). Αναλύοντας τις διδακτικές αυτές πρακτικές προκύπτει ότι:

- Η **ανάλυση οφελών – κινδύνων** προωθεί την εμπλοκή των μαθητών σε διαδικασίες λήψης απόφασης μέσα από την εξισορρόπηση – «ζύγισμα» πιθανών πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων. Η συγκεκριμένη διδακτική πρακτική συχνά εμπεριέχει συζητήσεις γύρω από τις ενδεχόμενες θετικές και αρνητικές επιδράσεις μιας επιστημονικής εξέλιξης ή τεχνολογικής εφαρμογής καθώς και συζητήσεις γύρω από διλήμματα για τη λήψη απόφασης με βάση επιστημονικές πληροφορίες και εμπειρικά δεδομένα (πχ. Genel & Torcu, 2016).
- Η **ηθική ανάλυση μιας κρίσιμης περίπτωσης** εμπλέκει τους μαθητές με διαδικασίες λήψης απόφασης γύρω από ζητήματα του δίπολου «σωστό – λάθος» καθώς και με διαδικασίες ανάλυσης των αντικρουόμενων σκοπών, δικαιωμάτων και ευθυνών των εμπλεκόμενων φορέων λόγω των διαφορετικών τους ιδεολογιών και προτεραιοτήτων (πχ. Ratcliffe & Grace, 2003).
- Η **ανάλυση απόψεων ποικίλων φορέων** περιλαμβάνει την ανάλυση και τον αναστοχασμό γύρω από τις απόψεις, θέσεις, πιστεύω και ενδεχόμενα συμφέροντα ποικίλων εμπλεκόμενων φορέων όπως πολιτικών, επιχειρηματιών, εκπροσώπων μη κυβερνητικών οργανώσεων κ.ο.κ. (πχ. Borgerding & Dagistan, 2018; Macalalag et al., 2019; Owens et al., 2019).
- Η **ανάλυση της αξιοπιστίας πηγών και πληροφοριών** από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης είναι επίσης μια διδακτική πρακτική που μπορεί να αξιοποιηθεί κατά την υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών, η οποία μάλιστα συμβάλει στον γραμματισμό των μαθητών σχετικά με τα μέσα ενημέρωσης (*media literacy*). Η συγκεκριμένη πρακτική συμβάλλει στο να επεξεργάζονται και να ερμηνεύουν οι μαθητές τα ποικίλα μηνύματα που διατυπώνονται στα μέσα ενημέρωσης γύρω από σύγχρονα ΚΕΖ και ως εκ τούτου να αναγνωρίζουν τη διεπιστημονική φύση τους αλλά και την πολυπαραγοντικότητά τους (πχ. Ratcliffe & Grace, 2003).
- Η **εμπλοκή σε δράσεις και προγράμματα της κοινωνίας**, μέσα από την υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών, παρέχει στους μαθητές τη δυνατότητα να αναλάβουν ατομική ή συλλογική δράση (*action – taking*) γύρω από τρέχοντα περιβαλλοντικά ή κοινωνικά ζητήματα με επιστημονική βάση. Με αυτόν τον τρόπο θεωρείται ότι προωθείται και η ανάπτυξη της κοινωνικής υπευθυνότητας και πολιτειότητας των μαθητών (*social responsibility & citizenship*) (πχ. Barrue & Albe, 2013; Ratcliffe & Grace, 2003).

Μια άλλη κυρίαρχη διδακτική πρακτική που αξιοποιείται από τους εκπαιδευτικούς κατά το σχεδιασμό και υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών αφορά στην **συζήτηση – επιχειρηματολογία**

(*discourse – argumentation*) (πχ. Chen & Xiao, 2021; Genel & Topcu, 2016; Levinson & Turner, 2001; Oulton et al., 2004; Ratcliffe & Grace, 2003; Simonneaux, 2001; Zeidler & Nichols, 2009). Μέσα από τη χρήση ερεθισμάτων όπως εικόνες, video, εμπειρικά δεδομένα, debate, παιχνίδια ρόλων (*role plays*) και ερωτημάτων «σκαλωσιάς» (*prompt questions*), προωθείται η συμπερίληψη της συζήτησης και της επιχειρηματολογίας στη διδασκαλία ΦΕ. Με αυτόν τον τρόπο καλλιεργείται η ανάπτυξη της συλλογιστικής των μαθητών και παράλληλα αντικατοπτρίζονται οι πρακτικές διαλόγου που χρησιμοποιούνται τόσο στην πραγματική ζωή όσο και κατά την παραγωγή της επιστημονικής γνώσης.

Πέρα από τις ανωτέρω πρακτικές που σχετίζονται κυρίως με την διαπραγμάτευση και εμπλοκή των μαθητών με τα υπό εξέταση ΚΕΖ, κατά τον σχεδιασμό και την υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών αξιοποιούνται επίσης διδακτικές πρακτικές που αφορούν στην επεξεργασία επιστημονικών εννοιών, αρχών και φαινομένων και **στην εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές διαδικασίες** (πχ. Owens et al., 2019). Αυτές οι διδακτικές πρακτικές αφορούν στην υλοποίηση μικρών ερευνών από τους μαθητές με την εμπλοκή τους σε εργαστηριακές και πειραματικές δραστηριότητες, στη διατύπωση προβλέψεων και ερμηνειών, στην ανάπτυξη ή και ερμηνεία μοντέλων.

Οι προαναφερθείσες διδακτικές πρακτικές αξιοποιούνται κατά το σχεδιασμό και υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών είτε αυτόνομα είτε συνδυαστικά. Συχνά μάλιστα συνοδεύονται από την ενσωμάτωση **ερωτημάτων που λειτουργούν ως «σκαλωσιά»** για την ανάπτυξη της συλλογιστικής των μαθητών κατά την εμπλοκή τους με επιστημονικές διαδικασίες είτε κατά τη διαδικασία διατύπωσης θέσης και λήψης απόφασης σχετικά με ένα ΚΕΖ (πχ. Chen & Xiao, 2021). Ερωτήματα συχνά χρησιμοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς ως ερεθίσματα που προκαλούν τη σκέψη των μαθητών γύρω από τις υφιστάμενες αντιλήψεις και απόψεις τους σχετικά με το υπό εξέταση ζήτημα (Day & Bryce, 2011), ενώ σύμφωνα με τον Sadler et al. (2006), οι εκπαιδευτικοί συχνά καταφεύγουν στη διατύπωση ερωτημάτων προκειμένου να ενθαρρύνουν τους μαθητές τους να εκφράζουν ανοικτά τις ιδέες και τα πιστεύω τους ενισχύοντας με αυτόν τον τρόπο την αυτοπεποίθησή τους σχετικά με τις ικανότητές τους στη λήψη ενήμερων αποφάσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΙ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ

Το κεφάλαιο αυτό εστιάζει στο ρόλο του εκπαιδευτικού αναφορικά με την εφαρμογή της ΚΕΖ προσέγγισης στη διδασκαλία των ΦΕ. Αρχικά, αναλύονται οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών ως προς την αξία και τα οφέλη της διαπραγμάτευσης ΚΕΖ στα μαθήματα των ΦΕ (υποενότητα 4.1) μιας και οι αντιλήψεις αυτές φαίνεται να επηρεάζουν τον τρόπο εφαρμογής της ΚΕΖ προσέγγισης στην πράξη. Στη συνέχεια, στην υποενότητα 4.2 περιγράφονται τα προφίλ εκπαιδευτικών που έχουν προκύψει από εμπειρικές έρευνες με βάση τις αντιλήψεις που αυτοί εκφράζουν ως προς την αξία των ΚΕΖ προσεγγίσεων και ως προς το ρόλο τους κατά την υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών. Ακολούθως, στην υποενότητα 4.3. αναλύονται οι δυσκολίες που συναντούν οι εκπαιδευτικοί κατά το σχεδιασμό και υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών ενώ τέλος στην υποενότητα 4.4. αναλύεται η εφαρμογή ΚΕΖ διδασκαλιών από εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

4.1. Οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών ΦΕ για την ΚΕΖ προσέγγιση

Οι εκπαιδευτικοί αποτελούν τους διαμεσολαβητές ανάμεσα στο Αναλυτικό Πρόγραμμα και την εκπαιδευτική πράξη, για αυτό και θεωρείται ότι οι αντιλήψεις και τα πιστεύω τους για τη διδασκαλία και τη φύση των καινοτομιών που καλούνται να εφαρμόσουν αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες για μια αποτελεσματική διαμεσολάβηση (πχ. Lee & Witz, 2009; Leung, 2021). Οι αντιλήψεις και τα πιστεύω των εκπαιδευτικών αποτελούν το «φίλτρο» με βάση το οποίο σχεδιάζουν και υλοποιούν διδασκαλίες αλλά και με βάση το οποίο ερμηνεύουν τα όσα λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής πράξης (πχ. Gess-Newsome; 2015). Για αυτό το λόγο κρίθηκε σκόπιμο να αναφερθούμε αναλυτικά στις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών σε σχέση με τα ΚΕΖ και την διαπραγμάτευση ΚΕΖ στα μαθήματα των ΦΕ.

Αντιλήψεις για τη φύση των ΚΕΖ

Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι οι εκπαιδευτικοί αντιλαμβάνονται τα ΚΕΖ ως τα ζητήματα εκείνα που φανερώνουν τις αρνητικές επιπτώσεις της εξέλιξης της επιστήμης και της τεχνολογίας στην καθημερινή ζωή και την κοινωνία αλλά και ως απόδειξη της λανθασμένης αξιοποίησης των επιστημονικών και τεχνολογικών καινοτομιών από τον άνθρωπο (πχ. Akbulut & Demir, 2020; Lee et al., 2006; Lee & Witz 2009). Παράλληλα, φαίνεται οι εκπαιδευτικοί να θεωρούν τα ΚΕΖ ως το αποτέλεσμα της επιδίωξης του οικονομικού κέρδους έναντι της ασφάλειας των πολιτών και της έλλειψης μακροπρόθεσμων μελετών για την

διαπίστωση των πιθανών μειονεκτημάτων σύγχρονων εφαρμογών. Πιο αναλυτικά, σε μια έρευνα με 86 εν ενεργεία εκπαιδευτικούς δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, η Lee και οι συνεργάτες της (2006) διερεύνησαν, μέσω ερωτηματολογίου κλειστού τύπου αλλά και ημι – δομημένων συνεντεύξεων, τις αντιλήψεις τους σχετικά α. με τη φύση των ΚΕΖ β. με την αξία διαπραγμάτευσης τέτοιων ζητημάτων στη διδασκαλία των ΦΕ και γ. τους παράγοντες που επιδρούν σε αυτή τη διαπραγμάτευση. Η ανάλυση έδειξε ότι η πλειοψηφία των ερωτηθέντων εκπαιδευτικών αντιλαμβάνεται τα ΚΕΖ ως τα ζητήματα εκείνα που παρουσιάζουν την αρνητική πλευρά της επιστήμης. Ουσιαστικά αντιλαμβάνονται τα ΚΕΖ ως τα θέματα που αντικατοπτρίζουν τους κινδύνους που μπορεί να συνοδεύουν την αξιοποίηση σύγχρονων επιστημονικών και τεχνολογικών εφαρμογών. Επιπρόσθετα, οι εκπαιδευτικοί ΦΕ φαίνεται να αναγνωρίζουν στα ΚΕΖ στοιχεία της ΦτΕ. Πιο συγκεκριμένα, θεωρούν ότι τα ΚΕΖ εκφράζουν το γεγονός ότι η επιστήμη είναι μια κοινωνική – ανθρώπινη δραστηριότητα, αξιακά έμφορτη (πχ. Lee et al., 2006) ενώ θεωρούν τα ΚΕΖ αναπόσπαστο στοιχείο για την εξέλιξη της επιστήμης και της τεχνολογίας λόγω του ότι συνδέονται με την έλλειψη καθορισμένων απαντήσεων σε ανοικτά ερωτήματα τα οποία η επιστημονική κοινότητα καλείται να προσδιορίσει (Akbulut & Demir, 2020; Dunlop & Veneu, 2019). Έπειτα, ως προς τη φύση και τα χαρακτηριστικά των ΚΕΖ, οι εκπαιδευτικοί φαίνεται να αναγνωρίζουν τη σύνδεση των ΚΕΖ με ηθικούς προβληματισμούς και διλήμματα. Αναγνωρίζουν δηλαδή ότι η λήψη απόφασης γύρω από σύγχρονα ΚΕΖ συχνά επηρεάζεται από τις ηθικές αξίες του εκάστοτε ατόμου (πχ. Lee et al., 2006; Lee & Witz, 2009; Tidemand & Nielsen, 2017) και μάλιστα αρκετοί εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι οι ηθικές διαστάσεις μπορούν να λειτουργήσουν περιοριστικά στην πρόθεση του ατόμου να «επεμβαίνει» στις «φυσικές» διαδικασίες και αρχές που διέπουν τη ζωή και το περιβάλλον. Φαίνεται επομένως από τα παραπάνω, ότι οι εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν την αμφιλεγόμενη φύση των ΚΕΖ και τη συσχέτισή τους με πτυχές της ΦτΕ και με διαστάσεις της καθημερινής ζωής. Ωστόσο αντιλαμβάνονται ως ΚΕΖ κυρίως ζητήματα και προβληματισμούς σχετικούς με το περιβάλλον, όταν μάλιστα αυτοί έχουν διλημματικό χαρακτήρα (πχ. Amos et al., 2020; Cohen et al., 2020; Lee & Witz, 2009).

Αντιλήψεις για την αξία και τα οφέλη της διαπραγμάτευσης ΚΕΖ στη διδασκαλία ΦΕ

Ένα μεγάλο μέρος της βιβλιογραφίας σχετικά με την αξιοποίηση της ΚΕΖ προσέγγισης στη διδασκαλία των ΦΕ έχει εστιάσει στις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με την αξία και τα οφέλη της συγκεκριμένης προσέγγισης για τους μαθητές (πχ. Barrett & Nieswandt, 2009; Barrue & Albe, 2013; Bryce & Gray, 2004; Dunlop & Venue, 2019; Ekborg et al., 2013; Espeja

& Couso; 2015; Kara, 2012; Lee et al., 2006; Lee & Witz, 2009; Lee & Yang., 2017; Leung et al., 2020; Leung, 2021; Reis & Galvao, 2004; Pedersen & Totten, 2001; Pedretti et al., 2008; Tidemand & Nielsen, 2017).

Ερευνητικά δεδομένα δείχνουν ότι η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών αναγνωρίζει την αξία της ενσωμάτωσης των ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ (πχ. Kara, 2012; Lee & Yang, 2017; Pedretti et al., 2008), παρόλο που μπορεί να θεωρούν τη διδασκαλία των κοινωνικών θεμάτων λιγότερο σημαντική από τη διαπραγμάτευση επιστημονικού περιεχομένου (πχ. Pedersen & Totten, 2001; Tidemand & Nielsen, 2017). Πιο συγκεκριμένα, μια έρευνα που εξέτασε τις αντιλήψεις 102 μελλοντικών βιολόγων στην Τουρκία σχετικά με την αξία της ΚΕΖ προσέγγισης, κατέληξε στο ότι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι οι μαθητές θα πρέπει να διαπραγματεύονται τέτοιου είδους ζητήματα κατά τα μαθήματα βιολογίας (Kara, 2012). Αντίστοιχα, σε μια έρευνα με 37 εν ενεργεία εκπαιδευτικούς ΦΕ στην Αμερική προέκυψε ότι οι εκπαιδευτικοί αντιλαμβάνονται ως σημαντική την ένταξη κοινωνικών θεμάτων κατά τη διδασκαλία ΦΕ (Pedersen & Totten, 2001). Ωστόσο, μόνο λίγοι θεώρησαν τη διδασκαλία κοινωνικών θεμάτων εξίσου σημαντική με την διδασκαλία επιστημονικού περιεχομένου. Οι Tidemand & Nielsen (2017), σε μια ποιοτική έρευνα με συνεντεύξεις σε 11 Δανούς εκπαιδευτικούς βιολογίας και ανοικτά ερωτηματολόγια σε 100, ανέφεραν ότι οι εκπαιδευτικοί στην πλειοψηφία τους ερμηνεύουν την ΚΕΖ προσέγγιση με έναν τρόπο επικεντρωμένο στο επιστημονικό περιεχόμενο (*content – centered interpretation of SSI*). Παρόμοια ήταν και τα συμπεράσματα από την έρευνα των Ekborg et al. (2013) σε 55 Σουηδούς εκπαιδευτικούς, οι οποίοι αναφέραν ότι θα ενσωμάτωναν συζητήσεις για τις ηθικές πτυχές των ΚΕΖ που διαπραγματεύονται στη διδασκαλία σε περιορισμένο όμως βαθμό. Αντίστοιχα ήταν και τα αποτελέσματα της έρευνας των Leung et al. (2020) στην οποία συμμετείχαν 18 μελλοντικοί εκπαιδευτικοί ΦΕ. Στην έρευνα διαπιστώθηκε μια μετατόπιση των αντιλήψεων των φοιτητών ως προς τον ρόλο των ΚΕΖ στη διδασκαλία έπειτα από την συμμετοχή τους σε ένα μάθημα 12 εβδομάδων για τη σχέση της ΦτΕ και των ΚΕΖ. Συγκεκριμένα, η πλειοψηφία των συμμετεχόντων πριν από την παρακολούθηση του μαθήματος εξέφρασε κυρίως απόψεις που σχετίζονταν με εργαλειακή αξιοποίηση των ΚΕΖ (*instrumental view of SSI*) κατά τη διδασκαλία θεωρώντας ότι τα ΚΕΖ μπορούν να λειτουργήσουν ως εφαρμογή της νέας γνώσης και ως μέσο για την αύξηση του κινήτρου και του ενδιαφέροντος των μαθητών για τις ΦΕ. Παράλληλα όμως, αρκετοί από τους συμμετέχοντες φοιτητές θεώρησαν ότι τα ΚΕΖ μπορούν να λειτουργήσουν ως πλαίσιο για την κατανόηση πτυχών της ΦτΕ και την καλλιέργεια δεξιοτήτων (*beyond an instrumental view*). Έπειτα από την ολοκλήρωση του μαθήματος, διαπιστώθηκε μετατόπιση των αντιλήψεων των

φοιτητών, οι οποίοι πλέον ήταν σε θέση να συνδέουν τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ με την καλλιέργεια αξιών στους μαθητές και την διαμόρφωση επιστημονικά εγγράμματων και κοινωνικά υπεύθυνων πολιτών (*beyond an instrumental view*).

Γενικότερα, ως προς τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τα οφέλη της ΚΕΖ προσέγγισης στους μαθητές, αναφέρεται στη βιβλιογραφία ότι οι εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν το ρόλο των ΚΕΖ τόσο για την εκμάθηση επιστημονικού περιεχόμενου και για την κατανόηση πτυχών ΦτΕ (Leung et al., 2020; Leung, 2021) όσο και για την καλλιέργεια ποικίλων δεξιοτήτων των μαθητών (πχ. Lee et al., 2006; Lee & Witz, 2009). Συγκεκριμένα, οι εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι η ενσωμάτωση ΚΕΖ στη διδασκαλία συμβάλλει στην αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τις ΦΕ και του κινήτρου τους για εμπλοκή με ζητήματα επιστήμης και τεχνολογίας καθώς ενισχύεται η σύνδεση των θεμάτων επιστήμης και τεχνολογίας με την καθημερινή τους ζωή (πχ. Ekborg et al., 2013; Lee & Witz, 2009; Reis & Gavaldo, 2004). Παράλληλα, πέρα από το ενδιαφέρον και το κίνητρο των μαθητών για τις ΦΕ, δεδομένου ότι οι μαθητές αποτελούν το μελλοντικό ερευνητικό δυναμικό μιας χώρας, εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι τα ΚΕΖ συμβάλλουν στη διαμόρφωση μελλοντικών ερευνητών – επιστημόνων που θα μπορούν να αναγνωρίζουν τις ηθικές διαστάσεις μιας ερευνητικής διαδικασίας και να προλαμβάνουν καταπάτηση ηθικών αξιών και αρχών (πχ. Barrett & Nieswandt, 2009). Παράλληλα, φαίνεται οι εκπαιδευτικοί να αναγνωρίζουν στη διαπραγμάτευση ΚΕΖ οφέλη γύρω από τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές αντιλαμβάνονται την επιστήμη. Από την έρευνα των Reis & Gavaldo (2004), όπου συμμετείχαν 5 εν ενεργεία εκπαιδευτικοί, μέσα από την ανάλυση συνεντεύξεων και παρατηρήσεων, προέκυψε ότι οι εκπαιδευτικοί αναγνώρισαν τη δυνατότητα που προσφέρουν τα ΚΕΖ ώστε οι μαθητές να αντιλαμβάνονται την επιστήμη ως μια ανθρώπινη δραστηριότητα, αξιακά έμφορτη, όπου η πρόοδος και εξέλιξη της εξαρτώνται από το διάλογο, τη συζήτηση και την ανταλλαγή ιδεών και εμπειριών μεταξύ των ερευνητών - επιστημόνων. Επιπρόσθετα, οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί θεώρησαν ότι τα ΚΕΖ μπορούν επίσης να συνεισφέρουν στο να κατανοήσουν οι μαθητές ότι η επιστήμη είναι ένα πεδίο που δεν σχετίζεται μόνο με «εγκαθιδρυμένη» γνώση αλλά στο οποίο έμφυτα εμπλέκονται ποικίλες αβεβαιότητες, αμφιβολίες και αντιπαραθέσεις. Ως προς την καλλιέργεια δεξιοτήτων, αρκετοί εκπαιδευτικοί φαίνεται να αναγνωρίζουν τη συνεισφορά των ΚΕΖ στην ανάπτυξη δεξιοτήτων ΚΕΖ συλλογιστικής (υποενότητα 3.2). και δεξιοτήτων ενήμερης επιχειρηματολογίας και λήψης απόφασης (πχ. Barrue & Albe, 2013; Espeja & Couso, 2015; Lee et al., 2006). Για παράδειγμα, στην έρευνα των Lee et al. (2006) το 42% των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών

διατύπωσε τέτοιου είδους οφέλη για τους μαθητές από την ενσωμάτωση ΚΕΖ στα μαθήματα των ΦΕ.

Πέρα από τις θετικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών γύρω από την ένταξη ΚΕΖ στα μαθήματα των ΦΕ, έρευνες έχουν αναδείξει και ορισμένες αρνητικές απόψεις. Για παράδειγμα οι Dunlop & Veneu (2019), σε μια έρευνα τους με 18 εν ενεργεία εκπαιδευτικούς δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ανέδειξαν ότι οι εκπαιδευτικοί μπορεί να θεωρούν την διαπραγμάτευση αμφιλεγόμενων ζητημάτων και επιστημονικών αντιπαραθέσεων «επικίνδυνη» για την εμπιστοσύνη των μαθητών απέναντι στην επιστήμη και την τεχνολογία. Μάλιστα, χαρακτηριστικό ήταν το παράδειγμα που ανέφεραν οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί σχετικά με το ρόλο που έχει διαδραματίσει η παρουσίαση της αρχικής έλλειψης ομοφωνίας των επιστημόνων σχετικά τις ανθρωπογενείς αιτίες της κλιματικής αλλαγής στο γεγονός ότι οι πολίτες στηρίζονται σε αντιεπιστημονικές ρητορικές γύρω από το φαινόμενο. Παράλληλα, οι εκπαιδευτικοί φαίνεται να έχουν χαμηλή αυτό-εκτίμηση (*self – efficacy*) σχετικά με την ικανότητά τους στη διαχείριση συζητήσεων γύρω από αμφιλεγόμενα ΚΕΖ και τις κοινωνικές τους διαστάσεις (πχ. Bryce & Gray, 2004). Τέλος, περισσότεροι από τους μισούς εκπαιδευτικούς στην έρευνα των Pedersen & Totten (2001) εξέφρασαν την πεποίθησή τους ότι η διαπραγμάτευση ΚΕΖ κατά τη διδασκαλία των ΦΕ μπορεί να οδηγήσει σε αντιπαραθέσεις με τους γονείς των μαθητών τους ενώ παράλληλα δεν εξέφρασαν βεβαιότητα σχετικά με την στήριξη των συναδέλφων τους κατά την υιοθέτηση μιας τέτοιας προσέγγισης.

4.2. Τα προφίλ των εκπαιδευτικών με βάση τις αντιλήψεις τους

Λόγω του καθοριστικού ρόλου που έχουν οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών στην εφαρμογή προσεγγίσεων και καινοτομιών στην πράξη έχουν γίνει ποικίλες έρευνες που έχουν οδηγήσει στην διαμόρφωση προφίλ εκπαιδευτικών ως προς διαφορετικές διαστάσεις που σχετίζονται με την υιοθέτηση της ΚΕΖ προσέγγισης. Για παράδειγμα, στην βιβλιογραφία αναφέρονται προφίλ εκπαιδευτικών με βάση α. τις αντιλήψεις τους για την αξία της ένταξης ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ (πχ. Barrett & Nieswandt, 2009; Sadler et al., 2006) και β. τις αντιλήψεις τους για το ρόλο που πρέπει να έχει ο εκπαιδευτικός κατά την υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών (πχ. Dunlop & Veneu, 2019; Oulton et al., 2004; Kilinc et al., 2017). Τα προφίλ αυτά εκπαιδευτικών περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

Προφίλ εκπαιδευτικών για την αξία ένταξης KEZ στη διδασκαλία των ΦΕ

Ο Sadler και οι συνεργάτες του (2006), διερεύνησαν τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών αναφορικά με την αξιοποίηση KEZ και την ένταξη ζητημάτων ηθικής στη διδασκαλία των ΦΕ. Προέκυψαν 6 προφίλ εκπαιδευτικών τα οποία αναλύονται παρακάτω:

- *Προφίλ Α.* Στο πρώτο προφίλ εκπαιδευτικών κατηγοριοποιούνται οι εκπαιδευτικοί που θεωρούν τα KEZ γύρω από σύγχρονα επιστημονικά και τεχνολογικά θέματα σημαντικά και αναπόσπαστο στοιχείο της διδασκαλίας των ΦΕ. Αναγνωρίζουν ότι οι ηθικές αξίες και προβληματισμοί είναι έμφυτοι στα KEZ και δηλώνουν ότι εφαρμόζουν τέτοιου είδους προσεγγίσεις στην τάξη τους. Η πρόθεσή τους για ένταξη των KEZ στη διδασκαλία των ΦΕ συνδέεται με το γεγονός ότι πιστεύουν ότι η διαπραγμάτευση KEZ συμβάλλει στην διαμόρφωση υπεύθυνων πολιτών, ικανών να συνδέουν την επιστήμη με την καθημερινή τους ζωή και να λαμβάνουν αποφάσεις γύρω από ζητήματα επιστήμης και τεχνολογίας.
- *Προφίλ Β.* Στο δεύτερο προφίλ εκπαιδευτικών ανήκουν όσοι εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν τα KEZ ως σημαντικά θέματα προς διαπραγμάτευση κατά τη διδασκαλία ΦΕ καθώς προωθούν την ενεργό συμμετοχή των μαθητών στην κοινωνία και την αναγνώριση της σχέσης επιστήμης – κοινωνίας. Ωστόσο, λόγω ποικίλων παραγόντων όπως είναι α. η έλλειψη χρόνου, β. η απουσία των KEZ από τα αναλυτικά προγράμματα, γ. η έλλειψη διδακτικού υλικού για εφαρμογή αυτής της προσέγγισης στην πράξη και δ. η ανασφάλεια για διεξαγωγή συζητήσεων γύρω από αμφιλεγόμενα θέματα, περιορίζουν τη διαπραγμάτευση KEZ στα μαθήματα ΦΕ.
- *Προφίλ Γ.* Οι εκπαιδευτικοί που ανήκουν στο τρίτο προφίλ αντιλαμβάνονται τη σύνδεση των KEZ με τους ηθικούς προβληματισμούς και αξίες, ωστόσο δεν θεωρούν ότι η διαπραγμάτευση KEZ πρέπει να αποτελεί προτεραιότητα της διδασκαλίας των ΦΕ. Αντιλαμβάνονται ότι η διδασκαλία των ΦΕ πρέπει να εστιάζει στη διαπραγμάτευση επιστημονικού περιεχομένου και όχι στις συναισθηματικές και ηθικές συνέπειες των επιστημονικών - τεχνολογικών προβλημάτων και προϊόντων. Οι εκπαιδευτικοί επομένως του συγκεκριμένου προφίλ δεν είναι πρόθυμοι να εφαρμόσουν την KEZ προσέγγιση παρόλο που αναγνωρίζουν την αξία διαχείρισης KEZ.
- *Προφίλ Δ.* Στο τέταρτο προφίλ εκπαιδευτικών ανήκουν οι εκπαιδευτικοί οι οποίοι δεν αναγνωρίζουν την αξία της διαπραγμάτευσης KEZ. Έχουν μια πιο θετικιστική αντίληψη για την επιστήμη με αποτέλεσμα να μην αναγνωρίζουν την αλληλεπίδραση

επιστήμης – τεχνολογίας – κοινωνίας. Επιπλέον, θεωρούν τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ ακατάλληλη καθώς όταν οι μαθητές δεν κατέχουν κατάλληλη και εξειδικευμένη γνώση γύρω από ένα ζήτημα δεν μπορούν να διαμορφώσουν απόψεις και να λάβουν αποφάσεις.

- *Προφίλ E*. Στο πέμπτο προφίλ ανήκουν οι εκπαιδευτικοί που αναγνωρίζουν ως ύψιστο σκοπό της εκπαίδευσης - γενικά και όχι μόνο της διδασκαλίας των ΦΕ - την αξιακή καλλιέργεια των μαθητών και την ανάπτυξη του χαρακτήρα τους.

Αντίστοιχα ήταν και τα προφίλ υποψήφιων εκπαιδευτικών που διαμορφώθηκαν με βάση την έρευνα των Barrett & Nieswandt (2009), στην οποία συμμετείχαν 12 μελλοντικοί εκπαιδευτικοί με STEM υπόβαθρο. Σύμφωνα, λοιπόν, με τους Barrett & Nieswandt (2009), εντοπίστηκαν διαφοροποιήσεις στον βαθμό πρόθεσης ενσωμάτωσης των ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ από τους συμμετέχοντες της έρευνας. Οι διαφοροποιήσεις αυτές αποδόθηκαν στις διαφορετικές τους πεποιθήσεις σχετικά με το ρόλο της ηθικής αφενός στην επιστήμη και αφετέρου στη διδασκαλία των ΦΕ καθώς και στις διαφορετικές τους πεποιθήσεις σχετικά με τη στοχοθεσία της διδασκαλίας των ΦΕ. Τα προφίλ που διαμορφώθηκαν και παρουσιάζουν μια ιεραρχία αναφορικά με την αξιοποίηση της ΚΕΖ προσέγγιση ήταν τα ακόλουθα:

- *Μοντέλο επιστήμονα – μηχανικού (Model scientist – engineer)*. Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι εκπαιδευτικοί που δεν αναγνωρίζουν την αξία ένταξης των ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ και επομένως δεν έχουν πρόθεση για διαπραγμάτευση τέτοιου είδους ζητημάτων στα μαθήματά τους. Σκοπός της διδασκαλίας ΦΕ σύμφωνα με τους εκπαιδευτικούς αυτού του προφίλ είναι η προετοιμασία της νέας γενιάς επιστημόνων ενώ η καλλιέργεια ηθικών αξιών είναι στην ευθύνη του εκάστοτε ατόμου.
- *Μοντέλο ατόμου (Model individual)*. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι εκπαιδευτικοί που αναγνωρίζουν ότι τα ΚΕΖ πρέπει να εντάσσονται στα μαθήματα των ΦΕ ωστόσο κρίνεται σχετικά απίθανη μια τέτοια ενσωμάτωση. Σύμφωνα με τους εκπαιδευτικούς αυτής της κατηγορίας σκοπός της διδασκαλίας των ΦΕ είναι η διαμόρφωση επιστημόνων ενώ η ευθύνη για διαμόρφωση ηθικών αξιών εδράζεται στο κάθε άτομο ξεχωριστά.
- *Μοντέλο δασκάλου (Model teacher)*. Στο προφίλ αυτό εντάσσονται οι εκπαιδευτικοί που αναγνωρίζουν την αξία των ΚΕΖ ενώ εκφράζουν και πρόθεση για την ενσωμάτωσή τους στα μαθήματα των ΦΕ. Σύμφωνα τους εκπαιδευτικούς αυτού του προφίλ, η

διδασκαλία των ΦΕ στοχεύει στην διαμόρφωση ενήμερων πολιτών αλλά και ηθικών επιστημόνων.

- *Μοντέλο πολίτη (Model citizen)*. Στον τύπο αυτόν ανήκουν οι εκπαιδευτικοί που αναγνωρίζουν την αξία των ΚΕΖ και δηλώνουν με βεβαιότητα ότι θα αξιοποιούν την ΚΕΖ προσέγγιση στα μαθήματα των ΦΕ. Παράλληλα, αναγνωρίζουν, όπως και στον τύπο μοντέλου δασκάλου (*model teacher*), ότι στόχος μιας διδασκαλίας ΦΕ είναι η διαμόρφωση ενήμερων πολιτών αλλά και ηθικών επιστημόνων.

Τα προφίλ που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια των προαναφερθέντων ερευνών παρουσιάζουν κοινά στοιχεία. Συγκεκριμένα, φαίνεται ότι το μοντέλο πολίτη (*model citizen*) ταυριάζει με το προφίλ Α ως προς την πρόθεση και αξία ένταξης της ΚΕΖ προσέγγισης στη διδασκαλία των ΦΕ. Το μοντέλο δασκάλου (*model teacher*) παρουσιάζει κοινά στοιχεία με το προφίλ Β όπου αναγνωρίζεται η αξία της ΚΕΖ προσέγγισης για τους μαθητές αλλά η εφαρμογή της στην πράξη είναι πιο περιορισμένη. Τέλος, το μοντέλο επιστήμονα – μηχανικού (*model of scientist – engineer*) φαίνεται να παρουσιάζει ομοιότητες με το προφίλ Γ, όπου δεν αναγνωρίζεται η αξία της διαπραγμάτευσης ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ.

Προφίλ εκπαιδευτικών για το ρόλο τους κατά την εφαρμογή ΚΕΖ διδασκαλιών

Στη βιβλιογραφία συναντάμε τέσσερα προφίλ εκπαιδευτικών με βάση τις αντιλήψεις τους για το ρόλο τους κατά την διαπραγμάτευση με μαθητές σύγχρονων και αμφιλεγόμενων ΚΕΖ. Συγκεκριμένα, ο Kilinc και οι συνεργάτες του (2017) εξέτασαν τις αντιλήψεις 323 Τούρκων μελλοντικών εκπαιδευτικών ΦΕ ως προς το ρόλο τους κατά τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ στα μαθήματα των ΦΕ ενώ συσχέτισαν αυτές τις αντιλήψεις και με τις επιστημολογικές πεποιθήσεις των συμμετεχόντων. Τα αποτελέσματα της έρευνας φανέρωσαν τέσσερα προφίλ:

- *Προσκολλημένος σε γεγονότα (Sticker to facts)*. Είκοσι επτά από τους συμμετέχοντες φοιτητές της έρευνας επέλεξαν αυτό τον ρόλο ως τον πιο αντιπροσωπευτικό για το ρόλο που πρέπει να έχει ένας εκπαιδευτικός κατά την υλοποίηση συζητήσεων γύρω από ΚΕΖ. Συγκεκριμένα, οι φοιτητές αυτού του προφίλ εξέφρασαν θετικιστικές αντιλήψεις γύρω από τη ΦτΕ καθώς θεωρούν την επιστημονική διαδικασία αξιακά ουδέτερη και την επιστημονική γνώση ως βέβαιη. Ως εκ τούτου, κατά την συζήτηση ΚΕΖ φαίνεται ότι θα επέλεγαν να εστιάσουν σε γεγονότα και εμπειρικά δεδομένα και όχι στις ποικίλες οπτικές ή αντιπαραθέσεις ενώ μάλιστα δεν αναγνωρίζουν ως δική τους ευθύνη την διαπραγμάτευση αξιακά έμφορτων ζητημάτων. Επιπλέον, θεωρούν

ότι τα πιστεύω και τα σχόλια των εκπαιδευτικών ασκούν επιρροή στις αντιλήψεις των μαθητών, συνεπώς υποστηρίζουν τη διαχείριση μόνο επιστημονικά αποδεδειγμένων πληροφοριών. Αντίστοιχο προφίλ εκπαιδευτικών είχε προκύψει και από την έρευνα των Oulton et al. (2004).

- *Επιβλητικός (Imposer)*. Είκοσι τέσσερις από τους συμμετέχοντες φοιτητές της έρευνας επέλεξαν το συγκριμένο ρόλο. Στο προφίλ αυτό ανήκουν οι εκπαιδευτικοί οι οποίοι αναγνωρίζουν ως χρέος τους την προστασία των μαθητών από τις βλαβερές συνέπειες της αξιοποίησης επιστημονικών και τεχνολογικών καινοτομιών. Παράλληλα, οι εκπαιδευτικοί αυτού του προφίλ πιστεύουν στην ύπαρξη μιας απόλυτης αλήθειας στην οποία και πρέπει να καταλήξουν οι μαθητές χωρίς να αποσπώνται από την πληθώρα των απόψεων και δεδομένων που υπάρχουν γύρω από τα σύγχρονα επιστημονικά και τεχνολογικά ζητήματα. Τέλος, οι εκπαιδευτικοί του συγκεκριμένου προφίλ φαίνεται να αναγνωρίζουν το ρόλο του εκπαιδευτικού ως αυθεντία που καλείται να ενημερώνει τους μαθητές του για τις σωστές απόψεις και επιλογές. Σύμφωνα λοιπόν με τους εκπαιδευτικούς που φέρουν αυτές τις αντιλήψεις, η διαπραγμάτευση και ανάλυση των αβεβαιοτήτων που συνοδεύουν τα ΚΕΖ οδηγεί στην υπονόμευση της αυθεντίας του εκπαιδευτικού.
- *Υπέρμαχος της δημοκρατίας (Democracy advocators)*. Το προφίλ αυτό το επέλεξαν πάνω από τους μισούς συμμετέχοντες στην έρευνα φοιτητές. Οι εκπαιδευτικοί αυτού του προφίλ θεωρούν ότι οφείλουν να αποκτούν το ρόλο του διευκολυντή κατά την υλοποίηση συζητήσεων μέσα στην τάξη ώστε να ενισχύεται η έκφραση των ιδεών και των απόψεων των μαθητών. Σύμφωνα με τους εκπαιδευτικούς αυτού του προφίλ, οι μαθητές πρέπει να έρχονται σε επαφή με τις ποικίλες οπτικές και απόψεις γύρω από τα υπό εξέταση ζητήματα και να διαμορφώνουν τις προσωπικές τους θέσεις εξετάζοντας και αναλύοντας τόσο επιστημονικά στοιχεία αλλά και ενδεχόμενες προκαταλήψεις. Τέλος, σύμφωνα με τους εκπαιδευτικούς αυτού του προφίλ δεν πρέπει να εκφράζονται οι απόψεις του εκπαιδευτικού στην τάξη μιας και με αυτόν τον τρόπο οι μαθητές αναγκάζονται να διαμορφώνουν τις δικές τους προσωπικές θέσεις και απόψεις καλλιεργώντας παράλληλα δεξιότητες επιχειρηματολογίας και λήψης απόφασης.
- *Αμερόληπτος (Committed impartialist)*. Τέλος, ογδόντα τέσσερις από τους συμμετέχοντες στην έρευνα φοιτητές επέλεξαν έναν ρόλο που συνδέεται με την υιοθέτηση αμερόληπτης στάσης κατά την εκπαιδευτική διαδικασία. Ουσιαστικά, οι εκπαιδευτικοί αυτού του προφίλ θεωρούν ότι η αλήθεια είναι μια και σε αυτή οι μαθητές πρέπει να φτάσουν με έναν τρόπο αντικειμενικό. Αυτό σημαίνει ότι οι

εκπαιδευτικοί αυτού του προφίλ θεωρούν ότι στους μαθητές πρέπει να προβάλλονται όλες οι απόψεις και οπτικές γύρω από το εκάστοτε υπό εξέταση ζήτημα. Η βασική διαφορά με το προηγούμενο προφίλ - democracy advocates - είναι ότι σε αυτή την περίπτωση οι εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι μπορούν να εκφράζουν τις προσωπικές τους απόψεις ώστε να αποτελέσουν και ένα πρότυπο για τους μαθητές τους σχετικά με τη διαδικασία δόμησης λογικών επιχειρημάτων και ενήμερων αποφάσεων. Παράλληλα, η έκφραση των προσωπικών απόψεων των εκπαιδευτικών θεωρείται ότι μπορεί να λειτουργήσει και ως ένα κίνητρο για να εκφράσουν οι μαθητές τις δικές τους προσωπικές θέσεις και απόψεις χωρίς αυτό να σημαίνει ότι οι μαθητές θα πρέπει να ταυτιστούν με τα πιστεύω των εκπαιδευτικών τους. Τέλος, στο συγκεκριμένο προφίλ εντάσσονται και οι εκπαιδευτικοί εκείνοι που αναγνωρίζουν την διαμόρφωση χαρακτήρων και την καλλιέργεια αξιών ως στόχους της διδασκαλίας των ΦΕ.

Αντίστοιχες ανησυχίες αναφορικά με τον βαθμό που είναι αποδεκτό οι εκπαιδευτικοί να εκφράζουν τις προσωπικές τους θέσεις αλλά και να προβάλλουν σε ισορροπία τις ποικίλες οπτικές και απόψεις γύρω από τα υπό εξέταση ΚΕΖ αναφέρονται και σε άλλες εμπειρικές έρευνες οι οποίες επικεντρώνουν στις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με την ΚΕΖ προσέγγιση (πχ. Dunlop & Veneu, 2019; Oulton et al., 2004; Sadler et al., 2006). Για παράδειγμα ο Sadler και οι συνεργάτες του (2006) διαπίστωσαν ένα εύρος απόψεων αναφορικά με την έκφραση των θέσεων των εκπαιδευτικών κατά τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ. Από τη μια πλευρά, διαπιστώθηκαν εκπαιδευτικοί που ήταν αντίθετοι με την προβολή της προσωπικής τους θέσης κατά την ΚΕΖ διδασκαλία καθώς βασικός σκοπός της διδασκαλίας είναι η διερεύνηση των ιδεών των μαθητών. Από την άλλη πλευρά εντοπίστηκαν εκπαιδευτικοί που υποστηρίζουν την προβολή των προσωπικών τους θέσεων ειδικά αν αυτές αντιπροσωπεύουν τις κυρίαρχες απόψεις γύρω από το εκάστοτε υπό εξέταση ζήτημα. Τέλος, εντοπίστηκαν και οι εκπαιδευτικοί, οι οποίοι αναγνωρίζουν ότι η απόκρυψη των θέσεων τους δεν είναι εύκολη κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής πράξης παρόλο που θεωρούν ότι πιθανά η προβολή των προσωπικών τους ιδεών και πιστεύω να προκαλεί πίεση στους μαθητές.

4.3. Δυσκολίες των εκπαιδευτικών κατά τον σχεδιασμό και υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία και όσα έχουν περιγραφεί παραπάνω (υποενότητες 4.1 και 4.2), παρόλο που οι εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν τα οφέλη της διαπραγμάτευσης ΚΕΖ κατά τη διδασκαλία ΦΕ, τείνουν να τα διαχειρίζονται με έναν επιφανειακό και εργαλειακό τρόπο (πχ. Lee et al., 2006; Leung et al., 2020; Tidemand & Nielsen, 2017). Ποικίλες έρευνες έχουν αναδείξει τις προκλήσεις που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι εκπαιδευτικοί κατά την υιοθέτηση ΚΕΖ προσεγγίσεων στην εκπαιδευτική πράξη (πχ. Bosser et al., 2015; Day & Bryce, 2011; Evagorou & Puig, 2017; Friedrichsen et al., 2020; Lee & Yang, 2017). Οι έρευνες εστιάζουν κυρίως σε εκπαιδευτικούς δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Τα τελευταία χρόνια όμως έχουν υπάρξει κάποιες έρευνες που επικεντρώνουν σε εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας (Zangoti et al., 2018; Kinskey & Zeidler 2021). Οι προκλήσεις αυτές κατηγοριοποιούνται σε διαφορετικά επίπεδα όπως α. σε επίπεδο εκπαιδευτικού, β. σε επίπεδο μαθητή, και γ. σε επίπεδο εκπαιδευτικής πολιτικής και πλαισίου (πχ. Chen & Xiao, 2021).

Δυσκολίες σε επίπεδο εκπαιδευτικού (teacher level). Μια από τις βασικές δυσκολίες των εκπαιδευτικών αφορά στην *ανεπάρκεια της γνώσης τους γύρω από έννοιες επιστημονικού περιεχομένου* ιδιαίτερα όταν αυτές σχετίζονται με σύγχρονα επιστημονικά αντικείμενα που βρίσκονται στην αιχμή της έρευνας (πχ. Lee et al., 2006; Lee & Yang, 2017). Η δυσκολία αυτή είναι ακόμη πιο έντονη στην περίπτωση εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (πχ. Forbes & Davis, 2008; Evagorou & Puig, 2017). Σημαντικό εμπόδιο στη διαχείριση ΚΕΖ φαίνεται ότι έχουν και οι *απλοϊκές επιστημολογικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών* (πχ. Bryce & Gray, 2004 ; Lee & yang, 2017; Liu & Roehrig; 2019). Οι απλοϊκές αυτές αντιλήψεις περιορίζουν τους εκπαιδευτικούς στη διαπραγμάτευση και διαχείριση α. των έμφυτων αβεβαιοτήτων των ΚΕΖ, β. της έλλειψης σαφώς καθορισμένων απαντήσεων, γ. των διαφωνιών και αντιπαραθέσεων εντός της επιστημονικής κοινότητας αλλά και δ. της επιστήμης ως μια αξιακά έμφορτης και κοινωνικής δραστηριότητας. Επιπρόσθετα, ερευνητικά δεδομένα έχουν δείξει ότι οι εκπαιδευτικοί δυσκολεύονται να κατανοήσουν και να ενσωματώσουν στη διδασκαλία τους *τις κοινωνικές πτυχές της επιστήμης* (Evagorou & Puig, 2017) ενώ η *περιορισμένη γνώση τους γύρω από μη επιστημονικές πτυχές* όπως είναι οι πολιτικές, οικονομικές, ηθικές, περιβαλλοντικές διαστάσεις συχνά λειτουργεί ως εμπόδιο για την ένταξη ΚΕΖ στα μαθήματα των ΦΕ (Forbes & Davis, 2008; Lee et al., 2006; Lee & Yang, 2017).

Μια από τις βασικές δυσκολίες των εκπαιδευτικών, κυρίως δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, σχετικά με την ΚΕΖ προσέγγιση αφορά επίσης στην *περιορισμένη γνώση τους σχετικά με τις διδακτικές πρακτικές* που αξιοποιούνται για την ενσωμάτωση των ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ αλλά και στην *δυσκολία διαχείρισης αυτών των πρακτικών στην πράξη* (πχ. Bosser et al., 2015; Day & Bryce, 2004; Ekborg et al., 2013; Espeja & Couso, 2020; Friedrichsen et al., 2020; Furman et al., 2020; Hancock et al., 2019; Lee et al., 2006). Η εφαρμογή της ΚΕΖ προσέγγισης προϋποθέτει την υιοθέτηση πρακτικών που θέτουν στο κέντρο των μαθητή, τις απόψεις και ιδέες του. Παρόλα αυτά οι εκπαιδευτικοί εκφράζουν δυσκολίες στην διαχείριση τέτοιων πρακτικών. Παράλληλα, πρακτικές όπως η αξιολόγηση επιχειρημάτων, η αναζήτηση και αξιολόγηση πληροφοριών, η διαχείριση κινδύνων και οφελών, η συζήτηση γύρω από κοινωνικούς και ηθικούς προβληματισμούς, η αξιολόγηση δεξιοτήτων ΚΕΖ συλλογιστικής - οι οποίες αποτελούν χαρακτηριστικές πρακτικές της συγκεκριμένης προσέγγισης - φαίνεται να δυσκολεύουν αρκετά τους εκπαιδευτικούς, των οποίων η αυτοπεποίθηση σχετικά με την ικανότητά τους στην αποτελεσματική διαχείριση των ΚΕΖ κατά την εκπαιδευτική πράξη είναι περιορισμένη (πχ. Bosser et al., 2015; Day & Bryce, 2004; Ekborg et al., 2013; Lee et al., 2006; Nielsen et al., 2020; Tidemand & Nielsen, 2017). Τέλος, ερευνητικά δεδομένα έχουν δείξει ότι οι εκπαιδευτικοί κατά το σχεδιασμό και υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών α. δυσκολεύονται να επιλέγουν τα κατάλληλα κεντρικά ζητήματα με επιστημονικές και κοινωνικές διαστάσεις (πχ. Hancock et al., 2019), β. συναντούν δυσκολίες στο να συνδέουν τις δραστηριότητες επιστημονικού περιεχομένου με τις δραστηριότητες που αφορούν στη διαπραγμάτευση ΚΕΖ ενώ γ. συχνά παραλείπουν τις δραστηριότητες εκείνες που καλούν τους μαθητές να συνδυάζουν τα επιμέρους επιστημονικά και κοινωνικά στοιχεία ώστε να διαμορφώσουν μια τελική θέση – άποψη για το υπό διαπραγμάτευση ζήτημα (πχ. Espeja & Couso, 2020; Friedrichsen et al., 2020; Nielsen et al., 2020).

Δυσκολίες σε επίπεδο μαθητών (student level). Οι εκπαιδευτικοί φαίνεται συχνά να αναφέρουν δυσκολίες κατά την υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών που σχετίζονται με το αναπτυξιακό επίπεδο των ίδιων των μαθητών (Borgerding & Dagistan, 2018; Chen & Xiao., 2021; Kinskey & Zeidler, 2021; Tidemand & Nielsen, 2017). Ουσιαστικά δηλαδή αναφέρουν ότι οι μαθητές λόγω ηλικίας συχνά δεν διαθέτουν τις κατάλληλες γνωστικές δεξιότητες ώστε να εμπλακούν σε συζητήσεις και επιχειρηματολογία γύρω από τα ΚΕΖ ενώ η γνώση τους γύρω από το επιστημονικό περιεχόμενο αυτών των θεμάτων είναι επίσης περιορισμένη.

Δυσκολίες σε επίπεδο εκπαιδευτικής πολιτικής & πλαισίου (policy & context level).

Σημαντικοί είναι οι περιορισμοί και οι προκλήσεις που αναφέρουν οι εκπαιδευτικοί σε επίπεδο εκπαιδευτικής πολιτικής και πλαισίου. Μια από τις κυρίαρχες δυσκολίες που συναντώνται στη βιβλιογραφία αφορά στα αναλυτικά προγράμματα των ΦΕ, στα οποία η παρουσία των ΚΕΖ είναι αρκετά περιορισμένη. Τα αναλυτικά προγράμματα και τα σχολικά εγχειρίδια ΦΕ συχνά δεν είναι επικαιροποιημένα με αποτέλεσμα η επικέντρωση να αφορά σε διαπραγμάτευση αποπλαισιωμένων όρων και εννοιών (πχ. Reis & Galvao, 2004). Αυτό σε συνδυασμό με την έλλειψη διδακτικού υλικού προσαρμοσμένου στην ΚΕΖ προσέγγιση περιορίζει τους εκπαιδευτικούς από την διαχείριση ΚΕΖ στα μαθήματα των ΦΕ (πχ. Lee & Yang, 2017). Άλλα εμπόδια αναφορικά με την διαπραγμάτευση ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ σχετίζονται με την ύλη που πρέπει να καλυφθεί, την επικέντρωση των μαθημάτων στις εξετάσεις αλλά και τον περιορισμένο χρόνο (πχ. Pedretti et al., 2008). Τέλος, οι πιθανές αντιπαραθέσεις που μπορεί να προκαλέσει η συζήτηση αμφιλεγόμενων ζητημάτων με κοινωνικές και ηθικές προεκτάσεις κατά τη διδασκαλία ΦΕ με τους γονείς και τα υπόλοιπα μέλη της σχολικής κοινότητας μπορεί να δράσουν αποτρεπτικά ως προς την εφαρμογή της ΚΕΖ προσέγγισης στην πράξη (Pedersen, & Totten, 2001).

4.4. Εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και ΚΕΖ διδασκαλία

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, τα μαθήματα ΦΕ στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση θεωρούνται κατάλληλα πλαίσια για την διαπραγμάτευση ΚΕΖ (πχ. Forbes & Davis, 2008; Friedrichsen et al., 2020; Kinskey & Zeidler, 2021). Οι εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης καλούνται να διαχειριστούν γνώσεις από ποικίλα πεδία χωρίς να αποκτούν μόνο-επιστημονικούς ρόλους όπως συμβαίνει με τους συναδέλφους τους στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Το γεγονός αυτό τους παρέχει την δυνατότητα να εξερευνούν και να διαχειρίζονται με σχετική ευκολία την πολυεπιστημονική και διεπιστημονική φύση των ΚΕΖ.

Όπως όμως έχει ήδη αναφερθεί στο κεφάλαιο 1 της παρούσας διατριβής, οι έρευνες σχετικά με την αξιοποίηση ΚΕΖ προσεγγίσεων στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση είναι αρκετά περιορισμένες (πχ. Kinskey & Zeidler, 2021; Macalalag et al., 2019). Βιβλιογραφία σχετικά με την διαπραγμάτευση ΚΕΖ στο πλαίσιο του δημοτικού σχολείου αφορά κυρίως σε άρθρα καλών πρακτικών (πχ. Dolan & Zeidler, 2009; Dolan et al., 2009) ή σε εμπειρικές έρευνες σε χώρους άτυπης μάθησης (πχ. Burek & Zeidler, 2015). Επιπλέον, τα ΚΕΖ που συνήθως υπόκεινται σε διαπραγμάτευση στο δημοτικό σχολείο σχετίζονται με περιβαλλοντικά θέματα τοπικά προσδιορισμένα που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις επιμέρους κοινότητες

όπως είναι η εξαφάνιση ειδών, η αναπαραγωγή άγριων ζώων κοκ. (πχ. Dolan & Zeidler, 2009). Αντίθετα, ζητήματα όπως είναι τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα, οι εφαρμογές της νανοτεχνολογίας, η κλιματική αλλαγή, δηλαδή ζητήματα που απορρέουν από σύγχρονα επιστημονικά και τεχνολογικά θέματα, αν και αποτελούν κλασικά ΚΕΖ, δεν ενσωματώνονται με την ίδια συχνότητα στα μαθήματα των ΦΕ του δημοτικού σχολείου (πχ. Espeja & Couso, 2020).

Ως προς τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για την ενσωμάτωση ΚΕΖ στη διδασκαλία, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι θεωρούν τη διαχείριση ΚΕΖ ως μια οικεία σε αυτούς προσέγγιση αλλά και έναν τρόπο να υποστηρίξουν τους μαθητές τους αφενός στην νοηματοδότηση επιστημονικών εννοιών και φαινομένων και αφετέρου στην σύνδεση αυτών των εννοιών με την καθημερινή τους ζωή (πχ. Zangori et al., 2018). Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης φαίνεται να αισθάνονται μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση και άνεση στη διαχείριση και εφαρμογή των διδακτικών πρακτικών που σχετίζονται με τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ (υποενότητα 3.4) μιας και στην καθημερινή τους πρακτική τείνουν να διερευνούν τις διασυνδέσεις των επιμέρους γνωστικών πεδίων (πχ. Zangori et al., 2018).

Τέλος, ως προς τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης αναφορικά με την εφαρμογή ΚΕΖ προσεγγίσεων στην τάξη, μια πρόσφατη έρευνα των Kinskey & Zeidler (2021) που εξέτασε τρεις εν ενεργεία εκπαιδευτικούς δημοτικού σχολείου ως μελέτες περίπτωσης φανέρωσε:

- *Προκλήσεις αναφορικά με το αναπτυξιακό επίπεδο των μαθητών.* Οι συμμετέχοντες στην έρευνα εκπαιδευτικοί εξέφρασαν ανησυχίες σχετικά με το γνωστικό επίπεδο των μαθητών τους και το βαθμό που έχουν αναπτύξει τις κατάλληλες δεξιότητες ώστε να εμπλακούν αποτελεσματικά σε ανωτέρου επιπέδου συλλογιστική και γνωστικά απαιτητικές δραστηριότητες.
- *Προκλήσεις ως προς το χρόνο.* Οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί ανέφεραν την έλλειψη χρόνου ως ένα από τα βασικά εμπόδια στην εφαρμογή νέων παιδαγωγικών προσεγγίσεων όπως είναι η διαπραγμάτευση ΚΕΖ.
- *Προκλήσεις στην εφαρμογή του πλαισίου της ΚΕΖ προσέγγισης* καθώς δεν ενσωμάτωσαν πτυχές της ΦτΕ και της επιστημονικής γνώσης ούτε προώθησαν τη διαπραγμάτευση ηθικών προβληματισμών και διαστάσεων.

Οι προαναφερθείσες προκλήσεις παρουσιάζουν κοινά στοιχεία με τις προκλήσεις και δυσκολίες που περιγράφονται στην υποενότητα 4.3 του παρόντος κεφαλαίου. Κλείνοντας, προκύπτει επομένως ότι, παρόλο που η ενσωμάτωση ΚΕΖ στα αναλυτικά προγράμματα της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης είναι περιορισμένη, η διαπραγμάτευση ΚΕΖ στο δημοτικό σχολείο έχει προοπτικές ως προς τη διαμόρφωση επιστημονικά εγγράμματων πολιτών αρχίζοντας από μικρές ηλικίες (πχ. Burek & Zeidler, 2015; Chen & Xiao, 2021; Dolan et al., 2009; Kinskey & Zeidler, 2021) ενώ παράλληλα οι εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, παρά τις προκλήσεις, φαίνεται να μπορούν να διαχειριστούν και να εφαρμόσουν τη συγκεκριμένη προσέγγιση (πχ. Zangori et al., 2018).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί περιγράφονται οι θεμελιώδεις έννοιες της νανοτεχνολογίας (NET) που θεωρούνται διαχειρίσιμες από μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (υποενότητα 5.1). Στη συνέχεια, δίνοντας έμφαση στη σχέση της NET με την τεχνολογία και την κοινωνία, αναλύονται οι κοινωνικές προεκτάσεις της NET και η αξία διαπραγμάτευσής τους στη διδασκαλία των ΦΕ (υποενότητα 5.2). Έπειτα, στην υποενότητα 5.3, αποτυπώνονται οι αντιλήψεις των μαθητών γύρω από τις θεμελιώδεις ιδέες της NET ενώ τέλος, στην υποενότητα 5.4 αναλύονται τα οφέλη αξιοποίησης των εφαρμογών της ως πλαίσια διαπραγμάτευσης όψεων της NET.

5.1. Οι θεμελιώδεις ιδέες της Νανοτεχνολογίας

Τα τελευταία 15 – 20 χρόνια έχει υπάρξει έντονη συζήτηση γύρω από τη λέξη «Νανοτεχνολογία». Πολλά έχουν γραφτεί και παρουσιαστεί στα μέσα ενημέρωσης και το διαδίκτυο σχετικά με την επίδραση αυτής της νέας τεχνολογίας στη καθημερινή ζωή των ανθρώπων λόγω των ποικίλων υλικών και εφαρμογών της. Αντηλιακές κρέμες, ανθεκτικές στη βρωμιά βαφές, υλικά με αυξημένη ανθεκτικότητα και αντοχή, εφαρμογές για στοχευμένη θεραπεία κλπ. είναι ορισμένα μόνο από τα παραδείγματα εφαρμογών της νανοτεχνολογίας (NET) που αξιοποιούνται καθημερινά σε ποικίλες πτυχές της ανθρώπινης δραστηριότητας (πχ. Kumar & Kumbhat, 2016; Murty et al., 2013; Sengupta & Sarkar, 2015). Ως εκ τούτου, πολλοί ερευνητές αλλά και εκπαιδευτικοί υποστηρίζουν ότι το περιεχόμενο της NET πρέπει να ενταχθεί στην υποχρεωτική εκπαίδευση ώστε να προαχθεί η κατανόηση του κοινού σχετικά με το αναδυόμενο αυτό πεδίο (Laherto, 2012). Η ένταξη όμως της NET στα υπάρχοντα αναλυτικά προγράμματα των χωρών παρουσιάζει δυσκολίες (Sakhnini & Blonder, 2018), παρόλο που η προσπάθεια εκπαίδευσης μαθητών και εκπαιδευτικών, όλων των βαθμίδων της εκπαίδευσης, στις νανοεπιστήμες έχει προχωρήσει σε σημαντικό βαθμό (πχ. Dorouka et al., 2021; Mandrikas et al, 2019; Mandrikas et al., 2021; Manou et al., 2018; Manou et al., 2021; Metaxas et al., 2021; Michailidi & Stavrou, 2022; Peikos et al., 2020; Sgouros & Stavrou; 2019; Spyrtou et al., 2021; Stavrou et al., 2018).

Μια από τις δυσκολίες ένταξης της NET στην υποχρεωτική εκπαίδευση αφορά στον καθορισμό των εννοιών που πρέπει να γνωρίζουν οι μαθητές προκειμένου να κατανοήσουν αυτό το αναδυόμενο πεδίο (Sakhnini & Blonder, 2015). Δεδομένου ότι κάθε επιστημονική

περιοχή δομείται από ένα σύνολο εννοιών, οι οποίες είναι χρήσιμες ώστε να ερμηνευθούν φαινόμενα που σχετίζονται με τη συγκεκριμένη περιοχή (Duit et al., 2012), ποικίλες έρευνες έχουν διεξαχθεί προκειμένου να καθοριστούν οι θεμελιώδεις έννοιες του πεδίου της NET στις διαφορετικές βαθμίδες εκπαίδευσης (Metaxas et al., 2021; Sakhnini & Blonder, 2015; Stevens et al., 2009). Στη παρούσα διατριβή, αξιοποιήθηκε το πλαίσιο που προτείνεται από τον Stevens και τους συνεργάτες του (2009) στο εγχειρίδιο με τίτλο “*The big ideas of Nanoscale Science & Engineering – A Guidebook for Secondary Teachers*” καθώς σε αυτό περιγράφεται με λεπτομέρεια το περιεχόμενο και οι επιδιωκόμενοι μαθησιακοί στόχοι για την κάθε μια από τις θεμελιώδεις ιδέες της NET (Bryan et al., 2015).

Σύμφωνα, λοιπόν, με τους Stevens, Sutherland & Krajcik (2009) οι θεμελιώδεις ιδέες της NET, οι οποίες χαρακτηρίστηκαν ως Μεγάλες Ιδέες της NET είναι οι ακόλουθες:

1. Μέγεθος και η Κλίμακα (*Size and Scale*)
2. Δομή της Ύλης (*Structure of Matter*)
3. Δυνάμεις και Αλληλεπιδράσεις (*Forces and Interactions*)
4. Κβαντικά Φαινόμενα (*Quantum Effects*)
5. Ιδιότητες Εξαρτώμενες από το Μέγεθος (*Size – Dependent Properties*)
6. Αυτό – Οργάνωση (*Self - Assembly*)
7. Εργαλεία Εξερεύνησης του Νανόκοσμου (*Tools and Instrumentation*)
8. Μοντέλα και Προσομοιώσεις (*Models & Simulations*)
9. Σχέση της NET με την Τεχνολογία και την Κοινωνία (*Science, Technology and Society*)

Από τις προαναφερθείσες μεγάλες ιδέες, στην παρούσα εργασία εστιάσαμε α. στο μέγεθος και την κλίμακα, β. στις ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος, γ. στα εργαλεία εξερεύνησης του νανόκοσμου και δ. στη σχέση της NET με την τεχνολογία και την κοινωνία, μιας και αυτές θεωρούνται διαχειρίσιμες από μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (πχ. Mandrikas & Michailidi, 2019; Manou et al., 2018; Peikos et al., 2020).

Παρακάτω ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή του περιεχομένου κάθε μιας από τις μεγάλες ιδέες της NET που διαπραγματευτήκαμε στα πλαίσια της παρούσας διατριβής.

Το μέγεθος και η κλίμακα

Οι έννοιες του μεγέθους και της κλίμακας είναι πολύ σημαντικές, καθώς διαμορφώνουν μέρος του γνωστικού πλαισίου με το οποίο αντιλαμβάνεται κανείς την επιστήμη εν γένει. Παράγοντες που συνδέονται με το μέγεθος, την κλίμακα, το σχήμα, την αναλογικότητα και την διάσταση της ύλης, βοηθούν στην περιγραφή της και την πρόβλεψη της συμπεριφοράς της. Πολλές φορές, μάλιστα, είναι χρήσιμο να διαιρούμε το μεγάλο εύρος μεγεθών σε κλίμακες (ή «κόσμους») (π.χ. μακρο-, μικρο-, νάνο-, ατομική), όπου η κάθε μια διέπεται από διαφορετικά σύνολα νόμων, κυριαρχείται από διαφορετικής φύσης δυνάμεις αλληλεπίδρασης, χαρακτηρίζεται από διαφορετικά εργαλεία που χρησιμοποιούμε για να αλληλεπιδράσουμε με τα αντικείμενα και περιγράφεται από διαφορετικά μοντέλα. Προκειμένου, επομένως, οι μαθητές να κατακτήσουν το εύρος των μεγεθών με τα οποία ασχολείται η νανοεπιστήμη και προκειμένου να μπορέσουν να ερμηνεύσουν τα μοναδικά φαινόμενα και τις ιδιότητες που εμφανίζονται στο νανόκοσμο, θεωρείται σημαντική η κατανόηση των εννοιών του μεγέθους και της κλίμακας.

Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος

Οι ιδιότητες είναι εκείνα τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν τη φύση ενός υλικού. Είναι η πηγή της λειτουργικότητας του, αφού καθορίζουν το πως φαίνεται, πως συμπεριφέρεται, πως αλληλεπιδρά και αντιδρά με το περιβάλλον και για ποιες εφαρμογές θα μπορούσε να είναι χρήσιμο. Οι ιδιότητες των υλικών νανοκλίμακας, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι διαφορετικές από αυτές της μακροκλίμακας και συχνά μάλιστα απρόβλεπτες. Η απρόσμενη αυτή συμπεριφορά των υλικών οφείλεται εν μέρει στην κατακόρυφη αύξηση της αναλογίας επιφάνειας – όγκου (*Surface – to – Volume ration, S/V*) όταν οι διαστάσεις του υλικού πλησιάζουν στη νανοκλίμακα, μιας και αυτή η δραματική αύξηση της αναλογίας S/V του υλικού επιφέρει αλλαγές σε ιδιότητές του που καθορίζονται από την επιφάνεια και το μέγεθος.

Οι ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος των σωμάτων αποτελούν στην ουσία τη μόνη πραγματικά νέα ιδέα μεταξύ αυτών στις οποίες θεμελιώνεται ο επιστημονικός κλάδος της NET, για αυτό και αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι του ορισμού της. Λόγω των τροποποιούμενων αυτών ιδιοτήτων οι επιστήμονες αναπτύσσουν νέα μοντέλα για να εξηγήσουν τη δομή και συμπεριφορά της ύλης, ενώ ένα μεγάλο μέρος της επανάστασης της NET και του εύρους των εφαρμογών της περιστρέφεται γύρω από την αξιοποίηση των νέων αυτών ιδιοτήτων.

Τα εργαλεία εξερεύνησης του νανόκοσμου

Η τεχνολογία κατέχει σημαντικό ρόλο στην επιστημονική πρόοδο, καθώς επιστήμη και τεχνολογία συχνά προωθούν η μία την άλλη. Για παράδειγμα, το βάθος στο οποίο γνωρίζουμε τον φυσικό κόσμο προσδιορίζεται, κατά ένα βαθμό, από τα διαθέσιμα εργαλεία για την εξερεύνησή του και από την άλλη τα όργανα και τα εργαλεία καθορίζουν τι είναι προσιτό προς παρατήρηση και μέτρηση. Αυτή η πρόσβαση οδηγεί τους επιστήμονες σε νέα γνώση και νέα ερωτήματα, και ως εκ τούτου συνδέεται με την επιστημονική πρόοδο.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της διασύνδεσης αποτελεί ο επιστημονικός κλάδος της NET. Αν και η NET αυτή τη στιγμή βρίσκεται στην αιχμή της επιστημονικής έρευνας, τα νανοϋλικά δεν αποτελούν μια σύγχρονη ανακάλυψη. Το καθοριστικό στοιχείο όμως που μας επέτρεψε, τις τελευταίες μόλις δεκαετίες, να γνωρίσουμε τη δομή των υλικών αυτών στη νανοκλίμακα και να αποδώσουμε τις ξεχωριστές τους ιδιότητές στο μέγεθός τους, ήταν η εφεύρεση νέων μικροσκοπίων. Τα οπτικά μικροσκόπια, που χρησιμοποιούνταν μέχρι τότε, δεν είχαν τη δυνατότητα απεικόνισης σε αυτή την κλίμακα, λόγω των περιορισμών της φύσης του φωτός, καθώς για να παρατηρήσει κανείς ένα αντικείμενο, το μήκος κύματος της ακτινοβολίας πρέπει να είναι της ίδιας ή μικρότερης τάξης μεγέθους από το αντικείμενο αυτό. Η ανάπτυξη όμως εργαλείων και μέσων, όπως το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (Scanning Electron Microscope - SEM) και το μικροσκόπιο σάρωσης ακίδας (Scanning Probe Microscope - SPM), έχουν καταστήσει το νανόκοσμο προσβάσιμο σε επιστήμονες και μηχανικούς.

Σχέση της NET με την τεχνολογία και την κοινωνία

Η NET συνδέεται άρρηκτα με ποικίλες εφαρμογές και προϊόντα που χρησιμοποιούμε στην καθημερινότητά μας και τα οποία υπόσχονται βελτίωση της ποιότητας ζωής του ατόμου καθώς και λύση σε ποικίλα κοινωνικά προβλήματα. Αυτές όμως οι εφαρμογές και τα προϊόντα συνδέονται παράλληλα και με ποικίλους κοινωνικούς και ηθικούς προβληματισμούς μιας και η μακροπρόθεσμη ασφάλειά τους για τον άνθρωπο και το περιβάλλον δεν έχουν ερευνηθεί πλήρως ακόμη. Κρίνεται επομένως απαραίτητο όλοι οι εμπλεκόμενοι στη διαδικασία της έρευνας και της καινοτομίας – ερευνητές, επιστήμονες, οργανισμοί, πολιτικοί, πολίτες – να είναι σε θέση να «ζυγίζουν» τα θετικά και τα αρνητικά που απορρέουν από την αξιοποίηση εφαρμογών της NET αλλά και να διατυπώνουν τεκμηριωμένες απόψεις και επιχειρήματα σχετικά με την πρόοδο αυτού του πεδίου.

Προκειμένου, επομένως, να γίνει κατανοητή η σχέση της NET με την κοινωνία, κρίνεται σημαντικό να κατανοήσουμε πρωτίστως τις κοινωνικές προεκτάσεις που απορρέουν από την αξιοποίηση των εφαρμογών της στην καθημερινή ζωή. Συνεπώς, στο επόμενο κεφάλαιο αναλύονται τα KEZ που σχετίζονται με το αναδυόμενο πεδίο της Νανο-Επιστήμης και Νανο – Τεχνολογίας.

5.2. Νανοτεχνολογία και Κοινωνικοεπιστημονικά Ζητήματα

Οι κοινωνικές προεκτάσεις της NET

Δεδομένου ότι τα νανοϋλικά διαθέτουν μοναδικές χημικές, φυσικές και μηχανικές ιδιότητες μπορούν να αξιοποιηθούν σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών, που κυμαίνεται από προϊόντα ευρείας κατανάλωσης όπως οι οδοντόκρεμες μέχρι δορυφόρους (πχ. Kumar & Kumbhat, 2016). Η NET βρίσκει επομένως εφαρμογή σχεδόν σε όλους τους τομείς, από την επιστήμη ως τη μηχανική, επηρεάζοντας τον τρόπο ζωής του ανθρώπου με ποικίλα καινοτόμα προϊόντα και εφαρμογές. Πλέον, τα προηγμένα νανοϋλικά χρησιμοποιούνται στα καλλυντικά, την υγειονομική περίθαλψη, την ιατρική διάγνωση και θεραπεία, τους αισθητήρες και τις τεχνολογίες επικοινωνίας, τους τρόπους αντιμετώπισης της περιβαλλοντικής μόλυνσης (νερό και αέρα) κλπ. (πχ. Balakrishnan et al., 2012; Bhushan, 2016; Kumar & Kumbhat, 2016; Murty et al., 2013; Sengupta & Sarkar, 2015). Απώτερος σκοπός αυτής της νέας γενιάς εφαρμογών είναι η βελτίωση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου, η προστασία του περιβάλλοντος και η λύση παγκόσμιων κοινωνικών προβλημάτων μέσα από την διαμόρφωση πιο αποτελεσματικών προϊόντων όσον αφορά στην αντοχή, το κόστος, τις επιδόσεις. Αυτό μάλιστα υποδηλώνεται και από τις υψηλές χρηματοδοτήσεις στην έρευνα σχετικά με τις εφαρμογές της NET (Balakrishnan et al., 2012; Barakat & Jiao, 2010). Για παράδειγμα, η κυβέρνηση της Αμερικής το 2005 επένδυσε πάνω από ένα δισεκατομμύριο δολάρια στον τομέα της NET (Sweeney, 2006). Ωστόσο πέρα από τα ενδεχόμενα οφέλη των εφαρμογών της NET, στη βιβλιογραφία διατυπώνονται ποικίλοι κοινωνικοί και ηθικοί προβληματισμοί που απορρέουν από την αξιοποίηση τους ενώ έντονες είναι και οι συζητήσεις σχετικά με το ισοζύγιο ρίσκων και οφελών (Barakat & Jiao, 2010; Lewenstein, 2006; Sandler, 2009; Schummer, 2007). Για το λόγο αυτό έχουν προταθεί στη βιβλιογραφία ποικίλες ταξινομίες των KEZ που εγείρονται από την έρευνα και τις καινοτομίες της NET. Τα κοινά σημεία αυτών των ταξινομιών περιγράφονται παρακάτω:

Υγεία (Health issues). Υπάρχουν αρκετοί τρόποι με τους οποίους τα νανοσωματίδια μπορούν να εισέλθουν στον ανθρώπινο οργανισμό όπως είναι η εισπνοή, η κατάποση, η απορρόφηση μέσω του δέρματος κοκ. Δεν είναι όμως ακόμη σαφές εάν τα νανοσωματίδια μπορούν να προκαλέσουν χρόνιες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία μιας και, λόγω του μεγέθους τους, τείνουν να είναι πιο τοξικά από τα αντίστοιχα υλικά σε μακροσκοπικές κλίμακες. Προκειμένου να διερευνηθεί αυτό το ζήτημα και να διατυπωθούν ασφαλή συμπεράσματα τα τελευταία χρόνια έχει κάνει την εμφάνισή του ένα νέο πεδίο που ονομάζεται “*Nano-toxicology*” και εστιάζει στη μελέτη πιθανών τοξικολογικών επιπτώσεων στην υγεία λόγω της συσσώρευσης νανοσωματιδίων στον ανθρώπινο οργανισμό (πχ. Hignant & Albe, 2010; kumar & Kumbhat, 2016; Murty et al., 2013; Sandler, 2009).

Περιβάλλον (Environmental issues). Πέρα από την πιθανή τοξική επίπτωση των νανοσωματιδίων σε έμβιους οργανισμούς, ιδιαίτερη σημασία έχει για το περιβάλλον η διαχείριση των βιομηχανικών αποβλήτων που σχετίζονται με την παραγωγή προϊόντων και εφαρμογών της NET αλλά και η εκμετάλλευση σπάνιων υλικών, πόρων και στοιχείων. Η αξιοποίηση τέτοιων πόρων πρέπει να γίνεται με βάση τις αρχές της βιωσιμότητας και με άξονα την δυνατότητα ανακύκλωσης (Schummer, 2007).

Ιδιωτικότητα – Διαχείριση προσωπικών δεδομένων (Privacy issues). Η NET συνδέεται με την ανάπτυξη μικρών και γρήγορων ηλεκτρονικών συστημάτων και υπολογιστών. Η αξιοποίηση τέτοιων συσκευών καθιστά ακόμη πιο γρήγορη και εύκολη τη συλλογή και επεξεργασία βάσεων δεδομένων προσωπικών πληροφοριών. Ερωτήματα εγείρονται σχετικά με το τι μπορεί να σημαίνουν αυτές οι νέες δυνατότητες για την ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων του εκάστοτε ατόμου, καθιστώντας τη διαμόρφωση νέων κανονισμών και νομοθετικών ρυθμίσεων μια επιτακτική ανάγκη (Lewenstein, 2006; Schummer, 2007).

Παγκόσμια Ισότητα (Global equity or Nano – divide). Η τεχνολογία έχει παίξει ένα καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των οικονομικών ισορροπιών παγκοσμίως. Η ραγδαία ανάπτυξη του τομέα της NET μπορεί να δημιουργήσει σημαντικές διακρίσεις ανάμεσα στις ισχυρά βιομηχανοποιημένες οικονομίες και τις χώρες που αποκαλούνται ως αναπτυσσόμενες λόγω της αδυναμίας πρόσβασης των τελευταίων στις καινοτομίες και τις εφαρμογές της NET αλλά και της αδυναμίας χρηματοδότησης μεγάλων ερευνητικών προγραμμάτων (Barakat & Jiao, 2010; Lewenstein, 2006; Schummer, 2007). Παράλληλα όμως, ο ρόλος των αναπτυσσόμενων χωρών κρίνεται καθοριστικός σχετικά με τη διάθεση και διαχείριση υλικών πόρων για την παραγωγή των προϊόντων της NET (Schummer, 2007).

Τα προαναφερθέντα ΚΕΖ αναδεικνύουν την αναγκαιότητα να αξιολογηθούν οι εφαρμογές και τα προϊόντα της ΝΕΤ όχι μόνο σε σχέση με τις ξεχωριστές τους ιδιότητες αλλά και με βάση το πιθανό μακροπρόθεσμο αντίκτυπό τους σε κοινωνικό, ηθικό και οικονομικό επίπεδο (Murty et al., 2013). Η πρότερη εμπειρία από τεχνολογίες αιχμής φανερώνει ότι η ελλιπής κατανόηση και γνώση του ευρέως κοινού σχετικά με τις εκάστοτε καινοτομίες οδηγεί σε απόρριψη της πολλά υποσχόμενης νέας τεχνολογίας, όπως συνέβη στην περίπτωση των γενετικά τροποποιημένων τροφίμων (Barakat & Jiao, 2010). Για αυτό το λόγο κρίνονται, ενδεικτικά, απαραίτητα τα εξής:

- Συμμετοχή των ερευνητών, επιστημόνων και μηχανικών του τομέα της ΝΕΤ στις συζητήσεις σχετικά με τις ηθικές και κοινωνικές προεκτάσεις της ΝΕΤ (Balakrishnan et al., 2012; Barakat & Jiao, 2010; Fages & Albe, 2015).
- Ανάπτυξη κατάλληλα διαμορφωμένων πρωτοκόλλων, κανονισμών και νομοθετικών πλαισίων σχετικά με την έρευνα, ανάπτυξη, παροχή στην αγορά και κατανάλωση προϊόντων και εφαρμογών της ΝΕΤ (Trybula et al., 2016).
- Εκπαίδευση μελλοντικών πολιτών αφενός σε διαστάσεις του επιστημονικού περιεχομένου της ΝΕΤ και αφετέρου στην διαχείριση των ΚΕΖ που εγείρονται από την αξιοποίηση των εφαρμογών της. Με αυτό τον τρόπο οι μελλοντικοί πολίτες θα μπορούν να συμμετέχουν σε συζητήσεις σχετικά με τη χρήση εφαρμογών και προϊόντων της ΝΕΤ αλλά και να λαμβάνουν ενήμερες αποφάσεις στην καθημερινή τους ζωή (πχ. Hingant & Albe, 2010).

Αξία διαπραγμάτευσης των ΚΕΖ της ΝΕΤ στη διδασκαλία ΦΕ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί και παραπάνω, οι εφαρμογές, τα προϊόντα και οι καινοτομίες της ΝΕΤ, σε ένα μεγάλο βαθμό πλέον, έχουν ξεπεράσει τη φάση έρευνας και ανάπτυξης στο εργαστήριο και βρίσκονται στην αγορά και την διάθεση των καταναλωτών. Οι πολίτες εκτίθενται άμεσα ή έμμεσα σε μια πληθώρα υλικών και εφαρμογών της ΝΕΤ που κυμαίνονται από προϊόντα καθημερινής χρήσης μέχρι αθλητικό εξοπλισμό, από ιατρικές ως διαστημικές εφαρμογές. Η έλευση όμως κάθε νέας επαναστατικής τεχνολογίας, πέρα από τα ιδιαίτερα οφέλη που μπορεί να επιφέρει σε τεχνολογικό και οικονομικό επίπεδο, συχνά συνοδεύεται από ποικίλους κινδύνους για το περιβάλλον και την υγεία ενώ εγείρει και ποικίλα ζητήματα ηθικής φύσης (πχ. Murty et al., 2013; Sweeney, 2006). Δεδομένου λοιπόν ότι η αξιοποίηση των εφαρμογών της ΝΕΤ είναι πιθανό να γεννήσει ποικίλες προκλήσεις κρίνεται σημαντικό οι μαθητές, ως μελλοντικοί πολίτες, να αναπτύξουν τις κατάλληλες δεξιότητες προκειμένου να

μπορούν να πάρουν μια ενήμερη θέση απέναντι σε αυτές και να μπορούν να ισοσταθμίζουν πιθανά οφέλη και κινδύνους (Laherto, 2010; Spyrtou et al., 2019; Spyrtou et al., 2021). Στα πλαίσια μάλιστα μιας συμμετοχικής δημοκρατίας (*participatory democracy*), όπως τονίζεται και στο πλαίσιο της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (*Responsible Research and Innovation*, European Commission, 2012), κρίνεται σημαντικό οι πολίτες να μπορούν να συμμετέχουν στο δημόσιο διάλογο και στις διαδικασίες λήψης απόφασης αναφορικά με αμφιλεγόμενα επιστημονικά και τεχνολογικά θέματα ((Laherto, 2010). Η διαπραγμάτευση, επομένως, κατά την εκπαιδευτική διαδικασία, όψεων της NET και των ΚΕΖ που απορρέουν από την αξιοποίηση των εφαρμογών της θεωρείται ότι μπορεί να συμβάλλει στην προετοιμασία των μαθητών για την αποτελεσματική και ενήμερη διαχείριση αυτών των ζητημάτων και την καλλιέργεια της κριτικής τους σκέψης (Mandrikas et al., 2019; Spyrtou et al., 2019). Τέλος, η διαχείριση τέτοιου είδους ζητημάτων συμβάλλει στην αντιμετώπιση του φόβου και της διστακτικότητας των πολιτών απέναντι στις καινοτομίες της επιστήμης και της τεχνολογίας. Τέτοιου είδους φόβοι, συχνά, οδηγούν στην άκριτη απόρριψη νέων καινοτόμων εφαρμογών και υλικών από το ευρύ κοινό (πχ. Barakat & Jiao, 2010; Gardner et al., 2010) γεγονός που καθιστά την εκπαίδευση του κοινού γύρω από τη διαχείριση αμφιλεγόμενων επιστημονικών θεμάτων με κοινωνικές προεκτάσεις απαραίτητη.

Ωστόσο, όπως περιγράφεται αναλυτικά και στην υποενότητα 4.3 της παρούσας διατριβής, η διαπραγμάτευση αμφιλεγόμενων ζητημάτων κατά τη διδασκαλία των ΦΕ εγείρει ποικίλες δυσκολίες στους εκπαιδευτικούς όλων των βαθμίδων και αναδεικνύει την αναγκαιότητα διαμόρφωσης προγραμμάτων επαγγελματικής ανάπτυξης εκπαιδευτικών ώστε αφενός να μπορέσουν να παρακολουθούν τις διαρκείς εξελίξεις του πεδίου της NET και αφετέρου να διαπραγματεύονται τα αντικρουόμενα και αμφιλεγόμενα ζητήματα που σχετίζονται με αυτό (Hignant & Albe, 2010; Jones et al., 2013; Sgouros & Stavrou, 2019).

5.3. Οι αντιλήψεις των μαθητών για τις θεμελιώδεις ιδέες της Νανοτεχνολογίας

Στην υποενότητα αυτή επιδιώκεται να αναδειχτούν οι αρχικές αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τις μεγάλες ιδέες της NET που περιγράφονται στην υποενότητα 5.1. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τη *σχέση της NET με την τεχνολογία και την κοινωνία* καθώς οι αντιλήψεις αυτές καθορίζουν τη στάση των μαθητών απέναντι στη NET και παίζουν σημαντικό ρόλο κατά την επιχειρηματολογία τους σχετικά με τα ΚΕΖ που εγείρονται από την αξιοποίηση εφαρμογών της NET στην καθημερινή ζωή (Jones et al., 2013). Οι αντιλήψεις σχετικά με τις άλλες μεγάλες ιδέες της NET (μέγεθος και κλίμακα, ιδιότητες

εξαρτώμενες από το μέγεθος και εργαλεία εξερεύνησης του νανόκοσμου) παρουσιάζονται πιο συνοπτικά.

Αντιλήψεις για το μέγεθος και την κλίμακα

Προκειμένου οι μαθητές να μπορέσουν να κατανοήσουν το εύρος των μεγεθών με τα οποία ασχολείται η NET αλλά και τους μηχανισμούς για τους οποίους τα υλικά αποκτούν διαφορετικές ιδιότητες στο νανόκοσμο, κρίνεται σημαντικό να αποκτήσουν μια ξεκάθαρη εικόνα της έννοιας του μεγέθους και της κλίμακας (Swarat et al., 2011). Έρευνες όμως έχουν δείξει ότι οι μαθητές, ανεξαρτήτου ηλικίας, παρουσιάζουν τα εξής (Swarat et al., 2011; Taylor & Jones, 2009) :

- Έλλειψη εξοικείωσης με απόλυτα μεγέθη που εκφράζονται με μονάδες όπως το μικρόμετρο και το νανόμετρο
- Αδυναμία αντίληψης και σύγκρισης πολύ μικρών ή πολύ μεγάλων μεγεθών
- Δυσκολίες αναλογικού συλλογισμού ώστε να αντιληφθούν τα σχετικά και τα απόλυτα μεγέθη των αντικειμένων
- Δυσκολία κατανόησης των δυνάμεων του δέκα γεγονός που ενισχύει την αδυναμία αναλογικού συλλογισμού
- Αδυναμία αντίληψης της συνεχούς φύσης της κλίμακας

Οι προαναφερθείσες αντιλήψεις και δυσκολίες των μαθητών μπορεί να οφείλονται α. στην μη ορατή φύση των μικρών αντικειμένων και την επακόλουθη έλλειψη αισθητηριακής αντίληψης, β. στο αρνητικό πρόσημο της εκθετικής μορφής αλλά και γ. στα μη οικεία ονόματα των μονάδων μέτρησης σε αυτές τις κλίμακες (Swarat et al., 2011).

Αντιλήψεις για τις ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος

Όπως έχει ήδη αναφερθεί και παραπάνω, οι ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος αποτελούν ουσιαστικά την ιδέα – πυρήνα της NET ενώ η κατανόηση αυτής της θεμελιώδους έννοιας καθορίζεται από τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την αναλογία του εμβαδού επιφάνειας προς τον όγκο (S/V). Σύμφωνα με έρευνες που έχουν διεξαχθεί για τον προσδιορισμό αυτών των αντιλήψεων έχουν προκύψει τα εξής (πχ. Blonder & Sakhnini, 2012; Stavrou, 2014; Swarat et al., 2009; Taylor & Jones, 2009):

- Αντίληψη ότι οι ιδιότητες των υλικών παραμένουν αμετάβλητες σε όλες τις κλίμακες με αποτέλεσμα να δυσκολεύονται να εξηγήσουν την ασυνέχεια που υποδηλώνει η αλλαγή συμπεριφοράς της ύλης στη νανοκλίμακα
- Αδυναμία ερμηνείας της σύνδεσης αναλογίας εμβαδού επιφάνειας προς όγκο (S/V) με την αλλαγή ιδιοτήτων του υλικού. Αρκετοί μαθητές για παράδειγμα δυσκολεύονται να μεταβούν από τη μαθηματικοποιημένη αναπαράσταση της αναλογίας S/V και να της δώσουν μια πιο επιστημονική χροιά αξιοποιώντας την για την ερμηνεία φαινομένων όπως είναι η διάχυση, η διάλυση, η δραστητικότητα, ο ρυθμός εξάτμισης κλπ.
- Η κατανόηση της αναλογίας S/V συνδέεται με δεξιότητες αναλογικού συλλογισμού, οπτικό – χωρικών δεξιοτήτων και δεξιοτήτων εκτίμησης γεγονός που απαιτεί από τους μαθητές την πραγματοποίηση αφαιρετικών νοητικών διεργασιών υψηλού επιπέδου προκειμένου να επιτύχουν τη σύνδεση της αναλογίας με ποικίλα φαινόμενα.

Αντιλήψεις για τα εργαλεία εξερεύνησης του νανόκοσμου

Η βασικότερη δυσκολία σχετικά με την θεμελιώδη έννοια «εργαλεία εξερεύνησης του νανόκοσμου» αφορά στο ότι αρκετοί μαθητές θεωρούν το οπτικό μικροσκόπιο ένα επαρκές εργαλείο για την απεικόνιση ατόμων, μορίων και δομών της νανοκλίμακας (Stevens et al., 2009). Ουσιαστικά δηλαδή αρκετοί μαθητές δυσκολεύονται να αντιληφθούν ότι για την απεικόνιση υλικών της νανοκλίμακας απαιτούνται διαφορετικά μικροσκόπια από τα οπτικά μιας και τα παρατηρούμενα σωματίδια είναι μικρότερα από το μήκος κύματος του ορατού φωτός (Schank et al., 2009). Μάλιστα, αυτή η αντίληψη αναφορικά με την αξιοποίηση οπτικών μικροσκοπίων για τη μελέτη του νανόκοσμου μπορεί να σχετίζεται και με την αδυναμία αρκετών μαθητών να συγκρίνουν τα πολύ μικρά μεγέθη μεταξύ τους μιας και θεωρούν ότι τα αντικείμενα που δεν είναι ορατά με το γυμνό μάτι έχουν περίπου το ίδιο μέγεθος (Μάνου, 2019). Τέλος, μια άλλη δυσκολία των μαθητών σχετικά με τη θεμελιώδη έννοια για τα εργαλεία εξερεύνησης του νανόκοσμου αφορά στην έλλειψη του κατάλληλου πλαισίου ερμηνείας των εικόνων και αναπαραστάσεων που μας προσφέρουν τα όργανα αυτά καθώς και στην έλλειψη κατανόησης του τρόπου λειτουργίας τους (Jones et al., 2015).

Αντιλήψεις για τη σχέση της NET με την τεχνολογία και την κοινωνία

Η NET είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τις πολλά υποσχόμενες εφαρμογές της, οι οποίες ήδη αποτελούν συστατικό στοιχείο των προϊόντων και των αντικειμένων που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή. Η ραγδαία όμως αυτή ανάπτυξη των εφαρμογών και προϊόντων της NET συχνά συνοδεύεται από ποικίλους κοινωνικούς και ηθικούς προβληματισμούς, οι οποίοι μπορεί για παράδειγμα να σχετίζονται είτε με την έλλειψη ισότιμης πρόσβασης όλων στα υλικά της NET είτε με τις επιδράσεις που μπορεί να έχουν οι δομές και τα υλικά της ναοκλίμακας στον άνθρωπο και το περιβάλλον. Έτσι, συχνά οι εφαρμογές της NET συνοδεύονται παράλληλα από φόβο για τις επιπτώσεις που μπορεί να έχουν αλλά και ελπίδα για τα οφέλη και τη συνεισφορά τους στη λύση κοινωνικών προβλημάτων (πχ. Hignant & Able, 2010).

Η στάση των πολιτών απέναντι σε αυτή τη νέα τεχνολογία αλλά και εν γένει στις επιστημονικές και τεχνολογικές καινοτομίες είναι κατά βάση θετική καθώς συσχετίζουν την πρόοδο της επιστήμης και της τεχνολογίας με την βελτίωση της ποιότητας της ζωής αλλά και την οικονομική ευημερία (πχ. Gardner et al., 2016; Ekli & Sahin, 2010). Έρευνες δείχνουν ότι οι πολίτες εστιάζουν κατά κύριο λόγο στα οφέλη της NET, αναγνωρίζοντας το σημαντικό ρόλο που έχει το πεδίο της NET στην εξέλιξη της επιστήμης και της τεχνολογίας (πχ. Besley et al., 2008; Burri & Bellucci, 2008). Για παράδειγμα, η έρευνα των Burri & Bellucci (2008) έδειξε ότι 70 συμμετέχοντες από την Ελβετία είχαν μια ισορροπημένη στάση (*balanced approach*) απέναντι στη NET καθώς αναγνώριζαν τα πιθανά μελλοντικά οφέλη που μπορούν να προσφέρουν οι εφαρμογές της NET παρόλο που παράλληλα εξέφρασαν κάποιους ενδοιασμούς σχετικά με την αξιοποίησή τους. Αντίστοιχα, στην έρευνα των Besley et al. (2008) η πλειοψηφία των 177 ερευνητών της NET που συμμετείχαν στην έρευνα αναγνώριζαν τα οφέλη της NET κυρίως στο τομέα της υγείας και της ηλεκτρονικής - καθώς είναι οι τομείς που δέχονται τις πιο μεγάλες χρηματοδοτήσεις - αλλά από την άλλη εξέφρασαν τους φόβους τους για πιθανούς κινδύνους στην υγεία του ανθρώπου αλλά και λόγω της αξιοποίησης της NET σε οπλικά συστήματα. Αυτές οι ανησυχίες και οι προβληματισμοί γύρω από τη NET φαίνεται να εντείνονται λόγω της έλλειψης εμπιστοσύνης του ευρέως κοινού απέναντι στους επιστήμονες (Lee et al., 2005), αλλά και της έλλειψη εμπιστοσύνης στους εκάστοτε πολιτικούς και τη βιομηχανία ότι θα μπορέσουν να διαχειριστούν πιθανούς κινδύνους που θα προκύψουν (Cobb & Macoubrie, 2004; Macoubrie, 2006).

Αποτελέσματα ερευνών σχετικών με τις αντιλήψεις και στάσεις μαθητών και εκπαιδευτικών απέναντι στη NET δείχνουν ότι η γνώση τόσο των μαθητών όσο και των εκπαιδευτικών

αναφορικά με τη NET είναι γενικά χαμηλή (Ekli & Sahin, 2010; Gardner & Jones, 2014; Gardner et al., 2010). Η γνώση αυτή μάλιστα δεν προέρχεται από φορείς της επίσημης εκπαίδευσης αλλά κατά βάση απορρέει από πληροφορίες που προέρχονται από το διαδίκτυο, τα μέσα μαζικής ενημέρωσης και ταινίες επιστημονικής φαντασίας κλπ. (Sahin & Ekli, 2013). Η γνώση βέβαια σχετικά με τη NET δεν φαίνεται να αποτελεί έναν καθοριστικό παράγοντα στη διαμόρφωση των αντιλήψεων και στάσεων των ατόμων σχετικά με τους κινδύνους και τα οφέλη των εφαρμογών της NET. Πιο συγκεκριμένα, συναισθηματικοί παράγοντες καθώς και οι αντιλήψεις των πολιτών σε τομείς όπως η ηθική, η θρησκεία ή εν γένει η επιστήμη και η τεχνολογία κλπ. φαίνεται να έχουν ένα πιο καθοριστικό ρόλο στην διαμόρφωση των στάσεων τους απέναντι στη NET (Ekli & Sahin, 2010; Gardner et al., 2016; Jones et al., 2015; Lee et al., 2005).

Σύμφωνα με την έρευνα των Sahin & Ekli (2013) σε 1396 μαθητές πρώτων τάξεων γυμνασίου, οι αντιλήψεις των μαθητών για τη NET και της εφαρμογές της είναι εν γένει θετικές, όπως συμβαίνει και με το γενικό πληθυσμό. Δεδομένου ότι η NET είναι ένα ευρύ αναδυόμενο πεδίο που συνδέεται με ποικίλες εφαρμογές για ποικίλους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, οι στάσεις των μαθητών πολλές φορές καθορίζονται από την εκάστοτε εφαρμογή για την οποία γίνεται λόγος (πχ. Gardner et al., 2010; Jones et al., 2015; Nerlich et al., 2007). Μάλιστα φαίνεται ότι οι μαθητές δεν αντιλαμβάνονται την έννοια του κινδύνου και του οφέλους ως ένα δίπολο όπου το υψηλό ρίσκο υπονοεί αυτόματα χαμηλό όφελος ή το αντίστροφο. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές είναι δυνατό να θεωρούν παράλληλα μια εφαρμογή της NET ως επικίνδυνη ή ωφέλιμη (Ekli & Sahin, 2010; Gardner et al., 2010; Jones et al., 2015; Nerlich et al., 2007). Για παράδειγμα, στην έρευνα των Gardner et al. (2010) οι εκπαιδευόμενοι θεώρησαν ότι να φίλτρα νερού της NET μπορεί να ελλοχεύουν κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον, παράλληλα όμως αντιλήφθηκαν το σημαντικό όφελος που θα μπορούσε να έχει μια τέτοια εφαρμογή για τη ζωή των ανθρώπων στις αναπτυσσόμενες χώρες. Προκύπτει επομένως ότι οι στάσεις των μαθητών για τις εφαρμογές και τα προϊόντα της NET συχνά επηρεάζονται από το ενδεχόμενο πλαίσιο αξιοποίησής τους.

Τέλος, σημαντικά είναι και τα ευρήματα από έρευνες σχετικά με τις διαφοροποιήσεις των αντιλήψεων των μαθητών για τις εφαρμογές της NET ανάλογα με το φύλο (Nerlich et al., 2007; Simonpeaux et al., 2011). Για παράδειγμα, από την έρευνα της Simonpeaux και των συνεργατών της (2011) προέκυψε ότι οι αντιλήψεις αγοριών μαθητών για εφαρμογές της NET ήταν πιο θετικές από τις αντίστοιχες αντιλήψεις των κοριτσιών. Συσχέτισαν, μάλιστα, αυτές

τις διαφοροποιήσεις με τις πιο θετικιστικές και ατομικιστικές αντιλήψεις των αγοριών για τη NET σε σύγκριση με την πιο ανθρωπιστική θεώρηση των κοριτσιών για την επιστήμη και την τεχνολογία εν γένει.

5.4. Οι εφαρμογές της NET ως πλαίσιο διδασκαλίας των θεμελιωδών ιδεών της

Η αξιοποίηση των εφαρμογών της NET ως πλαίσιο για την ανάπτυξη διδακτικού υλικού ΦΕ έχει υποστηριχθεί από ποικίλους ερευνητές (Delgado et al., 2015; Hutchinson et al., 2011; Sakhnini & Blonder, 2016; Stavrou et al., 2018). Από την έρευνα των Sakhnini & Blonder (2016) προέκυψε ότι τόσο ερευνητές της NET όσο και εκπαιδευτικοί ΦΕ συγκλίνουν στην αξιοποίηση α. των εφαρμογών της ιατρικής (*nanomedicine*), β. των εφαρμογών ηλεκτρονικής (*nanoelectronics*), γ. των εφαρμογών για φωτοβολταϊκά συστήματα (*photovoltaic cells*), δ. των αυτοκαθαριζόμενων υλικών (*self-cleaning materials*) και ε. των νανορομπότ (*nanobots*) ως πλαίσια για τη διδασκαλία όψεων της NET. Τα οφέλη από αυτή την αξιοποίηση είναι ποικίλα μιας και η εμπλοκή των μαθητών με εφαρμογές της NET συμβάλλει (Delgado et al., 2015; Hutchinson et al., 2011; Sakhnini & Blonder, 2016; Stevens et al., 2009):

- Στη διαμόρφωση κατάλληλων πλαισίων για διδασκαλία των θεμελιωδών ιδεών της NET (υποενότητα 5.1) όπως για παράδειγμα είναι το μέγεθος και η κλίμακα ή οι ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος.
- Στη σύνδεση του επιστημονικού περιεχομένου προς διδασκαλία με την καθημερινή ζωή των μαθητών με αποτέλεσμα την αποτελεσματική απόδοση νοήματος σε όσα αυτοί διδάσκονται. Η προβολή μάλιστα προϊόντων της NET από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης και το διαδίκτυο ενισχύουν αυτή τη σύνδεση.
- Στην ενίσχυση του ενδιαφέροντος, του κινήτρου και της φαντασίας των μαθητών για τις ΦΕ. Οι μαθητές αντιλαμβάνονται τα προϊόντα της NET ως καινοτόμα και ως θέματα τα οποία δεν έχουν διδαχθεί προηγουμένως με αποτέλεσμα να αυξάνεται η περιέργεια τους αναφορικά με αυτά.
- Στη διαμόρφωση ενός κατάλληλου πλαισίου για τη διαπραγμάτευση της σχέσης επιστήμης και κοινωνίας, καθώς παρέχουν στους μαθητές τη δυνατότητα επεξεργασίας των οφελών και των κινδύνων που μπορεί να απορρέουν από την αξιοποίησή τους στην καθημερινή ζωή αλλά και τη δυνατότητα να προβληματιστούν και να συζητήσουν σχετικά με κοινωνικά (ανθρώπινη υγεία, περιβάλλον) και ηθικά ζητήματα που ενδεχομένως εγείρονται.

Συμπερασματικά λοιπόν, με βάση τη βιβλιογραφική ανασκόπηση του κεφαλαίου 5 προκύπτει ότι το αναδυόμενο πεδίο της NET και οι εφαρμογές της αποτελούν ένα κατάλληλο πλαίσιο για τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ καθώς πληρούν τα βασικά χαρακτηριστικά των ΚΕΖ όπως αυτά έχουν αναλυθεί στην υποενότητα 2.1. της παρούσας διατριβής. Συγκεκριμένα:

- Η NET και οι εφαρμογές της αποτελούν ένα σύγχρονο επιστημονικό πεδίο που βρίσκεται στην αιχμή της έρευνας.
- Η αξιοποίηση των εφαρμογών της NET, συνοδεύεται από ανοικτά ερωτήματα στα οποία η επιστημονική κοινότητα δεν έχει καταλήξει σε ομόφωνα αποδεκτές απαντήσεις.
- Η αξιοποίηση των εφαρμογών της NET εγείρει ποικίλους κοινωνικούς, ηθικούς και οικονομικούς προβληματισμούς.
- Η αξιοποίηση των εφαρμογών της NET προϋποθέτει ένα «ζύγισμα» οφελών – κινδύνων.
- Η ραγδαία εξέλιξη του επιστημονικού πεδίου της NET προϋποθέτει την διαμόρφωση νέων επικαιροποιημένων θεσμικών πλαισίων που θα καθορίζουν τις διαδικασίες έρευνας, παραγωγής και διάθεσης στο ευρύ κοινό των προϊόντων της NET.
- Η ραγδαία εξέλιξη του επιστημονικού πεδίου της NET προϋποθέτει οι πολίτες να μπορούν να παρακολουθούν και να συμμετέχουν σε δημόσιες συζητήσεις σχετικά με την αξιοποίηση των εφαρμογών της αλλά και να λαμβάνουν ενήμερες προσωπικές αποφάσεις.

Σύνοψη βιβλιογραφικής ανασκόπησης

Από την ανωτέρω βιβλιογραφική ανασκόπηση προκύπτει ότι τα ΚΕΖ είναι πολυεπιστημονικά, αμφιλεγόμενα ζητήματα που υπόκεινται σε ποικίλες οπτικές, απόψεις και λύσεις (κεφάλαιο 2). Τα ζητήματα αυτά συχνά συνδέονται με τους κοινωνικούς και ηθικούς προβληματισμούς που εγείρονται από την αξιοποίηση επιστημονικών και τεχνολογικών εφαρμογών έρευνας αιχμής όπως είναι οι εφαρμογές της ΝΕΤ (κεφάλαιο 5). Η εκπαιδευτική αξία και οι προοπτικές ένταξης των ΚΕΖ αντικειμένων έρευνας αιχμής στη διδασκαλία των ΦΕ αναδεικνύεται από τη σύγχρονη βιβλιογραφία της διδακτικής των ΦΕ (κεφάλαιο 3). Προκειμένου μάλιστα να υποστηριχθεί η ενσωμάτωση ΚΕΖ στα μαθήματα των ΦΕ, προτείνονται από τους ερευνητές ποικίλα πλαίσια – μοντέλα σχεδιασμού και ανάπτυξης ΚΕΖ διδασκαλιών (κεφάλαιο 3). Ωστόσο, η εφαρμογή της ΚΕΖ προσέγγισης στην εκπαιδευτική πράξη είναι περιορισμένη. Σημαντικό ρόλο φαίνεται να έχουν οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με την αξία και τα οφέλη διαπραγμάτευσης ΚΕΖ καθώς και οι δυσκολίες που αυτοί συναντούν κατά το σχεδιασμό και υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών (κεφάλαιο 4). Τέλος, η έρευνα γύρω από τον τρόπο με τον οποίο τόσο εν ενεργεία όσο και μελλοντικοί εκπαιδευτικοί ΦΕ σχεδιάζουν και εφαρμόζουν ΚΕΖ διδασκαλίες επικεντρωμένες στα ζητήματα που εγείρονται από εφαρμογές σύγχρονων επιστημονικών και τεχνολογικών αντικειμένων είναι αρκετά περιορισμένη. Αυτή η έλλειψη είναι ακόμη πιο φανερή στην περίπτωση εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (κεφάλαιο 4).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΡΟ-ΕΡΕΥΝΑ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο κεφάλαιο 1 (υποενότητες 1.3 & 1.4) της παρούσας διατριβής, στα πλαίσια της εμπειρικής έρευνας έλαβε χώρα μια μικρής έκτασης προ – έρευνα με μελλοντικούς εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Λόγω της έλλειψης βιβλιογραφίας σχετικά με το σχεδιασμό ΚΕΖ διδασκαλιών από εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, η υλοποίηση της προ – έρευνας θεωρήθηκε απαραίτητη ώστε να πάρουμε κάποια πρώτα εμπειρικά δεδομένα σχετικά με τις διαστάσεις που επικεντρώνουν και τη στοχοθεσία που θέτουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί κατά το σχεδιασμό μιας ΚΕΖ διδασκαλίας για ένα σύγχρονο επιστημονικό θέμα. Τα εμπειρικά αυτά δεδομένα στη συνέχεια αξιοποιήθηκαν για το σχεδιασμό του πλαισίου υλοποίησης της κυρίως εμπειρικής έρευνας της διατριβής. Στο κεφάλαιο αυτό επομένως περιγράφεται αναλυτικά η προ – έρευνα που έλαβε χώρα κατά το χειμερινό εξάμηνο του ακαδημαϊκού έτους 2018 – 2019. Πιο συγκριμένα, περιγράφεται αρχικά το πλαίσιο υλοποίησης της προ – έρευνας με αναφορά στο σκοπό (υποενότητα 6.1), στους συμμετέχοντες (υποενότητα 6.2), στα στάδια πραγματοποίησής της (υποενότητα 6.3), στο διδακτικό υλικό που αναπτύχθηκε (υποενότητα 6.4) και στα μέσα συλλογής των δεδομένων (υποενότητα 6.5). Στη συνέχεια, περιγράφεται η διαδικασία της ανάλυσης (υποενότητα 6.6) και τα αποτελέσματα (υποενότητα 6.7) ενώ τέλος συζητώνται τα ευρήματα και διατυπώνονται οι προεκτάσεις της προ – έρευνας στο σχεδιασμό της κυρίως εμπειρικής έρευνας (υποενότητα 6.8).

6.1. Σκοπός της προ – έρευνας

Σκοπός της προ – έρευνας ήταν να διερευνηθεί ο ρόλος που αποδίδουν μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στο επιστημονικό περιεχόμενο και τις κοινωνικές πτυχές σε μια διδασκαλία για την διαπραγμάτευση των ΚΕΖ που εγείρονται από σύγχρονα επιστημονικά θέματα όπως είναι αυτό των πλαστικών – μικροπλαστικών. Για το σκοπό αυτό διερευνήσαμε αφενός το βαθμό που ενσωματώνουν επιστημονικές και κοινωνικές διαστάσεις του υπό μελέτη ζητήματος στο διδακτικό τους υλικό και αφετέρου τη στοχοθεσία που θέτουν στις επιμέρους δραστηριότητες που αναπτύσσουν. Πιο συγκεκριμένα, επιδιώξαμε να διαμορφώσουμε μια πρώτη εικόνα αναφορικά με το αν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης αξιοποιούν την διαπραγμάτευση ΚΕΖ στις διδασκαλίες τους αποκλειστικά προκειμένου να εξοικειώσουν τους μαθητές με επιστημονικό περιεχόμενο ή και για να καλλιεργήσουν τις δεξιότητες επιχειρηματολογίας και ΚΕΖ συλλογιστικής των μαθητών τους.

6.2. Οι συμμετέχοντες της προ – έρευνας

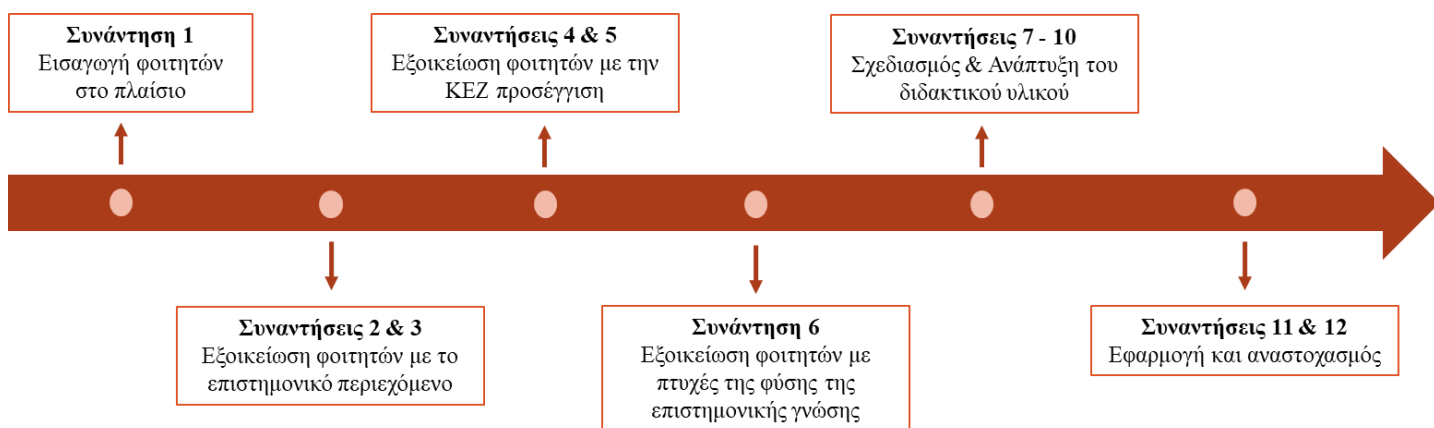
Στην προ – έρευνα συμμετείχαν 12 φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης, οι οποίοι κατά το ακαδημαϊκό έτος υλοποίησης της προ – έρευνας (χειμερινό εξάμηνο 2018 – 2019) βρίσκονταν στο τρίτο έτος των σπουδών. Από τους 12 φοιτητές που συμμετείχαν στην προ - έρευνα, οι 11 ήταν γυναίκες και ο 1 άνδρας. Οι φοιτητές είχαν ολοκληρώσει επιτυχώς τα δύο υποχρεωτικά μαθήματα του προγράμματος σπουδών του τομέα της διδακτικής των ΦΕ του τμήματος με τίτλο «Βασικές Έννοιες Φυσικής» και «Μεθοδολογία της Διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό Σχολείο» καθώς και τις αντίστοιχες εργαστηριακές ασκήσεις των μαθημάτων αυτών.

Με βάση τα μαθήματα τα οποία είχαν παρακολουθήσει και ολοκληρώσει επιτυχώς οι συμμετέχοντες φοιτητές, θεωρήθηκε ότι ήταν εξοικειωμένοι με τις βασικές θεωρητικές αρχές της διδασκαλίας των ΦΕ και της ανάπτυξης διδακτικού υλικού για βασικές έννοιες περιεχομένου. Οι συμμετέχοντες φοιτητές δεν είχαν εκπαιδευτεί και δεν είχαν κάποια πρότερη εμπειρία σχετικά με τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ στα μαθήματα των ΦΕ.

6.3. Το πλαίσιο υλοποίησης της προ – έρευνας

Η προ – έρευνα έλαβε χώρα στα πλαίσια του σεμιναριακού μαθήματος «Σχεδιασμός, Ανάπτυξη και Αξιολόγηση Εκπαιδευτικών Δραστηριοτήτων για τις Φυσικές Επιστήμες» του προγράμματος σπουδών του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Κρήτης. Σκοπός του σεμιναριακού αυτού μαθήματος είναι η εξοικείωση των φοιτητών με καινοτόμες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των ΦΕ. Τα σεμιναριακά μαθήματα στο ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Κρήτης είναι μαθήματα επιλογής με υποχρεωτικές παρουσίες και στα οποία ο αριθμός των συμμετεχόντων δεν ξεπερνά τα 20 άτομα.

Η διάρκεια της προ – έρευνας ήταν 12 τρίωρες συναντήσεις, το περιεχόμενο των οποίων περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω και αποτυπώνεται συνοπτικά στο Σχήμα 6.1. Κατά την υλοποίηση της προ – έρευνας οι συμμετέχοντες φοιτητές εργάστηκαν σε τέσσερις ομάδες των τριών ατόμων.



Σχήμα 6.1. Υλοποίηση της προ-έρευνας

Συνάντηση 1. Σκοπός της πρώτης εισαγωγικής συνάντησης ήταν η γνωριμία των φοιτητών με το πλαίσιο της KEZ προσέγγισης. Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια της πρώτης συνάντησης πραγματοποιήθηκε μια παρουσίαση με τα βασικά χαρακτηριστικά των KEZ, παραδείγματα σύγχρονων KEZ, την εκπαιδευτική αξία διαπραγμάτευσης KEZ αλλά και την αξία της αξιοποίησης σύγχρονων επιστημονικών θεμάτων στη διδασκαλία των ΦΕ.

Συναντήσεις 2 & 3. Σκοπός των συναντήσεων αυτών ήταν η εξοικείωση των φοιτητών με το επιστημονικό περιεχόμενο του θέματος των πλαστικών - μικροπλαστικών. Το θέμα αυτό επιλέχθηκε δεδομένου ότι εγείρει ποικίλα KEZ και παράλληλα θεωρείται ένα ζήτημα οικείο στους φοιτητές (Burmeister & Eilks, 2012; Mandrikas et al., 2021). Πιο αναλυτικά, κατά τη διάρκεια αυτών των συναντήσεων οι φοιτητές διαπραγματεύτηκαν τις ιδιότητες και τα είδη των πλαστικών, τα μάκρο και μικρο πλαστικά, την έννοια της βιοσυσσώρευσης καθώς και το χρόνο αποσύνθεσης των πλαστικών. Η εξοικείωση των φοιτητών με αυτές τις έννοιες πραγματοποιήθηκε μέσα από την υλοποίηση δραστηριοτήτων διερευνητικής φύσης που αναπτύχθηκαν από την ερευνητική ομάδα του Εργαστηρίου Διδακτικής Θετικών Επιστημών του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Κρήτης στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος IRRESISTIBLE (<http://www.irresistible-project.eu/>).

Συναντήσεις 4 & 5. Σκοπός των συναντήσεων αυτών ήταν οι συμμετέχοντες φοιτητές να εξοικειωθούν με το πλαίσιο της KEZ προσέγγισης στη διδασκαλία των ΦΕ εστιάζοντας τόσο στις επιστημονικές όσο και τις κοινωνικές πτυχές των KEZ που εγείρονται από την αξιοποίηση των πλαστικών στην καθημερινή ζωή. Για την αναγνώριση των κοινωνικών πτυχών ενός KEZ αξιοποιήθηκαν οι κοινωνικές πτυχές της επιστήμης όπως αυτές περιγράφονται στο πλαίσιο της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (YEK) (*Responsible Research & Innovation, RRI*)

(European Union, 2012). Οι πτυχές αυτές που περιγράφονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.1) θεωρείται ότι μπορούν να λειτουργήσουν ως «σκαλωσιά» για την ανάλυση των εκάστοτε υπό διαπραγμάτευση ΚΕΖ (πχ. Blonder, 2016). Στην διάρκεια, επομένως, των συναντήσεων 4 και 5, οι φοιτητές αναζήτησαν σύγχρονα ΚΕΖ σχετικά με την αξιοποίηση των πλαστικών – μικροπλαστικών που αναφέρονται στα μέσα μαζικής ενημέρωσης και το διαδίκτυο και έπειτα ανέλυσαν την πολυπλοκότητα αυτών των προβληματισμών και τις ενδεχόμενες αντικρουόμενες απόψεις γύρω από αυτούς τους προβληματισμούς με άξονα τις πτυχές της ΥΕΚ. Στη συνέχεια, τους ζητήθηκε να εκφράσουν και να υποστηρίξουν τις απόψεις τους γύρω από αυτά τα ζητήματα.

Πίνακας 6.1. Οι πτυχές της ΥΕΚ	
Πτυχές ΥΕΚ	Ορισμός (European Commission, 2012)
Ενεργός εμπλοκή όλων των φορέων (<i>Engagement of all societal actors</i>)	Ερευνητές, βιομηχανία, φορείς χάραξης πολιτικής, πολίτες συμμετέχουν από κοινού στη διαδικασία αναζήτησης και εύρεσης λύσεων για τις υπάρχουσες κοινωνικές προκλήσεις και την αποφυγή κινδύνων από μελλοντικές καινοτομίες.
Ισότητα φύλων (<i>Gender Equality</i>)	Αναγνώριση της αξίας και της προοπτικής του εργατικού δυναμικού ανεξάρτητα από το φύλο και αντιμετώπιση της υπό – αντιπροσώπευσης των γυναικών στα STEM πεδία.
Εκπαίδευση στις ΦΕ (<i>Science Education</i>)	Διαμόρφωση της επόμενης γενιάς ερευνητών αλλά και καλλιέργεια δεξιοτήτων σε όλους τους μαθητές ώστε να μπορούν να παρακολουθούν και να συμμετέχουν στις εξελίξεις μιας κοινωνίας που καθορίζεται από την πρόοδο της επιστήμης και της τεχνολογίας.
Ανοικτή πρόσβαση (<i>Open Access</i>)	Η έρευνα και η καινοτομία θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από διαφανείς διαδικασίες και να είναι προσβάσιμες σε όλους με στόχο την αύξηση της χρήσης των επιστημονικών αποτελεσμάτων από τους εμπλεκόμενους κοινωνικούς παράγοντες.
Ηθική (<i>Ethics</i>)	Οι διαδικασίες της έρευνας και της καινοτομίας πρέπει περιλαμβάνουν ένα σύνολο αρχών που αναμένεται να υιοθετούν όλοι οι ερευνητές, οι κοινωνικοί παράγοντες και οι πολίτες στις αλληλεπιδράσεις τους. Τέτοιες ηθικές αρχές περιλαμβάνουν την ειλικρίνεια, τον σεβασμό για το περιβάλλον, την ελευθερία και τη διαφάνεια, την κοινωνική ευθύνη κλπ.

Ορθή διακυβέρνηση (<i>Governance</i>)	Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής έχουν την ευθύνη να αποτρέπουν επιβλαβείς ή ανήθικες εξελίξεις στην έρευνα και την καινοτομία.
--	---

Συνάντηση 6. Σκοπός της έκτης συνάντησης ήταν οι φοιτητές να εξοικειωθούν με πτυχές της φύσης της επιστημονικής γνώσης μέσα από την υλοποίηση μιας “Mystery Box” δραστηριότητας (Bell, 2008; Bell et al., 2011; Matkins & Bell, 2007). Η δραστηριότητα αυτή λειτούργησε ως αναλογία για την επιστήμη καθώς οι φοιτητές συλλέγοντας δεδομένα με ποικίλους τρόπους προσπάθησαν να καταλήξουν σε ένα συμπέρασμα για το περιεχόμενο του κουτιού χωρίς να το ανοίξουν. Η δραστηριότητα αυτή έδωσε το έναυσμα για εμβάθυνση στην προσωρινή, υποκειμενική και εμπειρική φύση της επιστημονικής γνώσης δεδομένου ότι αυτές οι διαστάσεις θεωρείται ότι συμβάλλουν στην κατανόηση της αβεβαιότητας και την ερμηνεία των αντιπαραθέσεων με τις οποίες συνδέονται τα σύγχρονα επιστημονικά αντικείμενα (Khishfe, 2017).

Συναντήσεις 7 – 10. Σκοπός των συναντήσεων αυτών ήταν οι φοιτητές να σχεδιάσουν και να αναπτύξουν το διδακτικό τους υλικό για τη διαπραγμάτευση των KEZ που εγείρονται από τη χρήση πλαστικών - μικροπλαστικών. Οι φοιτητές στη διάρκεια αυτών των συναντήσεων παρουσίαζαν τις ιδέες και το υλικό τους, έπαιρναν ανατροφοδότηση από τους συμφοιτητές τους και την ερευνήτρια και στη συνέχεια αναδιαμόρφωναν το υλικό τους.

Συνάντηση 11. Σκοπός της ενδέκατης συνάντησης ήταν η εφαρμογή του διδακτικού υλικού που αναπτύχθηκε στην πράξη. Οι συμμετέχοντες φοιτητές αφού ολοκλήρωσαν την ανάπτυξη του υλικού τους, κλήθηκαν να εφαρμόσουν επιλεγμένα σημεία αυτού του υλικού σε μαθητές ΣΤ΄ τάξης του δημοτικού κατά τη διάρκεια μιας επίσκεψης μαθητών στους χώρους του Εργαστηρίου Διδακτικής Θετικών Επιστημών του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Συνάντηση 12. Σκοπός της τελευταίας συνάντησης ήταν οι φοιτητές να συζητήσουν και να αναστοχαστούν επί της συνολικής διαδικασίας και εμπειρίας προτείνοντας αλλαγές στις διδασκαλίες που είχαν αναπτύξει.

6.4. Περιγραφή των διδασκαλιών της προ – έρευνας

Το αποτέλεσμα της διαδικασίας που περιγράφεται παραπάνω ήταν η διαμόρφωση 4 διδασκαλιών με στόχο τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ που εγείρονται από τη χρήση πλαστικών και μικροπλαστικών στην καθημερινή ζωή. Κάθε διδασκαλία αποτελείται από ένα σχέδιο μαθήματος και το συνοδευτικό υλικό όπως κατασκευές μακέτες, αφίσες κλπ. που πλαισίωναν τη διδασκαλία. Συγκεκριμένα, οι διδασκαλίες που αναπτύχθηκαν από τους φοιτητές εστίαζαν στις εξής θεματικές (Πίνακας 1):

Πίνακας 6.2. Οι διδασκαλίες της προ - έρευνας
Θέμα - Τίτλος
Μικροπλαστικά στην καθημερινή ζωή
Μικροπλαστικά & ανθρώπινη υγεία
Βιοδιασπώμενα πλαστικά
Μικροπλαστικά & θαλάσσια ζωή

Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή για τη κάθε μια από αυτές τις διδασκαλίες.

Μικροπλαστικά στην καθημερινή ζωή

Η διδασκαλία ξεκινάει - ως εισαγωγή των μαθητών στο θέμα – με την ιστορία μιας οικογένειας στη Γροιλανδία, όπου λόγω της μόλυνσης των ψαριών από τα μικροπλαστικά φοβάται ότι θα χάσει το εισόδημά της που βασίζεται στην αλιεία. Στην συνέχεια, ακολουθεί η εξοικείωση των μαθητών με έννοιες του επιστημονικού περιεχομένου. Συγκεκριμένα, οι μαθητές καλούνται να διαμορφώσουν μοντέλα για τις πολυμερικές αλυσίδες με τη χρήση πλαστελίνης ενώ μέσα από μια αναλογία τεμαχισμού χάρτινων κύβων καλούνται να επεξεργαστούν την αναλογία επιφάνειας προς όγκο για τη διαπίστωση της διαφοράς στα μάκρο και μικρο πλαστικά. Έπειτα, οι μαθητές καλούνται να γνωρίσουν τους κινδύνους στη θαλάσσια ζωή λόγω της χρήσης πλαστικών και μικροπλαστικών. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται στους μαθητές αντικρουόμενες απόψεις ποικίλων φορέων - όπως είναι οι απόψεις μιας μη κυβερνητικής οργάνωσης (ΜΚΟ) αναφορικά με τη χρήση μικροπλαστικών σε προϊόντα κοσμετολογίας και οι απόψεις των εταιριών που παράγουν τέτοια προϊόντα. Τέλος, οι μαθητές καλούνται να λύσουν ένα κρυπτόλεξο με τους επιστημονικούς όρους που έμαθαν προκειμένου να κάνουν μια ανακεφαλαίωση - σύνοψη. Όλες οι δραστηριότητες που αναφέρθηκαν ενοποιούνται μέσα από την αξιοποίηση μιας μακέτας και περιγράφονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.3).

Πίνακας 6.3. Η διδασκαλία για τα μικροπλαστικά στην καθημερινή ζωή	
Δραστηριότητες	Περιεχόμενο
Δραστηριότητα 1	Ιστορία οικογένειας στη Γροιλανδία - εισαγωγή
Δραστηριότητα 2	Μονομερή – πολυμερή & μοντελοποίηση
Δραστηριότητα 3	Μάκρο – μικρο πλαστικά & αναλογία επιφάνειας προς όγκο
Δραστηριότητα 4	Κίνδυνοι θαλάσσιας ζωής
Δραστηριότητα 5	Επεξεργασία απόψεων ΜΚΟ και εταιριών
Δραστηριότητα 6	Κρυπτόλεξο – ανακεφαλαίωση όρων

Μικροπλαστικά & ανθρώπινη υγεία

Η διδασκαλία για τα μικροπλαστικά και την ανθρώπινη υγεία ξεκινάει με μια δραστηριότητα όπου οι μαθητές καλούνται να δουν ένα video σχετικά με το πεπτικό σύστημα του ανθρώπου και να αποτυπώσουν πάνω σε εικόνες ανθρώπινου σώματος τα σημεία εκείνα που πιστεύουν ότι έρχονται σε επαφή με πλαστικό. Έπειτα, προβάλλεται ένα video σχετικά με τον κύκλο ζωής του πλαστικού, τον οποίο στη συνέχεια οι μαθητές καλούνται να αποτυπώσουν σε ένα διάγραμμα ροής ενώ ακολουθεί και η αναθεώρηση των επιλογών τους στις εικόνες της πρώτης δραστηριότητας. Στη συνέχεια, διαμορφώνουν με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού μια συνέντευξη σε έναν ερευνητή ώστε να ενημερωθούν για την έρευνα γύρω από τα πολυμερή τα τελευταία χρόνια και να μάθουν περισσότερες πληροφορίες γύρω από το θέμα. Στη συνέχεια, μέσω ενός επιτραπέζιου παιχνιδιού, οι μαθητές λαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με ποικίλες απόψεις γύρω από τα πλαστικά και το βαθμό που είναι επικίνδυνα και καλούνται να εκφράσουν τις απόψεις τους. Ακολουθεί ένα παιχνίδι ρόλων σχετικά με τους κινδύνους χρήσης των πλαστικών στην ανθρώπινη υγεία με την εμπλοκή ποικίλων φορέων – βουλευτής, ερευνητής, γιατρός, επιχειρηματίας, πολίτης - και τέλος, οι μαθητές καλούνται να διαμορφώσουν μια αφίσα για να αποτρέψουν τους ανθρώπους από τη χρήση πλαστικών και να προτείνουν εναλλακτικές λύσεις.

Πίνακας 6.4. Η διδασκαλία για τα μικροπλαστικά & την ανθρώπινη υγεία	
Δραστηριότητες	Περιεχόμενο
Δραστηριότητα 1	Προβολή video για πεπτικό σύστημα και εισαγωγή στον προβληματισμό σχετικά με την επίδραση των πλαστικών στην ανθρώπινη υγεία
Δραστηριότητα 2	Προβολή video για τον κύκλο ζωής των πλαστικών & διάγραμμα ροής
Δραστηριότητα 3	Διαμόρφωση συνέντευξης σε ερευνητή
Δραστηριότητα 4	Επιτραπέζιο παιχνίδι για ποικίλες οπτικές
Δραστηριότητα 5	Παιχνίδι ρόλων
Δραστηριότητα 6	Ανάπτυξη αφίσας για προτεινόμενες λύσεις

Βιοδιασπώμενα πλαστικά

Η διδασκαλία ξεκινάει με τη συμπλήρωση ενός παζλ από τους μαθητές, το οποίο καταλήγει στον προβληματισμό αν τα βιοδιασπώμενα πλαστικά αποτελούν λύση στο πρόβλημα της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από την αλόγιστη χρήση πλαστικών. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται στους μαθητές αντικρουόμενες απόψεις ερευνητών σχετικά με την αξία και τα οφέλη των βιοδιασπώμενων πλαστικών ενώ οι μαθητές καλούνται συζητήσουν σχετικά με αυτές. Ακολουθεί, η παράθεση πληροφοριών με τη μορφή ιστολόγιου (blog) στους μαθητές, οι οποίες αφορούν στον κύκλο ζωής των βιοδιασπώμενων πλαστικών, ώστε οι μαθητές να διαμορφώσουν ένα διάγραμμα ροής. Έπειτα, οι μαθητές καλούνται να καταγράψουν τα οφέλη και τους κινδύνους που απορρέουν από την αξιοποίηση βιοδιασπώμενων πλαστικών σε επίπεδο κοινωνίας, οικονομίας και περιβάλλοντος και να ζυγίσουν αυτά τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα προκειμένου να πάρουν μια θέση σχετικά με το αν θα χρησιμοποιούσαν βιοδιασπώμενες σακούλες για να μεταφέρουν τα ψώνια τους. Τέλος, οι μαθητές καλούνται να φτιάξουν μια ενημερωτική αφίσα γύρω από το θέμα που μελέτησαν.

Πίνακας 6.5. Η διδασκαλία για τα βιοδιασπώμενα πλαστικά	
Δραστηριότητες	Περιεχόμενο
Δραστηριότητα 1	Πάζλ για ανάδειξη προβλήματος
Δραστηριότητα 2	Παρουσίαση αντικρουόμενων απόψεων ερευνητών
Δραστηριότητα 3	Παρουσίαση πληροφοριών για βιοδιασπώμενα πλαστικά & διάγραμμα ροής
Δραστηριότητα 4	Ανάλυση θετικών – αρνητικών βιοδιασπώμενων πλαστικών & λήψη απόφασης
Δραστηριότητα 5	Διαμόρφωση αφίσας για αποτύπωση γνώσης

Μικροπλαστικά & θαλάσσια ζωή

Η διδασκαλία σχετικά με τα μικροπλαστικά και τη θαλάσσια ζωή είναι βασισμένη στην προετοιμασία των μαθητών για μια επίσκεψη στο ενυδρείο «Cret@quarium – Θαλασσόκοσμος» που βρίσκεται στο Ηράκλειο Κρήτης μιας και στο χώρο του ενυδρείου υπάρχουν «σταθμοί» στους οποίους αποτυπώνεται η επίδραση των πλαστικών στη ζωή των θαλάσσιων χελωνών. Η διδασκαλία ξεκινάει με την παρότρυνση προς τους μαθητές «Μπορούμε ακόμα να σώσουμε τον πλανήτη μας! Όχι πλαστικά σε θάλασσες και ακτές! Εσείς τι πιστεύετε; Μπορούμε;». Ακολουθεί ένα επιτραπέζιο παιχνίδι σχετικά με την απόκτηση γνώσεων για τον διαφορετικό χρόνο διάσπασης των υλικών. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα debate μεταξύ ερευνητών σχετικά με το βαθμό που υπάρχει ακόμα περιθώριο να σωθεί ο πλανήτης, αν οι άνθρωποι αλλάξουν ορισμένες συνήθειες του τρόπου ζωής τους. Οι μαθητές, στο σημείο αυτό, καλούνται να εκφράσουν τις σκέψεις και τα συναισθήματά τους μέσα από το σχεδιασμό μιας αφίσας. Έπειτα, οι μαθητές καλούνται αναλύσουν το ζήτημα της καταστροφής του θαλάσσιου περιβάλλοντος από την ρίψη πλαστικών στις ακτές, μέσα από φωτογραφίες των «σταθμών» του ενυδρείου. Οι φωτογραφίες αυτές αναδεικνύουν το πρόβλημα παρουσιάζοντας αποτελέσματα ερευνών σχετικών με το θέμα αλλά και το χρόνο που απαιτείται για τη διάσπαση των διαφορετικών υλικών. Τέλος, οι μαθητές καλούνται να παίξουν ένα παιχνίδι και να σώσουν μια χελώνα από τα πλαστικά.

Πίνακας 6.6. Η διδασκαλία για τα μικροπλαστικά & τη θαλάσσια ζωή

Δραστηριότητες	Περιεχόμενο
Δραστηριότητα 1	Παρουσίαση κεντρικού προβληματισμού
Δραστηριότητα 2	Επιτραπέζιο για χρόνο διάσπασης των πλαστικών
Δραστηριότητα 3	Παρουσίαση διαφορετικών απόψεων ερευνητών & σχεδιασμός αφίσας
Δραστηριότητα 4	Παρουσίαση φωτογραφιών από τους «σταθμούς» του ενυδρείου
Δραστηριότητα 5	Παιχνίδι για «διάσωση» χελώνας από τα πλαστικά

6.5. Συλλογή δεδομένων προ – έρευνας

Τα εργαλεία συλλογής δεδομένων της προ – έρευνας ήταν τα ακόλουθα:

1. Τα **σχέδια μαθήματος και το συνοδευτικό υλικό** που σχεδίασαν και ανέπτυξαν οι φοιτητές για την υλοποίηση της διδασκαλίας τους. Σε κάθε σχέδιο μαθήματος περιλαμβάνεται η

στοχοθεσία της εκάστοτε δραστηριότητας του συνοδευτικού υλικού καθώς και μια αναλυτική περιγραφή της.

2. Μια *τελική ημι –δομημένη συνέντευξη* (βλ. Παράρτημα Ι) που έλαβε χώρα με κάθε μια από τις ομάδες των φοιτητών μετά το πέρας των συναντήσεων (Σχήμα 6.1). Κατά τη διάρκεια αυτής της συνέντευξης που είχε αναστοχαστικό χαρακτήρα:

- Δόθηκαν διευκρινίσεις από τους φοιτητές σχετικά τις επιλογές περιεχομένου που έκαναν κατά το σχεδιασμό και την ανάπτυξη της διδασκαλίας τους αλλά και σχετικά με τη στοχοθεσία των δραστηριοτήτων που διαμόρφωσαν.
- Καταγράφηκαν οι δυσκολίες που διαπίστωσαν οι φοιτητές ότι βίωσαν κατά τη διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης των διδασκαλιών τους.

Οι συνεντεύξεις κάθε ομάδας φοιτητών απομαγνητοφωνήθηκαν λέξη προς λέξη.

6.6. Ανάλυση δεδομένων προ – έρευνας

Στόχος της προ – έρευνας, όπως έχει ήδη αναφερθεί και παραπάνω, ήταν αρχικά να διερευνηθούν οι επιστημονικές και κοινωνικές διαστάσεις στις οποίες επικεντρώνουν οι φοιτητές στις επιμέρους δραστηριότητες μιας διδασκαλίας για τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ που απορρέουν από την αξιοποίηση πλαστικών και μικροπλαστικών στην καθημερινή ζωή. Με βάση αυτό το στόχο, οι δραστηριότητες της εκάστοτε διδασκαλίας που αναπτύχθηκε εξετάστηκαν αρχικά ως προς το περιεχόμενο στο οποίο αναφέρονται. Λόγω της διερευνητικής φύσης της προ - έρευνας χρησιμοποιήθηκαν ποιοτικές μέθοδοι ανάλυσης περιεχομένου (Mayring, 2015). Συγκεκριμένα, οι πληροφορίες και τα ερωτήματα που συμπεριλαμβάνονται σε κάθε δραστηριότητα διαχωρίστηκαν σε συνεκτικές ενότητες και στη συνέχεια κωδικοποιήθηκαν με βάση το σχήμα κωδικοποίησης που απεικονίζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.7). Συγκεκριμένα διαμορφώθηκαν δύο ευρείς κατηγορίες ως εξής:

- *Επιστημονικό περιεχόμενο.* Στην κατηγορία επιστημονικό περιεχόμενο εντάχθηκαν οι δραστηριότητες που σχετίζονταν με φαινόμενα, έννοιες και αρχές του επιστημονικού αντικειμένου αναφορικά με τα πλαστικά και τα μικροπλαστικά.
- *Κοινωνικές πτυχές.* Στην κατηγορία κοινωνικές πτυχές εντάχθηκαν οι δραστηριότητες που αναφέρονταν τόσο στην επίδραση των πλαστικών – μικροπλαστικών στο περιβάλλον, την οικονομία, την υγεία, την πολιτική όσο και οι δραστηριότητες που

περιελάμβαναν απόψεις ποικίλων φορέων όπως είναι οι εταιρίες, οι μη κυβερνητικές οργανώσεις (ΜΚΟ), η Ευρωπαϊκή Ένωση κλπ.

Πίνακας 6.7. Κατηγοριοποίηση του περιεχομένου των δραστηριοτήτων της προ - έρευνας	
Κατηγορίες	Κριτήρια
Επιστημονικό περιεχόμενο	- Αναφορά σε φαινόμενα, έννοιες, αρχές που σχετίζονται με το επιστημονικό αντικείμενο των πλαστικών και μικροπλαστικών
Κοινωνικές πτυχές	- Αναφορά σε κοινωνικές πτυχές όπως περιβάλλον, οικονομία, ανθρώπινη υγεία, πολιτική - Αναφορά σε απόψεις φορέων

*Αναλυτικά η κατηγοριοποίηση με την περιγραφή των κατηγοριών και ενδεικτικά παραδείγματα παρατίθεται στο Παράρτημα ΙΙ.

Στη συνέχεια, και με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση του περιεχομένου των δραστηριοτήτων που περιλαμβάνονται στα σχέδια μαθήματος και το συνοδευτικό υλικό (υποενότητα 6.4), προχωρήσαμε στην ανάλυση της στοχοθεσίας αυτών των επιμέρους δραστηριοτήτων. Οι κατηγορίες στις οποίες εντάχθηκαν τα δεδομένα μας ήταν οι εξής (Πίνακας 6.8):

- *Γνώση επιστημονικού περιεχομένου.* Στην κατηγορία αυτή εντάχθηκαν οι δραστηριότητες των οποίων ο στόχος ήταν η απόκτηση γνώσεων από την πλευρά των μαθητών σχετικά με έννοιες, αρχές και φαινόμενα του επιστημονικού αντικειμένου.
- *Δεξιότητες επιχειρηματολογίας.* Στην κατηγορία αυτή εντάχθηκαν οι δραστηριότητες των οποίων ο στόχος ήταν η ανάπτυξη των δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας και λήψης απόφασης των μαθητών γύρω από κοινωνικά ζητήματα αξιοποιώντας διαστάσεις επιστημονικού περιεχομένου.
- *Δεξιότητες ΚΕΖ συλλογιστικής:* Στην κατηγορία αυτή εντάχθηκαν οι δραστηριότητες που στόχευαν στο να αναγνωρίσουν ή/και να αναλύσουν οι μαθητές τις ποικίλες οπτικές – απόψεις ενός ζητήματος. Επίσης κατηγοριοποιήθηκαν οι δραστηριότητες που στόχευαν στην καλλιέργεια των δεξιοτήτων ελέγχου της εγκυρότητας των πηγών από τους μαθητές.
- *Θετικές στάσεις ως προς το περιβάλλον.* Στην κατηγορία αυτή εντάχθηκαν οι δραστηριότητες των οποίων ο στόχος αφορούσε στην ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των μαθητών γύρω από ζητήματα επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από τη χρήση

πλαστικών και μικροπλαστικών και στην διατύπωση εναλλακτικών προτάσεων – λύσεων από τους μαθητές.

Πίνακας 6.8. Κατηγοριοποίηση της στοχοθεσίας των δραστηριοτήτων της προ - έρευνας.	
Κατηγορίες	Κριτήρια
Γνώση επιστημονικού περιεχομένου	- Στόχος δραστηριότητας προσανατολισμένος στην εκμάθηση ή αξιολόγηση διαστάσεων επιστημονικού περιεχομένου
Δεξιότητες επιχειρηματολογίας	- Στόχος δραστηριότητας προσανατολισμένος στην καλλιέργεια των δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας και λήψης απόφασης των μαθητών
Δεξιότητες ΚΕΖ συλλογιστικής	- Στόχος δραστηριότητας προσανατολισμένο στην αναγνώριση ή/και ανάλυση των ποικίλων οπτικών – απόψεων - Στόχος δραστηριότητας προσανατολισμένος στον έλεγχο της εγκυρότητας των πηγών
Θετικές στάσεις ως προς το περιβάλλον	- Στόχος δραστηριότητας προσανατολισμένος στην ευαισθητοποίηση των μαθητών γύρω από περιβαλλοντικά ζητήματα - Στόχος δραστηριότητας προσανατολισμένος στη διατύπωση ή/και προβολή προτάσεων - λύσεων στο περιβαλλοντικό πρόβλημα

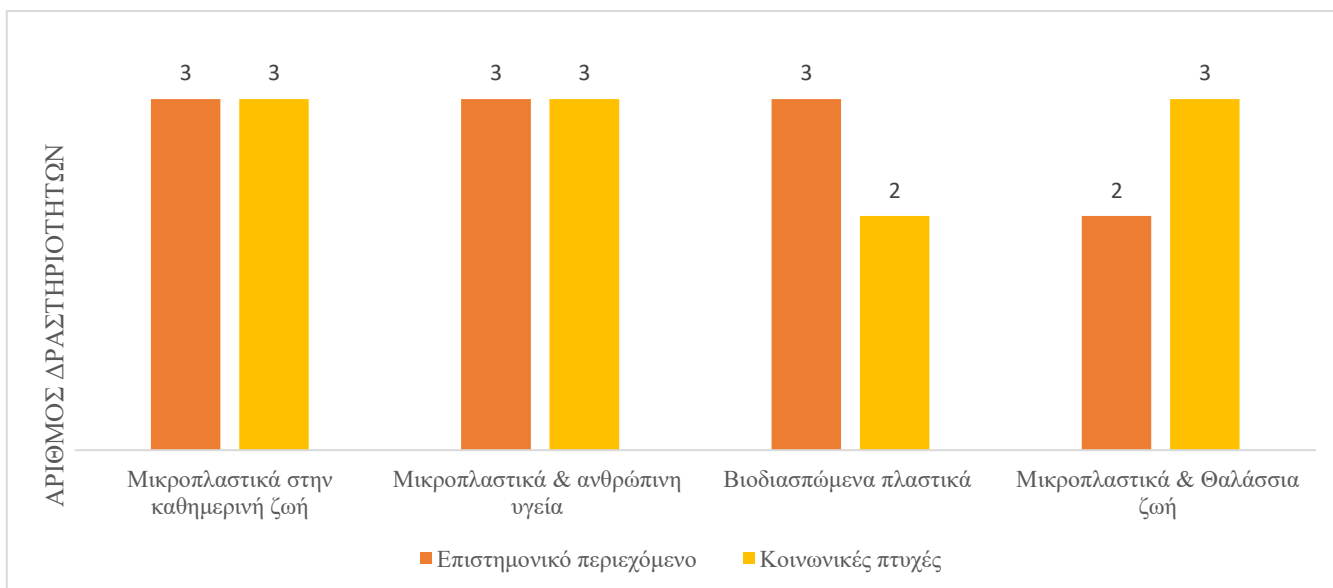
*Αναλυτικά η κατηγοριοποίηση με την περιγραφή των κατηγοριών και ενδεικτικά παραδείγματα παρατίθεται στο Παράρτημα ΙΙΙ.

6.7. Αποτελέσματα προ - έρευνας

Στην υποενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των σχεδίων μαθήματος και του συνοδευτικού υλικού που σχεδίασαν και ανέπτυξαν οι φοιτητές για τη διαπραγμάτευση των ΚΕΖ που εγείρονται από τη χρήση πλαστικών και μικροπλαστικών.

6.7.1. Περιεχόμενο των δραστηριοτήτων των σχεδίων μαθήματος της προ – έρευνας

Από την ανάλυση των σχεδίων μαθήματος και του συνοδευτικού υλικού που ανέπτυξαν οι φοιτητές παρατηρήθηκε ότι υπάρχει ισορροπία ανάμεσα στον αριθμό των δραστηριοτήτων που επικεντρώνουν στο επιστημονικό περιεχόμενο και στον αριθμό των δραστηριοτήτων που αφορούν στις κοινωνικές πτυχές του ζητήματος των πλαστικών - μικροπλαστικών (Γράφημα 6.1).



Γράφημα 6.1. Το περιεχόμενο των δραστηριοτήτων της προ – έρευνας

Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των αποτελεσμάτων του περιεχομένου των δραστηριοτήτων ανά διδασκαλία.

Μικροπλαστικά στην καθημερινή ζωή. Πιο συγκεκριμένα, από τις συνολικά έξι δραστηριότητες που περιλαμβάνει το σχέδιο μαθήματος για τη διαπραγμάτευση των μικροπλαστικών στην καθημερινή ζωή, οι τρεις αφορούν σε δραστηριότητες για την επεξεργασία εννοιών του επιστημονικού περιεχομένου. Για παράδειγμα, στη δραστηριότητα 2 της διδασκαλίας γίνεται μια παρουσίαση στους μαθητές σχετικά με τα μονομερή – πολυμερή ενώ στη συνέχεια τους ζητείται να αναπτύξουν τα δικά τους μοντέλα μιας πολυμερικής αλυσίδας:

Ας φτιάξουμε το πολυμερές πολυαιθένιο, το οποίο χρησιμοποιείται για να κατασκευάσουμε τις γνωστές μας πλαστικές σακούλες!

Επιπλέον, στη δραστηριότητα 3 της ίδιας διδασκαλίας, όπου επιδιώκεται η εξοικείωση των μαθητών με την αναλογία επιφάνειας προς όγκο για τη μετέπειτα συσχέτιση του αυξημένου κινδύνου της μόλυνσης των θαλασσών από τα μικροπλαστικά αναφέρεται:

Μίκρο - πλαστικά χαρακτηρίζονται τα μικρά κομμάτια πλαστικού μήκους μικρότερου από 5mm (μέγεθος ενός κόκκου από σουσάμι). Μάκρο - πλαστικά είναι τα κομμάτια πλαστικού μήκους μεγαλύτερου από 5mm.

Ως προς την ενσωμάτωση των κοινωνικών πτυχών στις δραστηριότητες αυτού του σχεδίου μαθήματος χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της πέμπτης δραστηριότητας όπου

προβάλλεται σε επεξεργασμένη μορφή ένα άρθρο της περιβαλλοντικής οργάνωσης Greenpeace σχετικά με τον εντοπισμό μικροπλαστικών σε προϊόντα κοσμετολογίας με τίτλο «*Η Greenpeace βρίσκει μικροπλαστικά και στους 5 κορυφαίους λιανοπωλητές καλλυντικών: Ανεπαρκής σήμανση βρίσκεται σχεδόν στο 50% των προϊόντων*» καθώς και η δήλωση μιας εταιρίας προϊόντων κοσμετολογίας που αρνείται τις κατηγορίες: «*Τα μικροπλαστικά είναι πανταχού παρόντα στο περιβάλλον, για αυτό είναι πιθανό να βρεθούν σε μικρά επίπεδα ακόμη και σε προϊόντα υψηλής προστασίας. Διαβεβαιώνουμε τους καταναλωτές ότι τα προϊόντα της εταιρίας μας έχουν περάσει όλους τους ελέγχους και είναι αξιόπιστα και ασφαλή! Κάθε συκοφαντία ως προς την ποιότητα των προϊόντων μας θα λυθεί με νομικές διαδικασίες*».

Μικροπλαστικά & ανθρώπινη υγεία. Το σχέδιο μαθήματος για τα μικροπλαστικά και την ανθρώπινη υγεία περιλαμβάνει συνολικά έξι δραστηριότητες από τις οποίες οι τρεις αφορούν στο επιστημονικό περιεχόμενο και οι άλλες τρεις στις κοινωνικές πτυχές. Αναλυτικότερα ως προς το επιστημονικό περιεχόμενο χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της πρώτης δραστηριότητας στην οποία οι μαθητές εξοικειώνονται και παίρνουν μέσα από εικόνες και την προβολή ενός video πληροφορίες για τη δομή του ανθρώπινου οργανισμού και το πεπτικό σύστημα. Η δεύτερη δραστηριότητα περιλαμβάνει την προβολή ενός video σχετικά με τον κύκλο ζωής του πλαστικού και τη μετέπειτα διαμόρφωση ενός διαγράμματος ροής από τους μαθητές.

Ως προς τις δραστηριότητες για τις κοινωνικές πτυχές, χαρακτηριστικό παράδειγμα στο συγκεκριμένο σχέδιο μαθήματος αποτελεί το παιχνίδι ρόλων που ενσωματώνεται. Στη δραστηριότητα αυτή, φανερώνονται οι ποικίλες οπτικές γύρω από τη χρήση των πλαστικών στην καθημερινή ζωή. Συγκεκριμένα, δίνονται ενδεικτικές απόψεις διαφορετικών φορέων, τις οποίες οι μαθητές καλούνται να αξιοποιήσουν για να διαμορφώσουν τη δική τους θέση αναφορικά με τη χρήση πλαστικών παρά την πιθανή επίδρασή της στην ανθρώπινη υγεία. Παραδείγματα απόψεων που δίνονται στους μαθητές είναι τα ακόλουθα:

- α. Βουλευτής: Μετά την απόφαση να χρεώνονται οι πλαστικές σακούλες, ώστε να μειωθεί η χρήση τους, το επόμενο βήμα μας θα είναι η ψήφιση νόμου για να καταργηθούν τα πλαστικά καλαμάκια.*
- β. Ερευνητής: Η χημική ουσία (PET) που υπάρχει στα πλαστικά μπουκάλια του νερού, σύμφωνα με μελέτες, δεν απειλεί την υγεία του ανθρώπου, αν αυτά χρησιμοποιούνται σωστά.*

- γ. *Γιατρός: Τα πλαστικά μπουκάλια περιέχουν χημικά που θα μπορούσαν να προκαλέσουν διαβήτη ή και καρκίνο.*
- δ. *Επιχειρηματίας: Το πλαστικό είναι ένα φθηνό υλικό και το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού μπορεί αν το προμηθευτεί.*
- ε. *Πολίτης 1: Δεν μπορώ να φανταστώ τη ζωή μου χωρίς πλαστικό. Πώς θα πίνω νερό; Πώς θα αποθηκεύω τα τρόφιμα;*
- στ. *Πολίτης 2: Είμαστε υποχρεωμένοι να προστατεύσουμε τον εαυτό μας και τα παιδιά μας. Φτάνει πια με τα πλαστικά, υπάρχουν τόσες εναλλακτικές λύσεις.*

Βιοδιασπώμενα πλαστικά. Το σχέδιο μαθήματος για τα βιοδιασπώμενα πλαστικά περιλαμβάνει πέντε δραστηριότητες συνολικά από τις οποίες τρεις αφορούν σε επιστημονικό περιεχόμενο. Πιο συγκεκριμένα, για παράδειγμα η δραστηριότητα 3 της διδασκαλίας αφορά σε δραστηριότητα επιστημονικού περιεχομένου καθώς περιλαμβάνει ένα ιστολόγιο (blog) που δημιούργησαν οι φοιτητές και στο οποίο οργάνωσαν όλη την πληροφορία που θεωρούσαν απαραίτητη σχετικά με τα βιοδιασπώμενα πλαστικά και τον κύκλο ζωής τους. Ενδεικτικά έννοιες και διαδικασίες που αναφέρονται στον ιστολόγιο είναι οι ακόλουθες:

- α. *Ας θυμηθούμε! Τι είναι τα πολυμερή; Μάκρο-μόρια, δηλαδή μια μακριά αλυσίδα επαναλαμβανόμενων μορίων τα οποία ονομάζονται μονομερή.*
- β. *Βίο-πλαστικά ονομάζουμε τα βιοδιασπώμενα πλαστικά των οποίων τα συστατικά προέρχονται εξ ολοκλήρου από ανανεώσιμες πρώτες ύλες*
- γ. *Πάμε να ανακαλύψουμε τον κύκλο ζωής των βιοδιασπώμενων πλαστικών. Διάβασε με την ομάδα σου τις πληροφορίες που σου δίνονται παρακάτω και προσπαθήστε να βάλετε τις πληροφορίες στη σειρά έτσι ώστε να φτιάξετε το «τρενάκι της ζωής» των βιοδιασπώμενων πλαστικών.*

Ως δραστηριότητες για τις κοινωνικές πτυχές του ζητήματος κατηγοριοποιήθηκαν δύο δραστηριότητες του σχεδίου μαθήματος. Στην εισαγωγική δραστηριότητα, για παράδειγμα, παρουσιάζεται μέσα από ένα πάζλ η επίδραση της χρήσης πλαστικών στο περιβάλλον. Ενδεικτικά αναφέρεται:

- α. *Αυτό το κομμάτι πλαστικής σακούλας μετά τη διάσπασή της σε μικρότερα κομμάτια το έφαγε ένα ψάρι και επειδή δεν μπορεί να το χωνέψει, λιμοκτόνησε.*
- β. *Αυτό το κομμάτι της πλαστικής σακούλας μετά τη διάσπασή της σε μικρότερα κομμάτια το έφαγε μια θαλάσσια χελώνα που το πέρασε για μέδουσα.*

Επιπρόσθετα, στη δραστηριότητα 4 της διδασκαλίας οι μαθητές καλούνται να διακρίνουν τα θετικά και αρνητικά της χρήσης βιοδιασπώμενων πλαστικών ως προς την κοινωνία, το περιβάλλον και την οικονομία διατυπώνοντας στη συνέχεια την προσωπική τους θέση σχετικά με το αν θα χρησιμοποιούσαν ή όχι βιοδιασπώμενες σακούλες στο σούπερ μάρκετ. Για τη διευκόλυνση των μαθητών στη δόμηση επιχειρημάτων και ανάλυση των θετικών και αρνητικών τους παρέχονται κάποιες πληροφορίες όπως:

- α. Το κόστος παραγωγής και έρευνας για τη δημιουργία των βιοδιασπώμενων πλαστικών είναι αυξημένο αλλά κατά την παραγωγή τους απαιτούν λιγότερη ενέργεια.*
- β. Τα βιοδιασπώμενα πλαστικά εκ φύσεως δεν είναι τοξικά. Κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησής τους όμως παράγουν μεθάνιο.*
- γ. Τα βιοδιασπώμενα πλαστικά κατασκευάζονται από άμυλο που είναι μια ανανεώσιμη πηγή το οποίο όμως ευθύνεται για τον ευτροφισμό των ψαριών.*

Μικροπλαστικά & θαλάσσια ζωή. Το σχέδιο μαθήματος για τα μικροπλαστικά και τη θαλάσσια ζωή περιέχει πέντε δραστηριότητες από τις οποίες οι δύο περιέχουν επιστημονική πληροφορία σχετικά με το χρόνο διάσπασης των πλαστικών και τον κύκλο ζωής του πλαστικού. Για παράδειγμα, η δραστηριότητα 2 που αποτελείται από ένα επιτραπέζιο, περιέχει στοιχεία σχετικά με τον χρόνο διάσπασης διάφορων υλικών όπως:

- α. Πετονιά = 600 χρόνια*
- β. Μπουκάλι = 500 χρόνια*
- γ. Μαχαιροπίρουνα = 400 χρόνια*
- δ. Αναπτήρας = 100 χρόνια*
- ε. Ποτήρι = 65-75 χρόνια*
- στ. Σακούλα = 55 χρόνια*
- ζ. Σόλα παπουτσιού = 10-20 χρόνια*
- η. Αποσίγαρο = 1 – 5 χρόνια*
- θ. Μπαλόκι = 6 μήνες*

Αντίστοιχη είναι και η πληροφορία που παίρνουν οι μαθητές από την επεξεργασία εικόνων με τους «σταθμούς» από το ενυδρείο «Cret@aquarium - Θαλασόκοσμος» στη δραστηριότητα 3 του σχεδίου μαθήματος.

Τέλος, ως προς τις κοινωνικές πτυχές στο συγκεκριμένο σχέδιο διδασκαλίας γίνεται ιδιαίτερη αναφορά μέσα από τρεις δραστηριότητες στην επιρροή της χρήσης πλαστικών στο

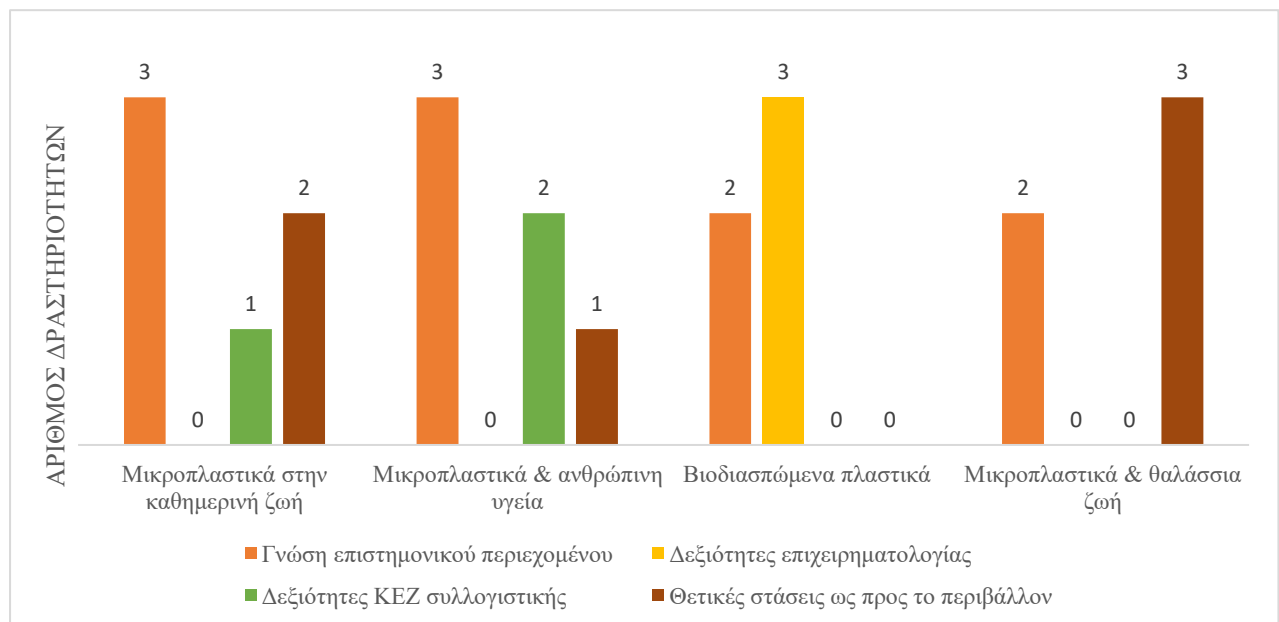
περιβάλλον. Χαρακτηριστική είναι η τελευταία δραστηριότητα του σχεδίου μαθήματος στην οποία αναφέρεται το εξής:

- *Εμείς βλέπουμε τη διαφορά, οι χελώνες όχι! Οι μέδουσες μοιάζουν πολύ με «χαμένες» πλαστικές σακούλες στη θάλασσα. Οι θηρευτές τους, οι θαλάσσιες δηλαδή χελώνες, συχνά μπερδεύονται. Όταν καταναλώσουν μια πλαστική σακούλα αναμένοντας ένα τρυφερό γεύμα, κινδυνεύουν να πάθουν ασφυξία.*

- α. Ποιες συνέπειες λοιπόν διακρίνετε για τη θαλάσσια ζωή από την αλόγιστη ρίψη πλαστικών στις ακτές;
- β. Σώστε τη χελώνα από τη λάθος τροφή!

6.7.2. Η στοχοθεσία των διδασκαλιών της προ – έρευνας

Δεδομένης της ισορροπίας στον αριθμό των δραστηριοτήτων που αναφέρονται σε έννοιες και πληροφορίες επιστημονικού περιεχομένου και των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τις κοινωνικές πτυχές του ζητήματος των πλαστικών - μικροπλαστικών όπως είναι το περιβάλλον, η υγεία, η οικονομία κλπ. (Γράφημα 6.1) σε καθένα από τα σχέδια μαθήματος που αναπτύχθηκαν, προχωρήσαμε στην ανάλυση της στοχοθεσίας των επιμέρους δραστηριοτήτων ώστε να διαπιστωθεί ο ρόλος που αποδίδουν οι φοιτητές στο επιστημονικό περιεχόμενο και τις κοινωνικές πτυχές σε μια ΚΕΖ διδασκαλία (Γράφημα 6.2).



Γράφημα 6.2. Η στοχοθεσία των διδασκαλιών της προ – έρευνας

Με βάση επομένως το γράφημα 6.2, διαπιστώνουμε ότι η απόκτηση γνώσεων σχετικά με έννοιες, αρχές και φαινόμενα του επιστημονικού αντικειμένου των πλαστικών – μικροπλαστικών αποτέλεσε κυριάρχη στοχοθεσία σε δύο από τις τέσσερις διδασκαλίες. Η καλλιέργεια δεξιοτήτων που σχετίζονται με τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ, όπως είναι οι δεξιότητες ΚΕΖ συλλογιστικής και οι δεξιότητες επιχειρηματολογίας, εμφανίζεται ως κυριάρχη στοχοθεσία μόνο σε μια από τις τέσσερις διδασκαλίες. Τέλος, σε μια από τις τέσσερις διδασκαλίες αποτελεί κυριάρχη στοχοθεσία η διαμόρφωση θετικών στάσεων απέναντι στο περιβάλλον.

Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των αποτελεσμάτων της στοχοθεσίας ανά διδασκαλία.

Μικροπλαστικά στην καθημερινή ζωή. Πιο αναλυτικά, διαπιστώνουμε ότι στο σχέδιο μαθήματος αναφορικά με τα μικροπλαστικά στην καθημερινή ζωή η πλειοψηφία των δραστηριοτήτων στοχεύει στην απόκτηση γνώσεων επιστημονικού περιεχομένου. Ενδεκτικά, στο σχέδιο μαθήματος αναφέρονται οι εξής στόχοι:

- α. Να μάθουν οι μαθητές τι είναι τα πλαστικά από χημικής άποψης και να καταλάβουν διαφορά του μικροπλαστικού από το μακροπλαστικό*
- β. Να κατανοήσουν οι μαθητές την αναλογία της επιφάνειας προς τον όγκο*
- γ. Στόχος είναι η αξιολόγηση του τι έμαθαν οι μαθητές.*

Δύο από τις δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στο σχέδιο μαθήματος κατηγοριοποιήθηκαν ως δραστηριότητες που στοχεύουν στη διαμόρφωση θετικών στάσεων των μαθητών απέναντι στο περιβάλλον αναφέροντας τους ακόλουθους στόχους:

- α. Να καταλάβουν οι μαθητές τους κινδύνους από χρήση των πλαστικών και να ευαισθητοποιηθούν σχετικά με τη χρήση πλαστικών στην καθημερινή τους ζωή.*
- β. Να αποκτήσουν οι μαθητές μια σωστή ηθική απέναντι στο περιβάλλον.*

Τέλος, μια από τις δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στο σχέδιο μαθήματος κατηγοριοποιήθηκε ως δραστηριότητα που στοχεύει στην καλλιέργεια δεξιοτήτων ΚΕΖ συλλογιστικής καθώς οι φοιτητές αναφέρονται στην ανάπτυξη δεξιοτήτων ελέγχου της εγκυρότητας των πηγών που αξιοποιούν. Συγκεκριμένα, αναφέρεται:

- α. Να αναπτύξουν οι μαθητές μας πρωτοβουλίες και κριτική σκέψη ώστε να ελέγχουν τις πηγές που επιλέγουν να χρησιμοποιούν.*

Μικροπλαστικά & ανθρώπινη υγεία. Το σχέδιο μαθήματος για τα μικροπλαστικά και την ανθρώπινη υγεία περιέχει τρεις δραστηριότητες που στοχεύουν στην απόκτηση γνώσεων επιστημονικού περιεχομένου από τους μαθητές. Ενδεικτικά στο σχέδιο μαθήματος αναφέρονται οι εξής στόχοι:

- α. Στόχος της δραστηριότητας 2 είναι να έρθουν οι μαθητές σε επαφή με το επιστημονικό περιεχόμενο γύρω από τα πλαστικά και τις επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία .*
- β. Στόχος αυτής της δραστηριότητας είναι κατανοήσουν πληρέστερα το ζήτημα των πλαστικών και της επιρροής τους στον άνθρωπο, ρωτώντας ειδικούς, οι οποίοι θα τους πληροφορήσουν αναλυτικότερα για το θέμα .*

Σχετικά με τους στόχους καλλιέργειας ΚΕΖ συλλογιστικής, οι φοιτητές επικεντρώνουν στο να μπορούν οι μαθητές να αναγνωρίζουν και να αναλύουν τις ποικίλες απόψεις γύρω από ένα ζήτημα. Συγκεκριμένα αναφέρουν:

- α. Στόχος της παραπάνω δραστηριότητας είναι θέσει στα παιδιά προβληματικές και να αντιληφθούν τις διαφορετικές απόψεις σχετικά με την επίδραση των πλαστικών.*
- β. Στόχος είναι να αναδειχθεί ο ρόλος του κάθε φορέα, μέσα από τα επιχειρήματά του, στο ζήτημα της χρήσης πλαστικών.*

Τέλος, στο σχέδιο μαθήματος για τα μικροπλαστικά και την ανθρώπινη υγεία περιλαμβάνεται και μια δραστηριότητα σχετικά με τη διαμόρφωση θετικών στάσεων απέναντι στο περιβάλλον και τον άνθρωπο. Για παράδειγμα αναφέρεται:

- α. Στόχος είναι οι μαθητές να προτείνουν λύσεις σχετικά με το θέμα των πλαστικών και την ανθρώπινη υγεία και να φανερωθεί η ανάγκη ενημέρωσης και σεβασμού στον άνθρωπο και το περιβάλλον.*

Βιοδιασπώμενα πλαστικά. Στο σχέδιο μαθήματος σχετικά με τα βιοδιασπώμενα πλαστικά συναντάμε δύο δραστηριότητες που στοχεύουν στην απόκτηση ή αξιολόγηση γνώσεων επιστημονικού περιεχομένου. Συγκεκριμένα, στο σχέδιο μαθήματος αναφέρονται οι εξής στόχοι:

- α. Να κατανοήσουν οι μαθητές το επιστημονικό περιεχόμενο και να μπορούν να εφαρμόζουν τις γνώσεις που απέκτησαν.*
- β. Να αναπαράξουν οι μαθητές τη γνώση που κατέκτησαν και να αξιολογήσουμε τι έμαθαν.*

Στο συγκεκριμένο σχέδιο μαθήματος σημαντική θέση κατέχουν οι στόχοι αναφορικά με την καλλιέργεια δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας των μαθητών. Σε τρεις από τις δραστηριότητες του σχεδίου αναφέρεται η ανάγκη οι μαθητές να μπορούν να λαμβάνουν θέση σε ζητήματα με ποικίλες οπτικές αλλά και να αναγνωρίζουν και να ζυγίζουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των επιλογών τους. Ενδεικτικά αναφέρονται τα εξής:

- α. Να εξοικειωθούν οι μαθητές με την τοποθέτηση τους σε αμφιλεγόμενα ζητήματα.*
- β. Να μάθουν οι μαθητές να εντοπίζουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα σε ζητήματα με κοινωνικές προεκτάσεις και να τα συνυπολογίζουν πριν πάρουν θέση.*

Μικροπλαστικά & θαλάσσια ζωή. Στο σχέδιο μαθήματος σχετικά με τα μικροπλαστικά και τη θαλάσσια ζωή δύο δραστηριότητες αφορούν στην απόκτηση γνώσεων από τους μαθητές αναφορικά με το επιστημονικό αντικείμενο. Συγκεκριμένα αναφέρεται:

- α. Στόχος του επιτραπέζιου είναι τα παιδιά να μάθουν πόσα χρόνια θέλουν τα αποσίγαρα, τα πλαστικά κλπ. να διασπαστούν.*
- β. Στόχος της ανάλυσης των εικόνων από τον «Θαλασσόκοσμο» είναι να μάθουν τα παιδιά πόσα χρόνια χρειάζεται για να διασπαστούν τα διάφορα υλικά που μολύνουν τους ωκεανούς.*

Οι υπόλοιπες δραστηριότητες της διδασκαλίας αφορούν στην ευαισθητοποίηση των μαθητών αναφορικά με το ζήτημα της μόλυνσης των θαλασσών από πλαστικό. Ενδεικτικός είναι ο γενικός σκοπός της διδασκαλίας που αναφέρεται στο σχέδιο μαθήματος:

Σκοπός της διδασκαλίας είναι να διαπιστώσουν οι μαθητές το πρόβλημα και τις συνέπειες του για τη θαλάσσια ζωή, να ευαισθητοποιηθούν και να προτείνουν πιθανές λύσεις.

Ως προς τους στόχους των επιμέρους δραστηριοτήτων της διδασκαλίας που στοχεύουν στην διαμόρφωση θετικών στάσεων απέναντι στο περιβάλλον ενδεικτικά επισημαίνονται τα εξής:

- α. Σκοπός είναι οι μαθητές να ενημερωθούν, να ευαισθητοποιηθούν και να ασχοληθούν με τη φροντίδα των θαλάσσιων οργανισμών όπως τα ψαράκια και οι χελώνες.*
- β. Σκοπός είναι οι μαθητές να συνειδητοποιήσουν ότι τα πλαστικά δεν προκαλούν μόνο κακό σε μας (εν. στους ανθρώπους) αλλά και σε ζώα τα όποια πρέπει να τα φροντίζουμε.*

6.8. Συζήτηση – Συμπεράσματα προ – έρευνας

Σκοπός της προ – έρευνας, όπως έχει ήδη αναφερθεί, ήταν να μας παρέχει κάποια πρώτα εμπειρικά στοιχεία σχετικά με α. τον βαθμό επικέντρωσης των μελλοντικών εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σε επιστημονικές ή κοινωνικές διαστάσεις στο διδακτικό υλικό που αναπτύσσουν για τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ που εγείρονται από σύγχρονα επιστημονικά θέματα όπως είναι αυτό των πλαστικών – μικροπλαστικών καθώς και β. τη στοχοθεσία των δραστηριοτήτων που αναπτύσσουν. Για το σκοπό αυτό, οι δραστηριότητες που ανέπτυξαν οι συμμετέχοντες φοιτητές στην προ – έρευνα αναλύθηκαν ως προς το περιεχόμενο και τη στοχοθεσία τους με βάση την κατηγοριοποίηση που αποτυπώνεται στα παραρτήματα II & III. Στην παρούσα ενότητα λοιπόν συζητώνται τα κύρια ευρήματα της προ - έρευνας και παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο αυτά αξιοποιήθηκαν στην διαμόρφωση του σχεδιασμού της κυρίως εμπειρικής έρευνας.

6.8.1. Συζήτηση των αποτελεσμάτων της προ-έρευνας

Περιεχόμενο των δραστηριοτήτων των διδασκαλιών

Όπως αναλυτικά περιγράφεται στην υποενότητα 6.7 του παρόντος κεφαλαίου και οι τέσσερις διδασκαλίες που αναπτύχθηκαν από τους φοιτητές στα πλαίσια της προ – έρευνας περιείχαν ισορροπημένο αριθμό δραστηριοτήτων αναφορικά με το επιστημονικό περιεχόμενο και τις κοινωνικές πτυχές του ζητήματος των πλαστικών – μικροπλαστικών.

Η ισόρροπη ενσωμάτωση δραστηριοτήτων με πληροφορίες επιστημονικού περιεχομένου και δραστηριοτήτων για τις κοινωνικές πτυχές του υπό διαπραγμάτευση ζητήματος επιβεβαιώνεται από τη βιβλιογραφία καθώς σύμφωνα με τους Forbes & Davis (2008) οι εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, λόγω της περιορισμένης συχνά γνώσης τους γύρω από διαστάσεις επιστημονικού αντικείμενου, τείνουν να δίνουν έμφαση στις κοινωνικές διαστάσεις ενός ζητήματος. Αντίθετα οι εκπαιδευτικοί δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης φαίνεται ότι εστιάζουν σε διαστάσεις επιστημονικού περιεχομένου μιας και τείνουν να αντιμετωπίζουν τις κοινωνικές διαστάσεις ενός ζητήματος ως πλαίσιο για την εισαγωγή των μαθητών στο θέμα ή ως ένα μέσο εφαρμογής – επέκτασης της επιστημονικής γνώσης (Tidemand & Nielsen, 2017). Παράλληλα δεδομένου ότι οι εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης καλούνται να διαχειριστούν διαφορετικά επιστημονικά αντικείμενα στην καθημερινή τους πρακτική είναι συχνά πιο εξοικειωμένοι με την πολυεπιστημονική φύση των ΚΕΖ και την αναζήτηση των διεπιστημονικών τους διασυνδέσεων (πχ. Forbes & Davis, 2008; Friedrichsen et al., 2020).

Στοχοθεσία των δραστηριοτήτων των διδασκαλιών της προ – έρευνας

Όπως έχει ήδη αναφερθεί και παραπάνω, η ενσωμάτωση ισάριθμών δραστηριοτήτων επιστημονικού περιεχομένου και δραστηριοτήτων για τις κοινωνικές πτυχές του ζητήματος των πλαστικών – μικροπλαστικών μας οδήγησε στην ανάλυση της στοχοθεσίας των δραστηριοτήτων ώστε να διαπιστωθεί ο ρόλος του επιστημονικού περιεχομένου και των κοινωνικών πτυχών σε μια ΚΕΖ διδασκαλία. Φαίνεται ότι η πλειοψηφία των διδασκαλιών που αναπτύχθηκαν από τους φοιτητές στοχεύει κατά κύριο λόγο στην εξοικείωση των μαθητών με έννοιες και αρχές του επιστημονικού αντικειμένου γεγονός που αναδεικνύει την «εργαλειακή» αξιοποίηση των ΚΕΖ στην διδασκαλία από την πλευρά των φοιτητών (*instrumental view of SSI / content – centered interpretation of SSI*) (πχ. Leung et al., 2020, Leung, 2021; Tidemand & Nielsen, 2017). Μάλιστα, φαίνεται ότι οι δραστηριότητες επιστημονικού περιεχομένου που έχουν ενσωματωθεί στα σχέδια μαθήματος των φοιτητών δεν συνδέονται με τις δραστηριότητες για την διαπραγμάτευση των κοινωνικών πτυχών του ζητήματος μιας και μόνο σε ένα σενάριο οι μαθητές καλούνται να διαμορφώσουν ενήμερη επιχειρηματολογία και να λάβουν αποφάσεις σχετικά με την καθημερινή τους ζωή αξιοποιώντας τις γνώσεις που απέκτησαν (βλ. διδασκαλία για βιοδιασπώμενα πλαστικά – υποενότητα 6.4). Αυτή η δυσκολία σύνδεσης του επιστημονικού περιεχομένου με τις κοινωνικές πτυχές ενός ζητήματος από τους εκπαιδευτικούς αναφέρεται επίσης στη βιβλιογραφία (πχ. Friedrichsen et al., 2020; Evagorou & Puig, 2017).

Επιπρόσθετα, οι φοιτητές διαμόρφωσαν αρκετές δραστηριότητες με στόχο να καλλιεργηθούν θετικές στάσεις των μαθητών απέναντι στο περιβάλλον. Φαίνεται επομένως ότι θεωρούν τα ΚΕΖ ως ένα κατάλληλο πλαίσιο για την ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των μαθητών γύρω από σύγχρονα περιβαλλοντικά ζητήματα ενισχύοντας με αυτό τον τρόπο την περιβαλλοντική συνείδηση των μαθητών τους (*environmental awareness*) (πχ. Kinslow et al., 2019; Macalalag et al., 2020). Βέβαια, πέρα από το γεγονός ότι πιθανά οι φοιτητές να θεωρούν τα ΚΕΖ ως κατάλληλο πλαίσιο για την ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης των μαθητών τους, το ζήτημα των πλαστικών – μικροπλαστικών εγείρει εξ ορισμού ποικίλες περιβαλλοντικές προεκτάσεις και προσφέρεται για συζητήσεις σχετικά με τη στάση και τη συμπεριφορά του ατόμου απέναντι στο περιβάλλον. Δεδομένου μάλιστα ότι οι φοιτητές δεν κατόρθωσαν να συνδέσουν το επιστημονικό περιεχόμενο με τις δραστηριότητες για τις κοινωνικές προεκτάσεις φανερώνει ότι πιθανά αντιμετώπισαν το ζήτημα των πλαστικών - μικροπλαστικών από τη σκοπιά της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και όχι από τη σκοπιά της

ΚΕΖ προσέγγισης. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η βασική διαφοροποίηση των δύο προσεγγίσεων, όταν εστιάζουμε σε περιβαλλοντικά ΚΕΖ, έγκειται στο βαθμό εμπλοκής των μαθητών σε διαδικασίες ενήμερης επιχειρηματολογίας και ανάπτυξης συλλογιστικής (πχ. Herman et al., 2018; Kinslow et al., 2019).

6.8.2. Προεκτάσεις προ-έρευνας στην κυρίως εμπειρική έρευνα

Τα αποτελέσματα και συμπεράσματα της προ – έρευνας μας παρείχαν μια σημαντική ανατροφοδότηση ως προς το σχεδιασμό της κυρίως εμπειρικής έρευνας. Η ανατροφοδότηση αυτή αφορούσε κυρίως δύο διαστάσεις:

1. Τον προσδιορισμό της θεματικής των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων της κυρίως εμπειρικής έρευνας
2. Το περιεχόμενο της προετοιμασίας των φοιτητών κατά την αρχική φάση της κυρίως εμπειρικής έρευνας

Ως προς το θέμα των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων που θα ανέπτυσαν οι συμμετέχοντες φοιτητές της κυρίως εμπειρικής έρευνας, αποφασίσαμε αυτό να μην αφορά σε κάποιο ζήτημα αμιγώς περιβαλλοντικό, ώστε να αποφευχθεί η διαχείριση του ζητήματος από τους φοιτητές με όρους περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Έτσι, δεδομένου ότι η συγκριμένη διατριβή εστιάζει στη διαχείριση ΚΕΖ που εγείρονται από σύγχρονα επιστημονικά αντικείμενα τα οποία βρίσκονται στην αιχμή της έρευνας αλλά και της ανάγκης που προκύπτει από τη βιβλιογραφία για ανάπτυξη διδακτικού υλικού στο οποίο η ΝΕΤ θα αντιμετωπίζεται ως ΚΕΖ (πχ. Hingant & Albe, 2010; Jones et al., 2013) επιλέξαμε τις εφαρμογές της ΝΕΤ ως το αντικείμενο των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων. Επιπλέον, η πρότερη εμπειρία της ερευνητικής μας ομάδας σε ζητήματα διδακτικού μετασχηματισμού εννοιών της ΝΕΤ (κεφάλαιο 5) θεωρήθηκε σημαντικό πλεονέκτημα για την υποστήριξη των φοιτητών στη διαχείριση του σύγχρονου αυτού επιστημονικού αντικειμένου.

Τα αποτελέσματα της προ – έρευνας μας έδωσαν επίσης στοιχεία αναφορικά με το περιεχόμενο της προετοιμασίας των φοιτητών κατά την κυρίως εμπειρική έρευνα. Δεδομένου ότι διαπιστώθηκαν δυσκολίες από του φοιτητές στη σύνδεση του επιστημονικού περιεχομένου με τις κοινωνικές πτυχές του ζητήματος αλλά και τις πρακτικές ΚΕΖ συλλογιστικής, αποφασίσαμε να εξοικειώσουμε τους φοιτητές με το μοντέλο της ΚΕΖ διδασκαλίας που προτείνεται από τον Sadler και τους συνεργάτες του (2017) (κεφάλαιο 3 – υποενότητα 3.3), μιας και το μοντέλο αυτό έχει διαμορφωθεί και χρησιμοποιηθεί ήδη στον σχεδιασμό ΚΕΖ

διδασκαλιών από ερευνητές σε συνεργασία με έμπειρους εκπαιδευτικούς (πχ. Friedrichsen et al., 2020; Hancock et al., 2019; Sadler et al., 2019) και μπορεί να λειτουργήσει ως «σκαλωσιά» για την ανάπτυξη τους. Επιπλέον, παρουσιάστηκαν στους συμμετέχοντες φοιτητές της κυρίως έρευνας τα σχέδια μαθήματος που αναπτύχθηκαν κατά την προ – έρευνα (υποενότητα 6.4) (Kokolaki & Stavrou, 2019; Κοκολάκη & Σταύρου, 2019) και στη συνέχεια αυτά αναλύθηκαν με βάση τα επιθυμητά χαρακτηριστικά μιας ΚΕΖ διδασκαλίας όπως αυτά προσδιορίζονται στο μοντέλο SSI – TL (Sadler et al., 2017; Sadler et al., 2019).

Στο επόμενο κεφάλαιο ακολουθεί αναλυτικά η περιγραφή του πλαισίου διεξαγωγής της κυρίως εμπειρικής έρευνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΚΥΡΙΩΣ ΕΜΠΕΙΡΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Το κεφάλαιο αυτό αφορά στην περιγραφή του πλαισίου διεξαγωγής της κυρίως εμπειρικής έρευνας της διατριβής. Αρχικά, προσδιορίζεται ο σκοπός της κυρίως εμπειρικής έρευνας (υποενότητα 7.1). Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων στην έρευνα (υποενότητα 7.2) καθώς και οι φάσεις υλοποίησής της (υποενότητα 7.3) με αναλυτική περιγραφή του περιεχομένου των συναντήσεων που έλαβαν χώρα κατά την διεξαγωγή της έρευνας. Τέλος, πραγματοποιείται μια συνοπτική περιγραφή του περιεχομένου κάθε ΚΕΖ διδακτικού σεναρίου που αναπτύχθηκε (υποενότητα 7.4).

7.1. Σκοπός και ερευνητικό ερώτημα της κυρίως εμπειρικής έρευνας

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας (κεφάλαια 2 και 3) αναδείχθηκε η αξία ενσωμάτωσης ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ καθώς αφενός η διαπραγμάτευση τέτοιων ζητημάτων συμβάλλει στην εκμάθηση επιστημονικού περιεχομένου και στην εξοικείωση με πτυχές της ΦτΕ και της επιστημονικής γνώσης και αφετέρου συμβάλλει στην καλλιέργεια δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας και ανάληψης κοινωνικοπολιτικών δράσεων από τους μαθητές. Όλα τα παραπάνω θεωρούνται απαραίτητα εφόδια ώστε να μπορέσει ο μαθητής, ως μελλοντικός πολίτης, να αντιμετωπίσει τις ποικίλες κοινωνικές προκλήσεις και ανισότητες (πχ. Bencze et al., 2020).

Επιπλέον, από την βιβλιογραφική ανάλυση διαπιστώθηκαν οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών ως προς την ΚΕΖ προσέγγιση, οι οποίες φαίνεται να έχουν καθοριστικό ρόλο στον τρόπο με τον οποίο οι εκπαιδευτικοί επιλέγουν να διαχειριστούν τέτοιου είδους αμφιλεγόμενα ζητήματα στην πράξη (κεφάλαιο 4). Παράλληλα όμως, από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση (κεφάλαιο 4), αναδείχθηκαν και οι δυσκολίες των εκπαιδευτικών αναφορικά με την ενσωμάτωση και διαχείριση κατά την εκπαιδευτική πράξη αμφιλεγόμενων ΚΕΖ καθώς και η περιορισμένη έρευνα αναφορικά με τον τρόπο με τον οποίο εν ενεργεία και μελλοντικοί εκπαιδευτικοί σχεδιάζουν και εφαρμόζουν ΚΕΖ διδασκαλίες. Τα περιορισμένα ερευνητικά δεδομένα σχετικά με τον τρόπο που οι εκπαιδευτικοί αξιοποιούν την ΚΕΖ προσέγγιση είναι ακόμη λιγότερα όταν αναφερόμαστε σε εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και σε ΚΕΖ που απορρέουν από αντικείμενα έρευνας αιχμής (πχ. Espeja & Couso, 2020; Evagorou & Puig, 2017; Nielsen et al., 2020).

Με βάση λοιπόν όλα τα παραπάνω, σκοπός της κυρίως εμπειρικής έρευνας, που διενεργήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διατριβής, είναι η διερεύνηση των χαρακτηριστικών των

διδασκικών σεναρίων που σχεδιάζουν και αναπτύσσουν μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για τη διαπραγμάτευση των ΚΕΖ που εγείρονται από την αξιοποίηση εφαρμογών της ΝΕΤ. Ουσιαστικά μελετήθηκε πώς αντανακλώνται οι βασικές συνιστώσες μιας διδασκαλίας (στόχος, περιεχόμενο, μέθοδος, μέσα) εξετάζοντας α. τις ΚΕΖ θεματικές περιοχές που θίγονται στα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια, β. τη στοχοθεσία των δραστηριοτήτων, γ. τις διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται και δ. τον τύπο των ερωτημάτων που ενσωματώνονται. Συνεπώς, όπως έχει ήδη αναφερθεί στην υποενότητα 1.1. το ερευνητικό ερώτημα που αποτέλεσε οδηγό της έρευνας είναι το ακόλουθο:

Πώς οι βασικές συνιστώσες μιας διδασκαλίας αντανακλώνται στα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια που αναπτύσσουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για τη διαπραγμάτευση των ΚΕΖ που εγείρονται από τη χρήση εφαρμογών της νανοτεχνολογίας;

7.2. Οι συμμετέχοντες στην κυρίως εμπειρική έρευνα

Στην έρευνα συμμετείχαν 6 φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης, οι οποίοι κατά το ακαδημαϊκό έτος υλοποίησης της εμπειρικής έρευνας βρίσκονταν στο τέταρτο έτος των σπουδών τους. Συγκεκριμένα, οι φοιτητές εκπόνησαν την πτυχιακή τους εργασία στον τομέα «Θετικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση» με εξειδίκευση στην διδακτική των ΦΕ και θεματικό πλαίσιο την «Ανάπτυξη διδακτικού υλικού για τη διαπραγμάτευση των κοινωνικοεπιστημονικών ζητημάτων που εγείρονται από εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας». Η υλοποίηση πτυχιακής εργασίας στο ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Κρήτης δεν είναι υποχρεωτική, επομένως η εμπλοκή των συμμετεχόντων στη διαδικασία ήταν αποτέλεσμα των προσωπικών τους ενδιαφερόντων και κινήτρων.

Από τους έξι φοιτητές που συμμετείχαν, οι 4 ήταν γυναίκες και οι 2 άνδρες (Πίνακας 7.1). Οι φοιτητές είχαν ολοκληρώσει επιτυχώς τα δύο υποχρεωτικά μαθήματα του προγράμματος σπουδών του τομέα της διδακτικής των ΦΕ του τμήματος με τίτλο «Βασικές Έννοιες Φυσικής» και «Μεθοδολογία της Διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό Σχολείο» καθώς και τις αντίστοιχες εργαστηριακές ασκήσεις των μαθημάτων αυτών. Τέλος, είχαν ολοκληρώσει επιτυχώς τουλάχιστον ακόμη ένα μάθημα της επιλογής τους, που εμπίπτει στον συγκεκριμένο τομέα, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.1).

Πίνακας 7.1. Τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων της έρευνας		
Φοιτητές	Φύλο	Μαθήματα επιλογής
Φ1	Γυναίκα	- Σχεδιασμός, ανάπτυξη και αξιολόγηση εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών - Άτυπες μορφές μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες
Φ2	Άνδρας	- Σχεδιασμός, ανάπτυξη και αξιολόγηση εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών - Πειραματική Φυσική και Χημεία
Φ3	Γυναίκα	- Σχεδιασμός, ανάπτυξη και αξιολόγηση εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών - Πειραματική Φυσική και Χημεία
Φ4	Γυναίκα	- Σχεδιασμός, ανάπτυξη και αξιολόγηση εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών - Ενότητες από το πρόγραμμα φυσικής και χημείας του δημοτικού σχολείου
Φ5	Άνδρας	- Άτυπες μορφές μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες
Φ6	Γυναίκα	- Σχεδιασμός, ανάπτυξη και αξιολόγηση εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών - Πειραματική Φυσική και Χημεία

Με βάση τα μαθήματα τα οποία είχαν παρακολουθήσει και ολοκληρώσει επιτυχώς οι συμμετέχοντες φοιτητές, θεωρήθηκε ότι ήταν εξοικειωμένοι με τις βασικές θεωρητικές αρχές της διδασκαλίας των ΦΕ, την ανάπτυξη διδακτικού υλικού για βασικές έννοιες περιεχομένου καθώς και τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη πειραματικών δραστηριοτήτων. Οι συμμετέχοντες φοιτητές δεν είχαν εκπαιδευτεί και δεν είχαν κάποια πρότερη εμπειρία σχετικά με την κοινωνικοεπιστημονική προσέγγιση στη διδασκαλία των ΦΕ πριν από τη συμμετοχή τους στην παρούσα μελέτη.

7.3. Οι φάσεις διεξαγωγής της κυρίως εμπειρικής έρευνας

Ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη και η εφαρμογή των διδακτικών σεναρίων των φοιτητών υλοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια 18 συναντήσεων, οι οποίες έλαβαν χώρα κατά το ακαδημαϊκό έτος 2019 – 2020 καθώς και κατά το πρώτο εξάμηνο του ακαδημαϊκού έτους 2020 – 2021 (Σχήμα 7.1). Συγκεκριμένα, ο ερευνητικός σχεδιασμός για την μελέτη της διαδικασίας ανάπτυξης διδακτικού υλικού από τους φοιτητές χωρίστηκε σε τρεις διαδοχικές και αλληλένδετες μεταξύ τους φάσεις, όπως αυτές αποτυπώνονται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 7.1).

ΦΑΣΗ Α (6 συναντήσεις) Εξοικείωση φοιτητών με ΚΕΖ & ΝΕΤ	ΦΑΣΗ Β (8 συναντήσεις) Σχεδιασμός & Ανάπτυξη ΚΕΖ διδασκτικών ενοτήτων	ΦΑΣΗ Γ (5 συναντήσεις / διδ. σενάριο) Εφαρμογή & Αναστοχασμός
(Οκτώβριος – Δεκέμβριος 2019)	(Ιανουάριος – Απρίλιος 2020)	(Σεπτέμβριος 2020 – Φεβρουάριος 2021)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Επιστημονικό πεδίο & εφαρμογές ΝΕΤ ▪ Διδακτική της ΝΕΤ ▪ Οριοθέτηση ΚΕΖ & Προβληματισμοί ΝΕΤ ▪ Κοινωνικές πτυχές της επιστήμης ▪ Διδασκαλία ΚΕΖ ▪ Διερεύνηση 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Σχεδιασμός δραστηριοτήτων ▪ Ανάπτυξη διδακτικού υλικού 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Εξ αποστάσεως εφαρμογή ▪ Αναστοχαστική συζήτηση

Σχήμα 7.1. Οι φάσεις της κυρίως εμπειρικής έρευνας

Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή της κάθε φάσης της έρευνας.

Φάση Α: Εξοικείωση φοιτητών

Στην φάση Α πραγματοποιήθηκαν συνολικά 6 τρίωρες δια ζώσης συναντήσεις ολομέλειας με τους φοιτητές. Η φάση Α αποτελεί το στάδιο προσανατολισμού και εξοικείωσης των φοιτητών με α. το περιεχόμενο της ΝΕΤ και τη διδακτική της, β. το πλαίσιο της κοινωνικοεπιστημονικής προσέγγισης στη διδασκαλία των ΦΕ αλλά και γ. τις βασικές αρχές σχεδιασμού και ανάπτυξης ΚΕΖ διδακτικού υλικού. Κατά το σχεδιασμό της φάσης αυτής λήφθηκαν υπόψη τα στοιχεία εκείνα που προκύπτουν αφενός από την ανάλυση της βιβλιογραφίας και αφετέρου από τα αποτελέσματα της προ-έρευνας αναφορικά με τις δυσκολίες και προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί κατά τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ στα μαθήματα των ΦΕ (αναλυτικότερα βλ. κεφάλαιο 4 – υποενότητα 4.3 & κεφάλαιο 6). Για καθένα από τους προαναφερθέντες άξονες αναπτύχθηκε υλικό προς μελέτη για τους φοιτητές, το οποίο συνόψιζε τα βασικά σημεία του υπό διαπραγμάτευση θέματος ενώ συμπεριελάμβανε και παραπομπές σε πηγές για περαιτέρω εμβάθυνση. Το υλικό αυτό γινόταν διαθέσιμο στους φοιτητές σε εύλογο χρονικό διάστημα πριν από κάθε συνάντηση μέσω της πλατφόρμας open e - class (<https://eclass.edc.uoc.gr/>). Με αυτό τον τρόπο, δινόταν στους φοιτητές η δυνατότητα και το χρονικό περιθώριο να επεξεργαστούν το υλικό και να προετοιμαστούν, γεγονός που ενίσχυσε την αλληλεπίδρασή τους, την ανταλλαγή ιδεών και την συμμετοχή τους στις δραστηριότητες κατά τη διάρκεια των δια ζώσης συναντήσεων. Στο παράρτημα IV περιλαμβάνεται ένας πίνακας με τα περιεχόμενα του υλικού που δόθηκε προς μελέτη στους συμμετέχοντες φοιτητές κατά τη διεξαγωγή της φάσης Α της κυρίως έρευνας.

Το περιεχόμενο κάθε συνάντησης της φάσης Α αποτυπώνεται συνοπτικά στον Πίνακα 7.2. Κάθε μια από τις συναντήσεις περιελάμβανε μια σύντομη εισήγηση από την ερευνήτρια καθώς και την υλοποίηση δομημένων δραστηριοτήτων από τους φοιτητές.

Πίνακας 7.2. Περιεχόμενο συναντήσεων φάσης Α		
Συνάντηση	Θέμα	Εισηγητής
1 ^η	Επιστημονικό πεδίο και εφαρμογές NET	Ερευνήτρια
2 ^η	Διδακτική της NET	Ερευνήτρια
3 ^η	Οριοθέτηση ΚΕΖ και Κοινωνικές – Ηθικές προεκτάσεις της NET	Ερευνήτρια
4 ^η	Κοινωνικές πτυχές της επιστήμης	Ερευνήτρια
5 ^η	Διδασκαλία ΚΕΖ και Ενσωμάτωση ΚΕΖ στη διδασκαλία ΦΕ	Ερευνήτρια
6 ^η	Διερεύνηση	Ερευνήτρια

Πιο αναλυτικά:

Συνάντηση 1. Στην πρώτη συνάντηση έγινε μια παρουσίαση του πεδίου μελέτης της NET καθώς και μια παρουσίαση παραδειγμάτων από καινοτόμες εφαρμογές της NET σε ποικίλους τομείς όπως η ιατρική, το περιβάλλον, η ηλεκτρονική κ.ο.κ. Παράλληλα, οι φοιτητές επεξεργάστηκαν μοντέλα εφαρμογών της NET που έχουν αναπτυχθεί από την ερευνητική ομάδα του Εργαστηρίου Διδακτικής Θετικών Επιστημών του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Κρήτης στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος IRRESISTIBLE (<http://www.irresistible-project.eu/>) καθώς και στα πλαίσια άλλων διδακτορικών διατριβών του εργαστηρίου (Metaxas et al., 2021). Ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμογών NET στις οποίες επικεντρώσαμε αφορούν στα αυτοκαθαριζόμενα υλικά, στην αξιοποίηση του χρυσού ως διαγνωστικού μέσου, στα προϊόντα κοσμετολογίας, στις αντιμικροβιακές ιδιότητες των νανοσωματιδίων αργύρου, στις αντιμικροβιακές ιδιότητες βαφών TiO₂ κ.λπ.

Συνάντηση 2. Η δεύτερη συνάντηση αφορούσε στη διδακτική προσέγγιση του πεδίου της NET. Αρχικά, παρουσιάστηκαν στους φοιτητές οι 9 Μεγάλες Ιδέες της NET (Stevens et al., 2009) με έμφαση σε αυτές που θεωρούνται πιο διαχειρίσιμες από μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (κεφάλαιο 5 – υποενότητα 5.1). Προκειμένου οι φοιτητές να εξοικειωθούν με α. το μέγεθος και την κλίμακα, τις ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος και γ. τα εργαλεία εξερεύνησης του νανόκοσμου αλλά και να γνωρίσουν ενδεικτικούς τρόπους διδακτικής προσέγγισης αυτών των ιδεών, υλοποίησαν διερευνητικού τύπου δραστηριότητες που αναπτύχθηκαν από την ερευνητική ομάδα του Εργαστηρίου Διδακτικής Θετικών Επιστημών του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Κρήτης στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος

IRRESISTIBLE καθώς και στα πλαίσια πτυχιακών εργασιών (πχ. Μιχαηλίδη, 2013). Πιο συγκεκριμένα, οι δραστηριότητες που πραγματοποιήσαν οι φοιτητές αποτυπώνονται στον πίνακα (Πίνακας 7.3) που ακολουθεί:

Πίνακας 7.3. Δραστηριότητες για τις Μεγάλες ιδέες της NET	
Μεγάλη Ιδέα NET	Περιγραφή
Μέγεθος και Κλίμακα	- Μετρήσεις με το νανοχάρακα - Τεμαχισμός χάρτινων λωρίδων - Διάταξη αντικειμένων διαφορετικών κλιμάκων
Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος	- Διάλυση αναβράζοντος δισκίου σε νερό - Τεμαχίζοντας χάρτινους κύβους - Υδροφοβα υλικά - Διαλύματα χρυσού - Ferrofluids
Εργαλεία εξερεύνησης του νανόκοσμου	- Lego κατασκευές με μαγειρικά γάντια - Αναπαράσταση του εσωτερικού ανάγλυφου κουτιών - Μοντελοποίηση μικροσκοπίου ατομικής δύναμης (AFM)

Στη συνέχεια, έγινε μια σύντομη παρουσίαση των αντιλήψεων και δυσκολιών των μαθητών σχετικά με τις έννοιες αυτές (κεφάλαιο 5 - υποενότητα 5.3).

Συνάντηση 3. Το περιεχόμενο της τρίτης συνάντησης αφορούσε στην οριοθέτηση της έννοιας των ΚΕΖ. Συγκεκριμένα, περιγράφηκαν οι περιοχές γνώσης που μπορεί να εμπλέκονται σε ένα ΚΕΖ αλλά και τα χαρακτηριστικά και η φύση των ΚΕΖ (βλ. κεφάλαιο 2 – υποενότητες 2.1 και 2.3). Κατά τη διάρκεια της συνάντησης, δόθηκε στους φοιτητές ένα ΚΕΖ σενάριο σχετικό με την κατανάλωση γενετικά τροποποιημένου ρυζιού (Khishfe, 2012a) και τους ζητήθηκε να αναγνωρίσουν πιθανές περιοχές γνώσης αλλά και τα χαρακτηριστικά του δοθέντος ζητήματος. Το συγκεκριμένο ΚΕΖ σενάριο επιλέχθηκε δεδομένου ότι η αξιοποίηση γενετικά τροποποιημένων τροφίμων αποτελεί ένα σύγχρονο επιστημονικό θέμα με κοινωνικές και ηθικές προεκτάσεις στο οποίο εμπλέκονται ταυτόχρονα αφενός αντικρουόμενα επιστημονικά στοιχεία και αφετέρου αμφιλεγόμενες πληροφορίες σχετικά με τις εμπλεκόμενες κοινωνικές και ηθικές πτυχές. Στη συνέχεια, παρουσιάστηκαν στους φοιτητές αντικρουόμενες απόψεις γύρω από την κατανάλωση του γενετικά τροποποιημένου ρυζιού, τους ζητήθηκε να αξιολογήσουν αυτές τις απόψεις και να επιχειρηματολογήσουν υπέρ ή κατά της διάθεσης του συγκεκριμένου ρυζιού στην αγορά. Έπειτα, κατά τη διάρκεια της τρίτης συνάντησης, ζητήθηκε από τους φοιτητές να αναζητήσουν στο διαδίκτυο πληροφορίες σχετικά με εφαρμογές της NET και να περιγράψουν αν οι πληροφορίες που συναντούν είναι αμφιλεγόμενες ή όχι. Τέλος, παρουσιάστηκαν στους φοιτητές ποικίλοι προβληματισμοί που αναφέρονται στη βιβλιογραφία

σχετικά με την αξιοποίηση εφαρμογών της NET ενώ τους δόθηκαν και περαιτέρω πηγές για εμπάθυνση. Με αυτό τον τρόπο έγινε από τους φοιτητές η επεξεργασία της τέταρτης μεγάλης ιδέας της NET σχετικά με τη σχέση της NET με την τεχνολογία και την κοινωνία.

Συνάντηση 4. Στην τέταρτη συνάντηση οι φοιτητές εξοικειώθηκαν με τις κοινωνικές πτυχές της επιστήμης - όπως είναι α. τα χαρακτηριστικά της επαγγελματικής δραστηριότητας των ερευνητών, β. οι ηθικοί κανόνες που διέπουν την ερευνητική δραστηριότητα, γ. οι κοινωνικές αξίες που καλείται η επιστήμη να ικανοποιήσει, δ. οι αλληλεπιδράσεις ποικίλων φορέων στη διαδικασία της έρευνας και ε. η επιρροή της πολιτικής και της οικονομίας (κεφάλαιο 2 – υποενότητα 2.2) - οι οποίες θεωρούνται σημαντικές για την ερμηνεία σύγχρονων KEZ που σχετίζονται με έλλειψη ομοφωνίας τόσο εντός της κοινωνίας όσο και εντός της επιστημονικής κοινότητας (πχ. Khishfe, 2012b; 2017). Στα πλαίσια αυτής της συνάντησης πραγματοποιήθηκαν συζητήσεις σχετικά με τις προαναφερθείσες κοινωνικές πτυχές της επιστήμης (πχ. Erduran & Dagher, 2014) προκειμένου να αναδειχθεί η αλληλεπίδραση επιστήμης - κοινωνίας – τεχνολογίας. Πιο συγκεκριμένα, οι δραστηριότητες που υλοποίησαν οι φοιτητές περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.4):

Πίνακας 7.4. Δραστηριότητες για τις κοινωνικές πτυχές της επιστήμης
- Mystery box (Khishfe, 2014; Lederman & Abd-El-Khalick, 1998)
- Αναλογία με εικόνες που ο κάθε παρατηρητής βλέπει κάτι διαφορετικό (Lederman & Abd-El-Khalick, 1998)
- Συζήτηση

Συνάντηση 5. Η πέμπτη συνάντηση αφορούσε στη διδακτική προσέγγιση των KEZ. Πιο συγκεκριμένα, αρχικά έγινε μια συζήτηση σχετικά με την αξία διαπραγμάτευσης KEZ στη διδασκαλία των ΦΕ καθώς και τη στοχοθεσία που συνοδεύει μια τέτοια προσέγγιση. Στη συνέχεια, αναλύθηκαν η φύση και τα δομικά στοιχεία του πλαισίου ανάπτυξης KEZ διδασκαλιών “SSI Teaching and Learning Model” που έχει προταθεί από τον Sadler και τους συνεργάτες του (2017) (κεφάλαιο 3 - υποενότητα 3.3 – Σχήμα 3.7). Έπειτα, παρουσιάστηκαν στους φοιτητές ενδεικτικές διδακτικές πρακτικές που συναντώνται σε μια KEZ διδασκαλία σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (κεφάλαιο 3 - υποενότητα 3.4), ενώ, τέλος, αναλύθηκαν παραδείγματα KEZ διδακτικών σεναρίων που είχαν αναπτυχθεί από φοιτητές ΠΤΔΕ στα

πλαίσια σεμιναριακών μαθημάτων και κατά την προ-έρευνα (κεφάλαιο 6 – υποενότητα 6.4) (Kokolaki & Stavrou, 2019; Κοκολάκη & Σταύρου, 2019).

Συνάντηση 6. Στην τελευταία συνάντηση της φάσης Α της έρευνας έγινε μια παρουσίαση στους φοιτητές σχετικά με βασικές αρχές της διδακτικής των ΦΕ ενώ τους παρουσιάστηκε αναλυτικά και το μοντέλο των 5Ε (Bybee, 2006; 2009) όπως αποτυπώνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.5).

Πίνακας 7.5. Το μοντέλο των 5Ε	
Φάσεις του μοντέλου των 5Ε	Περιγραφή φάσης
Εμπλοκή (<i>Engagement</i>)	Στόχος είναι η εισαγωγή των μαθητών στη νέα προβληματική κατάσταση που καλούνται να επιλύσουν. Ενεργοποιείται η προγενέστερη γνώση των μαθητών και διατυπώνονται ερωτήματα.
Εξερεύνηση (<i>Exploration</i>)	Στόχος είναι οι μαθητές να εξερευνήσουν το φαινόμενο. Στο στάδιο αυτό προκαλούνται οι προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών, οι οποίοι καλούνται να συνειδητοποιήσουν τις προϋπάρχουσες ιδέες τους και να τις συγκρίνουν με αυτές των συμμαθητών τους.
Επεξήγηση (<i>Explanation</i>)	Στόχος είναι οι μαθητές να αναγνωρίσουν τις αποκλίσεις των αρχικών τους ιδεών και παρατηρήσεων ώστε σταδιακά να διαμορφώσουν ένα κοινό πλαίσιο ερμηνείας των φαινομένων που διαπραγματεύονται. Η επεξήγηση είναι το στάδιο στο οποίο ο εκπαιδευτικός εισάγει την επιστημονική ορολογία προκειμένου να καταστήσει πιο εύκολη τη διαδικασία περιγραφής και ερμηνείας των υπό εξέταση φαινομένων από τους μαθητές.
Επεξεργασία / Επέκταση (<i>Elaboration</i>)	Στόχος είναι οι μαθητές να μεταφέρουν τη νεοαποκτηθείσα γνώση και δεξιότητες σε νέες καταστάσεις και να την εφαρμόσουν σε νέα πλαίσια.
Αξιολόγηση (<i>Evaluation</i>)	Στόχος είναι οι μαθητές να αναστοχαστούν επί των γνώσεων και δεξιοτήτων που απέκτησαν και να αξιολογήσουν οι ίδιοι την κατανόησή τους. Στη φάση αυτή δέχονται επίσης ανατροφοδότηση σχετικά με την επάρκεια των ερμηνειών και δεξιοτήτων που έχουν αναπτύξει.

Η διαπραγμάτευση του μοντέλου των 5Ε κατά την διάρκεια της έκτης συνάντησης οφείλεται στο γεγονός ότι προσδιορίζει τη διαδικασία εμπλοκής των μαθητών με τις επιστημονικές έννοιες και πρακτικές κατά τη διάρκεια μιας ΚΕΖ διδασκαλίας. Η εμπλοκή με επιστημονικές έννοιες και πρακτικές αποτελεί επίσης αναπόσπαστο στοιχείο του πλαισίου “*SSI Teaching and Learning Model*” (κεφάλαιο 3 – υποενότητα 3.3. - Σχήμα 3.7) (πχ. Friedrichsen et al., 2016;

Sadler et al., 2017). Το μοντέλο των 5E υποστηρίζει επομένως τη διαδικασία διερεύνησης επιστημονικών φαινομένων και ανάπτυξης επιστημονικών ερμηνειών και εξηγήσεων από τους μαθητές ενώ παράλληλα συνεισφέρει με τη φάση της επεξεργασίας – επέκτασης στην εφαρμογή των νεοαποκτηθέντων γνώσεων και δεξιοτήτων σε νέα πλαίσια.

Φάση Β: Σχεδιασμός & Ανάπτυξη ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων

Κατά τη φάση Β της κυρίως εμπειρικής έρευνας, οι φοιτητές κλήθηκαν να σχεδιάσουν τα διδακτικά τους σενάρια και να αναπτύξουν το διδακτικό τους υλικό αξιοποιώντας τα στοιχεία με τα οποία εξοικειώθηκαν κατά τη φάση Α της έρευνας. Συγκεκριμένα, κλήθηκαν:

1. Να αξιοποιήσουν εφαρμογές της NET ως πλαίσιο προκειμένου να διαπραγματευτούν με τους μαθητές τους πιθανά ΚΕΖ που μπορεί να εγείρονται από την αξιοποίησή τους.
2. Να αξιοποιήσουν το πλαίσιο “*SSI Teaching and Learning Model*” (Sadler et al., 2017) το οποίο παρέχει πληροφορίες για το είδος και τη δομή των μαθησιακών εμπειριών στις οποίες καλό είναι να εμπλακούν οι μαθητές κατά την διαπραγμάτευση ΚΕΖ.
3. Να αξιοποιήσουν το μοντέλο των 5E για την εμπλοκή των μαθητών με τις επιστημονικές έννοιες και πρακτικές.

Η φάση Β της κυρίως εμπειρικής έρευνας περιλαμβάνει 8 ατομικές συναντήσεις με καθένα από τους συμμετέχοντες φοιτητές. Το περιεχόμενο των 8 συναντήσεων δεν ήταν προκαθορισμένο, αλλά κάθε φορά διαμορφωνόταν με βάση τις ανάγκες του εκάστοτε φοιτητή. Κατά τη διάρκεια αυτών των συναντήσεων οι φοιτητές προσδιόρισαν τη θεματική με την οποία ήθελαν να ασχοληθούν, παρουσίαζαν τις ιδέες τους, εξέφραζαν τους προβληματισμούς και τις δυσκολίες τους, και λάμβαναν ανατροφοδότηση από την ερευνήτρια. Στο τέλος της φάσης Β, οι φοιτητές είχαν ολοκληρώσει την ανάπτυξη των ΚΕΖ διδακτικών τους σεναρίων.

Φάση Γ: Εφαρμογή διδακτικών σεναρίων & Αναστοχασμός

Κατά τη φάση Γ της έρευνας πραγματοποιήθηκε η εφαρμογή των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων σε μαθητές τελευταίων τάξεων του δημοτικού και πρώτων τάξεων γυμνασίου (Πίνακας 7.6).

Πίνακας 7.6. Εφαρμογή των διδακτικών σεναρίων		
Διδακτικό σενάριο	Τάξη	Ηλικία μαθητών
Δ1	Ε' δημοτικού	9 – 10 ετών
Δ2	Ε' δημοτικού	9 – 10 ετών
Δ3	Α' γυμνασίου	11 – 12 ετών
Δ4	Β' γυμνασίου	12 – 13 ετών
Δ5	ΣΤ' δημοτικού	10 – 11 ετών
Δ6	Ε' δημοτικού	9 – 10 ετών

Η εφαρμογή των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων πραγματοποιήθηκε εξ αποστάσεως λόγω των περιορισμών της πανδημίας Covid – 19 που βρίσκονταν σε ισχύ κατά το χειμερινό εξάμηνο του ακαδημαϊκού έτους 2020 -2021 και διήρκησε 4 διδακτικές ώρες για κάθε σενάριο. Για την υλοποίηση της εξ αποστάσεως εφαρμογής του υλικού, κάθε πειραματική διαδικασία που περιλαμβάνονταν στα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια ψηφιοποιήθηκε.

Η εφαρμογή των διδακτικών σεναρίων πραγματοποιήθηκε από τον/την εκπαιδευτικό της εκάστοτε τάξης ενώ οι φοιτητές που είχαν αναπτύξει τα διδακτικά σενάρια καθώς και η ερευνήτρια παρακολούθησαν τη διαδικασία εφαρμογής του υλικού διαδικτυακά μέσω της πλατφόρμας WebEx (<https://www.webex.com/>). Έπειτα από την ολοκλήρωση της εφαρμογής, πραγματοποιήθηκε μια αναστοχαστική συνάντηση με καθένα από τους συμμετέχοντες φοιτητές κατά την οποία συζητήθηκαν η ανταπόκριση των μαθητών στις δραστηριότητες των σεναρίων και πιθανές αλλαγές που θα έκαναν σε αυτές.

Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων που αναπτύχθηκαν στην παρούσα έρευνα.

7.4. Περιγραφή των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων της κυρίως εμπειρικής έρευνας

Το αποτέλεσμα της διαδικασίας που περιγράφεται παραπάνω ήταν η διαμόρφωση έξι διδακτικών σεναρίων με έμφαση στα ΚΕΖ που εγείρονται από εφαρμογές της NET. Κάθε διδακτικό σενάριο αποτελείται από ένα ψηφιακό φύλλο εργασίας – ηλεκτρονικό βιβλίο (e-book) το οποίο διαμορφώθηκε στην εφαρμογή Book Creator (<https://bookcreator.com/>) και από το αντίστοιχο σχέδιο μαθήματος. Συγκεκριμένα, τα διδακτικά σενάρια που αναπτύχθηκαν από τους συμμετέχοντες φοιτητές ήταν τα ακόλουθα (Πίνακας 7.7):

Διδακτικό σενάριο	Φοιτητής	Θέμα - Τίτλος
Δ1	Φ1	NET και προϊόντα καθημερινής χρήσης
Δ2	Φ2	NET και διάστημα
Δ3	Φ3	NET και αντιμικροβιακές εφαρμογές
Δ4	Φ4	NET και φωτοβολταϊκά συστήματα
Δ5	Φ5	NET και καθαρισμός των θαλασσών από τις πετρελαιοκηλίδες
Δ6	Φ6	NET και μόλυνση του περιβάλλοντος

Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή κάθε διδακτικού σεναρίου, όπως αυτά περιγράφονται στα σχέδια μαθήματος που ανέπτυξαν οι φοιτητές.

7.4.1. Δ1: NET και προϊόντα καθημερινής χρήσης

Το κεντρικό ζήτημα του Δ1 σχετίζεται με οφέλη και τους κινδύνους από απορρέουν από την χρήση προϊόντων κοσμετολογίας στην καθημερινή ζωή. Ειδικότερα, αξιοποιείται ως πλαίσιο η σύγκριση των συμβατικών αντηλιακών με τα αντηλιακά της NET. Ηρωίδα του σεναρίου είναι η Μαρία, μια μικρή μαθήτρια, η οποία προβληματίζεται σχετικά με τις πληροφορίες που ακούει για τη NET στην τηλεόραση και προβαίνει στην αναζήτηση στοιχείων σχετικά με τα θετικά και τα αρνητικά που απορρέουν από την αξιοποίηση των εφαρμογών της NET. Η δομή και οι δραστηριότητες του Δ1 είναι οι ακόλουθες:

Πίνακας 7.8. Συνοπτική περιγραφή του Δ1

Φάση διδασκαλίας	Περιεχόμενο	Δραστηριότητες
Εμπλοκή	- Προσανατολισμός των μαθητών στο υπό διαπραγμάτευση θέμα δηλαδή τα οφέλη και τους κινδύνους που σχετίζονται με τη χρήση ναυοπροϊόντων στην καθημερινή ζωή	- Πληροφορίες για συμβατικά αντηλιακά και αντηλιακά NET - Ερωτήσεις & Συζήτηση
Εξερεύνηση & Επεξήγηση	- Μέγεθος και κλίμακα	- Ερωτήσεις σχετικά με τα αντικείμενα μελέτης της ναυοκλίμακας - Ταξινόμηση καρτών με μεγέθη και αντικείμενα ορόσημα κάθε κλίμακας - Επικέντρωση στο μέγεθος του ανθρώπινου κυττάρου σε σχέση με το αντικείμενο ορόσημο της ναυοκλίμακας - <i>Scale of the Universe</i> - Μετρήσεις με ναυοχάρακα
	- Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος	- Τεμαχισμός χάρτινων κύβων - Διάλυση τεμαχισμένου και μη αναβράζοντος δισκίου σε νερό
	- Οφέλη και κίνδυνοι αντηλιακών NET	- Προβολή video - Ερωτήσεις & Συζήτηση
	- Κανονισμοί που διέπουν την κυκλοφορία προϊόντων NET στην αγορά	- Ερωτήματα & συζήτηση σχετικά με την αναγραφή των ναυο – συστατικών στις ετικέτες των ναυοπροϊόντων - Πληροφορίες για τους κανονισμούς της ΕΕ από το 2009 - 2016 - Ερωτήματα & συζήτηση σχετικά με τους κανονισμούς που διέπουν την έρευνα και παραγωγή προϊόντων NET
Επεξεργασία	- Ύπαρξη ποικίλων οπτικών & αξιολόγηση επιχειρημάτων	- Παιχνίδι ρόλων - Ανάλυση άρθρων από το διαδίκτυο
Αξιολόγηση	- Σύνοψη & Ανακεφαλαίωση	- Ερωτήματα

Το Δ1 ξεκινάει με τον προβληματισμό της ηρωίδας του σεναρίου σχετικά με τους λόγους για τους οποίους η μητέρα της άλλαξε αντηλιακό. Ακολουθεί η παράθεση πληροφοριών σχετικά με τα συμβατικά αντηλιακά και τα αντηλιακά της NET καθώς και ερωτήματα που προκαλούν τους μαθητές να συγκρίνουν τα δύο προϊόντα και να καταλήξουν σε ένα συμπέρασμα σχετικά με τις διαφορές τους. Με αυτό τον τρόπο, επιδιώκεται ο προσανατολισμός των μαθητών στο θέμα σχετικά με το ποια μπορεί να είναι τα επιπλέον οφέλη των προϊόντων της NET αλλά και ποιοι οι πιθανοί κίνδυνοι που μπορεί να ελλοχεύουν.

Στη συνέχεια, ακολουθεί η φάση της εμβάθυνσης των μαθητών στο υπό εξέταση ζήτημα μέσα από ποικίλες δραστηριότητες στις οποίες η ηρωίδα του σεναρίου καλεί τους μαθητές να συμμετέχουν. Οι μαθητές αρχικά εξοικειώνονται με διαστάσεις του επιστημονικού περιεχομένου της NET. Στην αρχή, τίθενται ερωτήματα στους μαθητές σχετικά με το τι σκέφτονται όταν ακούν τη λέξη NET προκειμένου να διερευνηθούν οι ιδέες τους σχετικά με το αναδυόμενο αυτό πεδίο. Για την καλύτερη κατανόηση του μεγέθους και της κλίμακας οι μαθητές αρχικά καλούνται να ταξινομήσουν κάρτες με αντικείμενα – ορόσημα κάθε κλίμακας από το μεγαλύτερο στο μικρότερο. Έπειτα μέσα από την εφαρμογή “*Scale of the Universe*” (<https://htwins.net/scale2/>) επιβεβαιώνουν την ορθότητα της ταξινόμησης τους. Έπειτα εστιάζουν στη σύγκριση του ανθρώπινου κυττάρου και του αντικειμένου – ορόσημου της NET. Με βάση αυτή τη σύγκριση, οι μαθητές καλούνται να διατυπώσουν τις ιδέες τους σχετικά με το πώς δικαιολογούνται αρκετοί από τους φόβους που εκφράζονται σχετικά την επίδραση των νανοσωματιδίων στην ανθρώπινη υγεία. Για καλύτερη κατανόηση και εξοικείωση με το μέγεθος του νάνο οι μαθητές μετρούν καθημερινά αντικείμενα σε νανόμετρα. Στη συνέχεια, το Δ1 περιλαμβάνει δραστηριότητες σχετικά με τις ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος. Συγκεκριμένα, αναφορικά με την αναλογία εμβαδού επιφάνειας / όγκου (S/V) οι μαθητές τεμαχίζουν χάρτινους κύβους στο $1/2$ και $1/3$ της αρχικής ακμής τους και υπολογίζουν ποιοτικά τη συνολική επιφάνεια και τον όγκο που προέκυπτε κάθε φορά, σε μια προσπάθεια να κατανοήσουν ότι όσο μικραίνει το μέγεθος των σωμάτων τόσο μεγαλώνει η αναλογία S/V . Έπειτα, οι μαθητές παρατηρούν την αλλαγή στην ταχύτητα και την ένταση αντιδράσεων όταν τα στερεά αντιδρώντα τεμαχίζονται σε μικρότερα κομμάτια, προκειμένου να οδηγηθούν σε ένα συμπέρασμα σχετικά με τη σχέση μεγέθους και αλλαγής ιδιοτήτων. Ακολουθεί η προβολή ενός video κατά το οποίο οι μαθητές ενημερώνονται για τα θετικά και τα αρνητικά των αντηλιακών της NET και καλούνται να συμπληρώσουν έναν συγκεντρωτικό πίνακα. Στη συνέχεια, ακολουθεί μια σειρά από ερωτήματα στα οποία οι μαθητές συζητούν σχετικά με την υποχρέωση των εταιριών να αναγράφουν την ύπαρξη νανοσωματιδίων στα προϊόντα τους αλλά και κατά πόσο οι πολίτες αναρωτιούνται για τα συστατικά των προϊόντων που καταναλώνουν. Έτσι, σταδιακά προχωράμε στην τελευταία δραστηριότητα εμβάθυνσης όπου οι μαθητές διαβάζοντας μικρά αποσπάσματα από τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) καλούνται να σχολιάσουν την επίδραση αυτών των κανονισμών στην έρευνα και παραγωγή προϊόντων NET.

Ακολουθεί έπειτα η φάση της επεξεργασίας, όπου οι μαθητές παίρνουν το ρόλο του ερευνητή της NET, του γιατρού, του πολιτικού και του επιχειρηματία και παίζουν ένα παιχνίδι ρόλων

εκφράζοντας τις απόψεις τους σχετικά με το αν θα χρησιμοποιούσαν προϊόντα της NET στην καθημερινή τους ζωή ενώ στη συνέχεια καλούνται να σχολιάσουν σε ποιους λόγους μπορεί να οφείλεται η ύπαρξη διαφορετικών απόψεων κατά τη διάρκεια της συζήτησής τους. Έπειτα, οι μαθητές καλούνται να διαβάσουν τέσσερα άρθρα από το διαδίκτυο σχετικά με τα οφέλη και τους κινδύνους της NET και να αξιολογήσουν την εγκυρότητα των επιχειρημάτων που εκφράζονται μέσα στα άρθρα με βάση την πηγή, το συγγραφέα κλπ. Τέλος, το διδακτικό σενάριο ολοκληρώνεται με κάποια ερωτήματα ανακεφαλαίωσης.

7.4.2. Δ2: NET και διάστημα

Το Δ2 περιλαμβάνει ως ήρωα ένα μικρό παιδί που ονειρεύεται να γίνει αστροναύτης για να μελετήσει τον ξεχωριστό κόσμο του διαστήματος. Μεγαλώνοντας, ο μικρός ήρωας κατάφερε να πραγματοποιήσει το όνειρό του και πλέον παίρνει μέρος σε συζητήσεις προκειμένου να βρεθούν μέσα – τρόποι για την υλοποίηση οικονομικότερων και ασφαλέστερων ταξιδιών στο φεγγάρι. Ως λύση για την επίτευξη αυτών των στόχων προτείνεται η αξιοποίηση εφαρμογών της NET.

Το Δ2 ξεκινάει με μια περιπλάνηση των μαθητών στο διάστημα αξιοποιώντας την εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας “*Solar Walk 2*” αλλά και με κάποια ερωτήματα για την διερεύνηση των ιδεών των μαθητών σχετικά με το πεδίο μελέτης της αστροφυσικής. Με αυτό τον τρόπο, οι μαθητές εισάγονται στην ευρύτερη θεματική του σεναρίου που αφορά στο διάστημα. Ακολουθεί μια δραστηριότητα σχετικά με την πρώτη προσελήνωση το 1969. Συγκεκριμένα, οι μαθητές διαβάζοντας δύο άρθρα – διαμορφωμένα κατάλληλα από τον φοιτητή – και απαντώντας σε ερωτήματα – «σκαλωσιά», οι μαθητές αναλύουν τη διαμάχη Σοβιετικής Ένωσης – Αμερικής, το κόστος των διαστημικών αποστολών αλλά και την ασφάλεια αστροναυτών ως ζητήματα που επηρέασαν την πρώτη επανδρωμένη αποστολή στο διάστημα.

Ακολουθεί η διατύπωση του προβληματισμού σχετικά με το πώς θα μπορέσει η ευρωπαϊκή διαστημική υπηρεσία να μειώσει το κόστος της αποστολής στην οποία θα συμμετέχει ο ήρωας του σεναρίου. Έτσι, προβάλλεται ως λύση η NET με τα καινοτόμα υλικά που μπορεί να προσφέρει. Στο σημείο αυτό, και προκειμένου οι μαθητές να αποκτήσουν μια ιδέα για το μέγεθος και την κλίμακα στη νανοκλίμακα, εμπλέκονται σε μια διαδικασία ταξινόμησης αντικειμένων ορόσημων κάθε κλίμακας από το μεγαλύτερο στο μικρότερο και επαλήθευσης της ταξινόμησής τους αξιοποιώντας την εφαρμογή “*Scale of the Universe*”. Στη συνέχεια,

επιδιώκεται η σύνδεση των ιδιοτήτων που μπορεί να έχει ένα υλικό λόγω μεγέθους μέσα από την καύση ίδιας ποσότητας ενός ατσάλινου καρφιού, ατσαλοσύρματος και μικρών ινών από ατσαλόμαλλο. Λόγω της αυξημένης συνολικής επιφάνειας του νήματος στη μορφή του ατσαλόμαλλου η καύση είναι πιο γρήγορη και πιο εύκολα παρατηρήσιμη. Έτσι γίνεται άμεση η παρατήρηση της αλλαγής ιδιοτήτων (ρυθμός καύσης) καθώς το μέγεθος του αντικειμένου γίνεται μικρότερο. Απώτερος σκοπός είναι οι μαθητές να καταφέρουν να επεκτείνουν το συμπέρασμα τους στην ερμηνεία των διαφορετικών ιδιοτήτων ενός καυσίμου της NET και να συζητήσουν για τα οφέλη μιας τέτοιας εφαρμογής σε επίπεδο οικονομίας.

Ακολουθεί ο προβληματισμός του μικρού αστροναύτη σχετικά με την ασφάλεια των διαστημικών αποστολών για την ανθρώπινη υγεία. Και σε αυτό το σημείο η NET παρουσιάζεται ως η λύση μέσα από την ύπαρξη νανο-αισθητήρων που παρέχουν τη δυνατότητα στους αστροναύτες να ελέγξουν την ποιότητα των δειγμάτων αίματός τους σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια του διαστημικού τους ταξιδιού. Ουσιαστικά, οι μαθητές χρησιμοποιούν ασύρματους αισθητήρες για τη μέτρηση του pH τριών δειγμάτων, ώστε αυτή η μέτρηση να αποτελέσει την αφετηρία για τη συζήτηση σχετικά με τα οφέλη των εφαρμογών της NET στην υγεία των αστροναυτών.

Ακολουθεί η φάση της επεξεργασίας του Δ2. Στη φάση αυτή, υλοποιείται ένα παιχνίδι μεταξύ των μαθητών, οι οποίοι καλούνται να πείσουν τους συμμαθητές τους σχετικά το ποια από τις απόψεις και πληροφορίες που τους παρατίθενται θεωρούν πιο χρήσιμη και εντυπωσιακή για την εξέλιξη της εξερεύνησης του διαστήματος. Ουσιαστικά δηλαδή, οι μαθητές έρχονται σε επαφή με μια πληθώρα πληροφοριών και απόψεων σχετικά με την εξερεύνηση του διαστήματος αλλά και το ρόλο της NET σε αυτή και έχοντας ως «σκαλωσιά» ποικίλα ερωτήματα καλούνται να επιχειρηματολογήσουν και να πείσουν τους συμμαθητές τους. Τέλος, ως κορυφαία δραστηριότητα, οι μαθητές καλούνται να επιλέξουν ανάμεσα σε τρεις απόψεις που τους δίνονται αναφορικά με τα συν και τα πλην της NET στην έρευνα του διαστήματος.

Συνοπτικά το Δ2 περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.9):

Πίνακας 7.9. Συνοπτική περιγραφή του Δ2

Φάση διδασκαλίας	Περιεχόμενο	Δραστηριότητες
Εμπλοκή	- Προσανατολισμός στο κόσμο του διαστήματος	- Ερωτήματα σχετικά με τις ιδέες των μαθητών για το πεδίο μελέτης της αστροφυσικής
Εξερεύνηση & Επεξήγηση	- Ανάλυση της πρώτης προσσελήνωση του ανθρώπου ως ένα εμβληματικό ιστορικό γεγονός	- Περιπλάνηση στο διάστημα μέσω VR - Ανάλυση άρθρων - Ερωτήματα & συζήτηση
	- Προβληματισμός για τρόπους μείωσης του κόστους των διαστημικών αποστολών	- Μαθηματικό πρόβλημα
	- Μέγεθος και κλίμακα	- Ταξινόμηση καρτών με μεγέθη και αντικείμενα ορόσημα κάθε κλίμακας - Επαλήθευση με την αξιοποίηση του Scale of the Universe
	- Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος	- Πείραμα με καύση ατσαλόμαλλου
	- «Νανο-καύσιμο» & Οικονομία	- Μαθηματικό πρόβλημα - Συζήτηση
Επεξεργασία	- Νανο – αισθητήρες & Υγεία	- Χρήση αισθητήρων για μέτρηση pH και λήψη δεδομένων σε πραγματικό χρόνο - Συζήτηση
	- Απόψεις και πληροφορίες για εξερεύνηση διαστήματος και ρόλος NET	- Παιχνίδι επιχειρηματολογίας
	- Διατύπωση θέσης	- Επιλογή μιας από τις δοθέντες απόψεις

7.4.3. Δ3: NET και αντιμικροβιακές εφαρμογές

Ο κεντρικός προβληματισμός – κεντρικό ζήτημα - του Δ3 αφορά στην αποφυγή των νοσοκομειακών λοιμώξεων αξιοποιώντας εφαρμογές της NET που σχετίζονται με την αντιμικροβιακή δράση των νανοσωματιδίων αργύρου (AgNPs). Ηρωες του σεναρίου είναι δύο γιατροί που εργάζονται στο νοσοκομείο Ρεθύμνου και οι οποίοι προσπαθούν να βρουν τρόπους να προστατευτούν από τις νοσοκομειακές λοιμώξεις. Στην προσπάθειά τους αυτή, έρχονται σε επαφή με τις εφαρμογές της NET που αξιοποιούν νανοσωματίδια αργύρου και προβληματίζονται για τα οφέλη και τους πιθανούς κινδύνους που μπορεί να ελλοχεύουν από την χρήση τέτοιων προϊόντων τόσο για την υγεία όσο και για το περιβάλλον. Η δομή, το περιεχόμενο και οι δραστηριότητες του Δ3 παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.10):

Πίνακας 7.10. Συνοπτική περιγραφή του Δ3

Φάση διδασκαλίας	Περιεχόμενο	Δραστηριότητες
Εμπλοκή	- Εισαγωγή στην προβληματική κατάσταση των νοσοκομειακών λοιμώξεων	- Δεδομένα του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας για τις νοσοκομειακές λοιμώξεις - Ερωτήσεις για προσωπικές εμπειρίες μαθητών - Συζήτηση
Εξερεύνηση & Επεξήγηση	- Βακτήρια ως αιτίες νοσοκομειακών λοιμώξεων - Δομή βακτηρίου	- «Ταξίδι» στη δομή ενός βακτηρίου (με γυαλιά εικονικής πραγματικότητας) - Συζήτηση
	- Εισαγωγή στο αντικείμενο της NET	- Προβολή video - Συζήτηση
	- Μέγεθος και κλίμακα	- Τεμαχισμός χάρτινων λωρίδων - Ερωτήσεις - Συζήτηση
	- Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος	- Χημική αντίδραση πατάτας με υπεροξείδιο του υδρογόνου (οξυζενέ – H ₂ O ₂)
	- Τρόπος δράσης νανοσωματιδίων αργύρου	- Προβολή video - Συζήτηση
- Προϊόντα με αντιμικροβιακές ιδιότητες που αξιοποιούν νανοσωματίδια αργύρου	- Φυλλάδιο με διαφημίσεις προϊόντων με νανοσωματίδια αργύρου που αξιοποιούνται στην ιατρική - Συζήτηση	
Επεξεργασία	- Οφέλη και κίνδυνοι αξιοποίησης προϊόντων με νανοσωματίδια αργύρου	- Ανάλυση αποσπασμάτων από άρθρα επιστημονικών περιοδικών - Ανάλυση μετρήσεων έπειτα από πλύσεις μάσκας με νανοσωματίδια αργύρου - Παιχνίδι ρόλων

Το Δ3 ξεκινάει με την παράθεση κάποιων στοιχείων του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας σχετικά με τα ποσοστά νοσοκομειακών λοιμώξεων. Στη συνέχεια ακολουθούν κάποια ερωτήματα σχετικά με την περιγραφή προσωπικών εμπειριών των μαθητών από νοσοκομειακές λοιμώξεις. Με αυτόν τον τρόπο επιδιώκεται ο προσανατολισμός των μαθητών γύρω από το συγκεκριμένο ζήτημα καθώς και η ανάδειξη της αναγκαιότητας εύρεσης λύσεων για την αντιμετώπιση της προβληματικής κατάστασης.

Στη συνέχεια, ακολουθεί η φάση της εμβάθυνσης των μαθητών στο υπό εξέταση ζήτημα. Οι μαθητές, μέσα από την εμπλοκή τους με ένα περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας, γνωρίζουν τα βακτήρια ως τη βασικότερη αιτία νοσοκομειακών λοιμώξεων. Έπειτα τους παρουσιάζεται ως πιθανή λύση της προβληματικής κατάστασης η αξιοποίηση εφαρμογών της NET. Έτσι ακολουθεί μια εισαγωγή των μαθητών στο αντικείμενο μελέτης της NET μέσα από την προβολή ενός video και ακολουθεί η εξοικείωσή τους με δύο θεμελιώδεις ιδέες της NET: α. το μέγεθος και την κλίμακα και β. τις ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος. Πιο

συγκεκριμένα, αναφορικά με τη γνωριμία με το μέγεθος και την κλίμακα του νάνου οι μαθητές καλούνταν να τεμαχίσουν επάλληλα χάρτινες λωρίδες στο $1/10$ του μήκους τους «μέχρι να φτάσουν στη νανοκλίμακα» ενώ έπειτα καλούνται να φανταστούν ότι είναι ένα δισεκατομμύριο φορές μικρότεροι και να περιγράψουν την αλληλεπίδρασή τους με τους υπόλοιπους οργανισμούς του περιβάλλοντος αλλά και τα εμπόδια που θα συναντούσαν σε μια τέτοια αλληλεπίδραση. Αναφορικά με τις ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος το Δ3 περιλαμβάνει μια πειραματική διαδικασία κατά την οποία οι μαθητές παρατηρούν αλλαγή στην ταχύτητα και την ένταση μιας χημικής αντίδρασης (πατάτα με υπεροξείδιο του υδρογόνου) κατά τον τεμαχισμό των αντιδρώντων (πατάτας) σε μικρότερα κομμάτια. Με μια συζήτηση που ακολουθεί οι μαθητές καταλήγουν σε μια ερμηνεία του φαινομένου. Στη συνέχεια ακολουθεί η προβολή ενός video, κατά τη διάρκεια του οποίου οπτικοποιείται ο μηχανισμός δράσης των νανοσωματιδίων αργύρου. Οι μαθητές αξιοποιώντας αυτή την οπτικοποίηση αλλά και τα συμπεράσματά τους από τις προηγούμενες δραστηριότητες σχετικά με το μέγεθος των νανοσωματιδίων αργύρου και την αλλαγή ιδιοτήτων στη νανοκλίμακα καλούνται να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν τον τρόπο δράσης των νανοσωματιδίων αργύρου, τα οποία αποτελούν την προτεινόμενη λύση της NET για την αποφυγή των νοσοκομειακών λοιμώξεων. Ακολουθεί η γνωριμία των μαθητών με προϊόντα και εφαρμογές της ιατρικής που περιέχουν νανοσωματίδια αργύρου μέσα από την ανάγνωση διαφημιστικών φυλλαδίων.

Στην τελευταία φάση του Δ3, οι μαθητές καλούνται να υλοποιήσουν τρεις δραστηριότητες που στοχεύουν στο να τους προβληματίσουν σχετικά με τους πιθανούς κινδύνους που μπορεί να ελλοχεύουν από την αξιοποίηση προϊόντων με νανοσωματίδια αργύρου τόσο για την ανθρώπινη υγεία όσο και για το περιβάλλον. Στην πρώτη δραστηριότητα οι μαθητές διαβάζουν κατάλληλα επεξεργασμένα αποσπάσματα από επιστημονικά άρθρα σχετικά με τα νανοσωματίδια αργύρου και συνειδητοποιούν την ύπαρξη αβεβαιότητας σχετικά με την ασφάλεια αξιοποίησης τέτοιων προϊόντων. Στη δεύτερη δραστηριότητα, αναλύοντας αποτελέσματα μετρήσεων συγκέντρωσης αργύρου πριν και μετά τις πλύσεις μια μάσκας με νανοσωματίδια αργύρου προβληματίζονται για το πού καταλήγουν τα νανοσωματίδια αργύρου και για το ποια θα μπορούσε να είναι η επίδρασή τους στο περιβάλλον. Τέλος, η τρίτη δραστηριότητα – κορυφαία δραστηριότητα - αποτελεί ένα παιχνίδι ρόλων. Οι μαθητές, μπαίνοντας στη θέση ενός συγκριμένου εκπροσώπου – ερευνητής NET, περιβαλλοντολόγος, πολίτης, γιατρός –, καλούνται να διεξάγουν ένα γόνιμο διάλογο και να επιχειρηματολογήσουν υπέρ ή κατά της αξιοποίησης εφαρμογών με νανοσωματίδια αργύρου.

7.4.4. Δ4: NET και φωτοβολταϊκά συστήματα

Κεντρικός προβληματισμός – κεντρικό ζήτημα - του Δ4 είναι η επιλογή του κατάλληλου φωτοβολταϊκού συστήματος από τους μαθητές, για την συμμετοχή του σχολείου τους σε μια εκστρατεία που διοργανώνει η Greenpeace και ονομάζεται «*Τα σχολεία του ήλιου!*». Ηρωίδα του σεναρίου είναι η Μαρία, μια μικρή μαθήτρια που κατευθύνει τους συμμαθητές της στην υλοποίηση ποικίλων δραστηριοτήτων.

Η πρώτη δραστηριότητα του Δ4 αντιστοιχεί στη φάση της εμπλοκής και περιλαμβάνει μια εκστρατεία της Greenpeace κατά την οποία οι μαθητές καλούνται να συνεργαστούν με το δήμο της περιοχής τους προκειμένου να εγκατασταθούν στην ταράτσα ή την αυλή του σχολείου τους φωτοβολταϊκά συστήματα καθιστώντας τόσο το σχολείο τους ενεργειακά αυτόνομο αλλά και βοηθώντας ευάλωτα νοικοκυριά της περιοχής τους μέσω της παροχής σε αυτά ηλεκτρικού ρεύματος. Στη συνέχεια, ακολουθούν δραστηριότητες για τη γνωριμία των μαθητών με τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Αρχικά, διερευνώνται οι αντιλήψεις τους αναφορικά με τις προοπτικές αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας για ένα καθαρό και βιώσιμο μέλλον αλλά και την επίδραση που μπορεί να έχει η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε οικονομικό επίπεδο. Έπειτα, μέσα από ένα video από το φωτόδεντρο με τίτλο «*Τα Φωτοβολταϊκά συστήματα*» (<http://photodentro.edu.gr/v/item/video/8522/308>) οι μαθητές εξοικειώνονται με τις βασικές αρχές λειτουργίας τους. Ακολουθεί η εμπλοκή των μαθητών με μια διαδικτυακή εφαρμογή – παιχνίδι που ονομάζεται «*Σώσε το σχολικό χορό!*», και κατά την οποία οι μαθητές εξοικειώνονται με τους παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Έπειτα, πραγματοποιείται η εισαγωγή των μαθητών σε διαφορετικές γενιές φωτοβολταϊκών συστημάτων μέσα από την παράθεση πληροφοριών αναφορικά με τα θετικά και τα αρνητικά τους. Δεδομένου ότι τα τελευταία γενιάς φωτοβολταϊκά σχετίζονται με τον τομέα της NET, στο σημείο αυτό γίνεται μια σύντομη συζήτηση με τους μαθητές για το μέγεθος και την κλίμακα στη νανοκλίμακα και τη σχέση δομής – ιδιοτήτων με αφορμή τη εικονική περιήγηση των μαθητών σε δομές άνθρακα. Ακολουθεί η υλοποίηση μιας πειραματικής δραστηριότητας για τη μέτρηση της ισχύος ενός συμβατικού, ενός οργανικού και ενός φωτοβολταϊκού NET 4^{ης} γενιάς.

Στη φάση της επεξεργασίας το Δ4 περιλαμβάνει ένα debate κατά το οποίο οι μαθητές καλούνται να συμμετέχουν σε μια δημόσια συζήτηση και να επιχειρηματολογήσουν υπέρ ή κατά της χρηματοδότησης της έρευνας σχετικά με τα φωτοβολταϊκά συστήματα NET 4^{ης} γενιάς ενώ ως κορυφαία δραστηριότητα περιλαμβάνεται ένα παιχνίδι ρόλων. Οι μαθητές

παίρνοντας το ρόλο του πολιτικού (πρωθυπουργού, περιφερειάρχη ή δημάρχου), του περιβαλλοντολόγου, του επιχειρηματία και του πολίτη καλούνται να προτείνουν το κατάλληλο φωτοβολταϊκό για την εκστρατεία «Τα σχολεία του Ήλιου!».

Συνοπτικά το Δ4 περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.11):

Πίνακας 7.11. Συνοπτική περιγραφή του Δ4		
Φάση διδασκαλίας	Περιεχόμενο	Δραστηριότητες
Εμπλοκή	- Γνωριμία με την εκστρατεία της Greenpeace τα σχολεία του ήλιου	- Πληροφορίες για την εκστρατεία - Ερωτήσεις & συζήτηση
Εξερεύνηση & Επεξήγηση	- Φωτοβολταϊκά συστήματα	- Προβολή video - Διαδικτυακή εφαρμογή – παιχνίδι - Ερωτήσεις & συζήτηση
	- Γενιές φωτοβολταϊκών συστημάτων	- Παράθεση πληροφοριών - Πειραματική διαδικασία μέτρησης ισχύος - Ερωτήσεις συζήτηση
	- Μέγεθος και κλίμακα	- Περιήγηση μέσω VR σε δομές άνθρακα - Ερωτήσεις & συζήτηση
Επεξεργασία	- Διατύπωση θέσης	- Debate - Παιχνίδι ρόλων

7.4.5. Δ5: NET και καθαρισμός θαλασσών από τις πετρελαιοκηλίδες

Στο συγκεκριμένο διδακτικό σενάριο το κεντρικό ζήτημα με το οποίο εμπλέκονται οι μαθητές αφορά στο περιβαλλοντικό πρόβλημα που προκύπτει από τη μόλυνση της θάλασσας από μια πετρελαιοκηλίδα. Έτσι, οι μαθητές καλούνται να επεξεργαστούν μια εφαρμογή της NET που θα μπορούσε να συνεισφέρει στον καθαρισμό της πετρελαιοκηλίδας και να αποφασίσουν αν θα την αξιοποιούσαν. Ήρωες του σεναρίου είναι γνωστοί ήρωες από κινούμενα σχέδια και κόμικς όπως η Άριελ και οι Rick & Morty.

Στην αρχή μέσα από φωτογραφίες που απεικονίζουν ατυχήματα με πετρελαιοκηλίδες επιδιώκεται ο προσανατολισμός των μαθητών στο θέμα. Ακολουθεί η προβολή ενός video ώστε οι μαθητές να γνωρίσουν τις καταστροφικές συνέπειες των πετρελαιοκηλίδων τόσο για τη θαλάσσια ζωή όσο και για την οικονομία των περιοχών στις οποίες συμβαίνουν τέτοια περιστατικά. Έτσι προκύπτει η αναγκαιότητα να βρεθεί ένας τρόπος για τον άμεσο, γρήγορο και αποτελεσματικό καθαρισμό των πετρελαιοκηλίδων. Στο σημείο αυτό, οι Rick & Morty καλούν τους μαθητές να γνωρίσουν δύο τρόπους καθαρισμού πετρελαιοκηλίδων α. με απορροφητικά υλικά και β. με τη χρήση ferrofluid και οι οποίοι θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν στο κοντινό μέλλον για την αντιμετώπιση τέτοιων περιστατικών. Προκειμένου

οι μαθητές να γνωρίσουν αυτούς τους δύο τρόπους, καλούνται να υλοποιήσουν δύο πειραματικές διαδικασίες οι οποίες λειτουργούν ως προσομοίωση του εκάστοτε τρόπου. Αξιοποιώντας τις μετρήσεις που παίρνουν και τη συζήτηση που ακολουθεί, οι μαθητές μπορούν να καταλήξουν σε συμπεράσματα σχετικά με το χρόνο που απαιτείται για τον καθαρισμό μιας πετρελαιοκηλίδας και την αποτελεσματικότητα του εκάστοτε τρόπου. Παράλληλα, παρατίθενται στους μαθητές με τη μορφή κειμένου επιπρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά της κάθε μεθόδου καθαρισμού.

Στη φάση της επεξεργασίας του Δ5, οι μαθητές γνωρίζουν ένα πραγματικό περιστατικό μόλυνσης του Σαρωνικού με πετρελαιοκηλίδα, που συνέβη το Σεπτέμβριο του 2017, μέσα από την προβολή ενός video. Οι μαθητές στη συνέχεια καλούνται να αποφασίσουν ποιο τρόπο από αυτούς που επεξεργάστηκαν, θα πρότειναν για τον καθαρισμό της. Τέλος, ως κορυφαία δραστηριότητα του σεναρίου, περιλαμβάνεται ένα παιχνίδι ρόλων - μεταξύ ερευνητών, πολιτικών, εκπροσώπων περιβαλλοντικών οργανώσεων και απλών πολιτών – οι οποίοι καλούνται να πάρουν μέρος σε μια συζήτηση για το αν θα ήταν καλό και ωφέλιμο να αξιοποιείται η μέθοδος ferrofluid σε αντίστοιχα περιστατικά. Για τον εμπλουτισμό των επιχειρημάτων της συζήτησης παρατίθενται στους μαθητές κάποια στοιχεία που σχετίζονται με την χρήση των ferrofluid ως μεθόδου καθαρισμού των πετρελαιοκηλίδων.

Πίνακας 7.12. Συνοπτική περιγραφή του Δ5

Φάση διδασκαλίας	Περιεχόμενο	Δραστηριότητες
Εμπλοκή	- Εισαγωγή στην προβληματική κατάσταση με τη μόλυνση των θαλασσών από πετρελαιοκηλίδες	- Σχολιασμός εικόνων - Προβολή video - Ερωτήσεις & συζήτηση
Εξερεύνηση & Επεξήγηση	- Μέθοδος καθαρισμού πετρελαιοκηλίδων με απορροφητικά υλικά	- Πειραματική διαδικασία - Παράθεση πληροφοριών
	- Μέθοδος καθαρισμού πετρελαιοκηλίδων με ferrofluid	- Πειραματική διαδικασία - Παράθεση πληροφοριών
Επεξεργασία	- Εφαρμογή νέας γνώσης σε πραγματικό περιστατικό πετρελαιοκηλίδας	- Προβολή video - Ερωτήσεις & συζήτηση
	- Διατύπωση θέσης για τη μέθοδο με ferrofluid	- Παιχνίδι ρόλων

7.4.6. Δ6: NET και μόλυνση του περιβάλλοντος

Το Δ6 διαπραγματεύεται το ζήτημα της μόλυνσης του περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, οι μαθητές εμπλέκονται με δύο κεντρικά ζητήματα – προβληματισμούς για τους οποίους καλούνται να βρουν λύσεις και να διατυπώσουν τις προτάσεις τους. Ο ένας προβληματισμός αφορά στην έλλειψη πόσιμου νερού σε χώρες της Αφρικής και ο άλλος σχετίζεται με τους ρύπους στην ατμόσφαιρα των μεγαλουπόλεων. Ήρωας του σεναρίου είναι ο Πάρις, ένας μικρός που οραματίζεται να σώσει το περιβάλλον. Αυτός μεγαλώνοντας γίνεται ερευνητής της NET και αναπτύσσει μαζί με την ομάδα του δύο εφαρμογές που θα μπορούσαν να συνεισφέρουν στην αντιμετώπιση των παραπάνω προβλημάτων.

Αρχικά το σενάριο ξεκινάει με δύο εικόνες, οι οποίες αποτυπώνουν τα δύο περιβαλλοντικά προβλήματα ενώ με κάποια ερωτήματα που διατυπώνονται, οι μαθητές εκφράζουν τις σκέψεις, τα συναισθήματα και τους προβληματισμούς τους σχετικά με αυτά. Στη συνέχεια, γίνεται μια σύντομη αναφορά στο πεδίο και το αντικείμενο μελέτης της NET με την προβολή ενός video. Ακολουθεί η διαπραγμάτευση της έννοιας του μεγέθους και της κλίμακας, που κρίνεται σημαντική για την κατανόηση των εφαρμογών που θα εξερευνήσουν στη συνέχεια οι μαθητές. Η εξοικείωση με το μέγεθος και την κλίμακα γίνεται μέσω μιας δραστηριότητας ταξινόμησης καρτών που απεικονίζουν αντικείμενα – ορόσημα κάθε κλίμακας.

Από το σημείο αυτό, το Δ6 διακρίνεται σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος, οι μαθητές επεξεργάζονται μια προσομοίωση εφαρμογής της NET για τον καθαρισμό του νερού από μικροοργανισμούς αξιοποιώντας ενεργό άνθρακα ενώ ακολουθεί η φάση της επεξεργασίας με την ανάλυση επιχειρημάτων από ποικίλους φορείς και ένα παιχνίδι ρόλων. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές παίρνοντας το ρόλο του ερευνητή της NET, του επιχειρηματία, του πρωθυπουργού μιας χώρας της Αφρικής και του πολίτη, συζητούν με βάση επιχειρήματα που τους δίνονται για τα οφέλη και τους περιορισμούς της εφαρμογής, και προσπαθούν να καταλήξουν σε κάποιο συμπέρασμα αναφορικά με τη χρησιμότητά της στην αντιμετώπιση του προβλήματος έλλειψης πόσιμου νερού.

Ακολουθεί το δεύτερο μέρος του Δ6, στο οποίο οι μαθητές εισάγονται στο ζήτημα των ρύπων στις μεγαλουπόλεις μέσα από τα δεδομένα που συλλέγουν «σκανάροντας» τα κτήρια μιας μακέτας. Μετά τη συλλογή των δεδομένων, παρατηρούν ότι γύρω από ένα κτήριο οι τιμές συγκέντρωσης του CO₂ είναι πολύ πιο χαμηλές συγκριτικά με τις τιμές των άλλων κτηρίων και αρχίζουν να αναρωτιούνται τι διαφορετικό μπορεί να συμβαίνει. Ακολουθεί ένα πείραμα

σύγκρισης των αποτελεσμάτων αλληλεπίδρασης μιας συμβατικής βαφής και μιας νανο – βαφής με το φως. Οι μαθητές διαπιστώνουν τις διαφοροποιήσεις στο χρώμα των βαφών έπειτα από την έκθεσή τους στον ήλιο. Στη συνέχεια τους δίνεται η πληροφορία ότι η βαφή περιέχει νανοσωματίδια TiO_2 καθώς και ένα σχεδιάγραμμα που αποτυπώνει τη διαδικασία της φωτοκατάλυσης προκειμένου να μπορέσουν να καταλήξουν σε ένα συμπέρασμα σχετικά με τη λειτουργία της νανο - βαφής. Έπειτα, οι μαθητές καλούνται να συζητήσουν για την ενδεχόμενη συνεισφορά αυτής της βαφής στην αντιμετώπιση του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Τέλος, στη φάση της επεξεργασίας, οι μαθητές αναλύοντας μια συνέντευξη των ερευνητών του Ινστιτούτου Τεχνολογίας και Έρευνας (ΙΤΕ) του Ηρακλείου Κρήτης σχετικά με την ανάπτυξη της συγκεκριμένης εφαρμογής προσπαθούν να αποτυπώσουν την επίδρασή της σε ποικίλους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Τέλος, ως κορυφαία δραστηριότητα όλου του Δ6, οι μαθητές καλούνται να διατυπώσουν τη θέση τους αναφορικά με τη συνεισφορά αυτών των εφαρμογών της NET στην αντιμετώπιση της μόλυνσης του περιβάλλοντος.

Συνοπτικά το Δ6 παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.13):

Πίνακας 7.13. Συνοπτική περιγραφή του Δ6		
Φάση διδασκαλίας	Περιεχόμενο	Δραστηριότητες
Εμπλοκή	- Εισαγωγή στα δύο περιβαλλοντικά ζητήματα α. της έλλειψης πόσιμου νερού στην Αφρική και β. της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις μεγαλουπόλεις	- Εικόνες - Ερωτήσεις & συζήτηση
	- Ανάλυση δεδομένων σχετικά με ατμοσφαιρική ρύπανση	- Μακέτα - Ερωτήσεις & συζήτηση
Εξερεύνηση & Επεξήγηση	- Αντικείμενο NET	- Προβολή video - Ερωτήσεις & συζήτηση
	- Μέγεθος και Κλίμακα	- Ταξινόμηση καρτών με μεγέθη και αντικείμενα ορόσημα κάθε κλίμακας
	- Επεξεργασία εφαρμογής NET για καθαρισμό νερού	- Πειραματική διαδικασία - Ερωτήσεις & συζήτηση
	- Επεξεργασία εφαρμογής NET για ατμοσφαιρική πίεση	- Πειραματική διαδικασία - Ερωτήσεις & συζήτηση
Επεξεργασία	- Έκφραση απόψεων	- Παιχνίδι ρόλων
	- Ανάλυση χρησιμότητας εφαρμογών NET	- Ανάλυση άρθρων από εφημερίδα - Ερωτήσεις & συζήτηση
	- Διατύπωση τελικής θέσης	- Ερωτήσεις & συζήτηση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

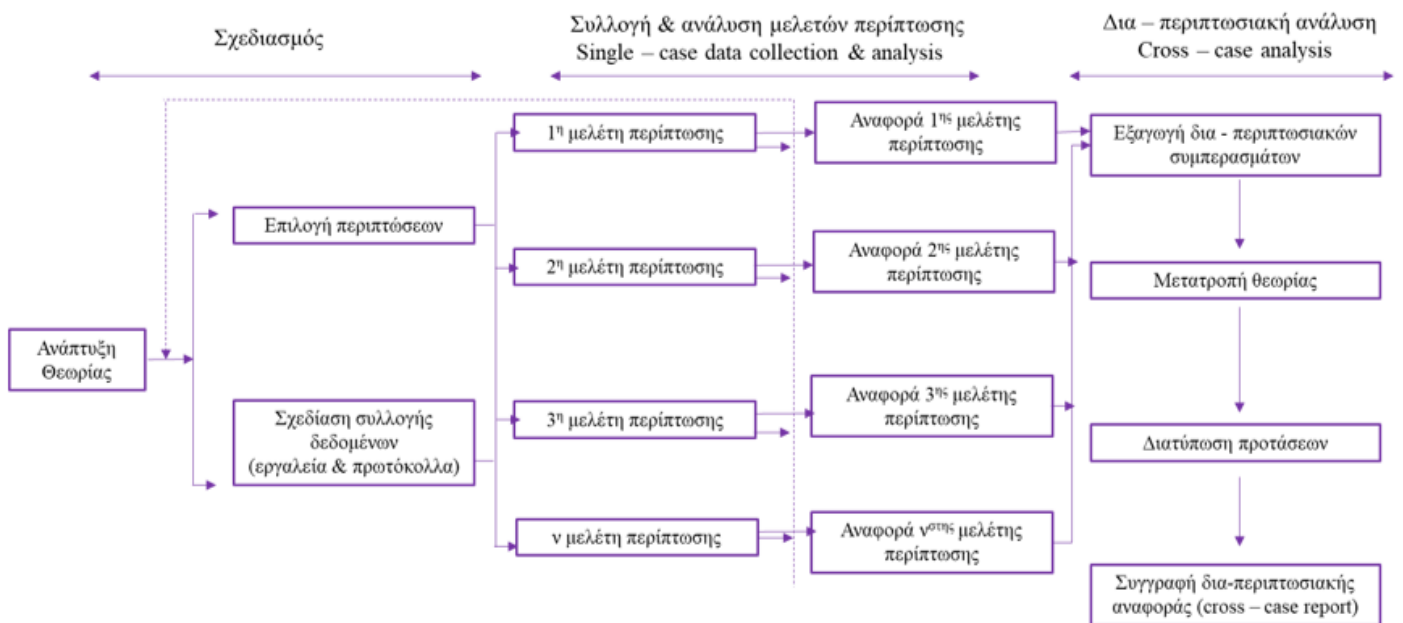
Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται ο μεθοδολογικός σχεδιασμός της κυρίως εμπειρικής έρευνας που διενεργήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διατριβής (υποενότητα 8.1) καθώς και ο ρόλος της ερευνήτριας κατά τη διεξαγωγή της έρευνας (υποενότητα 8.2). Έπειτα αναλύονται τα στοιχεία εκείνα που διασφαλίζουν την εγκυρότητα και αξιοπιστία της έρευνας (υποενότητα 8.3) και περιγράφονται τα εργαλεία συλλογής των δεδομένων (υποενότητα 8.4 και παραρτήματα V έως VII). Τέλος, περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την ανάλυση των δεδομένων καθώς και οι κατηγορίες που διαμορφώθηκαν ανά άξονα ανάλυσης (υποενότητα 8.5 και παραρτήματα VIII έως XI).

8.1. Πολλαπλές μελέτες περίπτωσης (Multiple – case studies)

Η πορεία σχεδιασμού και ανάπτυξης του ΚΕΖ διδακτικού υλικού από καθένα από τους συμμετέχοντες φοιτητές θεωρήθηκε ως μια ξεχωριστή μελέτη περίπτωσης (case study). Ως μελέτη περίπτωσης θεωρείται «η εμπειρική έρευνα που εξετάζει ένα περιστατικό εν τη εξελίξει του με στόχο να σκιαγραφήσει μια γενικότερη κατάσταση» (Cohen et al., 2007). Ο ερευνητής μιας μελέτης περίπτωσης παρατηρεί τα χαρακτηριστικά μιας μονάδας – για παράδειγμα ενός μαθητή, ενός εκπαιδευτικού, μιας σχολικής τάξης, μιας σχολικής μονάδας, μιας κοινότητας κλπ. – με στόχο να εξερευνήσει και να αναλύσει συστηματικά τα πολύπλοκα φαινόμενα που συνθέτουν τον κύκλο ζωής της μονάδας ώστε να προβεί σε γενικεύσεις σχετικά με τον ευρύτερο πληθυσμό στον οποίο ανήκει αυτή η μονάδα (Cohen et al., 2007). Το βασικό πλεονέκτημα της μελέτης περίπτωσης ως ερευνητικός σχεδιασμός, λόγω της μεγάλης χρονικής της διάρκειας, είναι ότι παρέχει στον εκάστοτε ερευνητή τη δυνατότητα να αποτυπώσει μοναδικά χαρακτηριστικά τα οποία αποτελούν το «κλειδί» για την κατανόηση του υπό εξέταση φαινομένου και τα οποία σε άλλες έρευνες, με μεγαλύτερης κλίμακας δεδομένα, μπορεί να χανόταν (Cohen et al., 2007).

Στην περίπτωση όπου μια έρευνα εξετάζει περισσότερες από μια μελέτες περίπτωσης, τότε αναφερόμαστε σε ερευνητικό σχεδιασμό με πολλαπλές μελέτες περίπτωσης – *Multiple – case study* (Stake, 2013; Yin, 2012). Η παρούσα διατριβή επομένως, δεδομένου ότι εξετάζει έξι διαφορετικές μελέτες περίπτωσης, αφορά σε αυτό το είδος ερευνητικού σχεδιασμού. Η διαδικασία σχεδιασμού μιας έρευνας με πολλαπλές μελέτες περίπτωσης αποτυπώνεται στο παρακάτω σχήμα (Yin, 2012) (Σχήμα 8.1).

Σύμφωνα λοιπόν με τον Yin (2012), ο εκάστοτε ερευνητής, έχοντας ως αφετηρία το θεωρητικό πλαίσιο στο οποίο βασίζεται, προχωρά στην επιλογή των μεμονωμένων περιπτώσεων που πρόκειται να μελετήσει καθώς και στο σχεδιασμό του τρόπου και των εργαλείων συλλογής των δεδομένων. Στη συνέχεια, κάθε μεμονωμένη περίπτωση εξετάζεται ξεχωριστά και επομένως από κάθε μια προκύπτουν συγκεκριμένα αποτελέσματα και συμπεράσματα. Στη συνέχεια εξετάζεται ο βαθμός «επαναληψιμότητας» (*replication*) αυτών των αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων μεταξύ των επιμέρους περιπτώσεων (*cross – case analysis*) προκειμένου να «ενημερωθεί» η υπάρχουσα θεωρία.



Σχήμα 8.1. Η μεθοδολογία των πολλαπλών μελετών περίπτωσης - *multiple case study* (Yin, 2012)

Στην παρούσα έρευνα, αρχικά επιλέχθηκαν οι έξι περιπτώσεις που θα εξετάζονταν (υποενότητα 7.2 και 7.4) και στη συνέχεια διαμορφώθηκαν τα εργαλεία συλλογής των δεδομένων (υποενότητα 8.4 και παραρτήματα V έως VII). Έπειτα, συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν τα δεδομένα για κάθε μια από τις έξι περιπτώσεις ξεχωριστά (κεφάλαιο 9 – υποενότητες 9.1 ως 9.6). Στη συνέχεια, εξετάστηκαν τα πιθανά μοτίβα ανάμεσα στις μεμονωμένες περιπτώσεις προκειμένου αφενός να διαπιστωθούν τα κοινά σημεία και οι διαφοροποιήσεις μεταξύ των περιπτώσεων (*cross – case analysis*) (κεφάλαιο 9 – υποενότητες 9.7 και 9.8) και αφετέρου να διατυπωθούν τα συμπεράσματα (κεφάλαιο 10).

8.2. Ο ρόλος της ερευνήτριας

Κατά τη διάρκεια υλοποίησης της εμπειρικής έρευνας, ο ρόλος της ερευνήτριας ήταν διττός καθώς πέρα από την ερευνητική της ιδιότητα, είχε ταυτόχρονα την ιδιότητα του «μέντορα» των φοιτητών κατά τη διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης του ΚΕΖ διδακτικού τους υλικού.

Συγκεκριμένα, κατά την πρώτη φάση της έρευνας (υποενότητα 7.3), η ερευνήτρια, οργάνωσε και υλοποίησε τις συζητήσεις και τις δραστηριότητες που έλαβαν χώρα προκειμένου οι φοιτητές να γνωρίσουν και να εξοικειωθούν αφενός με το επιστημονικό περιεχόμενο της NET και αφετέρου με το πλαίσιο της κοινωνικοεπιστημονικής προσέγγισης στη διδασκαλία των ΦΕ. Κατά τη δεύτερη φάση της έρευνας δηλαδή κατά τη φάση του σχεδιασμού και της ανάπτυξης του ΚΕΖ διδακτικού υλικού από τους φοιτητές, η ερευνήτρια έχοντας το ρόλο του «μέντορα» των φοιτητών, πραγματοποιούσε τακτικές ατομικές συναντήσεις μαζί τους (8 συναντήσεις με τον εκάστοτε συμμετέχοντα φοιτητή). Κατά τη διάρκεια αυτών των συναντήσεων, οι φοιτητές παρουσίαζαν τις σκέψεις τους και τις ιδέες τους και εξέφραζαν ενδεχόμενες απορίες και δυσκολίες σχετικά με το περιεχόμενο, τις κοινωνικές πτυχές της NET αλλά και τη δόμηση ΚΕΖ δραστηριοτήτων. Η ερευνήτρια από την πλευρά της παρείχε στους φοιτητές ανατροφοδότηση και έδινε διευκρινίσεις αναφορικά με τους προβληματισμούς που αυτοί εξέφραζαν ώστε να μπορούν να εξελίσσουν την εργασία τους, προσπαθώντας παράλληλα να μην τους παρέχει «έτοιμες» απαντήσεις στα ζητήματα και τις προκλήσεις που αντιμετώπιζαν. Ταυτόχρονα, κατά τη διάρκεια αυτών των συναντήσεων η ερευνήτρια έθετε στους συμμετέχοντες φοιτητές κατάλληλα ερωτήματα προκειμένου να κατανοήσει τους λόγους που οδήγησαν τους φοιτητές σε συγκεκριμένες επιλογές κατά την ανάπτυξη του ΚΕΖ διδακτικού τους υλικού. Ο συμμετοχικός αυτός ρόλος της ερευνήτριας στην πορεία σχεδιασμού και ανάπτυξης του ΚΕΖ διδακτικού υλικού σε συνδυασμό με τη μεγάλη χρονική διάρκεια της έρευνας έδωσε τη δυνατότητα να αποκτήσει μια πιο ολοκληρωμένη οπτική και πολύπλευρη κατανόηση της εξέλιξης της διαδικασίας σχεδιασμού και ανάπτυξης του ΚΕΖ διδακτικού υλικού από τους φοιτητές.

Στην ενότητα που ακολουθεί (υποενότητα 8.3) αναλύονται οι προσεγγίσεις που αξιοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα προκειμένου να εξασφαλιστεί η εγκυρότητα και η αξιοπιστία της.

8.3. Εγκυρότητα και αξιοπιστία έρευνας

Η ποιότητα μιας ερευνητικής διαδικασίας και των δεδομένων που συλλέγονται από αυτή μπορεί να ενισχυθεί μέσα από την αξιοποίηση ποικίλων προσεγγίσεων κατά τις διαδικασίες συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων. Στην παρούσα έρευνα, για την ενίσχυση της εγκυρότητας των ευρημάτων αξιοποιήθηκαν οι ακόλουθες προσεγγίσεις:

Τριγωνοποίηση πηγών. Τα δεδομένα της παρούσας έρευνας συλλέχθηκαν μέσα από την αξιοποίηση διαφορετικών μέσων συλλογής δεδομένων που αποσκοπούσαν στην διερεύνηση παρόμοιων ζητημάτων από διαφορετικές σκοπιές. Για παράδειγμα, δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω των ηχογραφήσεων όλων των συναντήσεων με τους συμμετέχοντες φοιτητές, την πραγματοποίηση ημι-δομημένων συνεντεύξεων σε διαφορετικές φάσεις της έρευνας, των διδακτικών σεναρίων που ανέπτυξαν οι φοιτητές κοκ. Για αναλυτική περιγραφή των εργαλείων συλλογής των δεδομένων βλ. υποενότητα 8.4.

Χρονική διάρκεια. Η συλλογή των δεδομένων στην παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια ενός ακαδημαϊκού έτους (2019 - 2020) ενώ η εφαρμογή του διδακτικού υλικού έβαλε χώρα το χειμερινό εξάμηνο του επόμενου έτους (2020 - 2021). Η συγκέντρωση δεδομένων από το ίδιο δείγμα σε βάθος χρόνου θεωρείται ότι ενισχύει την εγκυρότητα και την αξιοπιστία των δεδομένων μιας και η καταγραφή τους δεν πραγματοποιείται στιγμιαία αλλά λαμβάνει υπόψη ότι η εξέλιξη και αλλαγή πρακτικών και συμπεριφορών απαιτούν χρόνο (Cohen et al., 2007).

Συνεξέταση δεδομένων με έμπειρους ερευνητές. Κατά τη διάρκεια της ανάλυσης και ερμηνείας των δεδομένων πραγματοποιήθηκε συνεξέταση μέρους των δεδομένων με τον επιβλέποντα καθηγητή της παρούσας έρευνας καθώς και με μια καθηγήτρια του τομέα της εκπαίδευσης φοιτητών στη διαπραγμάτευση ΚΕΖ. Έμφαση δόθηκε στα σημεία τα οποία η ερμηνεία και η κατηγοριοποίηση των δεδομένων ήταν αμφισβητήσιμη. Σκοπός ήταν μέσα από τη ρητή συζήτηση γύρω από τα αμφιλεγόμενα αυτά σημεία να επέλθει συμφωνία και τα δεδομένα να κατηγοριοποιηθούν αναλόγως.

Παρουσία ερευνητή. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω (υποενότητα 8.2), ο διττός ρόλος της ερευνήτριας στην παρούσα έρευνα – ερευνήτρια και «μέντορας» των συμμετεχόντων φοιτητών – έδωσε τη δυνατότητα στην ερευνήτρια να συλλέξει λεπτομερή στοιχεία αναφορικά με τη διαδικασία και τις επιλογές των φοιτητών κατά τη διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης του ΚΕΖ διδακτικού τους υλικού. Η στενή συνεργασία της ερευνήτριας με τους φοιτητές, για

μεγάλο χρονικό διάστημα, συνέβαλε στη διαμόρφωση μιας σχέσης εμπιστοσύνης ανάμεσα τους και εξάλειψε την επιρροή της ιδιότητας του ερευνητή στη συμπεριφορά των φοιτητών. Έτσι, κατέστη δυνατή η καταγραφή των πραγματικών συνθηκών και παραγόντων που καθόρισαν την πορεία ανάπτυξης του ΚΕΖ διδακτικού υλικού από τους φοιτητές.

8.4. Συλλογή δεδομένων

Τα εργαλεία συλλογής δεδομένων της έρευνας ήταν τα ακόλουθα:

1. Μια **αρχική συνέντευξη** (Παράτημα V) που πραγματοποιήθηκε ατομικά με καθένα από τους συμμετέχοντες φοιτητές, πριν από την έναρξη της φάσης Α της έρευνας. Στα πλαίσια της αρχικής συνέντευξης, δόθηκε στους φοιτητές ένα κείμενο σχετικά με τις αμφιλεγόμενες και αντικρουόμενες απόψεις που συχνά ακούγονται γύρω από τις αιτίες της κλιματικής αλλαγής. Συγκεκριμένα στο κείμενο παρουσιάζεται αφενός η άποψη γύρω από τις ανθρωπογενείς αιτίες της κλιματικής αλλαγής και αφετέρου περιγράφεται η άποψη ότι η κλιματική αλλαγή είναι αποτέλεσμα φυσικών διεργασιών. Στη συνέχεια και με βάση αυτό το κείμενο – σενάριο πραγματοποιήθηκε μια ημι – δομημένη συνέντευξη προκειμένου να διαπιστωθούν οι αρχικές ιδέες των φοιτητών σχετικά:

- με τον τρόπο διαχείρισης αμφιλεγόμενων ζητημάτων στη διδασκαλία των ΦΕ
- με την ερμηνεία της έλλειψης ομοφωνίας εντός της επιστημονικής κοινότητας σχετικά με επιστήμες και τεχνολογίες αιχμής

Τόσο για τη διαμόρφωση του σεναρίου όσο και των ερωτήσεων που ακολούθησαν βασιστήκαμε στη βιβλιογραφία (Erduran & Kaya, 2019; Khishfe et al., 2017; Sadler et al., 2004; Topcu et al., 2010) (Παράτημα V).

2. Οι **ηχογραφήσεις όλων των συναντήσεων ολομέλειας** (6 συναντήσεις) που έλαβαν χώρα δια ζώσης κατά την πρώτη φάση της έρευνας.

3. Οι **ηχογραφήσεις των ατομικών συναντήσεων** που έλαβαν χώρα με καθένα από τους συμμετέχοντες φοιτητές (8 συνεντεύξεις ανά συμμετέχοντα φοιτητή) κατά τη δεύτερη φάση της έρευνας.

4. Τα **ΚΕΖ διδακτικά σενάρια** που σχεδίασαν και ανέπτυξαν οι φοιτητές. Κάθε διδακτικό σενάριο αποτελείται από ένα αναλυτικό σχέδιο διδασκαλίας και το ψηφιακό φύλλο εργασίας που το συνοδεύει. Στο σχέδιο διδασκαλίας περιγράφεται η στοχοθεσία, τα υλικά και η

διαδικασία υλοποίησης κάθε δραστηριότητας που διαμορφώθηκε. Συνοπτική περιγραφή των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων περιλαμβάνεται στην υποενότητα 7.4.

5. Μια **ημι – δομημένη συνέντευξη** (Παράρτημα VI) μετά την ολοκλήρωση της ανάπτυξης των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων από τους φοιτητές. Κατά τη διάρκεια αυτής της συνέντευξης που είχε αναστοχαστικό χαρακτήρα:

- Καταγράφηκαν οι αντιλήψεις τους για την θέση των ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ
- Δόθηκαν διευκρινίσεις από τους φοιτητές σχετικά με τη στοχοθεσία των δραστηριοτήτων, τη δομή του ΚΕΖ διδακτικού σεναρίου που διαμόρφωσαν και των πηγών που αξιοποίησαν
- Καταγράφηκαν οι δυσκολίες που διαπίστωσαν οι φοιτητές ότι βίωσαν κατά τη διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων

6. Μια **ημι – δομημένη τελική συνέντευξη** (Παράρτημα VII) μετά το τέλος της εφαρμογής του εκάστοτε υλικού εξ αποστάσεως σε μαθητές (φάση Γ της έρευνας). Η συνέντευξη αυτή ήταν επικεντρωμένη:

- Στην ανταπόκριση των μαθητών στις ποικίλες δραστηριότητες
- Σε πιθανές αλλαγές – τροποποιήσεις στο διδακτικό σενάριο

Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 8.2) αποτυπώνεται συνοπτικά το χρονοδιάγραμμα λήψης των ερευνητικών δεδομένων:



Σχήμα 8.2. Το χρονοδιάγραμμα συλλογής των δεδομένων

Οι ηχογραφήσεις όλων των συναντήσεων καθώς και οι συνεντεύξεις απομαγνητοφωνήθηκαν λέξη προς λέξη.

8.5. Ανάλυση δεδομένων

Σκοπός της έρευνας όπως έχει ήδη αναφερθεί (υποενότητες 1.1 & 7.1) είναι να διερευνηθεί πώς οι βασικές συνιστώσες μιας διδασκαλίας αντανακλώνται στα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια που σχεδιάζουν και αναπτύσσουν οι φοιτητές ΠΤΔΕ. Συγκεκριμένα, εξετάστηκαν (Πίνακας 8.1):

- α. Οι θεματικές περιοχές που θίγονται μέσα από τις δραστηριότητες των διδακτικών σεναρίων
- β. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων των διδακτικών σεναρίων
- γ. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στα διδακτικά σενάρια
- δ. Ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στα διδακτικά σενάρια

Πίνακας 8.1. Άξονες ανάλυσης και επιμέρους διαστάσεις		
ΑΞΟΝΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	Τύποι ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων	Θεματικές περιοχές
		Στοχοθεσία
		Διδακτικές πρακτικές
		Τύπος ερωτημάτων

Λόγω του διερευνητικού χαρακτήρα της έρευνας για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν ποιοτικές μέθοδοι ανάλυσης περιεχομένου (Mayring, 2015).

Πιο αναλυτικά, αρχικά πραγματοποιήθηκε η κωδικοποίηση των δεδομένων κάθε μελέτης περίπτωσης ξεχωριστά με στόχο να οργανωθούν τα δεδομένα και να αναδειχθούν οι κωδικοί εκείνοι που είχαν νόημα για το υπό εξέταση ερευνητικό ερώτημα. Στη συνέχεια, συγκεντρώνοντας τους κωδικούς και συνδυάζοντάς τους, αναζητήθηκαν πιθανά μοτίβα που προεκύπταν μέσα από τα δεδομένα και διαμορφώθηκαν οι κατηγορίες για κάθε συμμετέχοντα φοιτητή. Οι κατηγορίες που προέκυψαν ήταν αποτέλεσμα τόσο top – down προσεγγίσεων σχηματισμού κατηγοριών βάση της σχετικής βιβλιογραφίας όσο και bottom – up μεθόδων ανάδυσης νέων κατηγοριών από τα δεδομένα. Κατηγορίες διαμορφώθηκαν για καθένα από τους άξονες ανάλυσης (Πίνακας 8.1). Στη συνέχεια, εξετάζοντας τις ομοιότητες και τις διαφορές στα αποτελέσματα ανά άξονα σε κάθε μια από τις έξι μελέτες περίπτωσης προέκυψαν τα θέματα της δια – περιπτωσιακής ανάλυσης (cross – case analysis).

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η διαδικασία ανάλυσης και η κατηγοριοποίηση για κάθε έναν από τους άξονες διακριτά.

8.5.1. Οι θεματικές περιοχές των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί (κεφάλαιο 2), τα ΚΕΖ εμπλέκουν γνώσεις από ποικίλα πεδία, τα οποία κρίνεται σημαντικό να λαμβάνει κανείς υπόψη προκειμένου να αναπτύξει ενήμερη επιχειρηματολογία σχετικά με το υπό εξέταση ζήτημα. Αρκετοί ερευνητές μάλιστα επισημαίνουν ότι είναι σημαντικό κατά την εκπαιδευτική διαδικασία οι μαθητές να έρχονται σε επαφή τόσο με τις επιστημονικές όσο και με τις μη επιστημονικές πτυχές του ζητήματος προκειμένου να μπορέσουν να διαμορφώσουν μια πιο ολιστική εικόνα για αυτό (πχ. Christenson et al., 2015; Kolsto et al., 2006). Με βάση λοιπόν το μοντέλο SEE – SEP που προτάθηκε από τους Rundgren & Rundgren (2010) (Σχήμα 2.2) αλλά και βάσει των στοιχείων που προέκυψαν από τα δεδομένα της παρούσας έρευνας διαμορφώθηκαν δύο ευρύτερες κατηγορίες θεματικών περιοχών: η επιστήμη και η κοινωνία (Πίνακας 8.2). Πιο αναλυτικά:

- Στην κατηγορία *επιστήμη* εντάχθηκε κάθε αναφορά ή ερώτημα του διδακτικού σεναρίου που αφορά αφενός σε έννοιες, εφαρμογές ή μεγάλες ιδέες της NET και σε έννοιες αρχές και φαινόμενα σχετικά με το ευρύτερο επιστημονικό αντικείμενο του εκάστοτε διδακτικού σεναρίου και αφετέρου σε αβεβαιότητες και αντικρουόμενες επιστημονικές απόψεις γύρω από σύγχρονα επιστημονικά αντικείμενα.
- Στην κατηγορία *κοινωνία* εντάχθηκε κάθε αναφορά ή ερώτημα του διδακτικού σεναρίου που αναφερόταν σε κάποιο κοινωνικό πρόβλημα, σε ενδεχόμενα οφέλη και κινδύνους ή και πιθανά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μιας εφαρμογής για τις κοινωνικές πτυχές α. περιβάλλον, β. οικονομία, γ. πολιτική και δ. υγεία.

Κατηγορίες	Υποκατηγορίες
Επιστήμη	Επιστημονικό περιεχόμενο NET
	Επιστημονικό περιεχόμενο εκτός NET
	Αβεβαιότητες σύγχρονων επιστημονικών αντικειμένων και εφαρμογών
Κοινωνία	Περιβάλλον
	Οικονομία
	Πολιτική
	Υγεία

*Αναλυτικά η κατηγοριοποίηση με την περιγραφή των κατηγοριών και των υποκατηγοριών και ενδεικτικά παραδείγματα παρατίθεται στο Παράρτημα VIII.

Μετά τον προσδιορισμό των κατηγοριών και την κατηγοριοποίηση του συνόλου των δεδομένων που αφορούν σε αυτόν τον άξονα ανάλυσης καταμετρήθηκαν οι απόλυτες συχνότητες εμφάνισης των αναφορών και ερωτημάτων ανά κατηγορία. Ωστόσο, λόγω του διαφορετικού αριθμού αναφορών και ερωτημάτων σε καθένα από τα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια, για να καταστούν συγκρίσιμα τα αποτελέσματα, υπολογίστηκε το εκατοστιαίο ποσοστό των συχνοτήτων ανά κατηγορία και διδακτικό σενάριο.

8.5.2. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων

Για τον προσδιορισμό της στοχοθεσίας των δραστηριοτήτων που εντάσσονται στο εκάστοτε ΚΕΖ διδακτικό σενάριο εξετάστηκαν τα σχέδια μαθήματος που ανέπτυξαν οι συμμετέχοντες φοιτητές σε συνδυασμό με τη στοχοθεσία που ανέφεραν για κάθε μια από τις δραστηριότητες τόσο κατά τη διάρκεια των ατομικών συναντήσεων όσο και κατά την ημι – δομημένη συνέντευξη.

Για την κατηγοριοποίηση της στοχοθεσίας των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων στηριχθήκαμε στο εύρος της στοχοθεσίας μιας ΚΕΖ διδασκαλίας όπως αυτό περιγράφεται από τους Simonneaux (2014) και τους Sadler et al. (2007) (κεφάλαιο 3 – υποενότητα 3.2 – Σχήμα 3.1). Η κατηγοριοποίηση των δεδομένων της παρούσας έρευνας παρουσιάζεται συνοπτικά στον Πίνακα 8.3.

Πίνακας 8.3. Κατηγοριοποίηση της στοχοθεσίας των δραστηριοτήτων	
Κατηγορίες	Υποκατηγορίες
Εξοικείωση με επιστημονικό περιεχόμενο	Εξοικείωση με θεμελιώδεις έννοιες NET
	Εξοικείωση με εφαρμογές NET
	Εξοικείωση με έννοιες εκτός NET
Καλλιέργεια πρακτικών ΚΕΖ συλλογιστικής (<i>Socioscientific reasoning practices</i>)	Αναγνώριση πολυπλοκότητας ΚΕΖ (<i>SSI – complexity</i>)
	Ανάλυση ποικίλων οπτικών (<i>Perspective taking</i>)
	Αναγνώριση διαρκούς έρευνας γύρω από ένα ΚΕΖ (<i>On – going inquiry</i>)
	Αξιολόγηση πηγών & πληροφοριών (<i>Employ skepticism</i>)
Διατύπωση προσωπικής θέσης – Λήψη απόφασης (<i>Positioning – Decision making</i>)	

*Αναλυτικά η κατηγοριοποίηση με την περιγραφή των κατηγοριών και των υποκατηγοριών και ενδεικτικά παραδείγματα παρατίθεται στο Παράρτημα ΙΧ.

Στη συνέχεια, καταμετρήθηκε ο αριθμός των δραστηριοτήτων που έθεταν τους παραπάνω στόχους. Μια δραστηριότητα μπορεί να στόχευε σε περισσότερους από έναν στόχους και ως εκ τούτου κατηγοριοποιήθηκε σε παραπάνω από μια κατηγορίες.

8.5.3. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στα διδακτικά σενάρια

Για τον προσδιορισμό των διδακτικών πρακτικών που υιοθετούνται στο εκάστοτε ΚΕΖ διδακτικό σενάριο εξετάστηκαν κυρίως τα σχέδια μαθήματος που ανέπτυξαν οι συμμετέχοντες φοιτητές και στα οποία αναγράφεται αναλυτικά η διαδικασία υλοποίησης της εκάστοτε δραστηριότητας καθώς και τα αντίστοιχα ψηφιακά φύλλα εργασίας. Ουσιαστικά δηλαδή δεν εξετάστηκε ο τρόπος που εφαρμόστηκε το διδακτικό υλικό στην πράξη αλλά οι προθέσεις των φοιτητών με βάση τον τρόπο που περιέγραψαν την υλοποίηση της εκάστοτε δραστηριότητας στα σχέδια μαθήματος, στις ατομικές συναντήσεις και τις ημι – δομημένες συνεντεύξεις.

Για τη διαμόρφωση των κατηγοριών ως προς αυτόν τον άξονα ανάλυσης βασιστήκαμε στις διδακτικές πρακτικές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ότι αξιοποιούνται κατά το σχεδιασμό και υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών (κεφάλαιο 3 – υποενότητα 3.4) καθώς και στα δεδομένα που προέκυψαν από την παρούσα έρευνα. Συνεπώς, διαμορφώθηκαν οι ακόλουθες κατηγορίες (Πίνακας 8.4):

- Στην κατηγορία *παράθεση επιστημονικών πληροφοριών* εντάσσονται οι δραστηριότητες εκείνες στις οποίες οι μαθητές καλούνται να διαβάσουν πληροφορίες ή να παρακολουθήσουν ένα video προκειμένου να εξοικειωθούν με έννοιες και φαινόμενα.
- Στην κατηγορία *εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες* εντάσσονται οι δραστηριότητες εκείνες κατά τις οποίες οι μαθητές εμπλέκονται με την υλοποίηση πειραματικών διαδικασιών, με την συλλογή και ερμηνεία δεδομένων, με την ερμηνεία μοντέλων και αναλογιών κοκ.
- Στην κατηγορία *ανάλυση οφελών – κινδύνων* εντάσσονται οι δραστηριότητες εκείνες που καλούν τους μαθητές να αναλύσουν πληροφορίες σχετικά με τα συν και τα πλην προτεινόμενων λύσεων σε προβληματικές καταστάσεις ώστε να λάβουν μια απόφαση ή να διατυπώσουν τη θέση τους.
- Στην κατηγορία *ανάλυση απόψεων ποικίλων φορέων* κατηγοριοποιήθηκαν οι δραστηριότητες που καλούσαν τους μαθητές να εξετάσουν και να αναλύσουν τα επιχειρήματα ποικίλων εμπλεκόμενων φορέων γύρω από τα υπό εξέταση ζητήματα αλλά και τους λόγους ύπαρξης αυτών των διαφορετικών επιχειρημάτων. Για την

ανάλυση των απόψεων ποικίλων φορέων αξιοποιούνται άρθρα από εφημερίδες, έτοιμες απόψεις – επιχειρήματα φορέων κοκ.

- Στην κατηγορία *συζήτηση - επιχειρηματολογία* εντάχθηκαν οι δραστηριότητες εκείνες που καλούσαν τους μαθητές να εμπλακούν σε συζητήσεις και να ανταλλάξουν απόψεις με αφορμή κάποιο ερέθισμα όπως μια φωτογραφία, ένα video, εμπειρικά δεδομένα, κάποιο ερώτημα κλπ. Επιπλέον, στην ίδια κατηγορία εντάσσονται οι δραστηριότητες που καλούν τους μαθητές να εμπλακούν σε διαδικασίες debate ή παιχνίδια ρόλων και να αναπτύξουν επιχειρήματα και αντεπιχειρήματα για το υπό εξέταση ζήτημα.

Πίνακας 8.4. Κατηγοριοποίηση των διδακτικών πρακτικών	
Κατηγορίες	Κριτήρια
Παράθεση επιστημονικών πληροφοριών	- Προβολή video με επιστημονικές πληροφορίες - Ενσωμάτωση κειμένου ή/ και σχεδιαγράμματος με επιστημονικές πληροφορίες
Εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες	- Πειραματικές διαδικασίες - Ερμηνεία μοντελοποιήσεων - Ερμηνεία αναλογιών - Παρατήρηση - Ταξινόμηση
Ανάλυση οφελών – κινδύνων (<i>Cost – benefit analysis</i>)	- Ανάλυση θετικών – αρνητικών / πλεονεκτημάτων – μειονεκτημάτων μιας τεχνολογικής εφαρμογής για λήψη απόφασης
Ανάλυση απόψεων ποικίλων φορέων (<i>Stakeholder analysis</i>)	- Ανάλυση άρθρων από το διαδίκτυο για αξιολόγηση διαφορετικών απόψεων – επιχειρημάτων - Ανάλυση επιχειρημάτων διαφορετικών φορέων - Ανάλυση ιστορικών γεγονότων με βάση το ρόλο ποικίλων φορέων στην εξέλιξή τους - Χρήση ερωτημάτων για ανάλυση των λόγων ύπαρξης διαφορετικών απόψεων
Συζήτηση - Επιχειρηματολογία (<i>Discourse - Argumentation</i>)	- Debate για αντίκρουση επιχειρημάτων ή/και διαμόρφωση αντεπιχειρημάτων - Παιχνίδι ρόλων - Χρήση εικόνας, video, πληροφοριών ή/και επιστημονικών δεδομένων και μετρήσεων ως ερεθίσματα για συζήτηση - Χρήση ερωτημάτων προς απάντηση

*Αναλυτικά η κατηγοριοποίηση με την περιγραφή των κατηγοριών και ενδεικτικά παραδείγματα ανά κατηγορία παρατίθεται στο Παράρτημα ΙΧ.

Οι προαναφερθείσες διδακτικές πρακτικές, με εξαίρεση την παράθεση πληροφοριών, εντοπίζονται και στη βιβλιογραφία. Στη συνέχεια, καταμετρήθηκε ο αριθμός των δραστηριοτήτων που αξιοποιούσαν τις προαναφερθείσες διδακτικές πρακτικές. Μια δραστηριότητα μπορεί να αξιοποιούσε περισσότερες από μια διδακτικές πρακτικές και ως εκ τούτου κατηγοριοποιήθηκε σε παραπάνω από μια κατηγορίες.

8.5.4. Οι τύποι των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια

Δεδομένου ότι και τα έξι ΚΕΖ διδακτικά σενάρια που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της παρούσας διατριβής περιέχουν ποικίλα ερωτήματα που λειτουργούν ως «σκαλωσιά» για την ανάπτυξη της συλλογιστικής των μαθητών κρίθηκε σκόπιμο να αναλυθεί ο τύπος των ερωτημάτων αυτών ώστε να διαπιστωθεί το επίπεδο συλλογιστικής που προωθείται από τους φοιτητές μέσω της ενσωμάτωσής τους.

Για το σκοπό αυτό βασιστήκαμε σε ποικίλες έρευνες του τομέα της διδακτικής των ΦΕ και οι οποίες έχουν αναδείξει τη σχέση ανάμεσα στον τύπο των ερωτημάτων που διατυπώνουν οι εκπαιδευτικοί κατά τη διδασκαλία, στις γνωστικές διαδικασίες (*cognitive processes*) στις οποίες εμπλέκονται οι μαθητές αλλά και το επίπεδο συλλογιστικής και σκέψης (*level of reasoning and thinking*) που απαιτείται προκειμένου αυτά να απαντηθούν (πχ. Chambers, 2017; Chin, 2007; Chin & Osborne, 2010; Erdogan & Campbell; 2008; Oliveira, 2010; Shepardson & Pizzini, 1991; Smart & Marshall, 2013).

Πιο αναλυτικά, σύμφωνα με τον Bloom και τους συνεργάτες του (1956) υπάρχει μια σειρά από γνωστικά επίπεδα, τα οποία βρίσκονται σε μια ιεραρχία, και στα οποία μπορούν να φτάσουν οι μαθητές μέσα από την εμπλοκή τους σε δραστηριότητες. Τα επίπεδα αυτά είναι: α. η γνώση, β. η κατανόηση, γ. η εφαρμογή, δ. η ανάλυση, ε. η αξιολόγηση και στ. η δημιουργία (Anderson et al., 2001). Οι γνωστικές απαιτήσεις καθώς προχωράμε από το ένα επίπεδο στο επόμενο αυξάνονται, ξεκινώντας από το πρώτο επίπεδο όπου οι μαθητές καλούνται να αναπαράγουν γνώσεις και πληροφορίες που ήδη γνωρίζουν ή έχουν διδαχθεί και φτάνοντας στο τελευταίο επίπεδο, της δημιουργίας, όπου οι μαθητές κρίνουν και αξιολογούν όσα έμαθαν ώστε στην συνέχεια καλούνται να επιχειρηματολογήσουν για τις προσωπικές τους θέσεις, να λάβουν αποφάσεις, να προτείνουν λύσεις και να οργανώσουν και να υλοποιήσουν συλλογικές δράσεις. Αντίστοιχη ήταν και η κατηγοριοποίηση των ερωτημάτων με βάση το γνωστικό επίπεδο που προτάθηκε από τους Shepardson & Pizzini (1991). Συγκεκριμένα, δημιούργησαν τρεις κατηγορίες ερωτημάτων ανάλογα το α. αν καλούν τους μαθητές να ανακαλέσουν γνώσεις και πληροφορίες (*input questions*), β. αν καλούν τους μαθητές να αναγνωρίσουν σχέσεις

ανάμεσα σε έννοιες και δεδομένα (*processing questions*) και γ. αν οι μαθητές χρησιμοποιούν τα δεδομένα που έχουν στη διάθεσή τους ώστε να προβούν σε νέες υποθέσεις, γενικεύσεις και αξιολογήσεις (*output questions*). Κοινούς τύπους ερωτημάτων εντόπισε και ο Oliveira (2010) καθώς στην έρευνα που διεξήγαγε με εν ενεργεία εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης διατυπώθηκαν αφενός ερωτήματα στα οποία οι μαθητές καλούνται να δώσουν τις «σωστές απαντήσεις» παρουσιάζοντας και αναπαράγοντας γνώσεις που ήδη γνωρίζουν (*display questions / recall questions*) και αφετέρου ερωτήματα στα οποία οι μαθητές καλούνται να εκφράσουν εμπειρίες, απόψεις ή και πληροφορίες που θεωρούνται χρήσιμες για τη συνέχεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας (*referential questions*). Τα ερωτήματα αυτού του είδους πέρα από τις γνωστικές διαδικασίες στις οποίες ενδεχομένως να εμπλέκουν τους μαθητές, συχνά συνδέονται και με το συναισθηματικό τους τομέα μιας και οι μαθητές εκφράζουν ιδέες, αξίες, πιστεύω κλπ. Επομένως, στα μαθήματα των ΦΕ αξιοποιούνται από τη μια ερωτήματα που προάγουν χαμηλού επιπέδου γνωστικές διαδικασίες (*low – order questiong*) όπως είναι η αναπαραγωγή εννοιών και αρχών της επιστήμης (πχ.Chin, 2007; Oliveira, 2010; Smart & Marshall, 2013) και από την άλλη ερωτήματα που προάγουν ανωτέρου επιπέδου γνωστικές διαδικασίες (*higher – order questiong*) τα οποία επιτρέπουν την εμπλοκή των μαθητών με διαδικασίες διατύπωσης υποθέσεων, συλλογής και ερμηνείας εμπειρικών δεδομένων, εξαγωγής συμπερασμάτων κλπ.

Αναλύοντας επομένως τα ερωτήματα που εμπεριέχονται στα ψηφιακά φύλλα εργασίας και με βάση τις κατηγορίες ερωτημάτων που συναντώνται στη βιβλιογραφία, προέκυψαν οι εξής κατηγορίες, οι οποίες μάλιστα έχουν μια ιεραρχική σχέση μεταξύ τους:

- Ως *ερωτήματα ανάκλησης* κατηγοριοποιήθηκαν όσα ερωτήματα καλούν τους μαθητές να αναπαράγουν γνώσεις και πληροφορίες επιστημονικού περιεχομένου ή γνώσεις και πληροφορίες σχετικά με τις κοινωνικές πτυχές ενός ζητήματος, τι οποίες ήδη γνωρίζουν ή διαπραγματεύτηκαν στα πλαίσια του KEZ διδακτικού σεναρίου.
- Ως *ερωτήματα γνώμης* κατηγοριοποιήθηκαν όσα ερωτήματα καλούν τους μαθητές να εκφράσουν προσωπική γνώμη, ιδέες ή/ και να περιγράψουν προσωπικές εμπειρίες και γεγονότα.
- Ως *ερωτήματα επεξήγησης – ερμηνείας* κατηγοριοποιήθηκαν όσα ερωτήματα καλούν τους μαθητές να εξηγήσουν, να διευκρινίσουν, να ερμηνεύσουν, να εφαρμόσουν ή/και να προβλέψουν τα αποτελέσματα πειραματικών διαδικασιών ή/και τις σχέσεις ανάμεσα στις έννοιες επιστημονικού περιεχομένου και τις κοινωνικές πτυχές.

- Ως ερωτήματα αξιολόγησης κατηγοριοποιήθηκαν όσα ερωτήματα καλούν τους μαθητές να καταλήξουν σε συμπεράσματα για φαινόμενα και έννοιες επιστημονικού περιεχομένου, να επιχειρηματολογήσουν, να αξιολογήσουν, να κρίνουν, να προτείνουν λύσεις, να αποφασίσουν, να συνθέσουν στοιχεία και πληροφορίες σχετικά με ένα ΚΕΖ.

Στον παρακάτω πίνακα αποτυπώνονται συνοπτικά οι κατηγορίες που διαμορφώθηκαν (Πίνακας 8.5).

Μετά τον προσδιορισμό των κατηγοριών και την κατηγοριοποίηση του συνόλου των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στα διδακτικά σενάρια καταμετρήθηκαν οι απόλυτες συχνότητες των ερωτημάτων ανά κατηγορία. Ωστόσο, λόγω του διαφορετικού αριθμού ερωτημάτων σε καθένα από τα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια, για να καταστούν συγκρίσιμα τα αποτελέσματα, υπολογίστηκε το εκατοστιαίο ποσοστό των συχνοτήτων ανά κατηγορία και διδακτικό σενάριο.

Πίνακας 8.5. Κατηγοριοποίηση του τύπου των ερωτημάτων	
Κατηγορίες	Κριτήρια
Αξιολόγηση (Reasoning)	Όταν οι μαθητές καλούνται να: - Επιχειρηματολογήσουν - Αξιολογήσουν - Κρίνουν - Προτείνουν - Αποφασίσουν - Συνθέσουν στοιχεία και πληροφορίες
Επεξήγηση - Ερμηνεία (Explain)	Όταν οι μαθητές καλούνται να: - Εξηγήσουν / διευκρινίσουν - Ερμηνεύσουν - Εφαρμόσουν - Προβλέψουν
Γνώμη (Opinion)	Όταν οι μαθητές καλούνται να: - Εκφράσουν προσωπική γνώμη, ιδέες - Περιγράψουν προσωπικές εμπειρίες, γεγονότα
Ανάκληση (Recalling)	Όταν οι μαθητές καλούνται να: - Αναπαράγουν γνώσεις και πληροφορίες

*Αναλυτικά η κατηγοριοποίηση με την περιγραφή των κατηγοριών και ενδεικτικά παραδείγματα παρατίθεται στο Παράρτημα XI.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΜΠΕΙΡΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της κυρίως εμπειρικής έρευνας έτσι όπως προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων σύμφωνα με τη διαδικασία που περιγράφεται στο κεφάλαιο 8 της παρούσας διατριβής.

Αρχικά τα ευρήματα της έρευνας παρουσιάζονται για καθένα από τα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια που αναπτύχθηκαν ξεχωριστά (υποενότητες 9.1 έως και 9.6). Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αναφορικά με τις θεματικές περιοχές που θίγονται μέσα από τις δραστηριότητες του κάθε διδακτικού σεναρίου, τη στοχοθεσία των δραστηριοτήτων, τις διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται και τον τύπο των ερωτημάτων που ενσωματώνονται. Στο τέλος της αναλυτικής παρουσίασης των αποτελεσμάτων για καθένα από τα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια ακολουθεί μια σύνοψη αυτών.

Μετά την ολοκλήρωση της παρουσίασης των αποτελεσμάτων και για τα έξι ΚΕΖ διδακτικά σενάρια ξεχωριστά παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα αυτών (υποενότητες 9.7 και 9.8) απαντώντας με αυτόν τον τρόπο στο ερευνητικό ερώτημα της παρούσας έρευνας.

9.1. Αποτελέσματα της εμπειρικής έρευνας για το Δ1

Σε αυτή την υποενότητα περιγράφονται τα αποτελέσματα που αφορούν στο διδακτικό υλικό 1 (Δ1) που έχει θέμα «NET και προϊόντα καθημερινής χρήσης» (υποενότητα 7.4.1 – Πίνακας 7.8).

9.1.1. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ1

Στο παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.1) αποτυπώνονται οι θεματικές περιοχές στις οποίες εστιάζουν οι δραστηριότητες του Δ1:

Θεματικές περιοχές	Πτυχές	Αναφορές	Σύνολο αναφορών	Ποσοστό
Επιστήμη	Επιστημονικό περιεχόμενο NET	14	14	38.9%
Κοινωνία	Πολιτική	12	22	61.1%
	Υγεία	10		

Στις δραστηριότητες του Δ1, παρατηρούμε, επομένως, ότι θίγονται σε μεγαλύτερο βαθμό οι κοινωνικές πτυχές του υπό εξέταση θέματος σε σχέση με τις επιστημονικές του διαστάσεις. Συγκεκριμένα, ως προς τις κοινωνικές πτυχές του θέματος παρατηρείται μια επικέντρωση στον τομέα της πολιτικής και της υγείας.

Πιο αναλυτικά, ως προς τις επιστημονικές πτυχές του ζητήματος της αξιοποίησης προϊόντων NET στην καθημερινή ζωή, γίνεται κυρίως αναφορά στις θεμελιώδεις έννοιες και εφαρμογές της NET είτε μέσω παράθεσης πληροφοριών είτε μέσω ερωτημάτων. Ενδεικτικά, στο Δ1 περιλαμβάνονται ερωτήματα ή αναφορές όπως «*Ποιο πιστεύεις είναι το μέγεθος του μολυβιού σου σε νανόμετρα;*» ή «*Ας συγκρίνουμε το μέγεθος του ανθρώπινου κυττάρου με το αντικείμενο – ορόσημο της νανοκλίμακας*» τα οποία αφορούν στο μέγεθος και την κλίμακα στην νανοκλίμακα ενώ παρατίθενται και πληροφορίες σχετικά με προϊόντα της NET στην καθημερινή ζωή όπως:

Αντηλιακά Νανοτεχνολογίας

- *Συστατικά: Νάνο -TiO₂ & Νάνο-ZnO*
- *Προσφέρουν την απόλυτη προστασία από τις ακτίνες UV*
- *Είναι διάφανα και πιο αραιά*
- *Απορροφούνται καλύτερα και απλώνονται πιο εύκολα*

Αναφορικά με τις κοινωνικές πτυχές του ζητήματος χρήσης προϊόντων NET στην καθημερινή ζωή, βαρύτητα έχει δοθεί στην πτυχή της πολιτικής μέσω παράθεσης αποσπασμάτων από ήδη θεσπισμένους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης αναφορικά με το αν επιτρέπεται ή όχι η χρήση ναοσωματιδίων σε προϊόντα καθημερινής χρήσης αλλά και αναφορικά με την υποχρεωτικότητα αναγραφής της ύπαρξης ναοσωματιδίων στις ετικέτες των προϊόντων αυτών. Ενδεικτικά, αναφέρεται *«Κανονισμός έτους 2014 -Τα ναοϋλικά αντιμετωπίζονται όπως οποιοδήποτε άλλο χημικό»*. Επιπλέον, αρκετά είναι και τα ερωτήματα που τίθενται στο Δ1 και αφορούν στην επίδραση των νομοθετικών αυτών πλαισίων στην έρευνα και την βιομηχανία όπως είναι για παράδειγμα το ερώτημα *«Ποια είναι η επίδραση αυτών των κανονισμών α. στην έρευνα σχετικά με εφαρμογές της ναοτεχνολογίας και β. στην λειτουργία των εταιριών που παράγουν προϊόντα ναοτεχνολογίας ευρείας κατανάλωσης;»*.

Ως προς την πτυχή της υγείας, στο Δ1 περιλαμβάνονται αρκετές πληροφορίες σχετικά με τα οφέλη αλλά και τους κινδύνους που μπορεί να ελλοχεύουν από τη χρήση προϊόντων και εφαρμογών της NET στην υγεία του ανθρώπου τόσο εξαιτίας του γεγονότος ότι τα ναοσωματίδια κάποιων υλικών μπορεί να είναι πιο τοξικά από τα αντίστοιχα σωματίδια αυτών των υλικών σε μεγαλύτερες κλίμακες όσο και εξαιτίας του ότι τα ναοσωματίδια μπορούν να διαπερνούν τα βιολογικά όρια των ζώντων οργανισμών. Για παράδειγμα, αναφέρεται *«Ψάρια που έχουν εκτεθεί σε ναοσωματίδια έχουν εμφανίσει προβλήματα μόλις 48 ώρες μετά την έκθεσή τους. Αυτά τα ευρήματα θα πρέπει να μας προκαλούν προβληματισμό καθώς αν μπορούν τα ναοσωματίδια να διαπερνούν τα κύτταρα των οργανισμών, τότε μπορούν να εισέλθουν και στην τροφική μας αλυσίδα»* ή *«Έχουν ήδη αναφερθεί περιστατικά ανάπτυξης νόσου σε άτομα που έχουν εισπνεύσει ναοσωματίδια λόγω της τοξικότητας αυτών των σωματιδίων»*.

9.1.2. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ1

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.2) αποτυπώνεται η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ1. Συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι οι δραστηριότητες του διδακτικού υλικού στοχεύουν τόσο στην εξοικείωση των μαθητών με το επιστημονικό περιεχόμενο της NET και κυρίως τις θεμελιώδεις ιδέες της NET όσο και στην καλλιέργεια των δεξιοτήτων KEZ συλλογιστικής των μαθητών.

Πίνακας 9.2. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ1			
Στοχοθεσία		Αριθμός δραστηριοτήτων	Σύνολο
Εξοικείωση με το επιστημονικό περιεχόμενο	Θεμελιώδεις έννοιες NET	4	6
	Εφαρμογές NET	2	
Καλλιέργεια πρακτικών KEZ συλλογιστικής	Αναγνώριση πολυπλοκότητας KEZ	2	6
	Ανάλυση ποικίλων οπτικών	3	
	Αξιολόγηση εγκυρότητας	1	
Διατύπωση προσωπικής θέσης – Λήψη απόφασης		1	1

Πιο αναλυτικά, ως προς την εξοικείωση των μαθητών με το επιστημονικό περιεχόμενο της NET ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην κατανόηση του μεγέθους και της κλίμακας αλλά και στην κατανόηση της αναλογίας επιφάνειας προς όγκο για την ερμηνεία των ιδιοτήτων του υλικού που εξαρτώνται από το μέγεθος. Για παράδειγμα, στο σχέδιο μαθήματος του Δ1 αναφέρεται «*Διδακτικός στόχος δραστηριότητας: Οι μαθητές μετά το τέλος της δραστηριότητας να μπορούν να ερμηνεύουν φαινόμενα με βάση την αναλογία επιφάνειας /όγκου. Συγκεκριμένα, οι μαθητές να μπορούν να αποδώσουν τη δραστικότητα της αντίδρασης στο μέγεθος των αντιδρώντων*».

Ως προς την καλλιέργεια των πρακτικών KEZ συλλογιστικής, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην ανάγκη αναγνώρισης και ανάλυσης από τους μαθητές των ποικίλων οπτικών και απόψεων (*perspective taking*) που υπάρχουν γύρω από το υπό εξέταση ζήτημα της αξιοποίησης προϊόντων NET στην καθημερινή ζωή. Ενδεικτικά, στο σχέδιο μαθήματος αναφέρεται: «*Διδακτικός στόχος δραστηριότητας: Οι μαθητές να συνειδητοποιήσουν την ύπαρξη ποικίλων οπτικών αναφορικά με εφαρμογές και προϊόντα της νανοτεχνολογίας*». Χαρακτηριστικό είναι

και το απόσπασμα από τα λόγια του Φ1 κατά τη διάρκεια των ατομικών συναντήσεων αναφορικά με την εξοικείωση των μαθητών με τις ποικίλες οπτικές γύρω από ένα ζήτημα: «Σε αυτή τη δραστηριότητα διάλεξα να βάλω διαφορετικούς ρόλους γιατί για παράδειγμα ο ερευνητής δεν έχει την ίδια άποψη με τον επιχειρηματία όπως και του πολιτικού τα συμφέροντα δεν συμπίπτουν με αυτά του ερευνητή για παράδειγμα. Άρα τους βάζουμε όλους αυτούς για να ακουστούν όλες οι απόψεις που υπάρχουν και να καταλάβουμε πιο ολοκληρωμένα το θέμα και έπειτα τα ερωτήματα για να καταλάβουμε γιατί υπάρχουν διαφορετικές απόψεις. Εξάλλου οι απόψεις οι δικές μας μπορεί να είναι διαφορετικές και πρέπει να καταλάβουμε ποιες είναι οι διαφορές χωρίς όμως να μην αποδεχόμαστε και σεβόμαστε τις απόψεις των άλλων».

Έπειτα, σχετικά με την καλλιέργεια ΚΕΖ συλλογιστικής, δύο από τις δραστηριότητες του Δ1 στοχεύουν στο να μπορέσουν οι μαθητές να αναγνωρίσουν και να αναλύσουν τη σύνδεση του υπό εξέταση ζητήματος με τουλάχιστον άλλη μια θεματική περιοχή (εκτός της επιστήμης) γεγονός που επιτρέπει στους μαθητές να εξετάσουν ταυτόχρονα τόσο τις επιστημονικές όσο και ορισμένες από τις κοινωνικές πτυχές των ΚΕΖ που μελετούν, αναδεικνύοντας έτσι την πολυπλοκότητα των ΚΕΖ (*SSI – Complexity*). Πιο συγκεκριμένα, μέσα από δύο δραστηριότητες του Δ1 επιδιώκεται η ρητή σύνδεση της NET με την υγεία και την πολιτική αντίστοιχα. Για παράδειγμα αναφέρεται: «Διδακτικός στόχος δραστηριότητας: Οι μαθητές καλούνται να προσδιορίσουν τα όρια της ναοκλίμακας και να συσχετίσουν το μέγεθος των ναοσωματιδίων με τους συνήθεις προβληματισμούς που ακούγονται σχετικά με τις επιπτώσεις εφαρμογών της ναοτεχνολογίας στην υγεία».

Μια από τις δραστηριότητες του Δ1 έχει διπλό στόχο. Συγκεκριμένα, στοχεύει - πέρα από την αναγνώριση των ποικίλων οπτικών (*perspective taking*)- και στην καλλιέργεια της δεξιότητας ελέγχου της εγκυρότητας των πηγών και απόψεων με τις οποίες ερχόμαστε σε επαφή κατά την αναζήτηση πληροφοριών γύρω από ένα ΚΕΖ (*employ skepticism*) δεδομένου ότι η πλειοψηφία των πηγών που αξιοποιούμε για την πληροφόρησή μας σχετικά με τέτοιου είδους ζητήματα προέρχεται το διαδίκτυο και τα μέσα μαζικής ενημέρωσης. Συγκεκριμένα, στο σχέδιο μαθήματος αναφέρεται: «Επιπλέον στόχος της δραστηριότητας είναι οι μαθητές να μπορέσουν να διακρίνουν ένα επιχείρημα από τις εκάστοτε προσωπικές απόψεις χρησιμοποιώντας κριτήρια όπως ή πηγή, ο συγγραφέας κλπ.» ενώ ο Φ1 κατά τη διάρκεια των ατομικών συναντήσεων επισημαίνει: «Είναι δουλειά του εκπαιδευτικού να δώσει όλα τα άρθρα που θα βρει σχετικά με το θέμα (εν. από το διαδίκτυο) αφού αυτά διαβάζουμε ούτως ή άλλως και μετά κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας - γι' αυτό κιόλας ρωτάμε ποιες είναι οι πηγές, ποιος το έχει γράψει κλπ. - να

δούμε, είναι έγκυρο αυτό το άρθρο; Πώς μας φαίνεται εμάς; Θα το διαλέγαμε άμα θέλαμε να το χρησιμοποιήσουμε; Θα λαμβάναμε υπόψιν μας αυτά που μας λέει; Γιατί;». Τέλος, ως προς τη διατύπωση θέσης – λήψη απόφασης οι μαθητές καλούνται μέσα από τη συμμετοχή τους σε ένα παιχνίδι ρόλων να εκφράσουν απόψεις και επιχειρήματα αναφορικά με τη χρήση ή μη προϊόντων νανοτεχνολογίας.

9.1.3. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ1

Για την διαπραγμάτευση των θεματικών περιοχών που ενσωματώθηκαν στο Δ1 (υποενότητα 9.1.1) και την υλοποίηση των στόχων που τέθηκαν (υποενότητα 9.1.2), υιοθετήθηκαν ποικίλες διδακτικές πρακτικές, οι οποίες αποτυπώνονται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 9.3).

Πίνακας 9.3. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ1	
Διδακτικές πρακτικές	Αριθμός δραστηριοτήτων
Εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες	4
Ανάλυση οφελών – κινδύνων	1
Ανάλυση απόψεων ποικίλων φορέων	2
Συζήτηση – επιχειρηματολογία	4

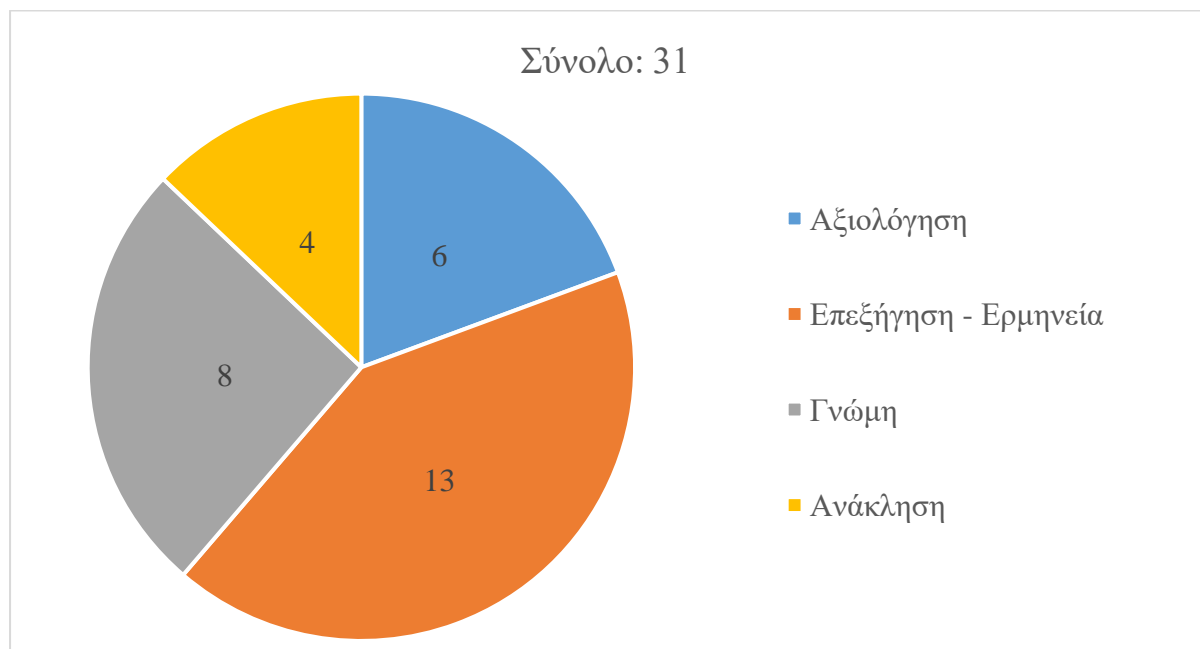
Πιο αναλυτικά, για την διαπραγμάτευση της πλειοψηφίας των ζητημάτων επιστημονικού αντικειμένου (θεματική περιοχή επιστήμη) και την υλοποίηση των στόχων σχετικά με την εξοικείωση των μαθητών με το επιστημονικό περιεχόμενο, επιδιώκεται η εμπλοκή των μαθητών σε επιστημονικές διαδικασίες. Συγκεκριμένα, στο Δ1 έχουν ενσωματωθεί δραστηριότητες στις οποίες οι μαθητές, προκειμένου να εξοικειωθούν με το μέγεθος και την κλίμακα και τις ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος, καλούνται να πειραματιστούν, να ταξινομήσουν αντικείμενα, να κάνουν μετρήσεις και συγκρίσεις, να ερμηνεύσουν αναλογίες. Σε δύο όμως από τις δραστηριότητες που περιλαμβάνουν επιστημονικές πληροφορίες υιοθετούνται διαφορετικές διδακτικές πρακτικές. Πιο συγκεκριμένα, στην εισαγωγική δραστηριότητα, αρχικά παρατίθενται στους μαθητές πληροφορίες σχετικά με τα συμβατικά αντηλιακά και τα αντηλιακά της NET και οι μαθητές στη συνέχεια καλούνται να συζητήσουν γύρω από αυτές απαντώντας σε ποικίλα ερωτήματα που τους τίθενται. Έτσι, στη συγκεκριμένη περίπτωση θεωρήθηκε ότι ακολουθήθηκε η διδακτική πρακτική της συζήτησης – επιχειρηματολογίας (*discourse – argumentation*) καθώς οι μαθητές με βάση κάποιο ερέθισμα,

καλούνται να πάρουν μέρος σε μια συζήτηση. Επίσης, σε επόμενη δραστηριότητα του Δ1 οι μαθητές καλούνται να επεξεργαστούν τις επιστημονικές πληροφορίες σχετικά με τα αντηλιακά της νανοτεχνολογίας που τους προβάλλονται μέσα από ένα video και να τις «μεταφράσουν» στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της συγκεκριμένης εφαρμογής για την υγεία του ανθρώπου προκειμένου να «ζυγίσουν» τα θετικά και τα αρνητικά και να διατυπώσουν την προσωπική τους θέση σχετικά με την αξιοποίηση αυτού του προϊόντος. Επομένως, σε αυτή την περίπτωση ακολουθήθηκε η διδακτική πρακτική της ανάλυσης οφελών – κινδύνων (*cost – benefit analysis*).

Η διδακτική πρακτική της ανάλυσης απόψεων ποικίλων φορέων (*stakeholder analysis*) υιοθετήθηκε ως πρακτική για την καλλιέργεια δεξιοτήτων ΚΕΖ συλλογιστικής μέσα από την ανάλυση άρθρων από το διαδίκτυο και τη χρήση ερωτημάτων για την ερμηνεία της ύπαρξης διαφορετικών απόψεων. Στο Δ1 η υιοθέτηση της συγκεκριμένης πρακτικής συμβάλλει τόσο στην αναγνώριση από τους μαθητές των ποικίλων φορέων που εμπλέκονται στη διαδικασία της έρευνας και παραγωγής προϊόντων ΝΕΤ (*perspective taking*), αλλά και στον έλεγχο της αξιοπιστίας των πηγών με τις οποίες ερχόμαστε σε επαφή (*employ skepticism*). Τέλος, η διδακτική πρακτική της συζήτησης – επιχειρηματολογίας (*discourse – argumentation*) αξιοποιείται – πέρα από την εξοικείωση με έννοιες επιστημονικού περιεχομένου – και για την ανάδειξη της πολυπλοκότητας των ΚΕΖ (*SSI – complexity*) και την διαμόρφωση προσωπικής θέσης γύρω από το υπό μελέτη ζήτημα. Ουσιαστικά, οι μαθητές αναλύοντας τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης αναφορικά με τη χρήση νανοσωματιδίων στα προϊόντα – οι οποίοι τους παρατίθενται και λειτουργούν ως ερέθισμα – καλούνται με τα κατάλληλα ερωτήματα «σκαλωσιά» να αναγνωρίσουν την επίδραση της πολιτικής στην έρευνα, παραγωγή και διάθεση προϊόντων ΝΕΤ ευρείας κατανάλωσης ενώ μέσα από ένα παιχνίδι ρόλων καλούνται να αναπτύξουν τα επιχειρήματά τους και να εκφράσουν τη συλλογιστική τους σχετικά με το αν θα χρησιμοποιούσαν ή όχι προϊόντα ΝΕΤ.

9.1.4. Ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ1

Στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 9.1) αποτυπώνεται ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ1 προκειμένου να διαπιστωθεί εν τέλει το επίπεδο συλλογιστικής (*level of thinking and reasoning*) που προωθείται μέσα από τις δραστηριότητες του υλικού.



Γράφημα 9.1. Η απόλυτη συχνότητα ανά τύπο ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ1

Συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι στο Δ1 ενσωματώνονται πρωτίστως ερωτήματα επεξήγησης – ερμηνείας (*explain*). Στα ερωτήματα αυτής της κατηγορίας οι μαθητές καλούνται είτε να εκφράσουν τις προβλέψεις τους όπως για παράδειγμα «*Τι νομίζετε ότι θα συμβεί αν βυθίσετε το μεγάλο ντεπόν και τα μικρότερα κομμάτια ταυτόχρονα σε δύο ποτήρια νερό;*» είτε να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα των πειραματικών διαδικασιών στις οποίες εμπλέκονται όπως για παράδειγμα «*Γιατί τα δύο δείγματα λειτουργούν διαφορετικά;*». Παράλληλα, τα ερωτήματα αυτής της κατηγορίας καλούν επίσης τους μαθητές είτε να δώσουν μια ερμηνεία σχετικά με τη σχέση ανάμεσα στις διαφορετικές πτυχές (επιστημονικές ή κοινωνικές) του υπό εξέταση ζητήματος, είτε να ερμηνεύσουν τους λόγους για τους οποίους υπάρχουν αντικρουόμενες απόψεις και επιχειρήματα αναφορικά με ένα ζήτημα. Ενδεικτικά αναφέρονται: «*Ποια η επίδραση αυτών των κανονισμών στην έρευνα σχετικά με εφαρμογές της ναυτεχνολογίας;*» ή «*Τα επιχειρήματα που συνάντησες είναι αντικρουόμενα; Αν ναι, γιατί υπάρχουν αντικρουόμενα επιχειρήματα;*»

Τα ερωτήματα διατύπωσης γνώμης (*opinion*) αποτελούν τη δεύτερη συχνότερη κατηγορία ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ1. Παρατηρούμε ότι τα ερωτήματα έκφρασης γνώμης αφορούν κυρίως τη διαπραγμάτευση των κοινωνικών πτυχών του ζητήματος της αξιοποίησης νανο – προϊόντων ευρείας κατανάλωσης. Στα ερωτήματα αυτά οι μαθητές καλούνται να εκφράσουν την άποψή τους χωρίς αιτιολόγηση βασιζόμενοι στις προσωπικές τους αντιλήψεις, εμπειρίες και πιστεύω. Ενδεικτικά, αναφέρεται: «*Θεωρείτε ότι οι εταιρίες οφείλουν να αναγράφουν τα συστατικά των προϊόντων και το μέγεθος αυτών των συστατικών;*» ή «*Εσείς τι λέτε, είναι αυστηροί ή ελαστικοί; (εν. οι κανονισμοί της Ευρωπαϊκής Ένωσης)*».

Παράλληλα συμπεριλαμβάνονται ερωτήματα αξιολόγησης. Στα ερωτήματα αυτά, οι μαθητές καλούνται να συνθέσουν πληροφορίες και δεδομένα ώστε να καταλήξουν σε συμπεράσματα. Για παράδειγμα, αναφέρεται: «*Σε ποιο συμπέρασμα καταλήγετε; (εν. αναφορικά με τη σχέση του μεγέθους και των ιδιοτήτων ενός υλικού)*». Επίσης, με βάση τα ερωτήματα αυτής της κατηγορίας οι μαθητές καλούνται να καταλήξουν σε μια απόφαση. Ενδεικτικά, αναφέρεται «*Τελικά μπορούμε να χρησιμοποιούμε προϊόντα νανοτεχνολογίας ή όχι στην καθημερινή μας ζωή;*».

Τέλος, παρατηρούμε ότι οι ερωτήσεις ανάκλησης (*recalling*) γνώσεων και πληροφοριών είναι πιο περιορισμένες. Με βάση αυτές τις ερωτήσεις οι μαθητές καλούνται να αναπαράγουν πληροφορία που είχαν ακούσει ή διδαχθεί στο παρελθόν ή να αναπαράγουν πληροφορίες από αυτές που τους παρέχονται στα πλαίσια των δραστηριοτήτων του Δ1, όπως για παράδειγμα «*Δείτε το βίντεο που σας δίνεται, και απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις: Ποιο είναι το καινούριο αυτής της επιστήμης (εν. της NET);*».

9.1.5. Σύνοψη αποτελεσμάτων για το Δ1

Συνοπτικά τα χαρακτηριστικά του Δ1 ως προς α. τις θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων, β. τη στοχοθεσία τους, γ. τις διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται και δ. τον τύπο των ερωτημάτων που διατυπώνονται, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.4).

Ως προς τις θεματικές περιοχές στις οποίες εστιάζει το Δ1 από την ανάλυση προέκυψε η διαπραγμάτευση τόσο επιστημονικών όσο και κοινωνικών πτυχών με μια εστίαση όμως στις κοινωνικές πτυχές. Ωστόσο, οι δραστηριότητες που αφορούν τις επιστημονικές πτυχές του υπό εξέταση θέματος προηγούνται των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τη διαπραγμάτευση των κοινωνικών πτυχών του. Στο Δ1 τίθενται δύο βασικοί διδακτικοί στόχοι α. η εξοικείωση με το επιστημονικό περιεχόμενο και β. η καλλιέργεια πρακτικών ΚΕΖ συλλογιστικής.

Μάλιστα υπάρχει ισορροπία ως προς τον αριθμό των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με καθέναν από τους στόχους αυτούς. Αξιοποιούνται αρκετές διδακτικές πρακτικές όπως η εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες, η ανάλυση οφελών – κινδύνων, η ανάλυση ποικίλων απόψεων φορέων και η συζήτηση - επιχειρηματολογία ανάλογα τη στοχοθεσία των δραστηριοτήτων ενώ σε συνδυασμό με τον τύπο των ερωτημάτων που τίθενται στις δραστηριότητες επιδιώκεται και η ανάπτυξη διαφορετικού επίπεδου συλλογιστικής από τους μαθητές, το οποίο αφορά τόσο στην κατανόηση εννοιών και πληροφοριών όσο και στην εφαρμογή και αξιολόγησή τους σε νέα πλαίσια.

Πίνακας 9.4. Σύνοψη των αποτελεσμάτων του Δ1

	Θεματικές περιοχές	Στοχοθεσία	Διδακτικές πρακτικές	Τύπος ερωτημάτων
Δ1	- Επιστήμη & - Κοινωνία	- Εξοικείωση με επιστημονικό περιεχόμενο	- Εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες - Ανάλυση οφελών – κινδύνων - Συζήτηση - επιχειρηματολογία	- Αξιολόγηση - Εξήγηση – ερμηνεία - Γνώμη - Ανάκληση
		- Αναγνώριση πολυπλοκότητας ΚΕΖ	- Εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες - Συζήτηση – επιχειρηματολογία	
		- Ανάλυση ποικίλων οπτικών	- Ανάλυση απόψεων ποικίλων φορέων	
		- Αξιολόγηση εγκυρότητας		
		Διατύπωση προσωπικής θέσης – Λήψη απόφασης	- Συζήτηση - επιχειρηματολογία	

9.2. Αποτελέσματα της εμπειρικής έρευνας για το Δ2

Σε αυτή την υποενότητα περιγράφονται τα αποτελέσματα που αφορούν στο διδακτικό υλικό 2 (Δ2) που έχει θέμα «NET και διάστημα» (υποενότητα 7.4.2 – Πίνακας 7.9).

9.2.1. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ2

Στο παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.5) αποτυπώνονται οι θεματικές περιοχές στις οποίες εστιάζουν οι δραστηριότητες του Δ2. Στις δραστηριότητες του Δ2 παρατηρούμε ότι οι επιστημονικές και κοινωνικές πτυχές του υπό εξέταση θέματος θίγονται σχεδόν σε ισορροπία, με μια μικρή επικράτηση των αναφορών γύρω από τις κοινωνικές πτυχές του ζητήματος της εξερεύνησης του διαστήματος και της αξιοποίησης των εφαρμογών της NET σε αυτή.

Πίνακας 9.5. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ2				
Θεματικές περιοχές	Πτυχές	Αναφορές	Σύνολο αναφορών	Ποσοστό
Επιστήμη	Επιστημονικό περιεχόμενο NET	11	21	44.7%
	Αβεβαιότητες σύγχρονων επιστημονικών αντικειμένων και εφαρμογών	10		
Κοινωνία	Οικονομία	8	26	55.3%
	Υγεία	8		
	Πολιτική	6		

Ως προς τη θεματική της επιστήμης στο συγκεκριμένο διδακτικό σενάριο δεν θίγονται μονάχα ζητήματα σχετικά με το επιστημονικό αντικείμενο της NET αλλά και σχετικά με τις αβεβαιότητες των σύγχρονων τεχνολογικών εφαρμογών. Πιο αναλυτικά, ως προς το επιστημονικό περιεχόμενο της NET περιλαμβάνονται ερωτήματα και αναφορές σχετικά με τις θεμελιώδεις ιδέες της NET για το μέγεθος και την κλίμακα και τις ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος όπως: «Πιστεύετε ότι το μέγεθος ενός υλικού μπορεί να επηρεάσει τις ιδιότητές του, όπως για παράδειγμα την ταχύτητα καύσης του;», καθώς και γενικές αναφορές σχετικά με το αντικείμενο και τις εφαρμογές της NET. Ενδεικτικά, στη τελευταία δραστηριότητα του διδακτικού σεναρίου εντοπίζεται η εξής αναφορά: «Η νανοτεχνολογία είναι ξεχωριστή για την αστροφυσική και την επιστήμη γενικά χάρη στις νέες ιδιότητες που μπορούμε να δώσουμε στα υλικά! Αυτή η δυνατότητα αλλαγής των ιδιοτήτων θα έλεγε κανείς ότι δίνει απεριόριστες

*δυνατότητες αφού μπορούμε πλέον να ανακατασκευάσουμε διάφορα πράγματα στο περιβάλλον προσδίδοντάς τους επιθυμητές ιδιότητες και χαρακτηριστικά». Εκτός από τις αναφορές στο αντικείμενο της NET, στη θεματική περιοχή της επιστήμης θίγονται σχεδόν ισότιμα και διαστάσεις σχετικές με τις αβεβαιότητες και τους περιορισμούς των τεχνολογιών έρευνας αιχμής. Για παράδειγμα στο διδακτικό σενάριο περιλαμβάνονται αναφορές όπως: «Οι περισσότερες ιδέες περί αξιοποίησής της (εν. της NET) στον τομέα της εξερεύνησης του διαστήματος, βρίσκονται ακόμα σε θεωρητικό ή πειραματικό στάδιο», οι οποίες αναφέρονται στην φύση της NET ως αντικειμένου έρευνας αιχμής (*science - in - the - making*) ενώ εντοπίζονται και ερωτήματα όπως: «Ήταν αρκετά ανεπτυγμένη η τεχνολογία για μια τέτοια αποστολή τότε; (εν. κατά την πρώτη επανδρωμένη αποστολή στο διάστημα)».*

Ως προς τις κοινωνικές πτυχές της εξερεύνησης του διαστήματος και της αξιοποίησης εφαρμογών της NET σε αυτή, στο διδακτικό σενάριο θίγονται ζητήματα πολιτικής, οικονομίας και υγείας των αστροναυτών. Η διαπραγμάτευση ζητημάτων πολιτικής δεν αφορά άμεσα την αξιοποίηση των εφαρμογών της NET στην εξερεύνηση του διαστήματος, αποτέλεσε όμως το πλαίσιο και την εισαγωγή των μαθητών στο θέμα του διδακτικού σεναρίου. Συγκεκριμένα, στο Δ2 περιλαμβάνονται στοιχεία σχετικά με την πολιτική αντιπαράθεση Αμερικής και Σοβιετικής Ένωσης για την πρώτη προσελήνωση του ανθρώπου όπως: «*Η προσελήνωση του «Αετού» (σεληνάκατος “Eagle”) στις 21 Ιουλίου 1969 ήταν κατά κάποιον τρόπο το αποκορύφωμα του Ψυχρού Πολέμου στο Διάστημα»* τα οποία οι μαθητές καλούνται να αναλύσουν ώστε να προσδιορίσουν τα ΚΕΖ εκείνης της εποχής σχετικά με την εξερεύνηση του διαστήματος.

Οι πτυχές της οικονομίας και της υγείας των αστροναυτών σχετίζονται πιο άμεσα με τις εφαρμογές της NET στην εξερεύνηση του διαστήματος. Πιο αναλυτικά, ως προς τον οικονομικό τομέα θίγονται α. ζητήματα χρηματοδοτήσεων γύρω από ερευνητικά προγράμματα της NET όπως: «*Τόσο ο ευρωπαϊκός διαστημικός σταθμός, όσο και η NASA, εδώ και πολλά χρόνια έχουν επενδύσει οικονομικά σε εφαρμογές της νανοτεχνολογίας»,* β. ζητήματα σχετικά με το μεγάλο κόστος αυτών των εφαρμογών όπως: «*Ο κλάδος της αστροφυσικής δεν αξίζει να επενδύσει στη νανοτεχνολογία καθώς η έρευνα είναι πολυδάπανη και φυσικά δεν μπορεί κανείς να είναι σίγουρος για το αν αυτή τελικώς θα αποδώσει!*» και γ. ζητήματα σχετικά με το οικονομικό κέρδος που προκύπτει μακροπρόθεσμα από την αξιοποίηση εφαρμογών της NET στην εξερεύνηση του διαστήματος.

Τέλος, στο Δ2 ο τομέας της υγείας θίγεται μέσω της ανάγκης εξασφάλισης της υγείας των αστροναυτών κατά τη διάρκεια διαστημικών ταξιδιών και για αυτό υπάρχουν αναφορές όπως:

«Στη μία εβδομάδα παραμονής τους εκεί, οι αστροναύτες έπρεπε να ελέγξουν τη λειτουργία του καρδιαγγειακού τους συστήματος γιατί γνώριζαν ότι κατά την παραμονή τους στο διάστημα η ανθρώπινη καρδιά συνήθως υπολειτουργεί και επιβραδύνει τους σφυγμούς της». Ουσιαστικά, το Δ2 αναφέρεται στα οφέλη των εφαρμογών της NET αναφορικά με τον έλεγχο της υγείας των αστροναυτών κατά την υλοποίηση διαστημικών ταξιδιών. Ενδεικτικά, αναφέρεται: «Για τον έλεγχο αυτό, οι αστροναύτες θα δοκιμάσουν για πρώτη φορά, ένα συναρπαστικό νέο εργαλείο: έναν νανο-αισθητήρα!!».

9.2.2. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ2

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.6) αποτυπώνεται η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ2. Συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι οι δραστηριότητες του διδακτικού υλικού στοχεύουν τόσο στην εξοικείωση των μαθητών με το επιστημονικό περιεχόμενο της NET και ειδικότερα τις θεμελιώδεις ιδέες της NET όσο και στην καλλιέργεια δεξιοτήτων KEZ συλλογιστικής και λήψης απόφασης.

Πίνακας 9.6. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ2			
Στοχοθεσία		Αριθμός δραστηριοτήτων	Σύνολο
Εξοικείωση με το επιστημονικό περιεχόμενο	Θεμελιώδεις έννοιες NET	2	2
Καλλιέργεια πρακτικών KEZ συλλογιστικής	Αναγνώριση πολυπλοκότητας KEZ	3	4
	Ανάλυση ποικίλων οπτικών	1	
Διατύπωση προσωπικής θέσης – Λήψη απόφασης		1	1

Πιο αναλυτικά, ως προς την εξοικείωση των μαθητών με το επιστημονικό περιεχόμενο της NET επιδιώκεται η γνωριμία των μαθητών με το μέγεθος και την κλίμακα αλλά και η κατανόηση των ιδιοτήτων που εξαρτώνται από το μέγεθος μέσα από την επεξεργασία της αναλογίας επιφάνειας προς όγκο με απώτερο σκοπό οι μαθητές να μπορέσουν να ερμηνεύσουν τη λειτουργία των εφαρμογών της NET που θα επεξεργαστούν στα πλαίσια του σεναρίου. Για παράδειγμα, στο σχέδιο μαθήματος του Δ2 αναφέρονται: «Στόχος: Στόχος μας είναι να τροποποιήσουμε τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για το μη ορατό (μέγεθος) καθώς και για την κλίμακα με επικέντρωση στην εξέταση της κλίμακας του νανόκοσμου» ενώ κατά τη διάρκεια

των ατομικών συναντήσεων ο Φ2 αναφέρει για άλλη δραστηριότητα ότι: *«Η χρήση αυτού του πειράματος και των ερωτήσεών του, στοχεύει στο να κατανοήσουν οι μαθητές την εξάρτηση των ιδιοτήτων της ύλης από το μέγεθος και να μπορέσουν μετά να συσχετίσουν αυτό που είδαν με τα νέα υλικά της NET και τις ιδιότητές τους».*

Ως προς την καλλιέργεια των πρακτικών ΚΕΖ συλλογιστικής, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην ανάγκη αναγνώρισης της πολυπλοκότητας ενός ΚΕΖ. Βασικός λοιπόν στόχος ως προς τις πρακτικές ΚΕΖ συλλογιστικής είναι οι μαθητές να αναγνωρίζουν, να αναλύουν και να συνθέτουν ένα ΚΕΖ με βάση τις θεματικές περιοχές που εμπλέκονται σε αυτό. Στο συγκεκριμένο διδακτικό σενάριο χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας δραστηριότητας αποτελεί η εισαγωγική δραστηριότητα σχετικά με την ανάλυση των κοινωνικών πτυχών γύρω από την εξερεύνηση του διαστήματος την περίοδο της πρώτης προσσελήνωσης του ανθρώπου. Ενδεικτικά στο σχέδιο μαθήματος περιλαμβάνεται η εξής αναφορά: *«Στόχος: Στόχος της δραστηριότητας αυτής, είναι αρχικά να λάβουμε τις αρχικές ιδέες και γνώσεις των μαθητών περί της αποστολής στο φεγγάρι το 1969 και της τεχνολογίας που υπήρχε τότε. Έπειτα να προκαλέσουμε την περιέργεια των μαθητών για την «φύση» αυτής της αποστολής και εμπλέκοντας πτυχές των ΚΕΖ, να αναλύσουν οι μαθητές το μεγάλο ρόλο της πολιτικής, της οικονομίας και της υγείας στις επιλογές που πάρθηκαν τότε σχετικά με την έρευνα γύρω από την εξερεύνηση του διαστήματος».* Σε σχέση με τις εφαρμογές της NET, επιδιώκεται η ανάλυση της αξιοποίησής τους ως προς την υγεία και την οικονομία. Για παράδειγμα στο σχέδιο μαθήματος επισημαίνεται *«Στόχος: Βασικός στόχος της δραστηριότητας είναι η ανάδειξη του ρόλου των εφαρμογών της νανοτεχνολογίας στην εξερεύνηση του διαστήματος και η σύνδεση αυτών των εφαρμογών με την οικονομία»* ενώ ο Φ2 κατά τη διάρκεια των ατομικών συναντήσεων ως προς τη σύνδεση με την υγεία αναφέρει *«Εδώ θέλουμε οι μαθητές να αναγνωρίσουν άλλον έναν κοινωνικό παράγοντα που μιλήσαμε και πιο πριν που είναι η υγεία του αστροναύτη. Αυτή τη φορά όμως βάζοντας μέσα και τη NET και τι μπορεί να μας προσφέρει επιπρόσθετα σε αυτό το ζήτημα που είναι αρκετά σημαντικό πάνω στο θέμα μας».*

Εκτός από την αναγνώριση και ανάλυση της πολυπλοκότητας ενός ΚΕΖ, το Δ2 στοχεύει επίσης στην αναγνώριση από την πλευρά των μαθητών των ποικίλων οπτικών γύρω από ένα ζήτημα. Έτσι, η προτελευταία δραστηριότητα του διδακτικού σεναρίου φέρνει σε επαφή τους μαθητές με ποικίλες απόψεις και στοχεύει *«...οι μαθητές να έρθουν σε επαφή με περισσότερες απόψεις, οπτικές και πληροφορίες για τη σχέση μεταξύ των ΚΕΖ, της εξερεύνησης του διαστήματος και των εφαρμογών της νανοτεχνολογίας...».* Τέλος, η τελευταία δραστηριότητα

του Δ2 στοχεύει στο να μπορέσουν οι μαθητές να διαμορφώσουν μια τελική θέση αναφορικά με το ρόλο των εφαρμογών της NET στην εξερεύνηση του διαστήματος συνυπολογίζοντας όλα όσα επεξεργάστηκαν και από άποψη επιστημονικού περιεχομένου και από άποψη κοινωνικών πτυχών. Ενδεικτικά αναφέρεται: «*Στόχος: ...Στόχος μας είναι οι μαθητές συνυπολογίζοντας τα δεδομένα που έλαβαν από το σύνολο των προηγούμενων δραστηριοτήτων, να καταλήξουν σε κάποια συμπεράσματα. Τα τελικά συμπεράσματα των μαθητών θα αφορούν στη σχέση των τριών αυτών πεδίων μεταξύ τους (κοινωνία – νανοτεχνολογία – εξερεύνηση του διαστήματος)*».

9.2.3. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ2

Για την διαπραγμάτευση των θεματικών περιοχών που ενσωματώθηκαν στο Δ2 (υποενότητα 9.2.1) και την υλοποίηση των στόχων που τέθηκαν (υποενότητα 9.2.2), υιοθετήθηκαν ποικίλες διδακτικές πρακτικές, οι οποίες αποτυπώνονται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 9.7).

Πίνακας 9.7. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ2	
Διδακτικές πρακτικές	Αριθμός δραστηριοτήτων
Εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες	3
Ανάλυση οφελών – κινδύνων	1
Ανάλυση απόψεων ποικίλων φορέων	2
Συζήτηση – επιχειρηματολογία	2

Πιο αναλυτικά, η εξοικείωση των μαθητών με τις θεμελιώδεις ιδέες της NET στο Δ2 επιδιώκεται μέσα από την εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές διαδικασίες. Συγκεκριμένα, προκειμένου οι μαθητές να εξοικειωθούν με το μέγεθος και την κλίμακα στον νανόκοσμο αλλά και την εξάρτηση των ιδιοτήτων ενός υλικού από το μέγεθός του, καλούνται να ταξινομήσουν αντικείμενα διαφόρων μεγεθών και να πειραματιστούν. Η διδακτική πρακτική της εμπλοκής με επιστημονικές διαδικασίες αξιοποιείται επίσης προκειμένου να αναγνωρίσουν οι μαθητές την πολυπλοκότητα ενός KEZ (*SSI – complexity*). Οι μαθητές καλούνται ουσιαστικά να εκτελέσουν μια πειραματική διαδικασία και να κάνουν μια αναλογία των αισθητήρων λήψης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο με τους νανο – αισθητήρες που υπάρχουν για τον έλεγχο της υγείας των αστροναυτών. Με αυτό τον τρόπο, επιδιώκεται οι μαθητές να αναγνωρίσουν τη σχέση της αξιοποίησης εφαρμογών της NET με την εξασφάλιση της υγείας των αστροναυτών.

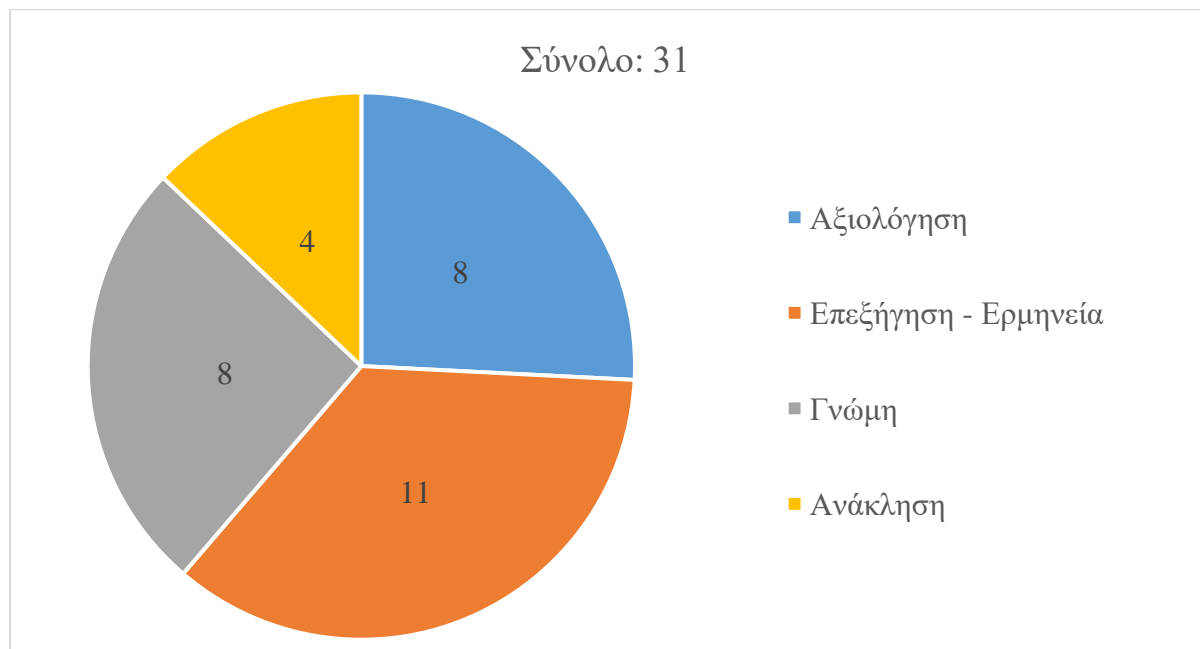
Για την ανάδειξη της πολυπλοκότητας ενός KEZ (*SSI – complexity*), εκτός από την εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες, αξιοποιείται επίσης η διδακτική πρακτική της ανάλυσης ποικίλων οπτικών (*stakeholder analysis*). Στην εισαγωγική δραστηριότητα του Δ2, οι μαθητές προκειμένου να διακρίνουν το ρόλο της πολιτικής, της οικονομίας αλλά και της υγείας των αστροναυτών κατά το πρώτο επανδρωμένο ταξίδι του ανθρώπου στη σελήνη καλούνται να αναλύσουν μέσα από άρθρα εφημερίδας τις τότε απόψεις και επιλογές της πολιτικής ηγεσίας της Αμερικής και της Σοβιετικής Ένωσης.

Η πρακτική της ανάλυσης ποικίλων οπτικών (*stakeholder analysis*) σε συνδυασμό με την πρακτική της συζήτησης – επιχειρηματολογίας (*discourse – argumentation*) αξιοποιούνται και για την ανάλυση των ποικίλων οπτικών γύρω από την εξερεύνηση του διαστήματος και το ρόλο της NET σε αυτή. Συγκεκριμένα, στην προτελευταία δραστηριότητα του Δ2 παρατίθενται στους μαθητές διαφορετικές απόψεις και οπτικές σχετικά με την αξία, τον τρόπο, τους κινδύνους εξερεύνησης του διαστήματος αλλά και το ρόλο της NET σε αυτή, τις οποίες οι μαθητές καλούνται να επεξεργαστούν, ώστε μέσα από μια διαδικασία debate και ανταλλαγής επιχειρημάτων και αντεπιχειρημάτων να αναλύσουν την σχέση ερευνητικής δραστηριότητας – τεχνολογίας – κοινωνίας.

Τέλος, για την καλλιέργεια των δεξιοτήτων των μαθητών σχετικά με τη λήψη αποφάσεων (*positioning – decision making*), στην τελευταία δραστηριότητα παρατίθενται συνοπτικά κάποια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που συνδέονται με την αξιοποίηση της NET στην έρευνα του διαστήματος, τα οποία οι μαθητές καλούνται να συνυπολογίσουν προκειμένου να διαμορφώσουν την τελική τους θέση σχετικά με το αν θα ήταν υπέρ ή κατά της χρηματοδότησης εφαρμογών της NET για την εξερεύνηση του διαστήματος. Επομένως, στην συγκεκριμένη περίπτωση θεωρήθηκε ότι αξιοποιήθηκε η διδακτική πρακτική της ανάλυσης οφελών – κινδύνων (*cost – benefit analysis*). Ενδεικτικά στις ατομικές συναντήσεις με τον Φ2 αναφέρεται «...Εδώ δίνουμε 3 καρτούλες που λένε απόψεις με συν και πλην για τη NET αλλά συγκεκριμένα ως προς την εξερεύνηση του διαστήματος, και αν αξίζει να επενδύσουμε στη NET ως προς αυτό το σκοπό... Και ξανά οι μαθητές επιλέγουν με τον ίδιο τρόπο που είπαμε πριν πχ. με κάποιο αυτοκόλλητο μεταξύ των καρτών για το αν αξίζει και εκφράζουν τις απόψεις τους».

9.2.4. Ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ2

Στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 9.2) αποτυπώνεται ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στις δραστηριότητες του Δ2.



Γράφημα 9.2. Η απόλυτη συχνότητα ανά τύπο ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ2

Συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι στο Δ2 ενσωματώνονται κατά κύριο λόγο ερωτήματα επεξήγησης – ερμηνείας (*explain*). Για παράδειγμα, ως προς το επιστημονικό περιεχόμενο της NET ενσωματώνονται ερωτήματα, όπως: «Πιστεύετε ότι το μέγεθος ενός υλικού μπορεί να επηρεάσει τις ιδιότητές του, όπως για παράδειγμα την ταχύτητα καύσης του;», τα οποία καλούν τους μαθητές να διατυπώσουν τις προβλέψεις τους καθώς και ερωτήματα όπως: «Υπάρχουν διαφοροποιήσεις (εν. στην ταξινόμηση αντικειμένων με βάση το μέγεθος); Αν ναι, που οφείλονται;», τα οποία καλούν τους μαθητές να εξηγήσουν και να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα των δραστηριοτήτων στις οποίες εμπλέκονται. Ως προς τις διαστάσεις τις αβεβαιότητες των σύγχρονων επιστημονικών αντικειμένων στο Δ2 ενσωματώνονται ερωτήματα τα οποία καλούν τους μαθητές να εξηγήσουν τη συλλογιστική τους αναφορικά με την ύπαρξη αντικρουόμενων απόψεων ερευνητών – επιστημόνων ως προς το ζήτημα των επανδρωμένων αποστολών στο διάστημα. Για παράδειγμα, αναφέρεται: «Εκφράζονται αντικρουόμενες απόψεις ειδικών (εν. ως προς τα οφέλη και το κόστος μια επανδρωμένης αποστολής στο διάστημα); Γιατί συμβαίνει αυτό;». Επιπλέον μέσα από τα ερωτήματα επεξήγησης – ερμηνείας (*explain*) οι μαθητές καλούνται να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν τα οφέλη των εφαρμογών της NET ως προς την εξερεύνηση του διαστήματος. Ενδεικτικά

αναφέρονται τα εξής ερωτήματα: «Τι μπορεί να προσφέρει στους αστροναύτες ο έλεγχος των δειγμάτων σε πραγματικό χρόνο;» και «Πώς τέτοια εργαλεία συμβάλλουν στην πραγματοποίηση διαστημικών ταξιδιών;».

Αρκετά είναι τα ερωτήματα που αφορούν στη διατύπωση της γνώμης των μαθητών (*opinion*). Οι μαθητές με ερωτήματα όπως: «Σας εντυπωσίασε ότι ο άνθρωπος πάτησε πρώτη φορά στο φεγγάρι το 1969;» εκφράζουν τις προσωπικές τους απόψεις σχετικά με ένα εμβληματικό γεγονός της ιστορίας της επιστήμης ενώ με ερωτήματα όπως: «Ήταν χρήσιμη τελικά η εισαγωγή της ναυτεχνολογίας για την οικονομία της υπηρεσίας;» εκφράζουν τα προσωπικά τους πιστεύω αναφορικά με την αξία των εφαρμογών της NET για την εξερεύνηση του διαστήματος.

Τα ερωτήματα αξιολόγησης (*reasoning*), τέλος, σχετίζονται με ερωτήματα που είτε καλούν τους μαθητές να διατυπώσουν την τελική τους θέση αναφορικά με την αξιοποίηση εφαρμογών της NET στην εξερεύνηση του διαστήματος και την υλοποίηση επανδρωμένων αποστολών στο διάστημα είτε να γενικεύσουν τις απόψεις τους αναφορικά με την αλληλεπίδραση των επιστημονικών και κοινωνικών πτυχών του υπό εξέταση ζητήματος. Ενδεικτικά αναφέρονται οι εξής ερωτήσεις: «Πού καταλήγετε σχετικά με την ένταξη των εφαρμογών της ναυτεχνολογίας στην εξερεύνηση του διαστήματος;» και «Ποια σχέση αναδεικνύεται τελικά ανάμεσα στην επιστήμη και την κοινωνία μέσα από την πρώτη αποστολή στο διάστημα καθώς και μέσα από τις πιο σύγχρονες διαστημικές αποστολές;».

9.2.5. Σύνοψη αποτελεσμάτων για το Δ2

Συνοπτικά τα χαρακτηριστικά του Δ2 ως προς α. τις θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων, β. τη στοχοθεσία τους, γ. τις διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται και δ. τον τύπο των ερωτημάτων που διατυπώνονται, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.8).

Πίνακας 9.8. Η σύνοψη των αποτελεσμάτων του Δ2

	Θεματικές περιοχές	Στοχοθεσία	Διδακτικές πρακτικές	Τύπος ερωτημάτων
Δ2	- Επιστήμη & - Κοινωνία	Εξοικείωση με επιστημονικό περιεχόμενο	- Εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες	- Αξιολόγηση - Εξήγηση – ερμηνεία - Γνώμη - Ανάκληση
		Αναγνώριση πολυπλοκότητας KEZ	- Εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες - Ανάλυση απόψεων ποικίλων φορέων - Συζήτηση – επιχειρηματολογία	
		Ανάλυση ποικίλων οπτικών	- Ανάλυση απόψεων ποικίλων φορέων - Συζήτηση – επιχειρηματολογία	
		Διατύπωση θέσης – Λήψη απόφασης	- Ανάλυση οφελών – κινδύνων	

Ως προς τις θεματικές περιοχές στις οποίες εστιάζει το Δ2, από την ανάλυση προέκυψε η ισόρροπη ενσωμάτωση αναφορών και ερωτημάτων για τις επιστημονικές και κοινωνικές πτυχές της αξιοποίησης εφαρμογών της NET στην εξερεύνηση του διαστήματος (θεματική περιοχή επιστήμη και κοινωνία αντίστοιχα). Ωστόσο, αναφορικά με τη στοχοθεσία του υλικού, παρατηρείται μια επικέντρωση σε στόχους που σχετίζονται με την καλλιέργεια KEZ συλλογιστικής και ιδιαίτερα την αναγνώριση της πολυπλοκότητας των KEZ μέσα από την ανάλυση των επιμέρους πτυχών τους. Οι στόχοι σχετικά με την εξοικείωση των μαθητών με έννοιες και εφαρμογές της NET είναι πιο περιορισμένοι. Επιπλέον, στο Δ2 υιοθετούνται ποικίλες διδακτικές πρακτικές όπως η εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες, η ανάλυση απόψεων ποικίλων φορέων, η συζήτηση – επιχειρηματολογία και η ανάλυση οφελών – κινδύνων ενώ τα ερωτήματα τα οποία ενσωματώνονται στις δραστηριότητες προωθούν κατά κύριο λόγο την κατανόηση και εφαρμογή των γνώσεων και δεξιοτήτων που αποκτούν οι μαθητές κατά τη διάρκεια της εμπλοκής τους με τις επιμέρους δραστηριότητες.

9.3. Αποτελέσματα της εμπειρικής έρευνας για το Δ3

Σε αυτή την υποενότητα περιγράφονται τα αποτελέσματα που αφορούν στο διδακτικό υλικό 3 (Δ3) που έχει θέμα «NET και αντιμικροβιακές εφαρμογές» (υποενότητα 7.4.3 – Πίνακας 7.10).

9.3.1. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ3

Στο παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.9) αποτυπώνονται οι θεματικές περιοχές στις οποίες εστιάζουν οι δραστηριότητες του Δ3.

Πίνακας 9.9. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ3				
Θεματικές περιοχές	Πτυχές	Αναφορές	Σύνολο αναφορών	Ποσοστό
Επιστήμη	Επιστημονικό περιεχόμενο NET	17	26	60.5%
	Επιστημονικό περιεχόμενο εκτός NET	5		
	Αβεβαιότητες σύγχρονων επιστημονικών αντικειμένων και εφαρμογών	4		
Κοινωνία	Υγεία	12	17	39.5%
	Περιβάλλον	5		

Παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα ότι η θεματική περιοχή της επιστήμης είναι η επικρατούσα θεματική περιοχή του διδακτικού σεναρίου. Πιο αναλυτικά, ως προς αυτή τη θεματική περιοχή ενσωματώνονται στο Δ3 κυρίως διαστάσεις επιστημονικού περιεχομένου της NET, δηλαδή αναφορές και ερωτήματα σχετικά με τις θεμελιώδεις ιδέες του μεγέθους και της κλίμακας αλλά και των ιδιοτήτων που εξαρτώνται από το μέγεθος. Για παράδειγμα, στο ψηφιακό φύλλο εργασίας υπάρχει η ακόλουθη αναφορά: «Για να καταλάβετε καλύτερα πόσο μικρό είναι το «νανό», φανταστείτε ότι γίνεστε για λίγο 1.000,000,000 φορές μικρότεροι! Σαν ένα νανοσωματίδιο... Πώς θα ήταν η αλληλεπίδρασή σας με τους οργανισμούς που υπάρχουν στο περιβάλλον σας;» η οποία αναφέρεται στο μέγεθος και την κλίμακα του νανόκοσμου. Επίσης, στο διδακτικό υλικό υπάρχουν ποικίλα ερωτήματα και αναφορές σχετικά με εφαρμογές της NET που αξιοποιούν νανοσωματίδια αργύρου όπως: «Νανοσωματίδια αργύρου χρησιμοποιούνται στα πλυντήρια ρούχων, ειδικά βερνίκια και βαφές, στα κλιματιστικά, στα ψυγεία...» ενώ παράλληλα γίνεται και αναφορά στις αβεβαιότητες που συνοδεύουν την αξιοποίηση σύγχρονων τεχνολογικών εφαρμογών. Ενδεικτικά αναφέρεται: «Περισσότερα

δεδομένα απαιτούνται για να καταλήξουμε στην πραγματική δράση τους (εν. των νανοσωματιδίων αργύρου) εναντίον των παθογόνων μικροοργανισμών στο ανθρώπινο σώμα.» αναδεικνύοντας έτσι την ανάγκη για περισσότερα δεδομένα και έρευνα γύρω από το υπό εξέταση ζήτημα.

Οι κοινωνικές πτυχές (θεματική κοινωνία) ενσωματώνονται σε μικρότερο βαθμό από ότι οι επιστημονικές στο διδακτικό σενάριο Δ3. Ως προς τις κοινωνικές πτυχές σημαντική αναφορά γίνεται στον τομέα της υγείας και ακολουθεί αυτός του περιβάλλοντος. Αναφορικά με την υγεία, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στα οφέλη της αξιοποίησης νανοσωματιδίων αργύρου λόγω των αντιμικροβιακών τους ιδιοτήτων όπως για παράδειγμα: «*Ιατρικός εξοπλισμός σχεδιάζεται καθημερινά με αξιοποίηση των νανοσωματιδίων αργύρου με σκοπό την αποφυγή των βακτηριακών λοιμώξεων*» και «*Τα νανοσωματίδια αργύρου παρουσιάζουν ένα σημαντικό εύρος αντιβακτηριδιακής και αντιμυκητιακής δραστηριότητας προστατεύοντάς μας από λοιμώξεις*». Παράλληλα όμως παρουσιάζονται και οι κίνδυνοι που μπορεί να συνοδεύουν την αξιοποίηση νανοσωματιδίων αργύρου. Ενδεικτικά αναφέρεται: «*Το πρώτο σημαντικό εύρημα ήταν ότι τα νανοσωματίδια αργύρου μπορεί έχουν μια αισθητή επίδραση στην πρόκληση φλεγμονών και καταστροφών κυττάρων σε σχέση με έναν ίσο αριθμό σωματιδίων που είναι κατασκευασμένα από το ίδιο υλικό αλλά έχουν μεγαλύτερο μέγεθος*».

Ως προς την περιβαλλοντική πτυχή, η εστίαση αφορά κυρίως στους κινδύνους που μπορεί να υπάρχουν από την απελευθέρωση νανοσωματιδίων στο περιβάλλον λόγω της τοξικότητας που ενδεχομένως τα συνοδεύει. Για παράδειγμα αναφέρεται: «*Είναι επίσης σκόπιμο να σταματήσει η ανεξέλεγκτη απελευθέρωση των νανοσωματιδίων στο περιβάλλον μέσω της απόθεσης αποβλήτων λόγω της τοξικότητας των αποβλήτων αυτών και να εστιάσουμε σε ζητήματα της διαχείρισής τους*».

9.3.2. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ3

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.10) αποτυπώνεται η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ3.

Πίνακας 9.10. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ3			
Στοχοθεσία		Αριθμός δραστηριοτήτων	Σύνολο
Εξοικείωση με το επιστημονικό περιεχόμενο	Θεμελιώδεις έννοιες NET	3	6
	Εφαρμογές NET	2	
	Έννοιες εκτός NET	1	
Καλλιέργεια πρακτικών ΚΕΖ συλλογιστικής	Αναγνώριση πολυπλοκότητας ΚΕΖ	1	2
	Αναγνώριση διαρκούς έρευνας	1	
Διατύπωση προσωπικής θέσης – Λήψη απόφασης		1	1

Συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των δραστηριοτήτων του διδακτικού υλικού στοχεύει στην εξοικείωση των μαθητών με τις θεμελιώδεις ιδέες και τις εφαρμογές της NET, ενώ μια από τις δραστηριότητες στοχεύει στην εξοικείωση των μαθητών με έννοιες επιστημονικού περιεχομένου σχετικά με την ευρύτερη θεματική του διδακτικού σεναρίου που είναι η πρόκληση λοιμώξεων. Πιο αναλυτικά, στο διδακτικό σενάριο Δ3 τίθενται στόχοι αναφορικά με την κατανόηση από τους μαθητές του μεγέθους και της κλίμακας: «*Διδακτικός στόχος: Οι μαθητές να διαπιστώσουν πόσο μικρό είναι το «νάνο» αλλά και της εξάρτησης των ιδιοτήτων ενός υλικού από το μέγεθός του: «Διδακτικός στόχος: Οι μαθητές να συνειδητοποιήσουν ότι η αναλογία S/V αυξάνεται όταν το αντικείμενο μικραίνει και ότι αυτή η αλλαγή οδηγεί σε αλλαγή ιδιοτήτων»*». Η επιδίωξη της εξοικείωσης των μαθητών με τις προαναφερθείσες θεμελιώδεις ιδέες της NET σχετίζεται με το γεγονός ότι κρίνονται απαραίτητες προκειμένου οι μαθητές να μπορούν να ερμηνεύουν τη δράση των νανοσωματιδίων αργύρου. Χαρακτηριστικά ο Φ3 κατά τη διάρκεια των ατομικών συναντήσεων αναφέρει: «*Θέλω οι μαθητές μου να ερμηνεύουν την αξιοποίηση των νανοσωματιδίων αργύρου με βάση αυτές τις μεγάλες ιδέες της νανοτεχνολογίας*». Παράλληλα, στόχος του διδακτικού σεναρίου είναι οι μαθητές να γνωρίσουν παραδείγματα εφαρμογών της

NET που προσφέρουν αντιμικροβιακές ιδιότητες λόγω της αξιοποίησης νανοσωματιδίων αργύρου. Ενδεικτικά στο σχέδιο μαθήματος αναφέρεται: *«Διδακτικός στόχος: Οι μαθητές να γνωρίσουν εφαρμογές της ιατρικής με νανοσωματίδια αργύρου»*. Ως προς την εξοικείωση των μαθητών με έννοιες επιστημονικού αντικειμένου, στο διδακτικό σενάριο τίθεται ο στόχος οι μαθητές να γνωρίσουν τους μικροοργανισμούς που προκαλούν λοιμώξεις στον ανθρώπινο οργανισμό, προκειμένου στη συνέχεια να συνδυάσουν αυτή τη γνώση με το μηχανισμό δράσης των νανοσωματιδίων αργύρου. Έτσι, η δεύτερη δραστηριότητα του Δ3 στοχεύει στο να γνωρίσουν οι μαθητές τη δομή των βακτηρίων: *«Διδακτικός στόχος: Διερεύνηση των ιδεών των μαθητών αναφορικά με τη βασική αιτία πρόκλησης των νοσοκομειακών λοιμώξεων και τους τρόπους αντιμετώπισης αυτών των λοιμώξεων. Εξερευνώντας τα επιβλαβή βακτήρια και τη δομή τους, οι μαθητές προβαίνουν σε συγκρίσεις του δικού τους τρόπου ερμηνείας των αιτιών που προκαλούν τις λοιμώξεις με αυτόν που έχουν οι άλλοι»*.

Αναφορικά με την καλλιέργεια πρακτικών ΚΕΖ συλλογιστικής, η στόχευση αφορά στο να μπορούν οι μαθητές να αναγνωρίζουν την πολυπλοκότητα ενός ΚΕΖ αλλά και το γεγονός ότι τα ΚΕΖ υπόκεινται σε διαρκή έρευνα. Συγκεκριμένα, στο Δ3, οι μαθητές καλούνται να αναγνωρίσουν τη σχέση της αξιοποίησης νανοσωματιδίων αργύρου λόγω των αντιμικροβιακών τους ιδιοτήτων με το περιβάλλον. Για παράδειγμα, στο σχέδιο μαθήματος αναφέρεται: *«Διδακτικός στόχος: Οι μαθητές να αξιοποιήσουν τις γνώσεις που απέκτησαν στις προηγούμενες δραστηριότητες προκειμένου να επιχειρηματολογήσουν σχετικά με τη χρήση των νανοσωματιδίων αργύρου και την επίδραση αυτών στο περιβάλλον»* ενώ ο Φ3 χαρακτηριστικά αναφέρει *«Βασικά πιστεύω περισσότερο με αυτή τη δραστηριότητα οι μαθητές κυρίως προβληματίζονται. Προβληματίζονται και ίσως γίνεται αυτή η δραστηριότητα αφορμή να σκεφτούν για έναν παράγοντα που δεν τον είχαν σκεφτεί και αυτός είναι το περιβάλλον»*. Ως προς την κατανόηση της διαρκούς έρευνας στην οποία υπόκεινται τα ΚΕΖ ο Φ3 κατά τη διάρκεια των ατομικών συναντήσεων αναφέρει: *«Με αυτή τη δραστηριότητα με την οποία οι μαθητές μας έρχονται αντιμετώπι με όσο το δυνατόν περισσότερες απόψεις ερευνητών, θέλουμε να προβληματιστούν γύρω από την αξιοποίησή των νανοσωματιδίων αργύρου και των αντιμικροβιακών τους ιδιοτήτων, να αναπτύξουν την συλλογιστική τους πορεία και κυρίως να αντιληφθούν πως ακόμα και μεταξύ της επιστημονικής κοινότητας πολλές φορές δεν υπάρχει σύμπνοια γύρω από το ίδιο ζήτημα αφού συχνά οι απόψεις που έχουν οι ερευνητές για καινούρια θέματα είναι αντικρουόμενες μεταξύ τους και απαιτείται χρόνος και επιπλέον έρευνα για να υπάρξει ομοφωνία...»*, γεγονός που φανερώνει τη στόχευση της δραστηριότητας στο να εξοικειωθούν οι μαθητές με την ύπαρξη αντικρουόμενων απόψεων και αβεβαιοτήτων γύρω

από σύγχρονα επιστημονικά αντικείμενα που βρίσκονται στην αιχμή της έρευνας αλλά και την ανάγκη περαιτέρω πληροφόρησης σχετικά με το υπό εξέταση ζήτημα.

Η τελευταία δραστηριότητα του διδακτικού σεναρίου στοχεύει στο να μπορέσουν οι μαθητές να διαμορφώσουν επιχειρήματα και αντεπιχειρήματα αναφορικά με την χρήση ή μη εφαρμογών της NET με νανοσωματίδια αργύρου στην καθημερινή τους ζωή ώστε να διατυπώσουν εν τέλει την προσωπική τους θέση σχετικά με το ζήτημα. Στο σενάριο διδασκαλίας ως στόχος αναφέρεται *«Διδακτικός στόχος: Οι μαθητές να διαμορφώσουν τις τελικές τους θέσεις αναφορικά με τους προβληματισμούς που τίθενται»* ενώ ο Φ3 κατά τη διάρκεια των ατομικών συναντήσεων αναφέρει: *«...Αφού καλούνται να υποστηρίξουν τη θέση τους μετά από αυτά που έχουν διαβάσει, πιστεύω ότι μοιραία θα αναγκαστούν να επιχειρηματολογήσουν για τη θέση τους. Δεν μπορούν μόνο να την προβάλλουν γιατί δεν θα είναι βάσιμη απέναντι στους άλλους. Έτσι, πιθανότατα θα αρχίσουν να αντιπαρατίθενται μεταξύ τους, ποιος έχει δίκαιο, ποιος άδικο και θα προβάλλουν τα επιχειρήματά τους».*

9.3.3. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ3

Για την διαπραγμάτευση των θεματικών περιοχών που ενσωματώθηκαν στο Δ3 (υποενότητα 9.3.1) και την υλοποίηση των στόχων που τέθηκαν (υποενότητα 9.3.2), υιοθετήθηκαν οι διδακτικές πρακτικές που αποτυπώνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.11).

Πίνακας 9.11.Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ3	
Διδακτικές πρακτικές	Αριθμός δραστηριοτήτων
Παράθεση επιστημονικών πληροφοριών	3
Εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες	2
Ανάλυση οφελών – κινδύνων	1
Συζήτηση – επιχειρηματολογία	4

Κυρίαρχη διδακτική πρακτική στο συγκεκριμένο σενάριο είναι η συζήτηση – επιχειρηματολογία (*discourse – argumentation*). Πιο αναλυτικά, στην τελευταία δραστηριότητα του Δ3, προκειμένου οι μαθητές να διατυπώσουν τις θέσεις τους αναφορικά με την αξιοποίηση εφαρμογών της NET με νανοσωματίδια αργύρου, καλούνται να συμμετέχουν σε ένα παιχνίδι ρόλων - debate ώστε να ανταλλάξουν επιχειρήματα και αντεπιχειρήματα και

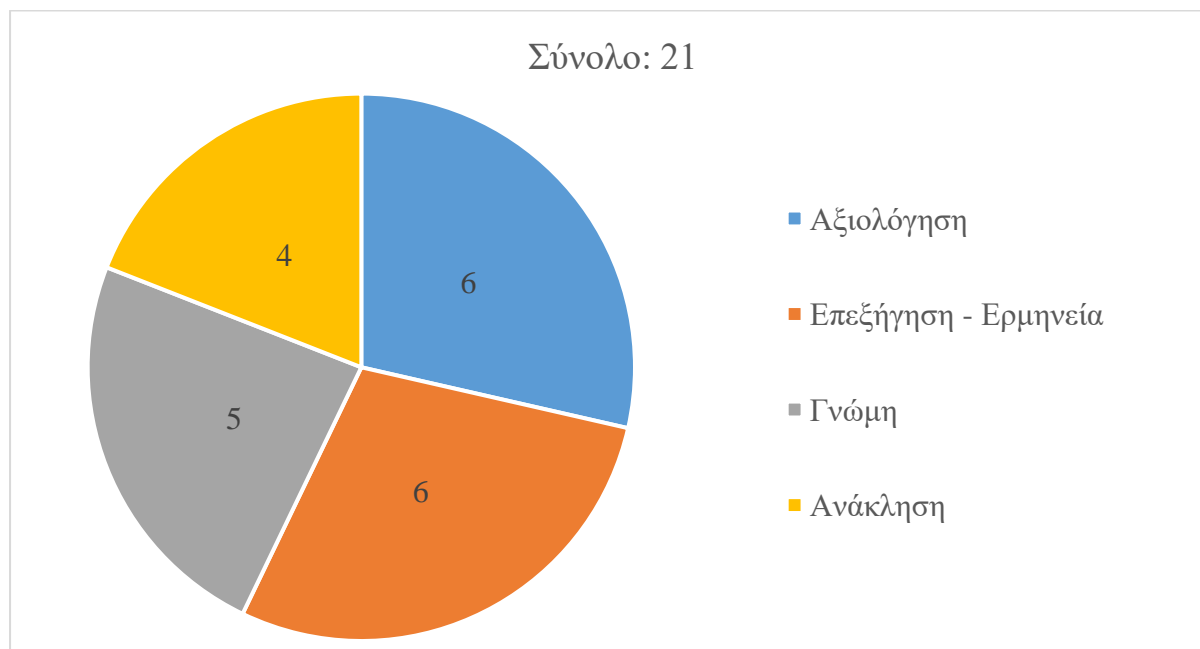
να πείσουν τους συμμαθητές τους. Επιπλέον, άλλες τρεις δραστηριότητες του Δ3 στηρίζονται στη διδακτική πρακτική της συζήτησης – επιχειρηματολογίας καθώς οι μαθητές έρχονται σε επαφή με κάποιο ερέθισμά, όπως για παράδειγμα αποτελέσματα επιστημονικών μετρήσεων ή διαφημιστικά φυλλάδια σχετικά με εφαρμογές της NET, και στη συνέχεια καλούνται να συζητήσουν μεταξύ τους με βάση συγκεκριμένα ερωτήματα «σκαλωσιά».

Για τη διαπραγμάτευση των επιστημονικών πτυχών του διδακτικού σεναρίου (θεματική περιοχή επιστήμη), υιοθετούνται δύο διδακτικές πρακτικές α. η παράθεση πληροφοριών και β. η εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες. Συγκεκριμένα, ως προς την παράθεση πληροφοριών, στο διδακτικό σενάριο ενσωματώνονται video τα οποία οι μαθητές καλούνται να παρακολουθήσουν προκειμένου να εξοικειωθούν με επιστημονικές πληροφορίες σχετικά με το υπό μελέτη ζήτημα ενώ στη συνέχεια καλούνται είτε να περιγράψουν είτε να εφαρμόσουν αυτές τις πληροφορίες. Για παράδειγμα, στο Δ3 ενσωματώνεται ένα video που περιγράφει τον τρόπο δράσης των νανοσωματιδίων αργύρου όταν αυτά έρθουν σε επαφή με επιβλαβή βακτήρια και στη συνέχεια οι μαθητές καλούνται να παρακολουθήσουν το video και να περιγράψουν τα στάδια της διαδικασίας που παρακολούθησαν. Ως προς την εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες, στο Δ3 οι μαθητές καλούνται να εκτελέσουν μια πειραματική διαδικασία σχετικά με την εξάρτηση των ιδιοτήτων ενός υλικού με το μέγεθός του αλλά και να επεξεργαστούν – ερμηνεύσουν μια αναλογία σχετικά με το μέγεθος και την κλίμακα στο νανόκοσμο.

Για την διαπραγμάτευση της διαρκούς έρευνας γύρω από τα KEZ και την ύπαρξη αντικρουόμενων ερευνητικών αποτελεσμάτων σχετικά με τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της αξιοποίησης νανοσωματιδίων αργύρου, υιοθετείται η διδακτική πρακτική της ανάλυσης οφελών – κινδύνων (*cost – benefit analysis*). Οι μαθητές καλούνται να αναλύσουν επεξεργασμένα αποσπάσματα από επιστημονικά περιοδικά προκειμένου να καταγράψουν τα οφέλη και τους κινδύνους που ενδεχομένως απορρέουν από την αξιοποίηση νανοσωματιδίων αργύρου ενώ έπειτα καλούνται να αναστοχαστούν γύρω από τη βεβαιότητα των συμπερασμάτων στα οποία κατέληξαν αλλά και τους λόγους που καθιστούν δύσκολη τη λήψη αποφάσεων γύρω από τη χρήση σύγχρονων τεχνολογικών εφαρμογών.

9.3.4. Ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ3

Στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 9.3) αποτυπώνεται ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ3 προκειμένου να διαπιστωθεί το επίπεδο συλλογιστικής (*level of thinking and reasoning*) που προωθείται μέσα από τις δραστηριότητες του υλικού.



Γράφημα 9.3. Η απόλυτη συχνότητα ανά τύπο ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ3

Στο Δ3 βλέπουμε ότι ενσωματώνονται εξίσου ερωτήματα εξήγησης – ερμηνείας (*explain*) και ερωτήματα αξιολόγησης (*reasoning*). Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τα ερωτήματα εξήγησης – ερμηνείας παρατηρούμε ότι ο συγκεκριμένος τύπος ερωτημάτων αξιοποιείται προκειμένου οι μαθητές να διατυπώσουν προβλέψεις σχετικά με τις υπό διαπραγμάτευση έννοιες του επιστημονικού αντικειμένου όπως: «Πιστεύετε ότι θα αντιδράσουν με τον ίδιο τρόπο; (εν. τα μικρά και τα μεγαλύτερα κομμάτια πατάτας με το οξυζενέ)» καθώς και να εφαρμόσουν τη νέα γνώση σε άλλα πλαίσια. Για παράδειγμα η ερώτηση: «Πώς θα ήταν η αλληλεπίδρασή σας με τους οργανισμούς που υπάρχουν στο περιβάλλον γύρω σας; Θα συναντούσατε εμπόδια;» καλεί τους μαθητές να εφαρμόσουν τη γνώση σχετικά με το μέγεθος και την κλίμακα στο νανόκοσμο και να δώσουν τις δικές τους ερμηνείες – εξηγήσεις.

Οι ερωτήσεις αξιολόγησης (*reasoning*) καλούν τους μαθητές να αξιολογήσουν τις γνώσεις και πληροφορίες που απέκτησαν και να τις συνυπολογίσουν προκειμένου να λάβουν μια απόφαση. Ενδεικτικά, αναφέρεται η ερώτηση: «Φτάνοντας στο τέλος έχουμε μάθει πολλά για την νανοτεχνολογία και τα νανοσωματίδια αργύρου! Είστε υπέρ ή κατά των προϊόντων αυτών; Να

καταγράψετε τα επιχειρήματα που θα εκφράζατε», η οποία καλεί τους μαθητές αφού έχουν διαπραγματευτεί τις επιστημονικές και κοινωνικές πτυχές γύρω από τη χρήση ναυσοσωματιδίων αργύρου, να διατυπώσουν τις θέσεις τους γύρω από την αξιοποίηση τέτοιων εφαρμογών και να την αιτιολογήσουν. Σημαντικό μέρος των ερωτήσεων του Δ3 ανήκει στην κατηγορία γνώμη (*opinion*). Αυτές οι ερωτήσεις σχετίζονται με τις κοινωνικές πτυχές του ζητήματος ή αφορούν στην προβληματική που θίγει το διδακτικό σενάριο. Έτσι, οι μαθητές εκφράζουν προσωπικές εμπειρίες σχετικά με το θέμα όπως: «*Αλήθεια παιδιά εσείς έχετε νοσήσει ποτέ ύστερα από την παραμονή σας για ένα διάστημα σε κάποιο χώρο νοσοκομείου; Αν ναι, πώς το αντιμετωπίσατε;*» ή καλούνται να εκφράσουν προσωπικά πιστεύω και αντιλήψεις χωρίς αιτιολόγηση όπως: «*Ποια είναι η άποψή σας για αυτά τα προϊόντα;*». Τέλος, στο συγκεκριμένο διδακτικό σενάριο εντοπίζονται και ερωτήματα ανάκλησης (*recalling*) γνώσεων και πληροφοριών σχετικά με το επιστημονικό αντικείμενο. Για παράδειγμα, εντοπίζονται ερωτήματα που καλούν τους μαθητές να αναπαράγουν τις πληροφορίες με τις οποίες ήρθαν σε επαφή μέσα από την προβολή κάποιου video που έχει προηγηθεί όπως: «*Πόσα είδη βακτηρίων μπορείς να διακρίνεις; Ποια τα δομικά τους μέρη;*» ή «*Ποιος ο μηχανισμός δράσης των ναυσοσωματιδίων αργύρου;*».

9.3.5. Σύνοψη αποτελεσμάτων για το Δ3

Συνοπτικά τα χαρακτηριστικά του Δ3 ως προς α. τις θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων, β. τη στοχοθεσία τους, γ. τις διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται και δ. τον τύπο των ερωτημάτων που διατυπώνονται, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.12).

	Θεματικές περιοχές	Στοχοθεσία	Διδακτικές πρακτικές	Τύπος ερωτημάτων
Δ3	- Επιστήμη & - Κοινωνία	Εξοικείωση με επιστημονικό περιεχόμενο	- Παράθεση πληροφοριών - Εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες - Συζήτηση - επιχειρηματολογία	- Αξιολόγηση - Εξήγηση – ερμηνεία
		Αναγνώριση πολυπλοκότητας ΚΕΖ	- Συζήτηση – επιχειρηματολογία	- Γνώμη
		Αναγνώριση διαρκούς έρευνας	- Ανάλυση οφελών – κινδύνων	- Ανάκληση
		Διατύπωση θέσης – Λήψη απόφασης	- Συζήτηση – επιχειρηματολογία	

Ως προς τις θεματικές περιοχές στις οποίες εστιάζει το Δ3, από την ανάλυση προέκυψε η επικέντρωση του σεναρίου σε αναφορές και ερωτήματα σχετικά με τις επιστημονικές διαστάσεις του υπό εξέταση ζητήματος ενώ αντίστοιχη είναι και η επικέντρωση σε στοχοθεσία σχετική με την εξοικείωση των μαθητών με έννοιες και εφαρμογές του επιστημονικού αντικειμένου της NET. Ως προς την καλλιέργεια πρακτικών KEZ συλλογιστικής, ενδιαφέρον παρουσιάζει η επιδίωξη της εξοικείωσης των μαθητών με την διαρκή φύση της έρευνας γύρω από τα KEZ. Έτσι οι μαθητές καλούνται να αναγνωρίσουν και να ερμηνεύσουν την ύπαρξη αντικρουόμενων ερευνητικών δεδομένων προκειμένου να διατυπώσουν τα προσωπικά τους επιχειρήματα αναφορικά με την αξιοποίηση ή μη εφαρμογών της NET με νανοσωματίδια αργύρου αλλά και να διαπιστώσουν την ανάγκη περαιτέρω πληροφόρησης γύρω από το ζήτημα. Ως προς τις διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται, παρατηρούμε την επικράτηση της συζήτησης – επιχειρηματολογίας, δηλαδή της χρήσης ερεθισμάτων, όπως για παράδειγμα αποτελέσματα μετρήσεων, προκειμένου οι μαθητές στη συνέχεια να εμπλακούν σε συζητήσεις και debate με τους συμμαθητές τους. Η χρήση ερωτημάτων ανάκλησης και ερμηνείας – επεξήγησης αποτυπώνει την προώθηση της απόκτησης γνώσεων από τους μαθητές αλλά και εφαρμογής αυτών των γνώσεων σε νέα πλαίσια ενώ η χρήση ερωτημάτων αξιολόγησης αναδεικνύει την πρόθεση οι μαθητές να αξιοποιούν τη νεοαποκτηθείσα γνώση προκειμένου να λάβουν ενήμερες αποφάσεις για την καθημερινή τους ζωή.

9.4. Αποτελέσματα της εμπειρικής έρευνας για το Δ4

Σε αυτή την υποενότητα περιγράφονται τα αποτελέσματα που αφορούν στο διδακτικό υλικό 4 (Δ4) που έχει θέμα «NET και φωτοβολταϊκά συστήματα» (υποενότητα 7.4.4 – Πίνακας 7.11).

9.4.1. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ4

Στο παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.13) αποτυπώνονται οι θεματικές περιοχές στις οποίες εστιάζουν οι δραστηριότητες του Δ4.

Πίνακας 9.13. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ4				
Θεματικές περιοχές	Πτυχές	Αναφορές	Σύνολο αναφορών	Ποσοστό
Επιστήμη	Επιστημονικό περιεχόμενο NET	14	35	64.8%
	Επιστημονικό περιεχόμενο εκτός NET	18		
	Αβεβαιότητες σύγχρονων επιστημονικών αντικειμένων και εφαρμογών	3		
Κοινωνία	Οικονομία	10	19	35.2%
	Περιβάλλον	7		
	Πολιτική	2		

Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα του πίνακα 9.13, παρατηρούμε ότι το Δ4 επικεντρώνει σε πτυχές επιστημονικού περιεχομένου. Πιο αναλυτικά, ως προς τη θεματική περιοχή της επιστήμης, στο διδακτικό σενάριο ενσωματώνονται αναφορές και ερωτήματα τόσο σχετικά με θεμελιώδεις έννοιες και εφαρμογές της NET όσο και σχετικά με την ευρύτερο πλαίσιο του διδακτικού σεναρίου που αφορά στην αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων ενώ παράλληλα εντοπίζονται και λίγες αναφορές σχετικά με τις αβεβαιότητες που συνοδεύουν την αξιοποίηση σύγχρονων τεχνολογικών εφαρμογών. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τη διαπραγμάτευση εννοιών και εφαρμογών της NET, ενδεικτικά στο ψηφιακό φύλλο εργασίας αναφέρεται: «*Η Νανοτεχνολογία είναι μία νέα επιστήμη που ερευνά και εργάζεται σε μικρότερες κλίμακες υλικών, οι οποίες δεν είναι ορατές με το γυμνό μάτι. Σκοπός της είναι να προσδώσει νέες δυνατότητες στα υλικά, προκειμένου να έχουν μεγαλύτερα οφέλη σε διάφορους τομείς της ζωής μας*» ενώ αναφορικά με τη διαπραγμάτευση εννοιών γύρω από την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και των φωτοβολταϊκών συστημάτων ενσωματώνονται ερωτήματα

όπως: «Με ποιον τρόπο γίνεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και σε τι επάρκεια;» ή «Καταλάβατε ποιοι είναι οι παράγοντες που συντελούν στη μέγιστη απόδοση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος;». Αναφορές όπως «Βρίσκεται ακόμη υπό το στάδιο επιστημονικών μελετών και έρευνας» ή «Άγνωστη η επίδρασή τους στο περιβάλλον και τον τομέα της οικονομίας!» σχετίζονται με την αβεβαιότητα γύρω από τις εφαρμογές της NET στον τομέα της ενέργειας αντικατοπτρίζοντας την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα.

Ως προς τη θεματική περιοχή της κοινωνίας, η επικέντρωση αφορά στην οικονομία και το περιβάλλον. Μικρή αναφορά γίνεται στο τομέα της πολιτικής, μέσω της εστίασης στο ρόλο των τοπικών αρχών και κυβερνώντων στη λήψη αποφάσεων για τη διαχείριση της ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, για την διαπραγμάτευση του τομέα της οικονομίας, στο Δ4 περιλαμβάνονται αναφορές και ερωτήματα σχετικά με το κέρδος που μπορεί να συνοδεύει την αξιοποίηση των φωτοβολταϊκών της NET όπως: «Στόχος της (εν. 4^{ης} γενιάς φωτοβολταϊκών συστημάτων) είναι ο συνδυασμός χαμηλού κόστους κατασκευής και υψηλής ενεργειακής απόδοσης» καθώς και σχετικά με τις χρηματοδοτήσεις του συγκεκριμένου ερευνητικού τομέα όπως: «Θα επενδύατε ως πολίτες χρήματα για την ενίσχυση της έρευνας γύρω από τα φωτοβολταϊκά συστήματα τέταρτης γενιάς;». Ο τομέας του περιβάλλοντος θίγεται κυρίως μέσα από ερωτήματα και αναφορές σχετικά με τα πιθανά οφέλη και τους ενδεχόμενους κινδύνους των φωτοβολταϊκών γενικά και της 4^{ης} γενιάς ειδικότερα. Χαρακτηριστικές ερωτήσεις που ενσωματώνονται στο Δ4 είναι οι εξής: «Θεωρείτε πως μέσω της αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας θα υπάρξουν προοπτικές για ένα «καθαρό» και ασφαλές μέλλον;» ή «Αναλογιστήκατε ποια μπορεί να είναι τα οφέλη αλλά και οι πιθανές επιπτώσεις της χρήσης των φωτοβολταϊκών τέταρτης γενιάς ως προς το περιβάλλον;» οι οποίες καλούν τους μαθητές να εκφράσουν σκέψεις και απόψεις σχετικά με την επίδραση των φωτοβολταϊκών συστημάτων στο περιβάλλον.

9.4.2. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ4

Στον παρακάτω πίνακα αποτυπώνεται η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ4.

Πίνακας 9.14. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ4			
Στοχοθεσία		Αριθμός δραστηριοτήτων	Σύνολο
Εξοικείωση με το επιστημονικό περιεχόμενο	Θεμελιώδεις έννοιες NET	1	5
	Εφαρμογές NET	2	
	Έννοιες εκτός NET	2	
Καλλιέργεια πρακτικών KEZ συλλογιστικής	Αναγνώριση πολυπλοκότητας KEZ	1	2
	Αναγνώριση διαρκούς έρευνας	1	
Διατύπωση προσωπικής θέσης –Λήψη απόφασης		2	2

Συγκεκριμένα, παρατηρούμε μια ισορροπία μεταξύ του αριθμού των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την εξοικείωση των μαθητών με το επιστημονικό περιεχόμενο και αυτών που αφορούν στην καλλιέργεια δεξιοτήτων KEZ συλλογιστικής και λήψης απόφασης. Πιο αναλυτικά, οι δραστηριότητες που στοχεύουν στην εξοικείωση των μαθητών με το επιστημονικό περιεχόμενο αφορούν είτε στη γνωριμία των μαθητών με έννοιες και εφαρμογές της NET, όπως είναι το μέγεθος και η κλίμακα και τα φωτοβολταϊκά 4^{ης} γενιάς, είτε στην εξοικείωση των μαθητών με έννοιες περιεχομένου σχετικά με την ευρύτερη θεματική του διδακτικού σεναρίου που σχετίζεται με την ηλιακή ενέργεια και τα φωτοβολταϊκά συστήματα όπως είναι ο τρόπος λειτουργίας των φωτοβολταϊκών συστημάτων και οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η απόδοσή τους. Έτσι, ενδεικτικά στο σχέδιο μαθήματος αναφέρεται: «Δραστηριότητα: «Οι γενιές των Φωτοβολταϊκών» στη σελίδα 9 του Ηλεκτρονικού Βιβλίου. Τα παιδιά γνωρίζουν τις τέσσερις (4) γενιές Φωτοβολταϊκών Συστημάτων που έχει αναπτύξει η (Νανο)επιστήμη και η (Νανο)τεχνολογία μέχρι τις μέρες μας. Στη δραστηριότητα αυτή οι μαθητές έρχονται σε επαφή με καινούργιες έννοιες και επιστημονική ορολογία».

Ως προς την καλλιέργεια δεξιοτήτων KEZ συλλογιστικής, επιδιώκεται η αναγνώριση της πολυπλοκότητας των υπό διαπραγμάτευση κοινωνικών προβληματισμών (SSI – complexity)

μέσω του προσδιορισμού της συσχέτισης της αξιοποίησης φωτοβολταϊκών συστημάτων με την οικονομία και το περιβάλλον. Χαρακτηριστικά, ο Φ4 αναφέρει: «Με την εισαγωγή τους στην ενότητα, οι μαθητές ερωτώνται από την ηρωίδα του e-book, τη γνώμη τους σχετικά με τις προοπτικές που θα υπάρξουν μέσω της αξιοποίησης της Ηλιακής Ενέργειας για ένα «καθαρό» και βιώσιμο μέλλον, καθώς και για πιθανές αλλαγές που θα επιφέρει η εγκατάσταση των Φωτοβολταϊκών στον τομέα της ενέργειας. Έτσι στη πρώτη δραστηριότητα επιτυγχάνεται η εισαγωγή των μαθητών στα ΚΕΖ, τα οποία όπως είναι φανερό, εστιάζουν με ξεκάθαρο τρόπο στους τομείς που αφορούν το περιβάλλον και την οικονομία... τους οποίους οι μαθητές πρέπει και να αναγνωρίσουν...». Επιπλέον, επιδιώκεται οι μαθητές να αναγνωρίσουν ότι τα ΚΕΖ υπόκεινται σε διαρκή έρευνα (*on – going inquiry*) λόγω το ότι συχνά σχετίζονται με σύγχρονα επιστημονικά αντικείμενα που βρίσκονται στην αιχμή της έρευνας και για τα οποία ούτε η επιστημονική κοινότητα έχει καταλήξει σε ομόφωνα αποδεκτές απαντήσεις. Ενδεικτικά, ο Φ4 αναφέρει: «Εδώ εγώ θέλω λίγο περισσότερο τα παιδιά να δουν την NET, να καταλάβουν ότι είναι κάτι καινούριο, γίνεται έρευνα, δεν είμαστε σίγουροι... Θεωρώ ότι μέσω του *debate* και του πίνακα που τους δίνεται με τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών 4^{ης} γενιάς θα μπουν πιο βαθιά στην έρευνα και την εξέλιξη της επιστήμης και θα συνειδητοποιήσουν τις αβεβαιότητες επειδή είναι κάτι σύγχρονο που μελετάται τώρα και απαιτούνται πιο πολλά δεδομένα».

Το Δ4 στοχεύει επίσης στην καλλιέργεια δεξιοτήτων διατύπωσης θέσης και ενήμερης λήψης απόφασης (*positioning – decision making*). Οι μαθητές συνυπολογίζοντας όλα όσο διδάχθηκαν και διαπραγματεύτηκαν καλούνται να διατυπώσουν την προσωπική τους θέση αναφορικά με το αν ήταν υπέρ ή κατά της χρηματοδότησης ερευνητικών έργων σχετικά με τα φωτοβολταϊκά 4^{ης} γενιάς. Ενδεικτικά στο σχέδιο μαθήματος αναφέρεται: «Στη δραστηριότητα αυτή, οι μαθητές χρειάζεται να συλλογιστούν όσα σε προηγούμενες δραστηριότητες έμαθαν, ανακάλυψαν και ανακάλεσαν, να εκφραστούν, αλλά και να ακούσουν τις προσωπικές απόψεις των συμμαθητών τους, κι έπειτα να καταλήξουν σε ένα συμπέρασμα» καθώς και «Οι μαθητές καλούνται να καταγράψουν τα συμπεράσματά τους χρησιμοποιώντας λογικά και βάσιμα επιχειρήματα, τα οποία απαιτείται να αιτιολογήσουν εκτενώς...» γεγονός που αναδεικνύει την στόχευση στην ενήμερη επιχειρηματολογία των μαθητών.

9.4.3. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ4

Για την διαπραγμάτευση των θεματικών περιοχών που ενσωματώθηκαν στο Δ4 (υποενότητα 9.4.1) και την υλοποίηση των στόχων που τέθηκαν (υποενότητα 9.4.2), υιοθετήθηκαν οι διδακτικές πρακτικές που αποτυπώνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.15).

Πίνακας 9.15. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ4	
Διδακτικές πρακτικές	Αριθμός δραστηριοτήτων
Παράθεση επιστημονικών πληροφοριών	4
Εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες	1
Ανάλυση οφελών – κινδύνων	1
Συζήτηση – επιχειρηματολογία	3

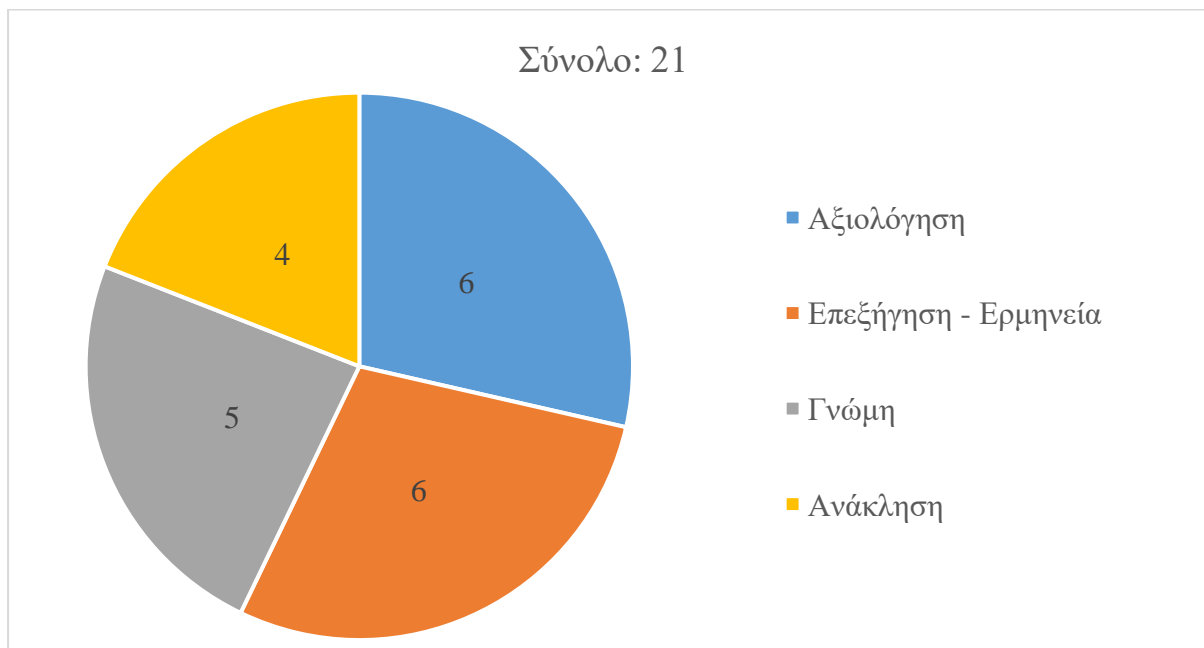
Η παράθεση πληροφοριών αποτέλεσε την κυρίαρχη διδακτική πρακτική αναφορικά με τη διαχείριση των επιστημονικών πληροφοριών του διδακτικού σεναρίου (θεματική περιοχή επιστήμη). Πιο συγκεκριμένα, στο ψηφιακό φύλλο εργασίας ενσωματώνονται έτοιμες πληροφορίες είτε με τη μορφή επεξεργασμένου κειμένου είτε μέσω της προβολής video, τις οποίες οι μαθητές καλούνται να περιγράψουν, επεξεργαστούν ή αξιολογήσουν ανάλογα τα ερωτήματα «σκαλωσιά» που τις συνοδεύουν. Πέρα από την παράθεση πληροφοριών, για την επεξεργασία των εφαρμογών που διαπραγματεύεται το Δ4, οι μαθητές καλούνται επίσης να εμπλακούν σε επιστημονικές διαδικασίες μέσα από την υλοποίηση μιας πειραματικής διαδικασίας, την καταγραφή μετρήσεων και την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Ως προς τη διαπραγμάτευση των κοινωνικών πτυχών του ζητήματος της αξιοποίησης φωτοβολταϊκών συστημάτων, υιοθετείται κυρίως η διδακτική πρακτική της συζήτησης – επιχειρηματολογίας (*discourse – argumentation*). Για παράδειγμα, στην τελευταία δραστηριότητα του ψηφιακού φύλλου εργασίας οι μαθητές καλούνται να αξιοποιήσουν όλα όσα διδάχθηκαν στα πλαίσια του διδακτικού σεναρίου και να εκφράσουν τις αποφάσεις τους σχετικά με τη συμμετοχή του σχολείου τους στην εκστρατεία της Greenpeace έχοντας ως άξονα συγκεκριμένα ερωτήματα «σκαλωσιά». Χαρακτηριστικά αναφέρεται: «Έπειτα, εκφράστε τις απόψεις σας σχετικά με τη γενιά του φωτοβολταϊκού που θεωρείτε καταλληλότερη για να χρησιμοποιήσετε στην εκστρατεία σας, και αναλύστε τα επιχειρήματά σας! Τέλος, καταγράψτε το συμπέρασμά σας και μοιραστείτε το με τους συμμαθητές σας!». Η πρακτική της

συζήτησης – επιχειρηματολογίας χρησιμοποιείται επίσης σε συνδυασμό με την ανάλυση οφελών – κινδύνων (*cost – benefit analysis*) στη προτελευταία δραστηριότητα του σχεδίου μαθήματος του Δ4. Στη δραστηριότητα αυτή, οι μαθητές καλούνται να «ζυγίσουν» τα θετικά και τα αρνητικά της 4^{ης} γενιάς φωτοβολταϊκών και σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα από την πειραματική διαδικασία που υλοποιούν, να διατυπώσουν την προσωπική τους θέση σχετικά με την χρηματοδότηση ερευνητικών προγραμμάτων για την ενίσχυση της έρευνας στον τομέα των φωτοβολταϊκών NET 4ης γενιάς. Η συζήτηση λαμβάνει χώρα στα πλαίσια ενός debate προκειμένου οι μαθητές να αναπτύξουν τα επιχειρήματα και αντεπιχειρήματα τους και να υποστηρίξουν τις θέσεις τους. Χαρακτηριστικά στο ψηφιακό φύλλο εργασίας αναφέρεται «Καλείστε να κάνετε δημόσια συζήτηση και να επιχειρηματολογήσετε υπέρ ή κατά της χρηματοδότησης από μεριάς σας ως πολίτες, για την ενίσχυση της έρευνας γύρω από τα φωτοβολταϊκά συστήματα τέταρτης γενιάς. Αφού λάβετε υπόψη σας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα, πρέπει να καταλήξετε σε μία μόνο απόφαση κι έπειτα, να την παρουσιάσετε μπροστά στους υπόλοιπους συμμαθητές σας!».

9.4.4. Ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ4.

Στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 9.4) αποτυπώνεται ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ4 προκειμένου να διαπιστωθεί το επίπεδο συλλογιστικής (*level of thinking and reasoning*) που προωθείται μέσα από τις δραστηριότητες του υλικού.



Γράφημα 9.4. Η απόλυτη συχνότητα ανά τύπο ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ4

Η πλειοψηφία των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ4 ανήκει στην κατηγορία επεξήγηση – ερμηνεία (*explain*) και αξιολόγηση (*reasoning*). Στα ερωτήματα επεξήγησης – ερμηνείας οι μαθητές καλούνται να διαπραγματευτούν τις περιβαλλοντικές και οικονομικές διαστάσεις του ζητήματος της αξιοποίησης φωτοβολταϊκών συστημάτων εφαρμόζοντας τις επιστημονικές πληροφορίες με τις οποίες έρχονται σε επαφή κατά την υλοποίηση των δραστηριοτήτων του Δ4. Για παράδειγμα αναφέρονται ερωτήματα όπως: «Μπορούν να ωφελήσουν το περιβάλλον και την οικονομία (εν. τα φωτοβολταϊκά συστήματα); Και εάν ναι, με ποιον τρόπο;», «Με ποιον τρόπο θα μπορούσαν να επηρεάσουν την οικονομία καινοτόμες εφαρμογές όπως αυτή (εν. τα φωτοβολταϊκά NET 4^{ης} γενιάς);» και «Θα επηρεάσει την οικονομία (εν. η αξιοποίηση των φωτοβολταϊκών NET 4^{ης} γενιάς); Σε ποιο βαθμό και με τι αποτέλεσμα;» στις οποίες οι μαθητές καλούνται να εφαρμόσουν τις γνώσεις που απέκτησαν προβλέποντας και ερμηνεύοντας την επίδραση καινοτόμων εφαρμογών στην κοινωνία.

Στα ερωτήματα αξιολόγησης ουσιαστικά οι μαθητές καλούνται να αξιολογήσουν τις γνώσεις που απέκτησαν, να τις κρίνουν ώστε να διατυπώσουν τα τελικά τους συμπεράσματα και αποφάσεις αναφορικά με την αξιοποίηση φωτοβολταϊκών συστημάτων NET 4^{ης} γενιάς καθώς και να προτείνουν τις πιο ενδεδειγμένες λύσεις για την εκστρατεία που καλούνται να διοργανώσουν. Χαρακτηριστικά παραδείγματα ερωτήσεων αξιολόγησης που ενσωματώνονται στο Δ4 είναι τα ακόλουθα: «Τελικά, ποιο είδος φωτοβολταϊκού θα επιλέγατε για την εκστρατεία σας;» ή «Είστε υπέρ ή κατά ως πολίτες της χρηματοδότησης για την ενίσχυση της έρευνας γύρω από τα φωτοβολταϊκά συστήματα τέταρτης γενιάς; Επιχειρηματολογήστε».

Τα ερωτήματα διατύπωσης γνώμης (*opinion*) επίσης αποτελούν σημαντικό μέρος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο διδακτικό σενάριο Δ4. Στα ερωτήματα αυτά οι μαθητές καλούνται να εκφράσουν τα προσωπικά τους πιστεύω γύρω από την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και φωτοβολταϊκών συστημάτων χωρίς να καλούνται παράλληλα να αιτιολογήσουν τις απόψεις τους ή να εξηγήσουν – ερμηνεύσουν τις επιλογές τους. Παραδείγματα ερωτημάτων γνώμης είναι τα εξής: «Θεωρείτε πώς μέσω της αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας θα υπάρξουν προοπτικές για ένα «καθαρό» και ασφαλές μέλλον;» ή «Θεωρείτε πώς τα πιθανολογούμενα πλεονεκτήματα της τελευταίας γενιάς φωτοβολταϊκών υπερτερούν των μειονεκτημάτων ακόμη και των κινδύνων, που πιθανώς να κρύβουν;».

Τέλος, ως προς τα ερωτήματα ανάκλησης, αυτά αφορούν αποκλειστικά στις επιστημονικές διαστάσεις του διδακτικού σεναρίου. Ερωτήματα όπως: «Με ποιον τρόπο γίνεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και σε τι επάρκεια;» ή «Ποιοι είναι οι παράγοντες που συντελούν στη

μέγιστη απόδοση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος;» καλούν τους μαθητές να αναπαράγουν και να περιγράψουν γνώσεις και πληροφορίες με τις οποίες έρχονται σε επαφή κατά την υλοποίηση των δραστηριοτήτων που εμπεριέχονται στο Δ4.

9.4.5. Σύνοψη αποτελεσμάτων για το Δ4

Συνοπτικά τα χαρακτηριστικά του Δ4 ως προς α. τις θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων, β. τη στοχοθεσία τους, γ. τις διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται και δ. τον τύπο των ερωτημάτων που διατυπώνονται, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.16).

Πίνακας 9.16. Σύνοψη των αποτελεσμάτων του Δ4				
	Θεματικές περιοχές	Στοχοθεσία	Διδακτικές πρακτικές	Τύπος ερωτημάτων
Δ4	- Επιστήμη & - Κοινωνία	Εξοικείωση με επιστημονικό περιεχόμενο	- Παράθεση πληροφοριών - Εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες	- Αξιολόγηση - Εξήγηση – ερμηνεία
		Αναγνώριση πολυπλοκότητας ΚΕΖ	- Συζήτηση – επιχειρηματολογία	- Γνώμη
		Αναγνώριση διαρκούς έρευνας	- Ανάλυση οφελών – κινδύνων - Συζήτηση - επιχειρηματολογία	- Ανάκληση
		Διατύπωση θέσης – Λήψη απόφασης	- Συζήτηση – επιχειρηματολογία	

Ως προς τις θεματικές περιοχές στις οποίες εστιάζει το Δ4, από την ανάλυση προέκυψε η επικέντρωση του διδακτικού σεναρίου σε αναφορές και ερωτήματα σχετικά με τις επιστημονικές πτυχές (θεματική περιοχή επιστήμη) του ζητήματος της αξιοποίησης φωτοβολταϊκών συστημάτων. Ως προς τη στοχοθεσία του διδακτικού σεναρίου, φαίνεται μια ισορροπία ανάμεσα στις δραστηριότητες που επιδιώκουν την εξοικείωση των μαθητών με έννοιες επιστημονικού περιεχομένου και αυτές που στοχεύουν στην αναγνώριση της πολυπλοκότητας και της διαρκούς έρευνας των ΚΕΖ. Ως προς τις διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται παρατηρούμε τη συζήτηση – επιχειρηματολογία ως την επικρατούσα πρακτική για την διαχείριση των κοινωνικών πτυχών του υπό εξέταση θέματος και την υλοποίηση των στόχων σχετικά με την καλλιέργεια δεξιοτήτων ΚΕΖ συλλογιστικής και λήψης απόφασης. Το γεγονός αυτό αντικατοπτρίζεται επίσης στα ερωτήματα επεξήγησης – ερμηνείας (*explain*) και αξιολόγησης (*reasoning*) του Δ4, τα οποία καλούν τους μαθητές να διαμορφώσουν τα τελικά

τους επιχειρήματα αξιολογώντας τις πληροφορίες με τις οποίες ήρθαν σε επαφή κατά την υλοποίηση των δραστηριοτήτων του σεναρίου, ενεργοποιώντας με αυτό τον τρόπο τα ανώτερα επίπεδα συλλογιστικής των μαθητών. Ως προς τις διδακτικές πρακτικές για τη διαπραγμάτευση εννοιών επιστημονικού αντικειμένου, παρατηρείται επικράτηση της παράθεσης πληροφοριών. Αυτή η πρακτική δεν συμβάλλει στην εμπλοκή των μαθητών με διαδικασίες ανώτερου γνωστικού επιπέδου κάτι που αντανακλάται και στο γεγονός της αξιοποίησης ερωτημάτων ανάκλησης (*recalling*) για τη διαπραγμάτευση επιστημονικών εννοιών και πληροφοριών.

9.5. Αποτελέσματα της εμπειρικής έρευνας για το Δ5

Σε αυτή την υποενότητα περιγράφονται τα αποτελέσματα που αφορούν στο διδακτικό υλικό 5 (Δ5) που έχει θέμα «NET και καθαρισμός θαλασσών από τις πετρελαιοκηλίδες» (υποενότητα 7.4.5 – Πίνακας 7.12).

9.5.1. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ5

Στο παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.17) αποτυπώνονται οι θεματικές περιοχές στις οποίες εστιάζουν οι δραστηριότητες του Δ5.

Πίνακας 9.17. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ5				
Θεματικές περιοχές	Πτυχές	Αναφορές	Σύνολο αναφορών	Ποσοστό
Επιστήμη	Επιστημονικό περιεχόμενο NET	11	17	70.8%
	Επιστημονικό περιεχόμενο εκτός NET	5		
	Αβεβαιότητες σύγχρονων επιστημονικών αντικειμένων και εφαρμογών	1		
Κοινωνία	Περιβάλλον	6	7	29.2%
	Οικονομία	1		

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 9.17) λοιπόν, η επικρατούσα θεματική περιοχή του σεναρίου είναι η θεματική περιοχή της επιστήμης. Στο Δ5 εμπεριέχονται αναφορές και ερωτήματα κυρίως σχετικά με εφαρμογές της NET που αξιοποιούνται στον καθαρισμό των πετρελαιοκηλίδων. Για παράδειγμα αναφέρεται: «Αυτός ο τρόπος χρησιμοποιεί ειδικά μαγνητικά νανοσωματίδια τα οποία αν τα ρίξουμε στο πετρέλαιο, θα το μετατρέψουν σε

FERROFLUID. Ουσιαστικά, ειδικοί νανο-επιστήμονες βρήκαν μια ουσία, την οποία αν τη ρίξεις στο πετρέλαιο, το κάνεις μαγνητικό. Έτσι, θα μπορούμε με μεγάλους μαγνήτες να πάρουμε το πετρέλαιο, από τη θάλασσα», περιγράφοντας συνοπτικά τη μέθοδο καθαρισμού πετρελαιοκηλίδων με τη χρήση ferrofluid. Αντίστοιχα, ενσωματώνονται αναφορές και ερωτήματα σχετικά με πιο συμβατικές μεθόδους καθαρισμού θαλασσών από πετρελαιοκηλίδες όπως: «Για τον καθαρισμό μιας πετρελαιοκηλίδας υπάρχουν πολλοί τρόποι όπως είναι α. τα Φράγματα, β. οι Πετρέλαιο-συλλέκτες, γ. τα Σκάφη περισυλλογής, δ. οι Συσκευές εκτόξευσης χημικών διασκορπιστικών και πολλά ακόμα που συνδυάζονται μάλιστα μεταξύ τους για τον καθαρισμό μιας πετρελαιοκηλίδας».

Η θεματική περιοχή της κοινωνίας είναι πιο περιορισμένη στο συγκεκριμένο διδακτικό σενάριο. Μάλιστα, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι αναφορές και τα ερωτήματα που ενσωματώνονται στο Δ5 για τη διαπραγμάτευση των κοινωνικών πτυχών αφορούν αποκλειστικά στις γενικές συνέπειες μιας πετρελαιοκηλίδας στο περιβάλλον και την οικονομία και όχι στις προεκτάσεις της εφαρμογής της NET ως προς αυτές τις διαστάσεις. Έτσι, η διαπραγμάτευση των κοινωνικών πτυχών καθίστανται ως ένα πλαίσιο – εισαγωγή των μαθητών για την επεξεργασία της νανο – εφαρμογής που ακολουθεί. Για παράδειγμα αναφέρεται: «Άκουσα ότι έγινε ένα ατύχημα με ένα μεγάλο πλοίο λίγο πιο κάτω. Για πάμε να δούμε τι έγινε! Πω πω! Τι μεγάλη καταστροφή! Πρέπει να κάνω γρήγορα κάτι! Ένα τεράστιο πλοίο είχε βουλιάξει και το πετρέλαιο, που είχε, άρχισε να χύνεται στην θάλασσα με αποτέλεσμα οι θαλάσσιοι οργανισμοί να μην είναι ασφαλείς!».

9.5.2. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ5

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.18) αποτυπώνεται η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ5.

Πίνακας 9.18. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ5			
Στοχοθεσία		Αριθμός δραστηριοτήτων	Σύνολο
Εξοικείωση με το επιστημονικό περιεχόμενο	Εφαρμογές NET	3	5
	Έννοιες εκτός NET	2	
Διατύπωση προσωπικής θέσης –Λήψη απόφασης		2	2

Παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των δραστηριοτήτων του διδακτικού σεναρίου στοχεύει στην εξοικείωση των μαθητών με έννοιες επιστημονικού περιεχομένου είτε σχετικά με τη NET είτε σχετικά με την ευρύτερη θεματική του Δ5. Ενδεικτικά στο σχέδιο μαθήματος αναφέρονται οι εξής στόχοι: «...Μετά το πέρας αυτού του πειράματος, οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να περιγράφουν τον καθαρισμό πετρελαιοκηλίδας με προσροφητικά υλικά» ή «...Μετά το πέρας αυτού του πειράματος, οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να περιγράφουν αυτή την εφαρμογή της νανοτεχνολογίας αναφορικά με τον καθαρισμό της πετρελαιοκηλίδας με χρήση ferrofluid». Αυτές οι αναφορές αναδεικνύουν την επιδίωξη των δραστηριοτήτων στο να γνωρίσουν οι μαθητές τον τρόπο λειτουργίας και την αποτελεσματικότητα εφαρμογών που σχετίζονται με τον καθαρισμό των θαλασσών από πετρελαιοκηλίδες. Αντίστοιχη είναι και η στοχοθεσία της επόμενης δραστηριότητας όπου ενσωματώνονται επιπλέον πληροφορίες για τις μεθόδους καθαρισμού πετρελαιοκηλίδων, τις οποίες οι μαθητές καλούνται να διαβάσουν. Χαρακτηριστικά ο Φ5 κατά τη διάρκεια των ατομικών συναντήσεων αναφέρει: «*Βάζουμε τις επιπλέον πληροφορίες για κάθε τρόπο ώστε να τις διαβάσουν αν θέλουν οι μαθητές και να γνωρίσουν περισσότερα πράγματα για τους τρόπους που υπάρχουν αλλά και να χρησιμοποιήσουν αυτές τις πληροφορίες αν χρειαστεί παρακάτω*». Ενδεικτικό της επικέντρωσης του Δ5 στην εξοικείωση των μαθητών με επιστημονικές πληροφορίες αποτελεί και το γεγονός ότι στη δραστηριότητα που ενσωματώνονται τα θετικά και αρνητικά της εφαρμογής της NET για τον καθαρισμό των πετρελαιοκηλίδων η στόχευση περιορίζεται στο να γνωρίσουν οι μαθητές τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της εφαρμογής, τα οποία μάλιστα δεν συνδέονται με κάποια κοινωνική προέκταση ως προς το περιβάλλον, την οικονομία κλπ. Συγκεκριμένα αναφέρεται: «*Στόχος της συγκεκριμένης δραστηριότητας είναι να γνωρίσουν οι μαθητές τα θετικά και τα αρνητικά του τρόπου καθαρισμού πετρελαιοκηλίδας με ferrofluid...Να μάθουν τα συν και τα πλην της εφαρμογής μιας και πριν είδαν πώς λειτουργεί...*».

Ως προς την καλλιέργεια δεξιοτήτων διατύπωσης θέσης και λήψης απόφασης, στόχος του Δ5 είναι οι μαθητές να μπορούν να εφαρμόζουν τα επιστημονικά στοιχεία που συνέλλεξαν κατά τη διάρκεια του σεναρίου προκειμένου να προτείνουν λύσεις και να αιτιολογούν τις επιλογές τους. Χαρακτηριστικά κατά τις ατομικές συναντήσεις ο Φ5 αναφέρει: «*Τους δείχνω ένα video για το ατύχημα στον κόλπο του Σαρωνικού του 2017. Τους ρωτάω αν ήσουν υπεύθυνος του καθαρισμού μιας τέτοιας πετρελαιοκηλίδας ποιον τρόπο θα πρότεινες και γιατί; Τα παιδιά από πριν έχουν βρει την απόδοση και την ταχύτητα κάθε τρόπου και έχουν διαβάσει κάποια χαρακτηριστικά. Έτσι, θα σχολιάσουν και θα κάτσουν να σκεφτούν και να θυμηθούν αυτά που έμαθαν για να τα αξιοποιήσουν σε αυτή την περίπτωση και να επιχειρηματολογήσουν για την*

άποψη τους» ενώ στο σχέδιο μαθήματος αναφέρεται: «Μετά το πέρας αυτής της δραστηριότητας, οι μαθητές θα πρέπει να έχουν μια προσωπική άποψη για το αν θα έπρεπε να προτείνουν αυτόν τον τρόπο καθαρισμού (εν. η εφαρμογή της NET με ferrofluid) σε μια ενδεχόμενη πετρελαιοκηλίδα».

Φαίνεται επομένως από την ανάλυση της στοχοθεσίας των δραστηριοτήτων ότι στο συγκεκριμένο διδακτικό σενάριο δεν επιδιώκεται η καλλιέργεια των δεξιοτήτων ΚΕΖ συλλογιστικής των μαθητών.

9.5.3. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ5

Για την διαπραγμάτευση των θεματικών περιοχών που ενσωματώνονται στο Δ5 (υποενότητα 9.5.1) και την υλοποίηση των στόχων που τίθενται (υποενότητα 9.5.2), υιοθετούνται οι διδακτικές πρακτικές που αποτυπώνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.19).

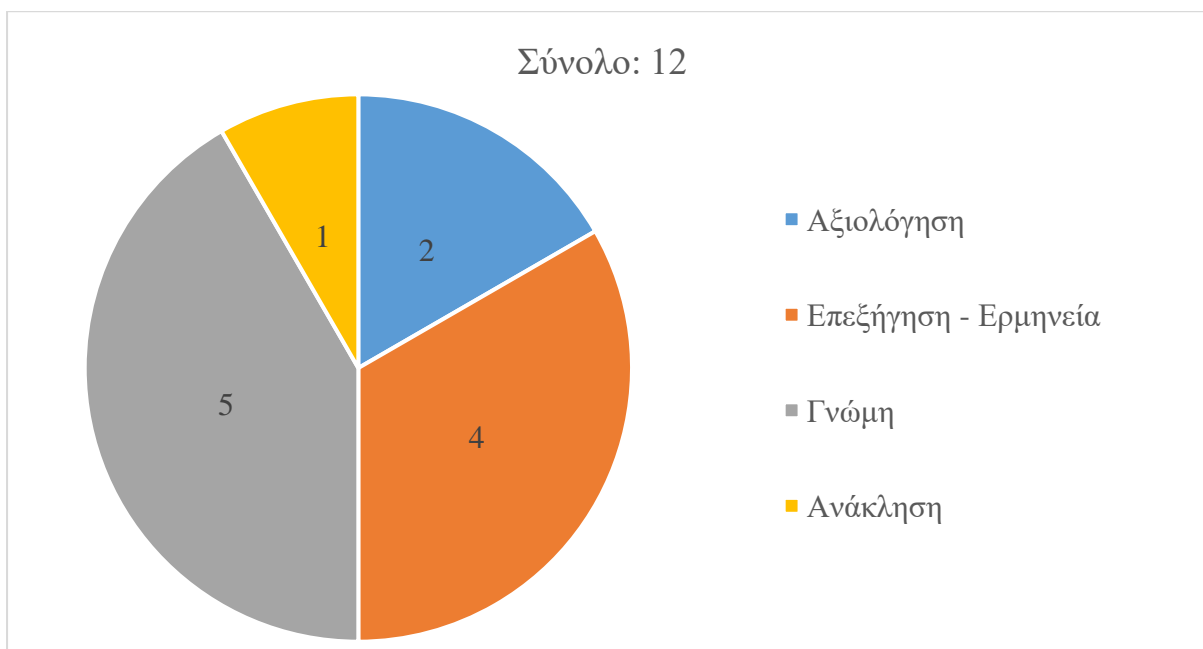
Πίνακας 9.19. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ5	
Διδακτικές πρακτικές	Αριθμός δραστηριοτήτων
Παράθεση επιστημονικών πληροφοριών	3
Εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες	2
Συζήτηση – επιχειρηματολογία	2

Όπως προκύπτει επομένως από τον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 9.19) μια από τις διδακτικές πρακτικές που αξιοποιούνται στο Δ5 είναι η παράθεση πληροφοριών. Συγκεκριμένα, στο Δ5 εντοπίζονται τόσο επεξεργασμένα αποσπάσματα από άρθρα επιστημονικών περιοδικών όσο και video, τα οποία οι μαθητές καλούνται να διαβάσουν ή να παρακολουθήσουν αντίστοιχα ώστε να αποκτήσουν γνώσεις γύρω από εφαρμογές, τις οποίες καλούνται να αξιοποιήσουν σε επόμενες δραστηριότητες του σεναρίου. Ως προς την εμπλοκή των μαθητών σε επιστημονικές διαδικασίες, σημαντική θέση στο Δ5 έχει η υλοποίηση δύο πειραματικών διαδικασιών τις οποίες οι μαθητές καλούνται να εκτελέσουν ώστε να διατυπώσουν τα συμπεράσματά τους για την αποδοτικότητα και την ταχύτητα δύο μεθόδων καθαρισμού πετρελαιοκηλίδων. Οι μαθητές κατά τη διάρκεια αυτών των δραστηριοτήτων συλλέγουν δεδομένα, καταγράφουν και συγκρίνουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων τους ενώ επίσης καλούνται να τα ερμηνεύσουν και να καταλήξουν σε συμπεράσματα.

Δύο από τις δραστηριότητες του διδακτικού σεναρίου στηρίζονται στη διδακτική πρακτική της συζήτησης – επιχειρηματολογίας (*discourse – argumentation*) καθώς οι μαθητές ερχόμενοι σε επαφή με κάποιο ερέθισμα όπως είναι ένα video με ένα πραγματικό περιστατικό πετρελαιοκηλίδας στον ελληνικό χώρο ή οι πληροφορίες για τα θετικά και αρνητικά της εφαρμογής της NET με τα ferrofluid καλούνται να συζητήσουν στα πλαίσια ενός παιχνιδιού ρόλων - debate και να απαντήσουν σε συγκεκριμένα ερωτήματα «σκαλωσιά» και να καταλήξουν σε προτεινόμενες λύσεις για την αντιμετώπιση της μόλυνσης των θαλασσών από πετρελαιοκηλίδες.

9.5.4. Ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ5

Στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 9.5) αποτυπώνεται ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ5 προκειμένου να διαπιστωθεί το επίπεδο συλλογιστικής (*level of thinking and reasoning*) που προωθείται μέσα από τις δραστηριότητες του υλικού.



Γράφημα 9.5. Η απόλυτη συχνότητα ανά τύπο ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ5

Από το παραπάνω γράφημα (Γράφημα 9.5) διαπιστώνουμε ότι η πλειοψηφία των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ5 σχετίζεται με την διαπραγμάτευση επιστημονικών εννοιών και πληροφοριών ενώ ο κυρίαρχος τύπος ερωτημάτων αφορά στη διατύπωση γνώμης από τους μαθητές (*opinion*). Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται και όσες ερωτήσεις αφορούν στη διαπραγμάτευση των επιπτώσεων των πετρελαιοκηλίδων στο περιβάλλον. Για παράδειγμα, ερωτήματα όπως: «Γιατί θεωρείτε τρόμαξε η Άριελ όταν διαπίστωσε το ατύχημα;» ή «Γιατί άραγε βιάζεται ο υπουργός περιβάλλοντος;» είναι ερωτήματα στα οποία οι μαθητές καλούνται

να εκφράσουν προσωπικές ιδέες και συναισθήματα σχετικά με την επίδραση μιας πετρελαιοκηλίδας στη θαλάσσια ζωή.

Ως προς το επιστημονικό περιεχόμενο, φαίνεται ότι προωθούνται ανώτερα επίπεδα συλλογιστικής των μαθητών μέσα από τα ερωτήματα επεξήγησης – ερμηνείας (*explain*) και αξιολόγησης (*reasoning*). Οι μαθητές μέσα από ερωτήματα όπως: «Σε εσένα αναθέτεται να επιλέξεις τον τρόπο θα χρησιμοποιήσουμε για τον καθαρισμό της πετρελαιοκηλίδας. Ποιον τρόπο θα πρότεινες; Γιατί;» καλούνται να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα των μετρήσεών τους ως προς την αποτελεσματικότητα των εφαρμογών που επεξεργάζονται και να αξιολογήσουν αυτά τα αποτελέσματα προκειμένου να προτείνουν την πιο ενδεδειγμένη λύση.

9.5.5. Σύνοψη των αποτελεσμάτων για το Δ5

Συνοπτικά τα χαρακτηριστικά του Δ5 ως προς α. τις θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων, β. τη στοχοθεσία τους, γ. τις διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται και δ. τον τύπο των ερωτημάτων που διατυπώνονται, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.20).

Πίνακας 9.20. Σύνοψη των αποτελεσμάτων του Δ5				
	Θεματικές περιοχές	Στοχοθεσία	Διδακτικές πρακτικές	Τύπος ερωτημάτων
Δ5	- Επιστήμη &	Εξοικείωση με επιστημονικό περιεχόμενο	- Παράθεση πληροφοριών - Εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες	- Αξιολόγηση - Εξήγηση – ερμηνεία
	- Κοινωνία	Διατύπωση θέσης – Λήψη απόφασης	- Συζήτηση – επιχειρηματολογία	- Γνώμη - Ανάκληση

Ως προς τις θεματικές περιοχές στις οποίες εστιάζει το Δ5, από την ανάλυση προέκυψε η επικέντρωση του σεναρίου σε αναφορές και ερωτήματα σχετικά με σύγχρονες τεχνολογικές εφαρμογές για τον καθαρισμό των πετρελαιοκηλίδων. Αντίστοιχη ήταν και η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων που ενσωματώνονται στο Δ5 καθώς βασική επιδίωξη ήταν η γνωριμία και εξοικείωση των μαθητών με πληροφορίες και χαρακτηριστικά αυτών των εφαρμογών. Η ενσωμάτωση των κοινωνικών πτυχών στο διδακτικό σενάριο Δ5 φαίνεται ότι είναι αρκετά περιορισμένη και αφορά κατά βάση τις περιβαλλοντικές και οικονομικές συνέπειες ενός ατυχήματος με πετρελαιοκηλίδα. Ουσιαστικά δηλαδή, οι περιβαλλοντικές και οικονομικές συνέπειες μιας πετρελαιοκηλίδας, για τις οποίες γίνεται λόγος στο διδακτικό σενάριο,

λειτουργούν ως πλαίσιο – εισαγωγή των μαθητών στην επεξεργασία των τεχνολογικών εφαρμογών. Δεν γίνεται κάποια αναφορά σε οφέλη, κινδύνους ή επιρροές στην κοινωνία που ενδεχομένως συνοδεύουν την αξιοποίηση των σύγχρονων τεχνολογικών εφαρμογών για τον καθαρισμό των θαλασσών από τις πετρελαιοκηλίδες. Επιπρόσθετα, δεν φαίνεται στο συγκεκριμένο διδακτικό σενάριο να επιδιώκεται η καλλιέργεια δεξιοτήτων ΚΕΖ συλλογιστικής των μαθητών μιας και η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ5 αφορά κατά κύριο λόγο στην εξοικείωση των μαθητών με επιστημονικές πληροφορίες και κατά δεύτερον στη καλλιέργεια των δεξιοτήτων διατύπωσης θέσης – λήψης απόφασης. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται καθώς και ο τύπος ερωτημάτων που ενσωματώνεται φαίνεται να μην συμβάλλουν στην προώθηση ανώτερων επιπέδων συλλογιστικής των μαθητών μιας και η παράθεση πληροφοριών ως διδακτική πρακτική και η διατύπωση γνώμης χωρίς αιτιολόγηση ως κυρίαρχος τύπος ερωτημάτων οδηγούν σε μια πιο επιφανειακή εμπλοκή των μαθητών με το υπό εξέταση ζήτημα.

9.6. Αποτελέσματα της εμπειρικής έρευνας για το Δ6

Σε αυτή την υποενότητα περιγράφονται τα αποτελέσματα που αφορούν στο διδακτικό υλικό 6 (Δ6) που έχει θέμα «NET και μόλυνση του περιβάλλοντος» (υποενότητα 7.4.6 – Πίνακας 7.13).

9.6.1. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ6

Στο παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.21) αποτυπώνονται οι θεματικές περιοχές στις οποίες εστιάζουν οι δραστηριότητες του Δ6.

Πίνακας 9.21. Οι θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων του Δ6				
Θεματικές περιοχές	Πτυχές	Αναφορές	Σύνολο αναφορών	Ποσοστό
Επιστήμη	Επιστημονικό περιεχόμενο NET	13	16	40%
	Αβεβαιότητες σύγχρονων επιστημονικών αντικειμένων και εφαρμογών	3		
Κοινωνία	Περιβάλλον	11	24	60%
	Υγεία	9		
	Οικονομία	4		

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 9.21) στο διδακτικό σενάριο Δ6 ενσωματώνονται αναφορές και ερωτήματα σχετικά με τη θεματική περιοχή της κοινωνίας σε μεγαλύτερο ποσοστό από ότι σχετικά με τη θεματική περιοχή της επιστήμης. Πιο αναλυτικά, ως προς τις κοινωνικές πτυχές θίγονται ζητήματα περιβάλλοντος, υγείας και οικονομίας. Συγκεκριμένα, αναφορικά με το περιβάλλον δίνεται έμφαση στα οφέλη των εφαρμογών της NET ως προς την αντιμετώπιση της μόλυνσης του περιβάλλοντος. Ενδεικτικά στο ψηφιακό φύλλο εργασίας ενσωματώνονται αναφορές όπως: *«Το υλικό αυτό έχει την ικανότητα να αποδομεί τους ρύπους, όταν έρχονται σε επαφή μαζί του, καθαρίζοντας έτσι τον αέρα!»* ή *«Το όφελος είχε να κάνει κυρίως με την καινοτομία ενός υλικού που «εξαφανίζει» τους ρύπους χωρίς ταυτόχρονα να δημιουργεί ανεπιθύμητα παραπροϊόντα»,* οι οποίες περιγράφουν τη συνεισφορά εφαρμογών της NET στην αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ως προς τον τομέα της υγείας, επίσης περιλαμβάνονται αναφορές κυρίως σχετικά με τα πλεονεκτήματα εφαρμογών της NET ως προς την ανθρώπινη υγεία τονίζοντας την αντιμικροβιακή δράση των νέων καινοτόμων υλικών. Για παράδειγμα, στο ψηφιακό φύλλο εργασίας περιλαμβάνονται αναφορές όπως: *«Τα νανο-φίλτρα είναι το μέλλον στον καθαρισμό των υδάτων που θα εξασφαλίσει την υγεία σε τόσους ανθρώπους»* και *«Τα υλικά αυτά έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικά στην αποδόμηση παθογόνων μικροοργανισμών όπως είναι ο σταφυλόκοκκος, η E-Coli κλπ.»*. Τέλος, σχετικά με την οικονομία, η επικέντρωση αφορά στα μακροπρόθεσμα οικονομικά οφέλη από την αξιοποίηση εφαρμογών της NET όπως: *«Το όφελος ήταν πολύ μεγάλο και δεν περιοριζόταν μόνο στις 58.000 ευρώ το έτος που εκτιμά πως εξοικονόμησε η Περιφέρεια, καθώς δεν χρειάστηκε να ενισχύσει τον φωτισμό, λόγω της σκοτεινιάς που θα προκαλούσαν οι μμυαυρισμένοι από τους ρύπους τοίχοι»* αλλά και στο πιθανά μεγάλο κόστος αυτών των εφαρμογών καθώς για παράδειγμα αναφέρεται: *«Οι εφαρμογές πρέπει να είναι οικονομικά προσβάσιμες σε όλους αν όντως θέλουμε να τις αξιοποιήσουμε στην αντιμετώπιση των προβλημάτων»*.

Ως προς τη θεματική περιοχή της επιστήμης, η επικέντρωση αφορά στο επιστημονικό περιεχόμενο της NET μέσα από αναφορές και ερωτήματα είτε σχετικά με τη θεμελιώδη ιδέα της NET για το μέγεθος και την κλίμακα είτε σχετικά με πληροφορίες για τις υπό διαπραγμάτευση εφαρμογές της NET. Ενδεικτικά στο ψηφιακό φύλλο εργασίας αναφέρεται: *«Στην νανο-βαφή υπάρχει μια ουσία το Οξείδιο του Τιτανίου που όταν έρχεται σε επαφή με φως έχει ξεχωριστές ιδιότητες!»* που αφορά στον τρόπο λειτουργίας της βαφής της NET που διασπά τους ρύπους και έχει αντιμικροβιακές ιδιότητες ενώ η ερώτηση: *«Πόσο μικρός είναι ο κόσμος*

του νάνο; Τοποθέτησε τις παραπάνω εικόνες κατά αυξανόμενο μέγεθος!!» αφορά στην επεξεργασία της έννοιας του μεγέθους και της κλίμακας.

Τέλος, μικρή αναφορά γίνεται στο ψηφιακό φύλλο εργασίας στην αβεβαιότητα που συνοδεύει τις εφαρμογές της NET λόγω του ότι πρόκειται για καινοτόμες εφαρμογές που βρίσκονται στην αιχμή της έρευνας. Χαρακτηριστικά ενσωματώνονται αναφορές όπως: «*Η τεχνολογία των νανο-φίλτρων είναι σχετικά καινούρια και σε ερευνητικό στάδιο ακόμα! Δεν έχει δοκιμαστεί η ευρεία χρήση τους!*» και «*Οι τεχνολογίες αυτές είναι σχετικά καινούριες και δεν είμαστε σίγουροι για το που καταλήγουν τα νανοϋλικά*», οι οποίες αποτυπώνουν το γεγονός ότι απαιτούνται επιπλέον εμπειρικά δεδομένα για να μπορέσει η ερευνητική κοινότητα να διατυπώσει πιο ασφαλή συμπεράσματα αναφορικά με την αξιοποίηση αυτών των εφαρμογών.

9.6.2. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ6

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.22) αποτυπώνεται η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ6.

Πίνακας 9.22. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων του Δ6			
Στοχοθεσία		Αριθμός δραστηριοτήτων	Σύνολο
Εξοικείωση με το επιστημονικό περιεχόμενο	Θεμελιώδεις έννοιες NET	2	6
	Εφαρμογές NET	3	
Καλλιέργεια πρακτικών ΚΕΖ συλλογιστικής	Αναγνώριση πολυπλοκότητας ΚΕΖ	3	4
	Ανάλυση ποικίλων οπτικών	1	
Διατύπωση προσωπικής θέσης –Λήψη απόφασης		1	1

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 9.22), ο αριθμός των δραστηριοτήτων που στοχεύουν στην εξοικείωση των μαθητών με το επιστημονικό περιεχόμενο βρίσκεται σε ισορροπία με τον αριθμό των δραστηριοτήτων που αφορούν στην καλλιέργεια δεξιοτήτων ΚΕΖ συλλογιστικής και διατύπωσης θέσης – λήψης απόφασης.

Πιο συγκεκριμένα, ως προς την εξοικείωση των μαθητών με έννοιες επιστημονικού περιεχομένου, οι δραστηριότητες του διδακτικού σεναρίου στοχεύουν τόσο στην κατανόηση του μεγέθους και της κλίμακας στο νανόκοσμο όσο και στη γνωριμία των μαθητών με σύγχρονες, καινοτόμες εφαρμογές της NET και τις βασικές αρχές λειτουργίας αυτών των εφαρμογών. Χαρακτηριστικοί είναι οι στόχοι που αναφέρονται στο σχέδιο μαθήματος του Δ6 αναφορικά με την εξοικείωση των μαθητών με το καινοτόμο επίχρισμα (νανο – βαφή) για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης όπως: *«Στόχοι: • Να διαπιστώσουν την διαφορά μιας συμβατικής βαφής και μιας νανο-βαφής»* ή *«Στόχος: • Να κατανοήσουν οι μαθητές ότι η βασική ουσία που βοηθάει στην μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι το TiO_2 και να μπορούν να περιγράψουν με απλά λόγια τη διαδικασία διάσπασης των ρύπων»*. Ως προς την κατανόηση του μεγέθους και της κλίμακας ο Φ6 κατά τη διάρκεια των ατομικών συναντήσεων αναφέρει: *«...συνέχεια γίνεται διαπραγμάτευση του μεγέθους και της κλίμακας ώστε οι μαθητές να διαπιστώσουν ότι πρόκειται για πολύ μικρά σωματίδια τα οποία δεν φαίνονται με γυμνό μάτι...»*.

Ως προς την καλλιέργεια των δεξιοτήτων KEZ συλλογιστικής, η επικέντρωση αφορά στην αναγνώριση από πλευράς των μαθητών της πολυπλοκότητας ενός KEZ (*SSI – complexity*) δηλαδή της αναγνώρισης της συσχέτισης μεταξύ των διαφορετικών θεματικών περιοχών που εμπλέκονται σε ένα ζήτημα. Έτσι, στο σχέδιο μαθήματος του Δ6 περιλαμβάνονται στόχοι όπως: *«Στόχος: • Να διαπιστώσουν οι μαθητές την επίδραση της νανο – βαφής σε τομείς όπως το περιβάλλον, η υγεία και η οικονομία»* ή *«Στόχος: • Να διαπιστώσουν οι μαθητές με βάση τη μοντελοποίηση που προηγήθηκε την επιρροή της χρήσης νανο-φίλτρων στην υγεία (εν. των ανθρώπων της Αφρικής)»*. Αναφορικά με την αναγνώριση και ανάλυση των ποικίλων οπτικών γύρω από ένα ζήτημα στο σχέδιο μαθήματος περιλαμβάνεται ο εξής στόχος: *«Στόχος: • Να αντιληφθούν οι μαθητές ότι για ένα ζήτημα υπάρχουν πολλές οπτικές και να αναπτύξουν την επιχειρηματολογία τους πάνω στο ζήτημα αυτό»* που αναδεικνύει την επικέντρωση της δραστηριότητας στην ανάλυση και επεξεργασία διαφορετικών απόψεων και συμφερόντων που υπάρχουν γύρω από την αξιοποίηση ή μη των εφαρμογών της NET για την αντιμετώπιση του προβλήματος της μόλυνσης των υδάτων.

Στο να μπορέσουν οι μαθητές να συνθέσουν όλα όσα διδάχθηκαν στα πλαίσια του διδακτικού σεναρίου και να διατυπώσουν την προσωπική τους θέση γύρω από το υπό εξέταση ζήτημα της αξιοποίησης εφαρμογών της NET για την αντιμετώπιση της περιβαλλοντικής μόλυνσης επικεντρώνει η τελευταία δραστηριότητα του Δ6. Συγκεκριμένα, ο Φ6 κατά τη διάρκεια των

ατομικών συναντήσεων αναφέρει: «Οι μαθητές σύμφωνα με τα όσα έχουν προηγηθεί, έχουν αποκτήσει μια ολοκληρωμένη άποψη σχετικά με τα δύο ζητήματα τα οποία μελετήθηκαν αλλά και για την σχέση αυτών με την κοινωνία. Περιμένουμε, λοιπόν, στα ερωτήματα αυτά να απαντήσουν με βάση την δική τους οπτική και χωρίς να τους κατευθύνουμε εκφράζοντας τα δικά τους συμπεράσματα για το θέμα». Η φάση αυτή φανερώνει τη στόχευση των ερωτημάτων της τελευταίας δραστηριότητας στο να αναστοχαστούν οι μαθητές γύρω από τα όσα διδάχθηκαν διαμορφώνοντας τις προσωπικές τους θέσεις – απόψεις γύρω από το υπό μελέτη θέμα.

9.6.3. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ6

Για την διαπραγμάτευση των θεματικών περιοχών που ενσωματώνονται στο Δ6 (υποενότητα 9.6.1) και την υλοποίηση των στόχων που τίθενται (υποενότητα 9.6.2), υιοθετούνται οι διδακτικές πρακτικές που αποτυπώνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.23).

Πίνακας 9.23. Οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται στο Δ6	
Διδακτικές πρακτικές	Αριθμός δραστηριοτήτων
Εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες	4
Ανάλυση οφελών – κινδύνων	1
Ανάλυση απόψεων ποικίλων φορέων	1
Συζήτηση – επιχειρηματολογία	6

Πιο αναλυτικά, φαίνεται ότι η συζήτηση – επιχειρηματολογία (*discourse – argumentation*) αποτελεί την κυρίαρχη διδακτική πρακτική που αξιοποιείται στο Δ6. Οι μαθητές έχοντας ως ερέθισμα άλλοτε εικόνες και άλλοτε αποτελέσματα μετρήσεων και εμπειρικά δεδομένα καλούνται να εμπλακούν σε συζητήσεις και να απαντήσουν σε συγκεκριμένα ερωτήματα που προωθούν την διαπραγμάτευση των κοινωνικών προεκτάσεων του υπό μελέτη ζητήματος. Για παράδειγμα, στο σχέδιο μαθήματος του Δ6 αναφέρεται: «Αφού οι μαθητές παρατηρήσουν καλά τις εικόνες και συνειδητοποιήσουν το θέμα στο οποίο αναφέρονται, καλούνται να αποτυπώσουν τις σκέψεις τους αναφορικά με τους κοινωνικούς προβληματισμούς που τίγονται».

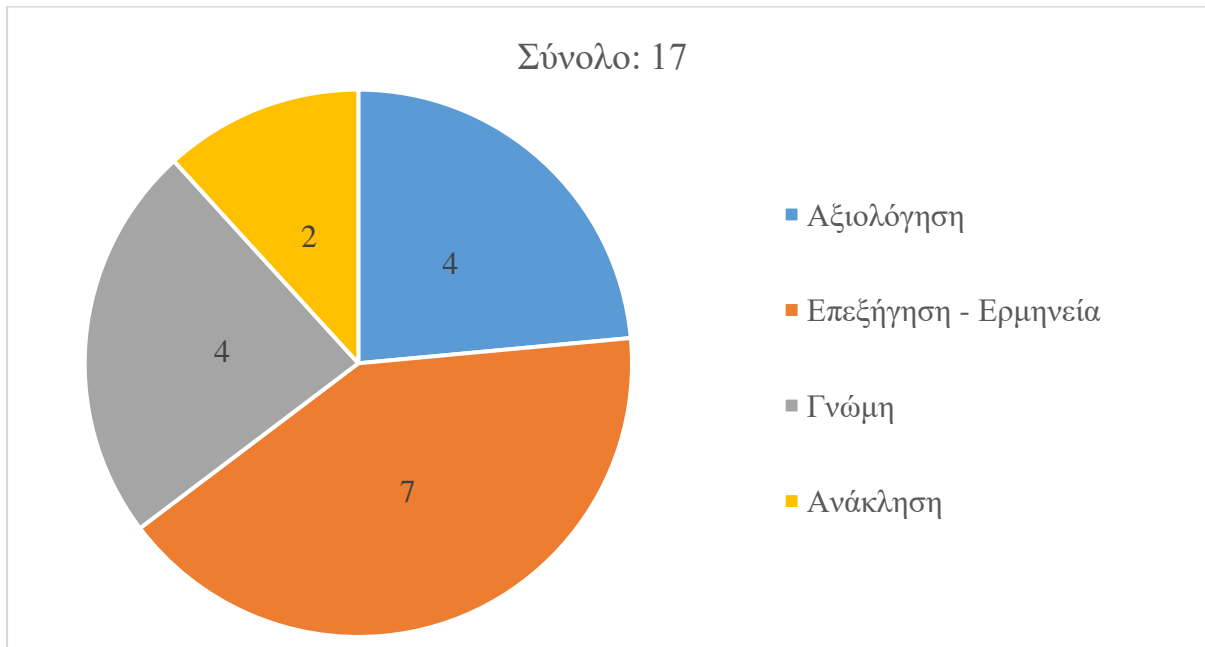
Η εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες είναι επίσης μια διδακτική πρακτική που αξιοποιείται στο συγκεκριμένο σενάριο κυρίως για την εξοικείωση των μαθητών με έννοιες του επιστημονικού αντικειμένου. Συγκεκριμένα, μαθητές καλούνται από τη μια να ταξινομήσουν

αντικείμενα, να καταλήξουν σε συμπεράσματα σχετικά με το μέγεθός τους, να ερμηνεύσουν σχεδιαγράμματα και από την άλλη να εκτελέσουν πειραματικές διαδικασίες οι οποίες λειτουργούν ως αναλογία για τις υπό μελέτη εφαρμογές της NET καθώς και να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα αυτών των διαδικασιών.

Οι διδακτικές πρακτικές α. της ανάλυσης οφελών – κινδύνων (*cost – benefit analysis*) και β. της ανάλυσης απόψεων ποικίλων φορέων (*stakeholder analysis*) υιοθετούνται για την καλλιέργεια των δεξιοτήτων ΚΕΖ συλλογιστικής. Οι μαθητές αναλύοντας τα θετικά και τα αρνητικά της νανο – βαφής, με βάση τις συνεντεύξεις των ερευνητών που την ανακάλυψαν, διαμορφώνουν μια πιο ολιστική εικόνα σχετικά με την επιρροή της νανο – βαφής σε ποικίλους τομείς όπως το περιβάλλον, η υγεία και η οικονομία. Παράλληλα, μέσα από επιχειρήματα φορέων που τους δίνονται, οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι με ποικίλες απόψεις και διαφορετικά συμφέροντα γύρω από την αξιοποίηση των νανοφίλτρων στην αντιμετώπιση της μόλυνσης των υδάτων της Αφρικής. Αξιοποιώντας αυτές τις απόψεις στα πλαίσια ενός παιχνιδιού ρόλων (συζήτηση – επιχειρηματολογία) καλούνται να εκφράσουν επιχειρήματα για να πείσουν τους συμμαθητές τους. Χαρακτηριστικά στο σχέδιο μαθήματος αναφέρεται: *«Κάθε μέλος της ομάδας παίρνει έναν από τους τέσσερις ρόλους και αξιοποιώντας τις αντίστοιχες απόψεις παίρνει μέρος στη συζήτηση αναφορικά με την χρησιμότητα της ανακάλυψης του ερευνητή μας για το πρόβλημα της Αφρικής σε πόσιμο νερό. Έτσι αναδεικνύονται οι διαφορετικές απόψεις και συμφέροντα που υπάρχουν με βάση το κάθε φορέα».*

9.6.4. Ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ6

Στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 9.6) αποτυπώνεται ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ6 προκειμένου να διαπιστωθεί το επίπεδο συλλογιστικής (*level of thinking and reasoning*) που προωθείται μέσα από τις δραστηριότητες του υλικού.



Γράφημα 9.6. Η απόλυτη συχνότητα ανά τύπο ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ6

Παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στο Δ6 ανήκουν στην κατηγορία επεξήγηση – ερμηνεία (*explain*). Μέσα από τις ερωτήσεις αυτές οι μαθητές καλούνται να εφαρμόσουν σε νέα πλαίσια τις γνώσεις που απέκτησαν για τις εφαρμογές της NET, που μελετούν, προβλέποντας ή ερμηνεύοντας την επίδραση τους στο περιβάλλον. Για παράδειγμα, ερωτήματα όπως: «Πώς η δράση αυτής της ουσίας θα μπορούσε να βοηθήσει στην αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης;» ή «Πώς θα μπορούσε να βοηθήσει αυτή η ανακάλυψη τους ανθρώπους της Αφρικής;» καλούν τους μαθητές αφού έχουν επεξεργαστεί τις εφαρμογές της NET, να εξηγήσουν την επίδραση που θα μπορούσαν αυτές να έχουν στις υπό εξέταση κοινωνικές διαστάσεις.

Στο Δ6 επίσης ενσωματώνονται ερωτήματα αξιολόγησης (*reasoning*). Στα ερωτήματα αυτά, οι μαθητές καλούνται να κρίνουν και να συνθέσουν όλα τα στοιχεία που συνέλεξαν κατά την υλοποίηση των δραστηριοτήτων του σεναρίου ώστε να διατυπώσουν τις τελικές τους απόψεις και προσωπικά συμπεράσματα αναφορικά με την αξιοποίηση εφαρμογών της NET στην αντιμετώπιση της περιβαλλοντικής μόλυνσης. Χαρακτηριστικές είναι οι ερωτήσεις της τελευταίας δραστηριότητας του διδακτικού σεναρίου όπως: «Οι παραπάνω εφαρμογές της

νανοτεχνολογίας θα μπορούσαν τελικά να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση της μόλυνσης του περιβάλλοντος;» ή «Ποια σχέση αναδεικνύεται ανάμεσα στις εφαρμογές της επιστήμης και την κοινωνία;» οι οποίες καλούν τους μαθητές να εκφράσουν τις τελικές τους θέσεις σχετικά με την αλληλεπίδραση των εφαρμογών της NET με το περιβάλλον και την κοινωνία.

Στο διδακτικό σενάριο ενσωματώνονται επίσης ερωτήματα που καλούν τους μαθητές να διατυπώσουν τη γνώμη τους (*opinion*) γύρω από ένα ζήτημα ή προβληματισμό. Ερωτήματα όπως: «Εσάς αυτές οι εικόνες τι σκέψεις σας προκαλούν;», «Τι προβλήματα αντιμετωπίζουν οι άνθρωποι στην Αφρική, εξαιτίας της έλλειψης πόσιμου νερού; Κατέγραψε τις απόψεις σου!» ή «Τι προβλήματα αντιμετωπίζουν οι άνθρωποι στις μεγάλες πόλεις; Καταγράψτε τις απόψεις σας!» καλούν τους μαθητές να εκφράσουν προσωπικές σκέψεις, ιδέες και συναισθήματα αναφορικά με τα υπό μελέτη ζητήματα μόλυνσης του περιβάλλοντος. Τέλος, οι ερωτήσεις ανάκλησης γνώσης (*recalling*) είναι αρκετά περιορισμένες στο Δ6.

9.6.5. Σύνοψη των αποτελεσμάτων για το Δ6

Συνοπτικά τα χαρακτηριστικά του Δ6 ως προς α. τις θεματικές περιοχές των δραστηριοτήτων, β. τη στοχοθεσία τους, γ. τις διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται και δ. τον τύπο των ερωτημάτων που διατυπώνονται, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.24).

Πίνακας 9.24. Σύνοψη των αποτελεσμάτων του Δ6				
	Θεματικές περιοχές	Στοχοθεσία	Διδακτικές πρακτικές	Τύπος ερωτημάτων
Δ6	- Επιστήμη & - Κοινωνία	Εξοικείωση με επιστημονικό περιεχόμενο	- Εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες	- Αξιολόγηση
		Αναγνώριση πολυπλοκότητας KEZ	- Συζήτηση – επιχειρηματολογία - Ανάλυση οφελών – κινδύνων	- Εξήγηση – ερμηνεία - Γνώμη
		Ανάλυση ποικίλων οπτικών	- Ανάλυση ποικίλων απόψεων φορέων	- Ανάκληση
		Διατύπωση θέσης – Λήψη απόφασης	- Συζήτηση – επιχειρηματολογία	

Σύμφωνα, λοιπόν, με τον πίνακα 9.24, οι αναφορές και τα ερωτήματα του Δ6 σχετικά με τη θεματική περιοχή της κοινωνίας υπερτερούν σε σχέση με τις αντίστοιχες της θεματικής περιοχής της επιστήμης. Ως προς τη θεματική περιοχή της κοινωνίας, ιδιαίτερη έμφαση έχει

δοθεί στους τομείς του περιβάλλοντος, της υγείας και ακολουθεί ο τομέας της οικονομίας. Επιπλέον, ισορροπία εντοπίζεται ανάμεσα στον αριθμό των δραστηριοτήτων που στοχεύουν στην εξοικείωση των μαθητών με έννοιες, αρχές, φαινόμενα του επιστημονικού αντικειμένου και σε αυτές που επιδιώκουν την καλλιέργεια δεξιοτήτων ΚΕΖ συλλογιστικής. Ως προς τις πρακτικές ΚΕΖ συλλογιστικής, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην ανάλυση της πολυπλοκότητας των υπό μελέτη προβληματισμών καθώς και στην ανάλυση των ποικίλων οπτικών γύρω από την αξιοποίηση εφαρμογών της ΝΕΤ.

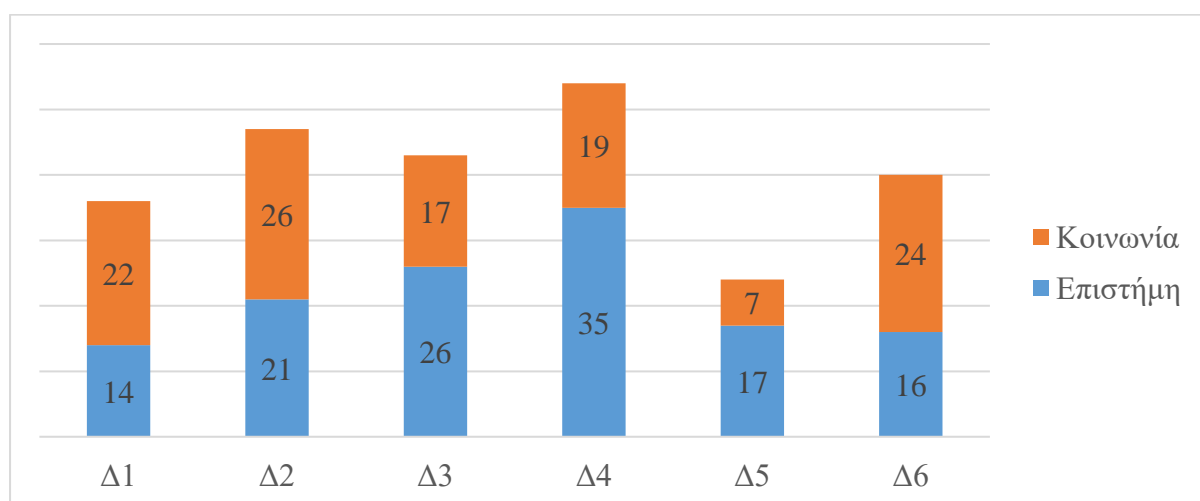
Στο Δ6, αξιοποιούνται αρκετές διδακτικές πρακτικές όπως η εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες, η ανάλυση οφελών – κινδύνων, η ανάλυση ποικίλων απόψεων φορέων και η συζήτηση - επιχειρηματολογία ενώ σε συνδυασμό με τον τύπο των ερωτημάτων που τίθενται στις δραστηριότητες επιδιώκεται η ανάπτυξη διαφορετικού επίπεδου συλλογιστικής από τους μαθητές, το οποίο αφορά τόσο στην κατανόηση εννοιών και πληροφοριών όσο και στην εφαρμογή και αξιολόγησή τους σε νέα πλαίσια.

9.7. Συνοπτικά αποτελέσματα των μελετών περίπτωσης

Στις προηγούμενες υποενότητες του κεφαλαίου (υποενότητες 9.1 έως 9.6) παρουσιάστηκαν ξεχωριστά τα ευρήματα της εμπειρικής έρευνας για κάθε ΚΕΖ διδακτικό σενάριο που αναπτύχθηκε από τους συμμετέχοντες φοιτητές. Μέσα από αυτή τη διαδικασία αναδείχθηκαν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του εκάστοτε διδακτικού σεναρίου ως προς α. τις θεματικές περιοχές που θίγονται β. τη στοχοθεσία των δραστηριοτήτων, γ. τις διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται και δ. τον τύπο των ερωτημάτων που ενσωματώνονται. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα κοινά σημεία αλλά και οι διαφορές των διδακτικών σεναρίων ως προς τους προαναφερθέντες άξονες ώστε εν τέλει να προσδιοριστούν οι τύποι των διδακτικών σεναρίων που σχεδιάζουν και αναπτύσσουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ που εγείρονται από την αξιοποίηση εφαρμογών της NET (υποενότητα 9.8).

9.7.1. Οι θεματικές περιοχές των διδακτικών σεναρίων

Στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 9.7) αποτυπώνεται, ανά διδακτικό σενάριο, η απόλυτη συχνότητα των αναφορών και ερωτημάτων που σχετίζονται είτε με έννοιες επιστημονικού περιεχομένου και τεχνολογικές εφαρμογές (θεματική περιοχή επιστήμη) είτε αυτών που αφορούν στη διαπραγμάτευση των κοινωνικών προεκτάσεων των εκάστοτε υπό εξέταση ζητημάτων (θεματική περιοχή κοινωνία).



Γράφημα 9.7. Η απόλυτη συχνότητα αναφορών για τις θεματικές περιοχές

Συγκρίνοντας την απόλυτη συχνότητα αναφορών και ερωτημάτων ανά θεματική περιοχή σε κάθε ένα από τα διδακτικά σενάρια προκύπτουν δυο διαφορετικές τάσεις. Πιο συγκεκριμένα, διακρίνεται ότι στα Δ1, Δ2 και Δ6 οι αναφορές και τα ερωτήματα σχετικά με τη θεματική

περιοχή της κοινωνίας, δηλαδή αναφορικά με τομείς όπως το περιβάλλον, η οικονομία, η πολιτική, η υγεία, υπερέχουν σε σχέση με τις αναφορές και τα ερωτήματα γύρω από έννοιες, αρχές, φαινόμενα επιστημονικού περιεχομένου και τεχνολογικές εφαρμογές. Αντίθετα, στα διδακτικά σενάρια Δ3, Δ4 και Δ5 παρατηρείται επικράτηση των αναφορών σε σχέση με τη θεματική περιοχή της επιστήμης. Προκύπτει, επομένως, μια διαφορετική εστίαση ως προς το περιεχόμενο των διδακτικών σεναρίων που αναπτύχθηκαν από τους συμμετέχοντες φοιτητές. Η διαπίστωση αυτή σε συνδυασμό με τις τάσεις που διακρίνονται ως προς τους άλλους άξονες (υποενότητες 9.7.2 έως 9.7.4) συμβάλλει στη διαμόρφωση του τύπου των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων (υποενότητα 9.8) που σχεδιάζουν και αναπτύσσουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

9.7.2. Η στοχοθεσία των διδακτικών σεναρίων

Συγκρίνοντας όλα τα διδακτικά σενάρια που αναπτύχθηκαν, προέκυψε, ανεξάρτητα από την επικέντρωση του περιεχομένου τους (υποενότητα 9.7.1), ότι στοχεύουν στην εξοικείωση των μαθητών με έννοιες και αρχές σχετικές με το εκάστοτε υπό διαπραγμάτευση θέμα. Η επικέντρωση αυτή υποδηλώνει ότι το επιστημονικό περιεχόμενο έχει κεντρικό ρόλο κατά την υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών. Οι λόγοι εξοικείωσης των μαθητών με έννοιες επιστημονικού περιεχομένου βέβαια διαφοροποιούνται ανά διδακτικό σενάριο και φαίνεται να εκτείνονται από την εννοιολογική κατανόηση του περιεχομένου στην αξιοποίηση των επιστημονικών διαστάσεων για διαμόρφωση ενήμερης επιχειρηματολογίας και λήψης απόφασης. Ταυτόχρονα, παρατηρούμε ότι όλα τα διδακτικά σενάρια θέτουν ως στόχο οι μαθητές να μπορέσουν να συνδυάσουν όλα όσα διδάχθηκαν και διαπραγματεύτηκαν προκειμένου να διατυπώσουν τις προσωπικές τους θέσεις σχετικά με τα ζητήματα – διλήμματα που τους τίθενται γύρω από την αξιοποίηση σύγχρονων τεχνολογικών εφαρμογών με κοινωνικές προεκτάσεις. Αυτή η επικέντρωση πιθανά αναδεικνύει ότι μέσω της αξιοποίησης της ΚΕΖ προσέγγισης επιδιώκεται - πέρα από την ανάπτυξη της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών γύρω από θέματα επιστήμης - η εφαρμογή της νεοαποκτηθείσας γνώσης για διαμόρφωση ενήμερων αποφάσεων στην καθημερινή ζωή και ενεργής συμμετοχής σε συζητήσεις γύρω από επιστημονικά θέματα.

Ωστόσο, πέρα από την κοινή στοχοθεσία των διδακτικών σεναρίων που αναπτύχθηκαν, υπήρξαν διαφοροποιήσεις αναφορικά με το είδος των δεξιοτήτων ΚΕΖ συλλογιστικής το οποίο στοχεύουν να αναπτύξουν. Οι διαφοροποιήσεις αυτές αποτυπώνονται στον παρακάτω πίνακα

(Πίνακας 9.25) και συνέβαλαν στη διαμόρφωση των τύπων των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων που αναπτύχθηκαν.

Πίνακας 9.25. Οι στόχοι των διδακτικών σεναρίων ως προς τις δεξιότητες ΚΕΖ συλλογιστικής						
Στοχοθεσία: Δεξιότητες ΚΕΖ συλλογιστικής	Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	Δ5	Δ6
Αναγνώριση πολυπλοκότητας ΚΕΖ	2	3	1	1		3
Ανάλυση ποικίλων οπτικών	3	1				1
Αναγνώριση διαρκούς έρευνας γύρω από το ΚΕΖ			1	1		
Αξιολόγηση εγκυρότητας πληροφοριών	1					

Αρχικά, παρατηρούμε ότι στο Δ5, το περιεχόμενο του οποίου εστιάζει στη θεματική περιοχή επιστήμη (υποενότητα 9.7.1), δεν περιλαμβάνονται δραστηριότητες που να στοχεύουν στη διαμόρφωση τέτοιου είδους συλλογιστικής από τους μαθητές. Αντίθετα, τα υπόλοιπα διδακτικά σενάρια που αναπτύχθηκαν περιλαμβάνουν τέτοιου είδους στοχοθεσία. Πιο αναλυτικά, όλα τα υπόλοιπα διδακτικά σενάρια (Δ1, Δ2, Δ3, Δ4 και Δ6) περιλαμβάνουν δραστηριότητες για την αναγνώριση από τους μαθητές της πολυπλοκότητας των ΚΕΖ (*SSI – Complexity*), της συσχέτισης δηλαδή των επιμέρους παραγόντων που εμπλέκονται σε ένα ζήτημα και της ανάπτυξης συλλογιστικής που δεν περιορίζεται σε γραμμικές σχέσεις αιτίου - αποτελέσματος. Ως προς τις υπόλοιπες πρακτικές ΚΕΖ συλλογιστικής όμως διακρίνεται μια διαφοροποίηση καθώς και κοινές τάσεις με βάση τις θεματικές περιοχές που εμπλέκουν τα επιμέρους διδακτικά σενάρια. Συγκεκριμένα, τα Δ1, Δ2 και Δ6, των οποίων το περιεχόμενο επικεντρώνει στη θεματική περιοχή της κοινωνίας (υποενότητα 9.7.1), εστιάζουν στην αναγνώριση και ανάλυση από τους μαθητές των διαφορετικών απόψεων και οπτικών γύρω από ένα ζήτημα (*perspective taking*). Ένα από αυτά μάλιστα, το Δ1, στοχεύει πέρα από την αναγνώριση και ανάλυση των ποικίλων οπτικών σχετικά με το υπό εξέταση ζήτημα και στην καλλιέργεια δεξιοτήτων αξιολόγησης της εγκυρότητας των ποικίλων αυτών απόψεων, επιχειρημάτων και οπτικών (*employ skepticism*). Από την άλλη, τα διδακτικά σενάρια Δ3 και Δ4, που εστιάζουν στη θεματική περιοχή της επιστήμης (υποενότητα 9.7.1), φαίνεται να καθιστούν ως σημαντική επιδίωξη την αναγνώριση από τους μαθητές της διαρκούς έρευνας γύρω από ένα ΚΕΖ (*on – going inquiry*), εστιάζοντας ωστόσο μονάχα στις αβεβαιότητες που προκύπτουν λόγω της έλλειψης ομοφωνίας στην ίδια την επιστημονική κοινότητα και όχι των αντιπαραθέσεων εντός της κοινωνίας. Έτσι, στα διδακτικά σενάρια Δ3 και Δ4, κρίνεται

σημαντική, για τη λήψη ενήμερων αποφάσεων, η αξιολόγηση αντικρουόμενων ερευνητικών δεδομένων και στοιχείων που συχνά συνοδεύουν τις σύγχρονες τεχνολογικές εφαρμογές.

9.7.3. Οι διδακτικές πρακτικές των διδακτικών σεναρίων

Εξετάζοντας τα διδακτικά σενάρια που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της παρούσας έρευνας ως προς τις διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται, διακρίνουμε ότι σε όλα τα διδακτικά υλικά ενσωματώνονται δραστηριότητες που εμπλέκουν τους μαθητές με επιστημονικές διαδικασίες όπως είναι η υλοποίηση πειραματικών διαδικασιών, η λήψη και καταγραφή μετρήσεων, η ερμηνεία εμπειρικών δεδομένων και αναλογιών. Η πρακτική αυτή αξιοποιείται κατά κύριο λόγο για την επεξεργασία από τους μαθητές επιστημονικών εννοιών και φαινομένων καθώς και των υπό μελέτη τεχνολογικών εφαρμογών της NET. Επίσης, σε όλα τα διδακτικά σενάρια υιοθετείται η διδακτική πρακτική της συζήτησης – επιχειρηματολογίας (*discourse – argumentation*) όπου οι μαθητές είτε καλούνται να συμμετέχουν σε debate διαμορφώνοντας τα επιχειρήματα και αντεπιχειρήματα τους για να υποστηρίξουν τις θέσεις τους είτε, με αφορμή ερεθίσματα όπως video, εικόνες, εμπειρικά δεδομένα και ερωτήσεις – «σκαλωσιά», καλούνται να συμμετέχουν σε συζητήσεις και να εκφράσουν τις προσωπικές τους απόψεις. Ωστόσο, εκτός από τις κοινές τάσεις που προέκυψαν αναφορικά με τις διδακτικές πρακτικές που αξιοποιούνται, διαπιστώνονται και ορισμένες διαφοροποιήσεις μεταξύ των διδακτικών σεναρίων, οι οποίες αποτυπώνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9.26).

Πίνακας 9.26. Οι διαφοροποιήσεις των σεναρίων ως προς τις διδακτικές πρακτικές						
Διδακτική πρακτική	Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	Δ5	Δ6
Παράθεση επιστημονικών πληροφοριών			3	4	3	
Ανάλυση οφελών – κινδύνων	1	1	1	1		1
Ανάλυση απόψεων ποικίλων φορέων	2	2				1

Η διδακτική πρακτική της ανάλυσης οφελών – κινδύνων (*cost – benefit analysis*) ενσωματώνεται σε όλα τα διδακτικά σενάρια εκτός του Δ5. Είναι μια πρακτική που αξιοποιείται με ποικίλους τρόπους στα επιμέρους διδακτικά σενάρια. Για παράδειγμα, στα Δ3 και Δ4 μέσα από την υιοθέτηση της συγκεκριμένης πρακτικής επιδιώκεται η εξοικείωση των μαθητών με τη διαρκή φύση της έρευνας γύρω από τα KEZ καθώς οι μαθητές μέσα από την ανάλυση επιστημονικών πληροφοριών σχετικά με εφαρμογές της NET, συνειδητοποιούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους αλλά και το γεγονός ότι η ερευνητική κοινότητα δεν έχει καταλήξει σε ομόφωνα αποδεκτές απαντήσεις γύρω από τα ανοικτά ερωτήματα που

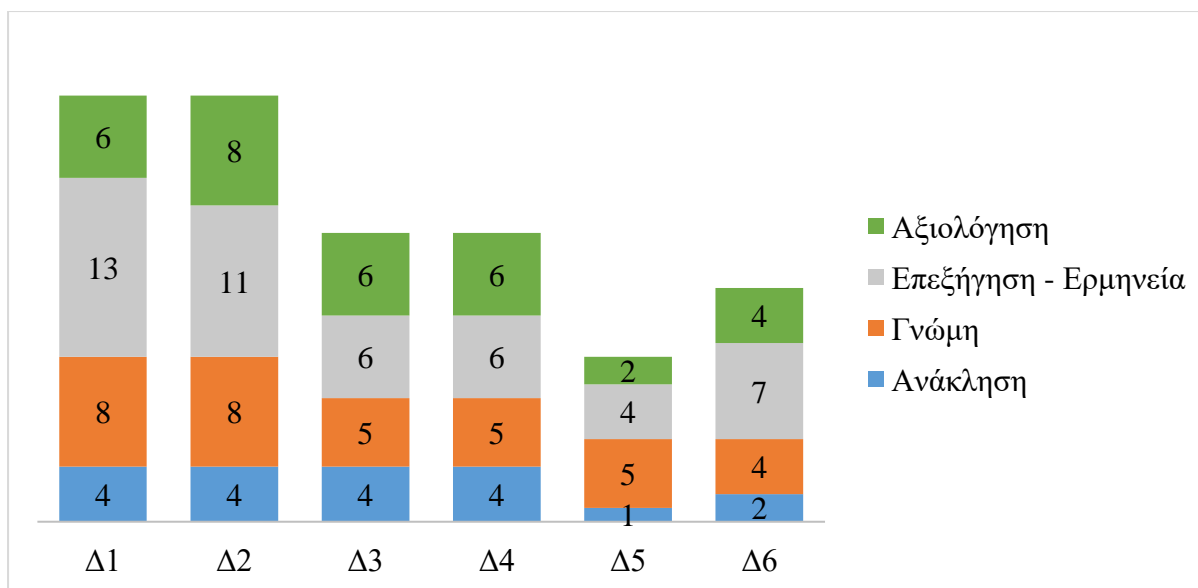
συνοδεύουν την αξιοποίησή τους. Στα διδακτικά σενάρια Δ1, Δ2 και Δ6, η συγκεκριμένη πρακτική έχει διαφορετική λειτουργία καθώς αξιοποιείται είτε για την αναγνώριση της πολυπλοκότητας των ΚΕΖ, είτε για τη προώθηση της διατύπωσης θέσης – λήψης απόφασης, είτε ακόμη και για την εξοικείωση των μαθητών με επιστημονικές πληροφορίες.

Η βασική διαφοροποίηση των διδακτικών σεναρίων, αναφορικά με τις διδακτικές πρακτικές που υιοθετούν, έγκειται στην αξιοποίηση ή μη της ανάλυσης απόψεων ποικίλων φορέων (*stakeholder analysis*). Συγκεκριμένα, η ανάλυση απόψεων ποικίλων φορέων αξιοποιείται στα Δ1, Δ2 και Δ6, τα οποία εστιάζουν στη θεματική περιοχή της κοινωνίας (υποενότητα 9.7.1), και επιδιώκουν είτε α. την αναγνώριση από τους μαθητές των διαφορετικών οπτικών και συμφερόντων γύρω από ένα ζήτημα (*perspective taking*), είτε β. την καλλιέργεια δεξιοτήτων αξιολόγησης της εγκυρότητας των ποικίλων επιχειρημάτων (*employ skepticism*) είτε γ. την προώθηση της διατύπωσης θέσης – λήψης απόφασης από τους μαθητές. Στα διδακτικά σενάρια Δ3, Δ4 και Δ5 δεν εντοπίζεται η συγκεκριμένη διδακτική πρακτική μιας και στα συγκεκριμένα διδακτικά σενάρια δεν ενσωματώνεται αντίστοιχο περιεχόμενο αλλά και ούτε δραστηριότητες με αντίστοιχη στοχοθεσία.

Τέλος, η διδακτική πρακτική της παράθεσης πληροφοριών συναντάται στα Δ3, Δ4 και Δ5 γεγονός που ενδεχομένως συνδέεται με την επικέντρωση αυτών των διδακτικών σεναρίων στη θεματική περιοχή της επιστήμης αλλά και σε στοχοθεσία σχετικά με την εξοικείωση των μαθητών με το επιστημονικό περιεχόμενο.

9.7.4. Ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στα διδακτικά σενάρια

Στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 9.8) αποτυπώνεται η απόλυτη συχνότητα ανά τύπο ερωτημάτων σε καθένα από τα διδακτικά σενάρια που αναπτύχθηκαν από τους συμμετέχοντες φοιτητές. Από το παραπάνω γράφημα επομένως (Γράφημα 9.8) προκύπτει ότι σε όλα τα διδακτικά σενάρια αξιοποιούνται οι ίδιοι τύποι ερωτημάτων, σε διαφορετικό όμως βαθμό, γεγονός που συνδέεται και με το διαφορετικό επίπεδο συλλογιστικής των μαθητών που προωθείται σε καθένα από αυτά τα διδακτικά υλικά.



Γράφημα 9.8. Η απόλυτη συχνότητα ανά τύπο ερωτημάτων στα διδακτικά σενάρια

Κοινό στοιχείο και των έξι διδακτικών σεναρίων αποτελεί η χαμηλή απόλυτη συχνότητα ερωτημάτων ανάκλησης (*recalling*), δηλαδή των ερωτημάτων που καλούν τους μαθητές να αναπαράγουν γνώσεις και πληροφορίες. Η περιορισμένη ενσωμάτωση τέτοιου είδους ερωτημάτων στα ΚΕΖ διδακτικά υλικά φανερώνει την έμφαση που δίνεται στην υποστήριξη των μαθητών να κατανοήσουν, να εφαρμόσουν τις υπό διαπραγμάτευση έννοιες και να διαμορφώσουν τα δικά τους συμπεράσματα και κρίσεις και όχι απλώς στον έλεγχο της γνώσης τους γύρω από έννοιες και αρχές επιστημονικού περιεχομένου. Προκύπτει επομένως η πρόθεση για εμπλοκή των μαθητών σε ανωτέρου επιπέδου γνωστικές διαδικασίες.

Πιο συγκεκριμένα, στα διδακτικά σενάρια Δ1, Δ2 και Δ6 παρατηρούμε ότι κυρίαρχος τύπος ερωτημάτων είναι αυτά που καλούν τους μαθητές να δώσουν μια επεξήγηση – ερμηνεία (*explain*) ενώ ακολουθεί ο τύπος ερωτημάτων σχετικά με τη διατύπωση γνώμης (*opinion*). Στα διδακτικά αυτά σενάρια έχει διαπιστωθεί η επικέντρωση στις κοινωνικές πτυχές των υπό διαπραγμάτευση ζητημάτων (υποενότητα 9.7.1) καθώς και η στόχευση στην ανάλυση των ποικίλων παραγόντων και οπτικών (υποενότητα 9.7.2). Τα ερωτήματα επεξήγησης – ερμηνείας δίνουν στους μαθητές τη δυνατότητα να αναγνωρίσουν τις σχέσεις ανάμεσα σε έννοιες και εμπλεκόμενους παράγοντες μέσα από τις προβλέψεις που καλούνται να διατυπώσουν αλλά και τις ερμηνείες που δίνουν για τα αποτελέσματα και τα εμπειρικά δεδομένα με τα οποία έρχονται σε επαφή. Με βάση λοιπόν τα ερωτήματα επεξήγησης – ερμηνείας, οι μαθητές καλούνται να εφαρμόσουν τις γνώσεις και πληροφορίες που διαπραγματεύονται, να προσδιορίσουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ποικίλων παραγόντων και οπτικών που εμπλέκονται σε ένα ΚΕΖ και να αναλύσουν τις επιδράσεις αυτών των παραγόντων και οπτικών στα υπό εξέταση

ζητήματα. Τα ερωτήματα επομένως αυτά συμβάλλουν στην εμπλοκή των μαθητών με ανώτερες διαδικασίες σκέψης και συλλογιστικής, οι οποίες αντιστοιχούν στα γνωστικά επίπεδα της κατανόησης και εφαρμογής.

Στα διδακτικά σενάρια Δ3 και Δ4, όπου έχει διαπιστωθεί μια επικράτηση των επιστημονικών διαστάσεων των υπό μελέτη ΚΕΖ (υποενότητα 9.7.1), παρατηρείται μια ισόρροπη ενσωμάτωση τόσο ερωτημάτων επεξήγησης – ερμηνείας (*explain*) όσο και ερωτημάτων αξιολόγησης (*reasoning*). Τα ερωτήματα επεξήγησης – ερμηνείας από τη μια δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να ερμηνεύσουν τα δεδομένα με τα οποία έρχονται σε επαφή και από την άλλη να επεκτείνουν τη νέα γνώση σε νέα πλαίσια αναγνωρίζοντας τις επιρροές των κοινωνικών παραγόντων στα υπό εξέταση ζητήματα. Τα ερωτήματα αξιολόγησης από την άλλη καλούν τους μαθητές να πάρουν αποφάσεις, να αιτιολογήσουν τις αποφάσεις που πήραν, να κρίνουν όσα έμαθαν καθώς και να αναστοχαστούν επί των απόψεων που διαμόρφωσαν. Με αυτό τον τρόπο οι μαθητές εμπλέκονται με ανώτερες διαδικασίες σκέψης και συλλογιστικής που αντιστοιχούν στα γνωστικά επίπεδα της σύνθεσης και της αξιολόγησης.

Τέλος, στο διδακτικό σενάριο Δ5, όπου η ενσωμάτωση των κοινωνικών πτυχών είναι περιορισμένη (υποενότητα 9.7.1) και η στόχευση επικεντρώνεται κυρίως στη γνωριμία των μαθητών με καινοτόμες τεχνολογικές εφαρμογές (υποενότητα 9.7.2), παρατηρούμε ότι ο κυρίαρχος τύπος ερωτημάτων ανήκει στην κατηγορία διατύπωσης γνώμης (*opinion*). Τα ερωτήματα αυτά, που καλούν τους μαθητές να εκφράσουν προσωπικές εμπειρίες, ιδέες και συναισθήματα, δεν επιδιώκουν τη διαμόρφωση μιας αιτιολογημένης απάντησης από τους μαθητές. Φαίνεται ότι δεν σχετίζονται με γνωστικές διαδικασίες και διαδικασίες ανάπτυξης συλλογιστικής. Αντίθετα, δίνουν έμφαση σε πιο συναισθηματικούς παράγοντες όπως είναι το ενδιαφέρον των μαθητών για το θέμα αλλά και τα προσωπικά τους πιστεύω και αντιλήψεις.

Συνδυάζοντας τα στοιχεία που προκύπτουν από τη συγκριτική θεώρηση των αποτελεσμάτων των μελετών περίπτωσης διαμορφώθηκαν τρεις τύποι ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων οι οποίοι αναλύονται στην επόμενη υποενότητα (υποενότητα 9.8).

9.8. Συγκριτική θεώρηση των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων

Αξιοποιώντας τις κοινές τάσεις και διαφοροποιήσεις των διδακτικών σεναρίων που αναπτύχθηκαν από τους συμμετέχοντες φοιτητές και οι οποίες περιγράφονται αναλυτικά παραπάνω (υποενότητες 9.7.1 έως 9.7.4) προέκυψαν τρεις τύποι διδακτικών σεναρίων με βάση α. τις θεματικές περιοχές που θίγονται, β. τη στοχοθεσία των δραστηριοτήτων, γ. τις διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται και δ. τον τύπο των ερωτημάτων που ενσωματώνονται.

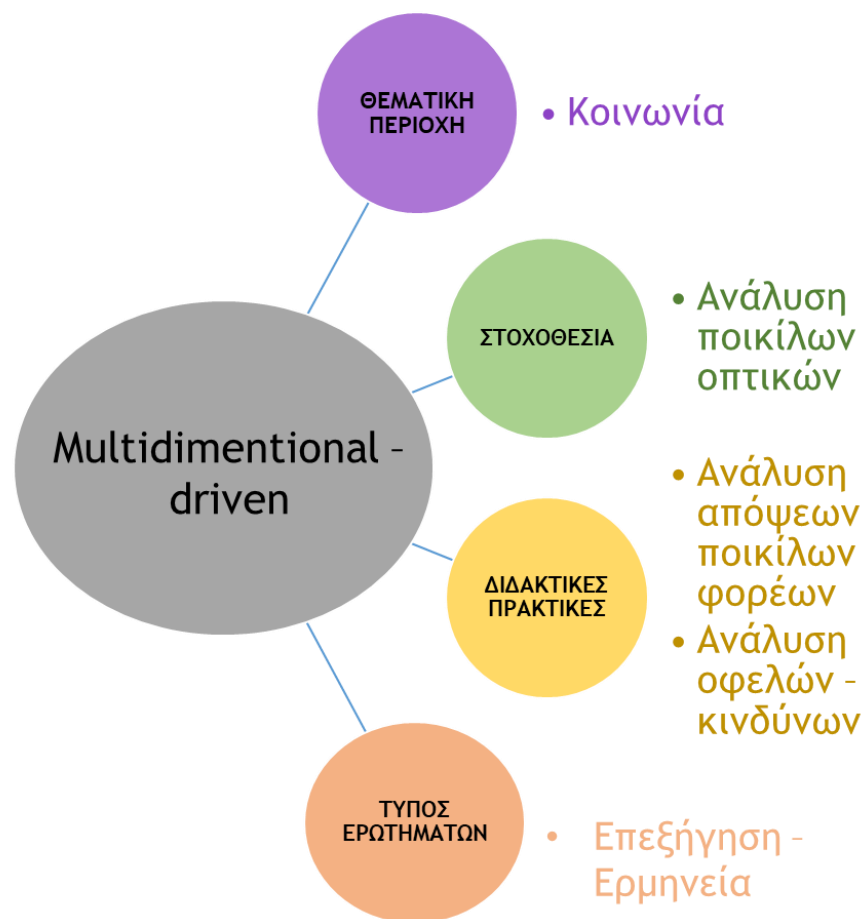
Όπως έχει ήδη αναφερθεί, κοινό χαρακτηριστικό όλων των διδακτικών σεναρίων, ως προς τη στοχοθεσία των δραστηριοτήτων που περιλαμβάνουν, φαίνεται να είναι η εξοικείωση των μαθητών με το επιστημονικό περιεχόμενο και η καλλιέργεια δεξιοτήτων διατύπωσης θέσης / λήψης απόφασης. Αντίστοιχα, ως προς τις διδακτικές πρακτικές, αξιοποιούνται σε όλα τα διδακτικά σενάρια η εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές διαδικασίες και η συζήτηση/επιχειρηματολογία. Παρακάτω περιγράφονται τα ιδιαίτερα στοιχεία - χαρακτηριστικά κάθε τύπου.

Τύπος 1: Multidimensional – driven ΚΕΖ διδακτικό υλικό

Τα Δ1, Δ2 και Δ6 θεωρείται ότι διαμορφώνουν έναν κοινό τύπο ΚΕΖ διδακτικού σεναρίου καθώς παρουσιάζουν όμοια χαρακτηριστικά ως προς τους προαναφερθέντες άξονες. Πιο αναλυτικά, εστιάζουν στη θεματική περιοχή της κοινωνίας, θίγοντας πτυχές όπως το περιβάλλον, η πολιτική, η οικονομία και η υγεία ενώ η θεματική περιοχή της επιστήμης εξακολουθεί να αποτελεί μια από τις εμπλεκόμενες διαστάσεις. Ως προς τη στοχοθεσία, δίνεται έμφαση στην καλλιέργεια δεξιοτήτων ΚΕΖ συλλογιστικής και συγκεκριμένα στην αναγνώριση και ανάλυση των ποικίλων οπτικών (*perspective taking*) ενώ συναντάται και η αξιολόγηση της εγκυρότητας των πληροφοριών (*employ skepticism*). Στα συγκεκριμένα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια εντοπίζονται δραστηριότητες που στοχεύουν στην αναγνώριση της πολυπλοκότητας των ΚΕΖ (*SSI complexity*), χωρίς ωστόσο η συγκεκριμένη στοχοθεσία να αποτελεί χαρακτηριστικό μόνο αυτών των διδακτικών σεναρίων. Η κύρια διδακτική πρακτική που αξιοποιείται και συμβάλλει στη διαμόρφωση του τύπου των διδακτικών σεναρίων είναι η ανάλυση των απόψεων ποικίλων φορέων (*stakeholder analysis*). Παράλληλα, αξιοποιείται και η ανάλυση οφελών - κινδύνων (*cost – benefit analysis*). Τέλος, στα Δ1, Δ2 και Δ6 ενσωματώνονται κατά κύριο λόγο ερωτήματα επεξήγησης – ερμηνείας (*explain*) τα οποία εμπλέκουν τους μαθητές σε ανώτερες γνωστικές διαδικασίες καθώς προωθούν την αναγνώριση και τον προσδιορισμό των σχέσεων και αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ποικίλων

φορέων και παραγόντων. Επομένως, στο συγκεκριμένο τύπο διδακτικού σεναρίου υπό διαπραγμάτευση βρίσκονται όλες οι διαστάσεις – επιστημονικές και κοινωνικές – των υπό εξέταση ζητημάτων ενώ στο επίκεντρο της στοχοθεσίας βρίσκεται η ανάλυση και διαπραγμάτευση των ποικίλων οπτικών και παραγόντων που εμπλέκονται σε ένα ΚΕΖ.

Λαμβάνοντας επομένως υπόψη τα προαναφερθέντα στοιχεία, προέκυψε ο πρώτος τύπος ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων, ο οποίος χαρακτηρίζεται ως *Multidimensional – driven ΚΕΖ διδακτικό υλικό* (Σχήμα 9.1) (Karahana & Roehrig, 2017). Ο τύπος αυτός υποδηλώνει ότι η ΚΕΖ διδασκαλία καθοδηγείται από την εξέταση και ανάλυση των ποικίλων παραγόντων – επιστημονικών, οικονομικών, περιβαλλοντικών, πολιτικών κ.κ. – αλλά και οπτικών που ενδεχομένως εμπλέκονται σε ένα υπό εξέταση ζήτημα.

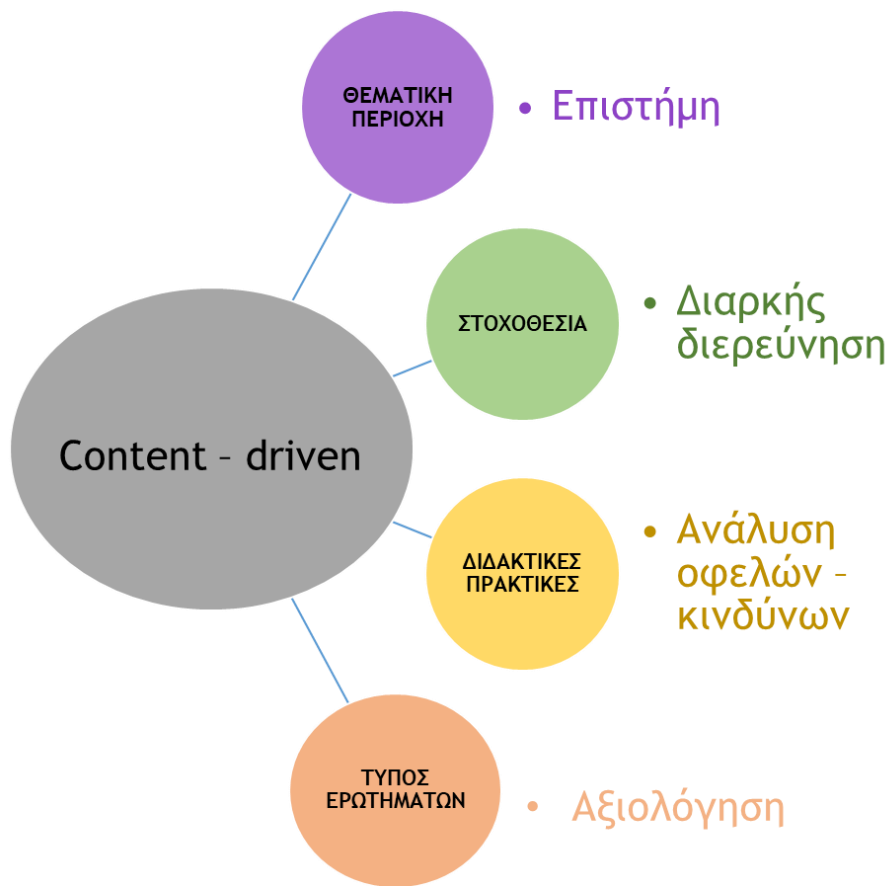


Σχήμα 9.1. Τα ιδιαίτερα στοιχεία των Multidimensional – driven ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων

Τύπος 2: Content – driven KEZ διδακτικό υλικό

Τα διδακτικά σενάρια Δ3 και Δ4 θεωρείται ότι διαμορφώνουν έναν κοινό τύπο KEZ διδακτικού σεναρίου καθώς παρουσιάζουν κοινά στοιχεία ως προς τους άξονες που μελετήθηκαν. Συγκεκριμένα, εστιάζουν στη θεματική περιοχή της επιστήμης, δίνοντας έμφαση σε έννοιες, αρχές, φαινόμενα επιστημονικού αντικειμένου ή στην εξερεύνηση σύγχρονων τεχνολογικών εφαρμογών. Ως προς τη στοχοθεσία παρατηρείται επικέντρωση στην αναγνώριση της πολυπλοκότητας των KEZ (*SSI – complexity*) και στην αναγνώριση της διαρκούς φύσης της έρευνας γύρω από τα KEZ (*On – going inquiry*). Μάλιστα η εστίαση στη διαρκή φύση της έρευνας γύρω από τα ανοικτά ζητήματα των KEZ αποτελεί ένα χαρακτηριστικό που δεν συναντάται στα άλλα KEZ διδακτικά σενάρια. Οι κύριες διδακτικές πρακτικές που αξιοποιούνται και συμβάλλουν στη διαμόρφωση του συγκεκριμένου προφίλ είναι η παράθεση πληροφοριών και η ανάλυση οφελών – κινδύνων (*cost – benefit analysis*). Τέλος ενσωματώνονται εξίσου ερωτήματα επεξήγησης – ερμηνείας (*explain*) και αξιολόγησης (*reasoning*), τα οποία εμπλέκουν τους μαθητές σε ανώτερες γνωστικές διαδικασίες καθώς προωθούν την κατανόηση και εφαρμογή της νεοαποκτηθείσας γνώσης αλλά και την ενήμερη λήψη αποφάσεων με βάση αυτή τη γνώση. Επομένως, στο συγκεκριμένο τύπο KEZ διδακτικών σεναρίων η επικέντρωση δίνεται στο επιστημονικό περιεχόμενο και στην αξιοποίησή του για λήψη απόφασης γύρω από τους υπό εξέταση προβληματισμούς ενώ οι ποικίλες οπτικές γύρω από ένα KEZ δεν αποτελούν αντικείμενο διαπραγμάτευσης στα πλαίσια των δραστηριοτήτων των διδακτικών σεναρίων.

Λαμβάνοντας, επομένως, υπόψη τα προαναφερθέντα στοιχεία, προέκυψε ο δεύτερος τύπος KEZ διδακτικών σεναρίων, ο οποίος χαρακτηρίζεται ως ***Content – driven KEZ διδακτικό υλικό*** (Σχήμα 9.2) (Karahana & Roehrig, 2017). Ο τύπος αυτός KEZ διδακτικού σεναρίου υποδηλώνει ότι η KEZ διδασκαλία καθοδηγείται από την εξέταση και ανάλυση των επιστημονικών στοιχείων και δεδομένων που εμπλέκονται στο εκάστοτε υπό εξέταση ζήτημα.



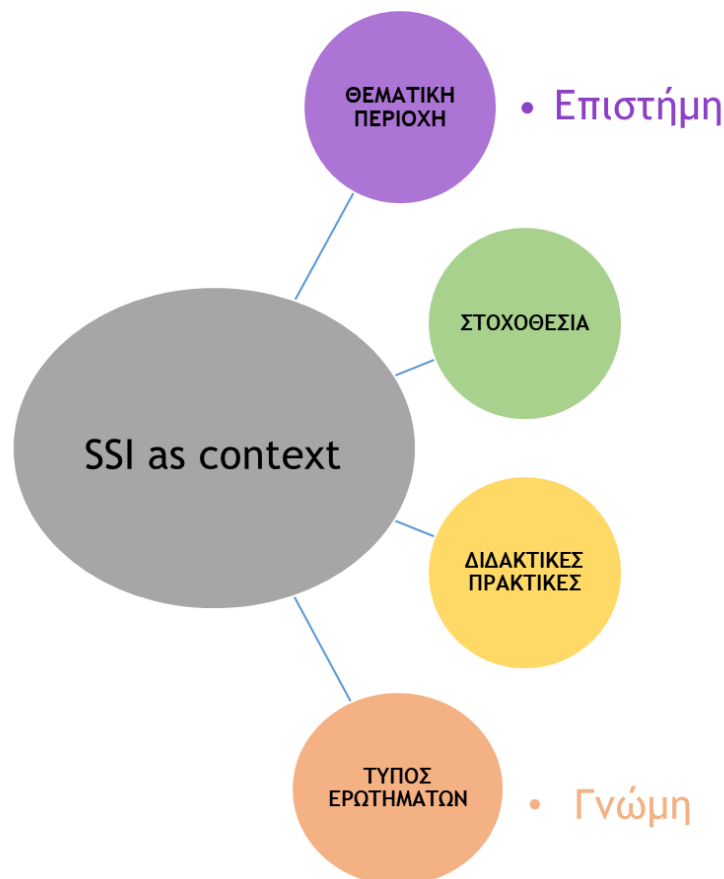
Σχήμα 9.2. Τα ιδιαίτερα στοιχεία των Content - driven KEZ διδακτικών σεναρίων

Τύπος 3: KEZ ως πλαίσιο - SSI as context

Το διδακτικό σενάριο Δ5, θεωρείται ότι ανήκει σε έναν τρίτο τύπο KEZ διδακτικού σεναρίου, που αξιοποιεί ένα σύγχρονο KEZ ως το πλαίσιο για την εισαγωγή των μαθητών στις υπό διαπραγμάτευση έννοιες επιστημονικού περιεχομένου ή ως πλαίσιο για την εξερεύνηση καινοτόμων εφαρμογών επιστήμης και τεχνολογίας αιχμής. Έτσι η θεματική περιοχή στην οποία εστιάζει αφορά στη θεματική περιοχή της επιστήμης με πολύ μικρές αναφορές σε κοινωνικές διαστάσεις. Η στοχοθεσία του διδακτικού σεναρίου αυτού του τύπου σχετίζεται κυρίως με την εξοικείωση των μαθητών με έννοιες, αρχές, φαινόμενα επιστημονικού αντικειμένου ή με σύγχρονες τεχνολογικές εφαρμογές. Δεν εντοπίζονται δραστηριότητες για την καλλιέργεια δεξιοτήτων KEZ συλλογιστικής ενώ οι διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται περιλαμβάνουν την παράθεση πληροφοριών, την εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες και τη συζήτηση / επιχειρηματολογία. Συνεπώς, δεν παρουσιάζεται κάποια ιδιαιτερότητα ούτε ως προς τη στοχοθεσία ούτε ως προς τις διδακτικές πρακτικές. Τέλος, ενσωματώνονται κυρίως ερωτήματα διατύπωσης γνώμης (*opinion*), τα οποία δεν συμβάλλουν

στην εμπλοκή των μαθητών με ανώτερες γνωστικές διαδικασίες αλλά σχετίζονται κυρίως με συναισθηματικούς παράγοντες της μάθησης.

Επομένως, ο τρίτος τύπος διδακτικού σεναρίου που προέκυψε από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, αξιοποιεί τα **ΚΕΖ ως πλαίσιο - SSI as context** (Σχήμα 9.3) για την περαιτέρω διαπραγμάτευση εννοιών επιστημονικού περιεχομένου και εξερεύνηση νέων καινοτόμων τεχνολογικών εφαρμογών.



Σχήμα 9.3. Τα ιδιαίτερα στοιχεία των διδακτικών σεναρίων με τα ΚΕΖ ως πλαίσιο (SSI as context)

Συγκεντρώνοντας όλα τα παραπάνω στοιχεία, προκύπτει ότι οι τύποι ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων διαφέρουν στα επιμέρους στοιχεία των υπό εξέταση αξόνων (Σχήματα 9.1, 9.2 & 9.3). Πιο αναλυτικά, ως προς:

- α. *Θεματικές περιοχές.* Τα multidimensional – driven ΚΕΖ διδακτικά σενάρια εστιάζουν στη διαπραγμάτευση των κοινωνικών πτυχών ενώ τα content – driven και αυτά που αξιοποιούν τα ΚΕΖ ως πλαίσιο εστιάζουν στη διαχείριση των επιστημονικών διαστάσεων του υπό μελέτη ζητήματος.

- β. *Στοχοθεσία.* Τα διδακτικά σενάρια που αξιοποιούν τα KEZ ως πλαίσιο δεν στοχεύουν στην καλλιέργεια δεξιοτήτων KEZ συλλογιστικής. Η διαφορά μεταξύ των multidimensional – driven KEZ διδακτικών υλικών και των content – driven είναι ότι τα πρώτα στοχεύουν στην ανάλυση των ποικίλων οπτικών ενός ζητήματος ενώ τα δεύτερα εστιάζουν στην αναγνώριση της διαρκούς έρευνας γύρω από τα ανοικτά ζητήματα ενός KEZ. Η αναγνώριση της πολυπλοκότητας των KEZ συναντάται και στους δύο αυτούς τύπους.
- γ. *Διδακτικές πρακτικές.* Εκτός από τις κοινές πρακτικές που υιοθετούνται, παρατηρούμε ότι:
1. η ανάλυση απόψεων ποικίλων φορέων αξιοποιείται μόνο στα multidimensional – driven KEZ διδακτικά υλικά,
 2. η ανάλυση οφελών & κινδύνων αξιοποιείται αφενός στα multidimensional – driven και αφετέρου στα content – driven KEZ διδακτικά υλικά ενώ τέλος
 3. η παράθεση πληροφοριών δεν αξιοποιείται στα multidimensional – driven KEZ διδακτικά υλικά.
- δ. *Τύπος ερωτημάτων.* Ο τύπος ερωτημάτων που κυριαρχεί σε κάθε είδος KEZ διδακτικού σεναρίου διαφέρει. Πιο συγκεκριμένα, τα multidimensional – driven KEZ διδακτικά υλικά ενσωματώνουν κυρίως ερωτήματα επεξήγησης – ερμηνείας για την ανάλυση των σχέσεων και αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ποικίλων εμπλεκόμενων παραγόντων. Τα content – driven KEZ διδακτικά υλικά ενσωματώνουν κυρίως ερωτήματα αξιολόγησης για την διαμόρφωση συμπερασμάτων και προτάσεων με βάση τη νεοαποκτηθείσα γνώση ενώ τέλος τα διδακτικά σενάρια που αξιοποιούν τα KEZ ως πλαίσιο ενσωματώνουν κυρίως ερωτήματα γνώμης που καλούν τους μαθητές να εκφράσουν απόψεις, ιδέες και αντιλήψεις χωρίς αιτιολόγηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΣΥΖΗΤΗΣΗ –ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχεδιάζουν και αναπτύσσουν διδακτικά σενάρια για τη διαπραγμάτευση των ΚΕΖ που εγείρονται από την αξιοποίηση εφαρμογών ενός σύγχρονου επιστημονικού αντικειμένου. Για το σκοπό αυτό εξετάστηκε ο τύπος των διδακτικών σεναρίων που αναπτύσσουν μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για τη διαπραγμάτευση των ΚΕΖ που εγείρονται από εφαρμογές της NET. Για τον προσδιορισμό του τύπου των διδακτικών σεναρίων εξετάστηκαν:

- α. Οι θεματικές περιοχές των ΚΕΖ που θίγονται
- β. Η στοχοθεσία των δραστηριοτήτων
- γ. Οι διδακτικές πρακτικές που αξιοποιούνται
- δ. Ο τύπος των ερωτημάτων που ενσωματώνονται

Στο παρόν κεφάλαιο συζητώνται τα ευρήματα της εμπειρικής έρευνας σε συσχέτιση με τη βιβλιογραφική ανάλυση που παρουσιάστηκε στα κεφάλαια 3 και 4 της παρούσας διατριβής (υποενότητα 10.1). Έπειτα, διατυπώνονται τα συμπεράσματα της έρευνας (υποενότητα 10.2), οι περιορισμοί της (υποενότητα 10.3) ενώ τέλος παρουσιάζονται οι προτάσεις για περαιτέρω έρευνα (υποενότητα 10.4).

10.1. Συζήτηση των αποτελεσμάτων της έρευνας

Η βιβλιογραφία έχει αναδείξει αφενός την αξία διαπραγμάτευσης ΚΕΖ κατά τη διδασκαλία ΦΕ (πχ. Zeidler et al., 2005) και αφετέρου τα χαρακτηριστικά που πρέπει να πληρούνται και τις πρακτικές που πρέπει να υιοθετούνται κατά τον σχεδιασμό και υλοποίηση ΚΕΖ διδασκαλιών, ώστε οι μαθητές να επωφελούνται από την εφαρμογή της ΚΕΖ προσέγγισης στη πράξη (πχ. Ratcliffe & Grace, 2003). Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη αποτελεσματικών ΚΕΖ μαθησιακών περιβαλλόντων προϋποθέτει, επομένως, γνώση και κατανόηση αυτών των χαρακτηριστικών και πρακτικών από τους εκπαιδευτικούς, των οποίων οι επιλογές κατά το σχεδιασμό και ανάπτυξη διδακτικών υλικών διαμορφώνουν τις μαθησιακές εμπειρίες στις οποίες εμπλέκονται οι μαθητές (πχ. Whittington & Tekkumru-Kisa, 2020). Ένα πρώτο βήμα όμως για την εκπαίδευση των εκπαιδευτικών – μελλοντικών και εν ενεργεία - γύρω από την δόμηση ΚΕΖ περιβαλλόντων μάθησης αποτελεί η διερεύνηση των χαρακτηριστικών των διδασκαλιών που οι ίδιοι σχεδιάζουν (πχ. Remillard, 1999). Από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας προέκυψαν οι τύποι των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων που σχεδιάζουν και

αναπτύσσουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης καθώς και οι διαδικασίες στις οποίες καλούνται να εμπλακούν οι μαθητές με βάση τις δραστηριότητες που ενσωματώνονται στον εκάστοτε τύπο διδακτικού υλικού. Παρακάτω ακολουθεί συζήτηση των αποτελεσμάτων σε αντιπαραβολή με τη σχετική βιβλιογραφία για καθέναν από τους προαναφερθέντες άξονες.

Οι θεματικές περιοχές των KEZ διδακτικών σεναρίων

Η πρόθεση των εκπαιδευτικών για επικέντρωση σε επιστημονικές ή κοινωνικές πτυχές κατά την υλοποίηση KEZ διδασκαλιών, μέσα από τη διερεύνηση των αντιλήψεων τους για την KEZ διδασκαλία, έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης ποικίλων ερευνών της διδακτικής των ΦΕ (πχ. Sadler et al., 2006; Tidemand & Nielsen, 2017). Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας ως προς την επικέντρωση σε επιστημονικές ή κοινωνικές πτυχές απορρέουν από την ανάλυση των ίδιων των διδακτικών σεναρίων που αναπτύσσουν οι εκπαιδευτικοί. Πιο συγκεκριμένα, από την ανάλυση των δεδομένων ως προς τις θεματικές περιοχές που τίγονται στα KEZ διδακτικά σενάρια προκύπτει ότι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης επιλέγουν να ενσωματώσουν και επιστημονικές και κοινωνικές πτυχές των εκάστοτε υπό διαπραγμάτευση ζητημάτων. Δεν εντοπίστηκε κάποιο σενάριο με αποκλειστική επικέντρωση σε επιστημονικές ή κοινωνικές διαστάσεις. Αυτό το γεγονός συμφωνεί με την βιβλιογραφία όπου αναφέρεται ότι οι εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας μπορούν να διαχειρίζονται με μεγαλύτερη ευκολία πολυεπιστημονικά ή διεπιστημονικά θέματα σε σχέση με τους συναδέλφους τους της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης καθώς η καθημερινή διδακτική τους πρακτική περιλαμβάνει τη διδασκαλία ποικίλων πεδίων και τις μεταξύ τους διασυνδέσεις (πχ. Espeja & Couso, 2020; Friedrichsen et al., 2020; Forbes & Davis, 2008). Ωστόσο, στα KEZ διδακτικά υλικά που αναπτύχθηκαν διαφέρει ο βαθμός επικέντρωσης στις επιστημονικές ή κοινωνικές πτυχές των ζητημάτων γεγονός που καθιστά τις θεματικές περιοχές των διδακτικών υλικών άξονα που συμβάλλει στον καθορισμό των τύπων των KEZ διδακτικών σεναρίων. καθώς έρευνες έχουν δείξει ότι τα εμπειρικά δεδομένα δεν αρκούν για τη διαμόρφωση προσωπικών θέσεων και τη λήψη αποφάσεων αναφορικά με ένα KEZ (πχ. Wu & Tsai, 2007). Η διαφοροποίηση στο βαθμό επικέντρωσης στις επιστημονικές ή κοινωνικές πτυχές των υπό μελέτη θεμάτων είναι σύμφωνη με την έρευνα των Van Driel et al. (2007) που προσδιόρισε δύο κατηγορίες εκπαιδευτικών ως προς την επικέντρωση των διδασκαλιών γύρω από σύγχρονα ζητήματα χημείας α. αυτούς που έχουν ένα προσανατολισμό στο επιστημονικό περιεχόμενο (*subject - matter oriented*) και β. αυτούς που δίνουν έμφαση στις κοινωνικές

πτυχές – διαστάσεις (*learner - centered*). Αντίστοιχα ήταν και τα αποτελέσματα της έρευνας των Aivelo & Uitto (2019) κατά τη διερεύνηση των θεμάτων που επικεντρώνουν οι εκπαιδευτικοί δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στη διδασκαλία του αντικειμένου της γενετικής. Οι αποκλίσεις στο βαθμό επικέντρωσης στις επιστημονικές και κοινωνικές πτυχές των υπό εξέταση ζητημάτων ανάμεσα στα multidimensional – driven KEZ διδακτικά υλικά, τα content – driven KEZ διδακτικά υλικά και αυτά που αξιοποιούν τα KEZ ως πλαίσιο πιθανά να οφείλονται στα διαφορετικά επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα που προσδοκούν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί από την εμπλοκή των μαθητών τους με τα υπό διαπραγμάτευση KEZ, όπως φανερώνουν οι διαφοροποιήσεις στη στοχοθεσία των δραστηριοτήτων που αναπτύσσουν, καθώς και διαφοροποιήσεις στις αντιλήψεις τους για την επιστήμη (επιστημολογικές πεποιθήσεις) αλλά και για τη διδασκαλία των ΦΕ (πχ. Karahan & Reohrig, 2019; Kilinc et al., 2017).

Ως προς τις κοινωνικές πτυχές των KEZ που θίγονται στα διδακτικά σενάρια, αξιοσημείωτο είναι επίσης το γεγονός ότι σε κανένα από τα KEZ διδακτικά υλικά – ανεξάρτητα από τον τύπο τους- δεν θίγονται ηθικοί προβληματισμοί και διαστάσεις. Η διαπραγμάτευση όμως των ηθικών πτυχών του εκάστοτε υπό μελέτη KEZ αποτελεί ένα πιο τα πιο βασικά στοιχεία μιας KEZ διδασκαλίας (πχ. Zeidler & Keefe, 2003) και επομένως θεωρείται ότι οι εκπαιδευτικοί πρέπει να δίνουν ιδιαίτερη έμφαση σε αυτές τις πτυχές κατά την υλοποίηση KEZ διδασκαλιών. Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε συμφωνία με την έρευνα των Genel & Torcu (2016) όπου κανένας από τους συμμετέχοντες στην έρευνα φοιτητές δεν διαπραγματεύτηκε κατά τη διδασκαλία ηθικούς προβληματισμούς με αποτέλεσμα οι ερευνητές να προτείνουν τη ρητή διδασκαλία του τρόπου ανάπτυξης συλλογιστικής με βάση την ηθική (*moral reasoning*) κατά το στάδιο εκπαίδευσης των μελλοντικών εκπαιδευτικών. Η απουσία των ηθικών πτυχών από τα KEZ διδακτικά σενάρια της παρούσας έρευνας ενδεχομένως να σχετίζεται με το θέμα διαπραγμάτευσης που αφορά στην αξιοποίηση εφαρμογών της NET. Η NET και οι εφαρμογές της αποτελούν ένα πολύ σύγχρονο και συχνά άγνωστο θέμα τόσο στους εκπαιδευτικούς όσο και στους μαθητές (πχ. Jones et al., 2013; Gardner & Jones, 2014) ενώ οι πιο συχνές αναφορές στις κοινωνικές προεκτάσεις της NET αφορούν στην επιρροή των εφαρμογών της στην υγεία και το περιβάλλον (πχ. Hingant & Albe, 2010). Από τη μια λοιπόν, η διαχείριση ηθικών προβληματισμών προϋποθέτει ένα βαθμό εξοικείωσης του ατόμου με το ζήτημα που εξετάζεται (πχ. Saunders & Rennie, 2013) και από την άλλη οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες εφαρμογές της NET δεν εγείρουν εξ ορισμού ζητήματα ηθικής όπως συμβαίνει με άλλα σύγχρονα παραδείγματα όπως είναι αυτό της γενετικής, της κλωνοποίησης κλπ.

Η στοχοθεσία των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, όλοι οι τύπου ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων περιλαμβάνουν δραστηριότητες με ποικίλους στόχους ώστε εν τέλει οι μαθητές να μπορέσουν να διατυπώσουν τη θέση τους σχετικά με το εκάστοτε υπό μελέτη ζήτημα. Το γεγονός ότι η διαμόρφωση θέσης και λήψης απόφασης αποτελεί τον απώτερο στόχο μιας ΚΕΖ διδασκαλίας επιβεβαιώνεται και από άλλες έρευνες (πχ. Karahan & Roehrig, 2019). Παρόλο όμως που απώτερος σκοπός των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων ήταν η διαμόρφωση θέσης ή λήψη απόφασης, το περιεχόμενο τους – όπως έχει συζητηθεί παραπάνω – αλλά και η στοχοθεσία των επιμέρους δραστηριοτήτων τους ήταν διαφορετική. Συγκεκριμένα, ως προς τη στοχοθεσία, παρατηρούνται διαφοροποιήσεις σχετικά με τις δεξιότητες ΚΕΖ συλλογιστικής – α. αναγνώριση πολυπλοκότητας ΚΕΖ, β. ανάλυση ποικίλων οπτικών, γ. αναγνώριση διαρκούς έρευνας γύρω από τα ΚΕΖ και δ. αξιολόγηση εγκυρότητας και αξιοπιστίας πληροφοριών - που προωθούνται ανά τύπο διδακτικού σεναρίου. Οι διαφοροποιήσεις αυτές σε σχέση με τον τύπο ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων συζητώνται παρακάτω.

Αρχικά, τα διδακτικά σενάρια που αξιοποιούν τα ΚΕΖ ως πλαίσιο (*SSI as context*) δεν ενσωματώνουν δραστηριότητες για την καλλιέργεια δεξιοτήτων ΚΕΖ συλλογιστικής. Το γεγονός αυτό παραπέμπει σε μια ερμηνεία των ΚΕΖ με βάση το επιστημονικό περιεχόμενο (πχ. Tidemand & Nielsen, 2017). Ουσιαστικά, η ενσωμάτωση ΚΕΖ σε αυτά τα σενάρια οφείλεται στο ότι αποτελούν αυθεντικά και ρεαλιστικά πλαίσια για την εξοικείωση των μαθητών με σύγχρονες επιστημονικές και τεχνολογικές εφαρμογές χωρίς να επιδιώκεται κάποια συσχέτιση με την κοινωνία (πχ. Leung et al., 2020; Leung, 2021). Αυτό παραπέμπει στο «ψυχρό» άκρο διαπραγμάτευσης των ΚΕΖ με βάση το εύρος της ΚΕΖ στοχοθεσίας που προτείνεται από την Simonneaux (2014a).

Τόσο τα multidimensional – driven όσο και τα content – driven ΚΕΖ διδακτικά σενάρια ενσωματώνονται δραστηριότητες για την καλλιέργεια δεξιοτήτων ΚΕΖ συλλογιστικής. Πιο αναλυτικά, και στους δύο τύπους διδακτικών σεναρίων εντάσσονται δραστηριότητες που στοχεύουν στο να μπορούν οι μαθητές να αναγνωρίζουν την πολυπλοκότητα των ΚΕΖ (*SSI – Complexity*) και την αλληλεπίδραση των παραγόντων που μπορεί να τα διαμορφώνουν και να τα καθορίζουν. Σύμφωνα με την Romine και τους συνεργάτες της (2020) η αναγνώριση της πολυπλοκότητας αποτελεί ένα πρώτο βήμα για την διαπραγμάτευση ΚΕΖ από τους μαθητές. Θεωρείται δηλαδή ότι η αναγνώριση της πολυπλοκότητας ενός ΚΕΖ συμβάλλει στην κατανόηση από την πλευρά των μαθητών ότι οι λύσεις των ΚΕΖ δεν είναι μονοσήμαντες αλλά

αντίθετα πολυπαραγοντικές, χωρίς ωστόσο αυτό να αρκεί προκειμένου οι μαθητές να αναπτύξουν ανωτέρου επιπέδου συλλογιστική σχετικά με ένα αμφιλεγόμενο ζήτημα (Romine et al., 2017; 2020; Sadler et al., 2007). Επιπλέον, η αναγνώριση αυτής της πολυπλοκότητας των ΚΕΖ αποτελεί την προϋπόθεση για να μπορέσει ο μαθητής να αναλύσει στη συνέχεια της ποικίλες οπτικές και απόψεις που εμπλέκονται σε ένα ΚΕΖ και οι οποίες συχνά συμβάλλουν στην αύξηση της πολυπλοκότητάς του (Romine et al., 2020).

Στα διδακτικά υλικά όμως που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της παρούσας έρευνας μόνο τα multidimensional – driven ΚΕΖ διδακτικά σενάρια πέρασαν σε ένα επόμενο επίπεδο στοχοθεσίας που σχετίζεται με το να μπορούν οι μαθητές να αναλύουν τις διαφορετικές απόψεις, πιστεύω και ιδεολογίες που ενδεχομένως εμπλέκονται σε ένα ζήτημα («θερμό» άκρο σύμφωνα με τη Simonneaux (2014a)). Το γεγονός ότι τα content – driven ΚΕΖ διδακτικά υλικά δεν θέτουν τέτοιους στόχους θεωρείται ότι περιορίζει αφενός τις δυνατότητες που προσφέρονται στους μαθητές αναφορικά με την κατανόηση και επιχειρηματολογία τους γύρω από τέτοιου είδους ζητήματα (πχ. Kahn & Zeidler, 2019; Karahan & Roehrig, 2017; Ratcliffe & Grace, 2003) και αφετέρου την καλλιέργεια της συλλογιστικής τους σχετικά με τη διαρκή έρευνα γύρω από τα ανοικτά ζητήματα των ΚΕΖ και την αξιολόγηση της εγκυρότητας των πληροφοριών (Romine et al., 2017; 2020;).

Ωστόσο, παρόλο που στα content – driven ΚΕΖ διδακτικά σενάρια δεν έχουν ενσωματωθεί δραστηριότητες που να στοχεύουν στην ανάλυση των ποικίλων οπτικών ενός ΚΕΖ, συναντάμε δραστηριότητες σχετικά με την αναγνώριση της διαρκούς έρευνας των ΚΕΖ. Όπως αναφέρουν όμως οι Romine et al. (2017; 2020), οι δεξιότητες ΚΕΖ συλλογιστικής των μαθητών αναπτύσσονται προοδευτικά. Προκειμένου επομένως οι μαθητές να αναγνωρίσουν τη διαρκή έρευνα γύρω από τα ανοικτά ερωτήματα που συνοδεύουν αμφιλεγόμενα ζητήματα απαιτείται να μπορούν πρώτα να αναλύουν τις ποικίλες οπτικές των ζητημάτων που διαπραγματεύονται (Σχήμα 3.2). Φαίνεται επομένως ότι αν και προωθείται μια τέτοια στοχοθεσία μέσα από τις δραστηριότητες αυτού του τύπου ΚΕΖ διδακτικού υλικού, οι μαθητές δύσκολα θα μπορούσαν να καλλιεργήσουν τέτοιου είδους δεξιότητες συλλογιστικής. Μάλιστα, το γεγονός ότι αυτή η στοχοθεσία συναντάται στα content – driven ΚΕΖ διδακτικά σενάρια ενδεχομένως να σχετίζεται με την επικέντρωση των σεναρίων αυτών στις επιστημονικές διαστάσεις των υπό εξέταση ζητημάτων. Ουσιαστικά, μέσα από δραστηριότητες που στοχεύουν στην αναγνώριση της διαρκούς έρευνας, οι μαθητές αναγνωρίζουν την αβεβαιότητα γύρω από σύγχρονες επιστήμες και τεχνολογίες αιχμής καθώς και την έλλειψη εμπειρικών δεδομένων αναφορικά

με τα υπό μελέτη ζητήματα (Sadler et al., 2007). Επομένως, το περιεχόμενο των δραστηριοτήτων αυτών αφορά σε πτυχές της επιστήμης και του τρόπου παραγωγής της επιστημονικής γνώσης.

Τέλος, ως προς την αξιολόγηση της εγκυρότητας των ισχυρισμών και πληροφοριών με τις οποίες ερχόμαστε σε επαφή, παρατηρούμε ότι μόνο ένα από τα διδακτικά σενάρια που έχουν κατηγοριοποιηθεί στον τύπο multidimensional – driven KEZ διδακτικό υλικό, περιλαμβάνει δραστηριότητα με τέτοιου είδους στοχοθεσία. Ωστόσο, στη βιβλιογραφία σχετικά με την KEZ προσέγγιση τονίζεται η αναγκαιότητα οι μαθητές να αποκτήσουν τέτοιου είδους δεξιότητες καθώς κατά την επιχειρηματολογία τους γύρω από KEZ αξιοποιούν ισχυρισμούς που ταιριάζουν με προηγούμενες αντιλήψεις και πιστεύω τους ανεξάρτητα από το βαθμό αξιοπιστίας τους (πχ. Kolsto 2001b). Η έλλειψη επικέντρωσης σε τέτοιου είδους στοχοθεσία συμφωνεί με τα αποτελέσματα της έρευνας των Minken et al. (2021) που φανέρωσε μια αδυναμία των εκπαιδευτικών να ενσωματώσουν στα σχέδια μαθήματος δραστηριότητες για αναγνώριση των προκαταλήψεων σε πηγές και ισχυρισμούς λόγω των αντιλήψεων που αυτοί έφεραν σχετικά αφενός με την αντικειμενική φύση της επιστήμης και αφετέρου σχετικά με το ρόλο τους στη διδασκαλία των ΦΕ καθώς θεωρούν ότι πρέπει να διαπραγματεύονται μόνο έγκυρα και αντικειμενικά γεγονότα (πχ. Kilinc et al., 2017; Outlon et al., 2004).

Οι διδακτικές πρακτικές που αξιοποιούνται στα KEZ διδακτικά σενάρια

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας ως προς τις διδακτικές πρακτικές που αξιοποιούνται στα σχέδια μαθήματος των διδακτικών σεναρίων για την διαπραγμάτευση των KEZ που εγείρονται από την αξιοποίηση εφαρμογών της NET φανερώνουν την υιοθέτηση τόσο πρακτικών που θεωρούνται χαρακτηριστικές για την υλοποίηση KEZ διδασκαλιών (*topic – specific strategies* – Magnusson et al., 1999) όπως είναι η ανάλυση οφελών – κινδύνων, η ανάλυση των απόψεων ποικίλων φορέων (πχ. Borgerding & Dagistan, 2018; Genel & Torcu, 2016; Pedretti, 1999; Owens et al., 2019; Ratcliffe & Grace, 2003) όσο και πρακτικών που είναι συνυφασμένες με τη διδασκαλία των ΦΕ όπως είναι η εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες μέσα από την υλοποίηση πειραματικών διαδικασιών, ερμηνεία μοντέλων κοκ. (*subject – specific strategies* - Magnusson et al., 1999). Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με την έρευνα των Owens et al. (2019) που εξέτασαν τις διδακτικές πρακτικές ενός έμπειρου εκπαιδευτικού κατά τη διαδικασία υλοποίησης KEZ διδασκαλιών στην πράξη και διαπίστωσαν την αξιοποίηση χαρακτηριστικών διδακτικών πρακτικών τόσο για τη διδασκαλία ΦΕ όσο και τη διαχείριση KEZ.

Κοινές διδακτικές πρακτικές και στους τρεις τύπους KEZ διδακτικών σεναρίων είναι αφενός η συζήτηση – επιχειρηματολογία και αφετέρου η εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες. Πιο αναλυτικά, από την ανάλυση των διδακτικών σεναρίων προέκυψε ότι και στους τρεις τύπους KEZ διδακτικών σεναρίων αξιοποιείται ως διδακτική πρακτική η συζήτηση – επιχειρηματολογία, η οποία αφενός δίνει τη δυνατότητα οι μαθητές να εκφράσουν ανοικτά τις απόψεις και τις θέσεις τους, να αναπτύξουν επιχειρήματα και αντεπιχειρήματα εξηγώντας τους ισχυρισμούς τους και αφετέρου τη δυνατότητα οι ιδέες και απόψεις των μαθητών να ληφθούν υπόψη κατά τη διδασκαλία κλπ. (πχ. Chen & Xiao, 2021; Zeidler & Nichols, 2009). Το γεγονός ότι ως διδακτική πρακτική αξιοποιείται εξίσου στους τρεις τύπους KEZ διδακτικών σεναρίων πιθανά να σχετίζεται με το ότι πρόκειται για μια διδακτική πρακτική οικεία στους εκπαιδευτικούς – μελλοντικούς και εν ενεργεία – καθώς και στο ότι μπορεί να αξιοποιηθεί και αξιοποιείται τόσο για τη διαπραγμάτευση επιστημονικών εννοιών και δεδομένων όσο και αμφιλεγόμενων ζητημάτων (πχ. Sadler & Fowler, 2006).

Τα αποτελέσματα της βιβλιογραφίας ωστόσο σχετικά με την αξιοποίηση της συζήτησης – επιχειρηματολογίας κατά την υλοποίηση KEZ διδασκαλιών είναι αντιφατικά. Από τη μια αναφέρεται ότι οι εκπαιδευτικοί συχνά προτείνουν αυτές τις πρακτικές (πχ. Oulton et al., 2004) ενώ από την άλλη αισθάνονται απροετοίμαστοι ως προς τη διαχείριση διαλογικών πρακτικών κατά τη διαπραγμάτευση αμφιλεγόμενων θεμάτων στην εκπαιδευτική διαδικασία (πχ. Bosser et al., 2015; Day & Bryce, 2011). Σε μια έρευνα των Espeja & Couso (2020), οι συμμετέχοντες στην έρευνα μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης απέκτησαν έναν αρκετά καθοδηγητικό ρόλο στις συζητήσεις και τα debate που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής πράξης λόγω της ανασφάλειας που ένιωθαν για την εκδήλωση απρόβλεπτων συμπεριφορών ή έκφραση απρόβλεπτων απόψεων γύρω από τα υπό εξέταση ζητήματα. Ο κατευθυντικός αυτός ρόλος που τείνουν να υιοθετούν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής πράξης πιθανά να εξηγεί την ενσωμάτωση αρκετών ερωτημάτων που λειτουργούν ως «σκαλωσιά» για τη διαδικασία συζητήσεων – επιχειρηματολογίας.

Ως προς την εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές διαδικασίες, στα multidimensional – driven KEZ διδακτικά υλικά στα οποία η εστίαση αφορά στη θεματική περιοχή της κοινωνίας μέσα από τη διαπραγμάτευση πολιτικών, περιβαλλοντικών, οικονομικών κοκ. διαστάσεων, η υλοποίηση πειραμάτων, η ερμηνεία μοντέλων και αναλογιών κοκ. συμβάλλει στην ισορροπία μεταξύ των λογικών – ορθολογιστικών (rationalistic) και συναισθηματικών (emotive & intuitive) στοιχείων

που οι μαθητές έχουν στη διάθεσή τους προκειμένου να διαμορφώσουν τις προσωπικές τους θέσεις και επιχειρηματολογία γύρω από τα υπό εξέταση ζητήματα (πχ. Karahan & Roehrig, 2017; Owens et al., 2019; Sadler, 2004). Στα content – driven KEZ διδακτικά σενάρια καθώς και σε αυτά που αξιοποιούν τα KEZ ως πλαίσιο, στα οποία η επικέντρωση αφορά στις επιστημονικές πτυχές των ζητημάτων, η εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές πρακτικές ενισχύει την πρόθεση για αξιακά ουδέτερη συμμετοχή σε αξιακά έμπορτες συζητήσεις (πχ. Karahan & Roehrig, 2017; Minken et al., 2021; Owens et al., 2019).

Η παράθεση επιστημονικών πληροφοριών ως διδακτική πρακτική αξιοποιείται από τα content – driven διδακτικά υλικά και αυτά που αξιοποιούν τα KEZ ως πλαίσιο. Ενδεχομένως αυτό να σχετίζεται με την εστίαση των συγκεκριμένων τύπων διδακτικών σεναρίων στις επιστημονικές πτυχές των υπό εξέταση ζητημάτων και την έμφαση σε στοχοθεσία που σχετίζεται με εξοικείωση των μαθητών με γνώσεις επιστημονικού περιεχομένου. Αντίθετα, στα multidimensional – driven διδακτικά σενάρια οι επιστημονικές πτυχές αντιμετωπίζονται ως μια από τις κατηγορίες των διαστάσεων - πτυχών που θα πρέπει να λάβει υπόψη του ο μαθητής κατά τη διαπραγμάτευση KEZ. Έτσι, τα διδακτικά σενάρια αυτού του τύπου περιλαμβάνουν κυρίως την επεξεργασία εμπειρικών δεδομένων που θα συμβάλλουν στη διαμόρφωση της επιχειρηματολογίας των μαθητών και όχι αυτούσιες επιστημονικές γνώσεις και πληροφορίες. Η παράθεση αυτούσιων γνώσεων και πληροφοριών επιστημονικού περιεχομένου ενδεχομένως να σχετίζεται και με την περιορισμένη ΠΓΠ των μελλοντικών εκπαιδευτικών που τα σχεδίασαν (πχ. Espeja & Couso, 2020).

Ως προς τις KEZ διδακτικές πρακτικές που δεν αξιοποιούνται κοινά στους τρεις τύπους διδακτικών σεναρίων, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η ανάλυση απόψεων ποικίλων φορέων υιοθετείται μόνο στα multidimensional – driven KEZ διδακτικά σενάρια, τα οποία διαμορφώνονται με βάση το γεγονός ότι υπάρχουν ποικίλες οπτικές γύρω από ένα ζήτημα και οι οποίες πρέπει να αποτελέσουν αντικείμενο διαπραγμάτευσης με τους μαθητές. Αυτή η διδακτική πρακτική αποτελεί λοιπόν το μέσο με το οποίο οι μαθητές αναγνωρίζουν και αναλύουν αυτές τις οπτικές, τα συμφέροντα και τις απόψεις των εμπλεκόμενων στο υπό διαπραγμάτευση ζήτημα (πχ. Borgerding & Dagistan, 2018; Owens et al., 2019). Η απουσία αυτής της διδακτικής πρακτικής από τους άλλους δύο τύπους KEZ διδακτικών σεναρίων – content – driven και αυτά που αξιοποιούν τα KEZ ως πλαίσιο – καθιστά την προετοιμασία των μαθητών ως προς την επίλυση KEZ λιγότερο αποτελεσματική καθώς δεν παρέχεται η δυνατότητα στους μαθητές να εξετάσουν αυτά τα ζητήματα με βάση εναλλακτικές απόψεις

και θέσεις αλλά και να «προκαλέσουν» τα προσωπικά τους πιστεύω και πεποιθήσεις (Kahn & Zeidler, 2019; Karahan & Roehrig, 2019; Owens et al., 2019; Sadler et al., 2007).

Η διδακτική πρακτική της ανάλυσης οφελών – κινδύνων συναντάται τόσο στα multidimensional όσο και στα content – driven KEZ διδακτικά υλικά καθώς θεωρείται σημαντική πρακτική που στηρίζει τη διαδικασία λήψης απόφασης των μαθητών γύρω από τα εκάστοτε υπό μελέτη ζητήματα (πχ. Ratcliffe & Grace, 2003). Αυτό είναι σύμφωνο με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών όπου επίσης επιβεβαιώνεται η αξιοποίηση αυτής της πρακτικής από την πλειοψηφία των συμμετεχόντων της έρευνας (Genel & Torcu, 2016). Η συγκεκριμένη πρακτική παρέχει στους μαθητές τη δυνατότητα να αναγνωρίσουν και να εξετάσουν πιθανά μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα των επιστημονικών και τεχνολογικών εφαρμογών με τα οποία έρχονται σε επαφή (πχ. Pedretti, 1999). Η υιοθέτηση μιας τέτοιας πρακτικής μάλιστα είναι ακόμη πιο σημαντική όταν αναφερόμαστε σε σύγχρονα επιστημονικά αντικείμενα που βρίσκονται στην αιχμή της έρευνας και για τα οποία δεν έχει υπάρξει ομοφωνία εντός της επιστημονικής κοινότητας (Borgerding & Dagistan, 2018). Ωστόσο δεν προϋποθέτει την εμπλοκή των μαθητών με αξίες, απόψεις, πιστεύω και ιδεολογίες καθώς ο προσδιορισμός των θετικών και αρνητικών πτυχών μιας εφαρμογής μπορεί να περιοριστεί στην εξέταση αυτών των πτυχών με βάση επιστημονικές αναφορές και δεδομένα συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στην ανάπτυξη αξιακά ουδέτερων κρίσεων. Αυτός ενδεχομένως είναι και ο λόγος για τον οποίο η συγκεκριμένη πρακτική αποτελεί την KEZ πρακτική (*topic – specific strategy*) που αξιοποιείται και στα content – driven διδακτικά σενάρια.

Ως προς τα διδακτικά σενάρια που αξιοποιούν τα KEZ ως πλαίσιο, δεν εντοπίζονται διδακτικές πρακτικές που είναι αποκλειστικά συνυφασμένες με τη διαχείριση KEZ στη διδασκαλία ΦΕ (*topic – specific strategies*). Αυτό το εύρημα ενισχύει το γεγονός ότι σε αυτού του είδους τα σενάρια η αξιοποίηση των KEZ είναι εργαλειακή καθώς λειτουργούν ως εισαγωγή των μαθητών στο θέμα ή ως επέκταση των επιστημονικών γνώσεων που απέκτησαν σε νέα πλαίσια (πχ. Leung et al., 2020; Tidemand & Nielsen, 2017).

Οι τύποι των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στα KEZ διδακτικά σενάρια

Η μελέτη του είδους της συλλογιστικής των μαθητών που προωθείται μέσα από τα ερωτήματα που θέτουν οι εκπαιδευτικοί είτε κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής πράξης είτε στα διδακτικά υλικά που αναπτύσσουν έχει αποτελέσει αντικείμενο έρευνας στη διδασκαλία των ΦΕ ιδιαίτερα κατά την εφαρμογή διερευνητικών προσεγγίσεων (*Inquiry – Based Learning*)

(πχ. Chin, 2007; Oliveira, 2010). Ωστόσο, αντίστοιχες έρευνες στο πεδίο της ΚΕΖ προσέγγισης είναι πιο περιορισμένες.

Η ανάλυση του τύπου των ερωτημάτων που ενσωματώνονται στα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της παρούσας έρευνας δείχνει ότι σε όλους τους τύπους ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων αξιοποιούνται ποικίλα ερωτήματα που προωθούν διαφορετικού επιπέδου συλλογιστική των μαθητών. Διαφοροποιείται όμως ο βαθμός ενσωμάτωσης κάθε τύπου ερωτήματος ανάλογα τον τύπο των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων.

Κοινό στοιχείο σε όλα τα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της παρούσας έρευνας είναι η ότι τα ερωτήματα ανάκλησης γνώσης (*recalling*) είναι πολύ περιορισμένα. Αυτό το στοιχείο φανερώνει ότι κατά τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ οι μαθητές δεν απαιτείται να αναπαράγουν έτοιμες γνώσεις και πληροφορίες αλλά απαιτείται να εφαρμόζουν αυτές τις γνώσεις σε νέα πλαίσια και να επιχειρηματολογούν με βάση αυτές. Επομένως, τα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια φαίνεται ότι προωθούν την ανάπτυξη ανωτέρου επιπέδου συλλογιστικής από τους μαθητές (πχ. Anderson & Krathwohl, 2001) γεγονός που επιβεβαιώνει ότι η διαπραγμάτευση ΚΕΖ είναι μια γνωστικά απαιτητική διαδικασία (πχ. Sadler et al., 2007).

Στα multidimensional – driven ΚΕΖ διδακτικά σενάρια κυρίαρχος τύπος ερωτημάτων είναι τα ερωτήματα επεξήγησης – ερμηνείας (*explain*). Τα ερωτήματα αυτά καλούν τους μαθητές να κάνουν προβλέψεις ή να ερμηνεύσουν τις σχέσεις και αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφόρων παραγόντων που εμπλέκονται σε ένα ΚΕΖ. Τα ερωτήματα αυτού του τύπου θεωρείται ότι μπορούν να συμβάλλουν ώστε να ξεκινήσει η διαδικασία συλλογιστικής και επιχειρηματολογίας των μαθητών γύρω από το υπό εξέταση ζήτημα (πχ. Chin & Osborne, 2010). Επομένως, τα multidimensional – driven ΚΕΖ διδακτικά σενάρια φαίνεται να εστιάζουν στην διαδικασία ανάλυσης και επεξεργασίας των ΚΕΖ και όχι στην τελική απόφαση – θέση που καλούνται οι μαθητές να πάρουν γύρω από το αμφιλεγόμενο ζήτημα που εξετάζουν.

Στα content – driven ΚΕΖ διδακτικά υλικά κυρίαρχος τύπος ερωτημάτων είναι τα ερωτήματα αξιολόγησης (*reasoning*). Τα ερωτήματα αυτά καλούν τους μαθητές να συνθέσουν τις γνώσεις και πληροφορίες που απέκτησαν προκειμένου να διατυπώσουν μια τελική θέση με αιτιολόγηση, να λάβουν μια απόφαση, να προτείνουν μια λύση γύρω από τα υπό εξέταση ΚΕΖ. Τα ερωτήματα αυτού του τύπου θεωρείται ότι προωθούν ανωτέρου επιπέδου γνωστικές διαδικασίες καθώς οι μαθητές μπαίνουν σε μια διαδικασία διατύπωσης τελικών συμπερασμάτων και γενικεύσεων (πχ. Anderson & Krathwohl, 2001). Επομένως, τα content –

driven KEZ διδακτικά σενάρια φαίνεται να εστιάζουν στο αποτέλεσμα της διαδικασίας επιχειρηματολογίας και λήψης απόφασης, δηλαδή στην τελική θέση που θα διατυπώσουν οι μαθητές γύρω από το υπό εξέταση KEZ. Πιθανά, αυτή η εστίαση να φανερώνει την επιδίωξη για τη διατύπωση μιας τελικής «σωστής» απόφασης από τους μαθητές. Ωστόσο, σύμφωνα με την Ratcliffe & Grace (2003) μια KEZ διδασκαλία καλό είναι να εστιάζει στη διαδικασία της ανάλυσης και στην ποιότητα της ανάλυσης των εμπλεκόμενων παραγόντων και οπτικών και όχι στην τελική απόφαση που μπορεί να διαμορφωθεί καθώς σε αυτή υπεισέρχονται συχνά ποικίλες προσωπικές αξίες και ιδεολογίες.

Τέλος, στα διδακτικά σενάρια που αξιοποιούν τα KEZ ως πλαίσιο (*SSI as context*) ο κυρίαρχος τύπος ερωτημάτων αφορά σε ερωτήματα διατύπωσης γνώμης (*opinion*). Τα ερωτήματα αυτά που παραπέμπουν στις αναφορικές ερωτήσεις (*referential questions*) που διαπιστώθηκαν στην έρευνα του Oliveira (2010) καλούν τους μαθητές να εκφράσουν προσωπικές εμπειρίες, ιδέες και αντιλήψεις χωρίς αιτιολόγηση. Φαίνεται επομένως ότι σε αυτού του είδους τα διδακτικά υλικά η έμφαση δίνεται στους προσωπικούς συναισθηματικούς παράγοντες αναφορικά με τα υπό διαπραγμάτευση KEZ. Δεν προκύπτει κάποια προώθηση για ανάλυση των παραγόντων που εμπλέκονται. Ουσιαστικά δηλαδή σε αυτού του τύπου τα KEZ διδακτικά σενάρια οι μαθητές επεξεργάζονται έννοιες επιστημονικού περιεχομένου και ως προς τις άλλες εμπλεκόμενες κοινωνικές πτυχές τα ερωτήματα αφορούν κυρίως ερωτήματα σχετικά με τον συναισθηματικό και όχι γνωστικό τομέα.

10.2 Συμπεράσματα της έρευνας

Η παρούσα έρευνα καλείται να δώσει εμπειρικά στοιχεία αναφορικά με τα χαρακτηριστικά του διδακτικού υλικού που αναπτύσσουν μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για τη διαπραγμάτευση KEZ στη διδασκαλία των ΦΕ. Η ανάγκη αυτή διατυπώνεται συχνά στη βιβλιογραφία όπου κυρίως μελετάται ο τρόπος αξιοποίησης από τους εκπαιδευτικούς έτοιμων διδακτικών υλικών (πχ. Hancock et al., 2019, Espeja & Couso, 2020). Συνοπτικά, σύμφωνα, με τον Sadler και τους συνεργάτες του (2017; 2019), όπως έχει ήδη αναλυθεί στο κεφάλαιο 3 της παρούσας διατριβής, μια KEZ διδασκαλία πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Εξέταση επιστημονικών εννοιών και φαινομένων σχετικών με το υπό μελέτη ζήτημα (*Explore underlying scientific phenomena*)
- Εμπλοκή με επιστημονικές πρακτικές (*Engage in scientific practices*)

- Ανάλυση της δυναμικής του συστήματος – των εμπλεκόμενων παραγόντων σε ένα ζήτημα (*Consider issue system dynamics*)
- Αξιολόγηση της εγκυρότητας και αξιοπιστίας των πληροφοριών (*Employ information and media literacy strategies*)
- Ανάλυση και σύγκριση ποικίλων οπτικών (*Compare and contrast multiple perspectives*)
- Έκφραση προσωπικής θέσης – λύσης (*Elucidate own position – solution*)

Τα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της κυρίως έρευνας, ανάλογα τον τύπο τους, περιλαμβάνουν διαφορετικά χαρακτηριστικά από τα προαναφερθέντα με αποτέλεσμα να διαμορφώνουν και διαφορετικού τύπου μαθησιακές εμπειρίες για τους μαθητές. Τα multidimensional – driven ΚΕΖ διδακτικά υλικά περιλαμβάνουν όλα τα χαρακτηριστικά μιας ΚΕΖ διδασκαλίας. Επομένως, φαίνεται ότι είναι τα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια που προσεγγίζουν πιο αποτελεσματικά τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ κατά τη διδασκαλία ΦΕ καθώς εστιάζουν στην ανάλυση ποικίλων οπτικών και απόψεων χωρίς παράλληλα να παραγκωνίζεται ο ρόλος των επιστημονικών στοιχείων και δεδομένων επιδιώκοντας μια ισορροπία. Αυτός ο τύπος ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων, επομένως, φαίνεται να ακολουθεί μια πιο αξιακά έμφορτη τάση (*value – centered current* – Pedretti & Nazir, 2011) ως προς τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ καθώς επιδιώκεται η ανάλυση των εκάστοτε εμπλεκόμενων απόψεων, αξιών, συμφερόντων και ιδεολογιών.

Τα content – driven ΚΕΖ διδακτικά υλικά, αν και ενσωματώνουν ορισμένα από τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά της ΚΕΖ προσέγγισης, φαίνεται ότι εστιάζουν κυρίως στις επιστημονικές διαστάσεις και από άποψη περιεχομένου και από άποψη στοχοθεσίας. Η διαπραγμάτευση όμως μόνο εννοιών επιστημονικού περιεχομένου οδηγεί στην αποδοχή μιας ιδέας και άποψης ως πιο «σωστής» έναντι άλλων ενδεχόμενων θέσεων οδηγώντας με αυτό τον τρόπο στη διαμόρφωση ενός μονοσήμαντου συμπεράσματος κατά τη διαπραγμάτευση ΚΕΖ γεγονός που δεν έρχεται σε πλήρη ταύτιση με τη φιλοσοφία της συγκεκριμένης προσέγγισης. Συνεπώς, προκύπτει ότι αυτός ο τύπος ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων ακολουθεί κυρίως το ρεύμα της λογικής συλλογιστικής (*logical reasoning current*, Pedretti & Nazir, 2011) καθώς στηρίζεται στη θεώρηση ότι ένα ΚΕΖ μπορεί να επιλυθεί μέσα από την ανάλυση των επιστημονικών στοιχείων και δεδομένων που το καθορίζουν.

Τέλος, τα διδακτικά σενάρια που αξιοποιούν τα ΚΕΖ ως πλαίσιο ουσιαστικά εξετάζουν τις επιστημονικές αρχές και διαστάσεις ενός ζητήματος χωρίς να αξιοποιούν στην πραγματικότητα στοιχεία της ΚΕΖ προσέγγισης. Ο τύπος αυτός ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων

φαίνεται να συνδέεται περισσότερο με το ρεύμα εφαρμογής – σχεδιασμού (*application – design current*, Pedretti & Nazir, 2011) όπου η έμφαση δίνεται κυρίως στην συνεισφορά των τεχνολογικών εφαρμογών στην επίλυση προβλημάτων.

Βλέπουμε επομένως ότι υπάρχει μια διαβάθμιση ως προς το βαθμό αξιοποίησης της KEZ προσέγγισης στα διδακτικά σενάρια που αναπτύσσουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για τη διαπραγμάτευση των KEZ που εγείρονται από ένα αντικείμενο έρευνας αιχμής. Το γεγονός ότι οι μισοί από τους συμμετέχοντες στην έρευνα φοιτητές κατάφεραν και ενσωμάτωσαν τα χαρακτηριστικά μιας KEZ διδασκαλίας στο διδακτικό τους υλικό είναι αρκετά σημαντικό και δείχνει την προοπτική εφαρμογής αυτής της προσέγγισης στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Από την άλλη το γεγονός ότι οι υπόλοιποι συμμετέχοντες στην έρευνα ανέπτυξαν διδακτικό υλικό ενσωματώνοντας ορισμένα μόνο ή κανένα από τα χαρακτηριστικά της KEZ προσέγγισης υποδηλώνει την ανάγκη εκπαίδευσης των μελλοντικών εκπαιδευτικών γύρω από τη στοχοθεσία και τις διδακτικές πρακτικές της KEZ προσέγγισης, δηλαδή την ανάγκη ανάπτυξης της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου τους αναφορικά με τη διαπραγμάτευση KEZ (SSI – PCK, Bayram-Jacobs et al., 2019; Han-Tosunoglu & Lederman, 2020).

Δεδομένου του ρόλου των εκπαιδευτικών στο σχεδιασμό των μαθησιακών εμπειριών των μαθητών (πχ. Remillard, 1999) είναι κρίσιμο να παρέχουμε στους φοιτητές μέσα από κατάλληλα προγράμματα εκπαίδευσης μελλοντικών εκπαιδευτικών τις ευκαιρίες εκείνες που χρειάζονται ώστε να αναγνωρίζουν και να αναλύουν τις γνωστικές δυνατότητες και τα χαρακτηριστικά των δραστηριοτήτων που διαμορφώνουν. Ενδεικτικά, προς αυτή τη κατεύθυνση, και με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, προτείνονται τα εξής:

- Εκπαίδευση φοιτητών στις διδακτικές πρακτικές που είναι μοναδικές για τη διαπραγμάτευση KEZ στη διδασκαλία των ΦΕ (*topic – specific strategies*). Μάλιστα κρίνεται χρήσιμο να βιώνουν οι ίδιοι στην πράξη πρώτα αυτές τις πρακτικές ως εκπαιδευόμενοι.
- Ιδιαίτερη έμφαση να δίνεται στη ρητή διδασκαλία των μελλοντικών εκπαιδευτικών στις στρατηγικές αξιολόγησης της εγκυρότητας και αξιοπιστίας των πηγών (*employ skepticism strategies*) ώστε αυτοί με τη σειρά τους να μπορούν στη συνέχεια να διαμορφώνουν δραστηριότητες προς αυτή τη κατεύθυνση.
- Εκπαίδευση των φοιτητών στην προοδευτική ανάπτυξη των δεξιοτήτων KEZ συλλογιστικής των μαθητών και στη σχέση μεταξύ αυτών των δεξιοτήτων προκειμένου

να διαμορφώνεται αντίστοιχα και η στοχοθεσία των διδακτικών υλικών που αυτοί σχεδιάζουν. Αυτό κρίνεται ιδιαίτερα κρίσιμο για τις περιπτώσεις που η ΚΕΖ προσέγγιση αξιοποιείται σε βάθος χρόνου στην εκπαιδευτική πράξη.

10.3. Οι περιορισμοί της παρούσας έρευνας

Η δυνατότητα γενίκευσης των ανωτέρω αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων υπόκεινται σε ορισμένους περιορισμούς.

Αρχικά, η παρούσα έρευνα μελετά τις προθέσεις των μελλοντικών εκπαιδευτικών σχετικά με τις μαθησιακές εμπειρίες που θα πρέπει να προσφέρει μια ΚΕΖ διδασκαλία για ένα σύγχρονο επιστημονικό αντικείμενο που βρίσκεται στην αιχμή της έρευνας. Πιθανά, οι μαθησιακές εμπειρίες που θα διαμόρφωναν οι συμμετέχοντες στην έρευνα φοιτητές σε περιβάλλον πραγματικής τάξης να ήταν διαφορετικές. Επομένως, εμπειρικά δεδομένα αφενός από την εφαρμογή των παραχθέντων διδακτικών σεναρίων από τους ίδιους τους φοιτητές στην τάξη και αφετέρου από τον τρόπο διαπραγμάτευσης των μαθητών γύρω από τα υπό διαπραγμάτευση ΚΕΖ, θα παρείχαν πολύτιμες γνώσεις και διαφορετικές οπτικές σχετικά με τις δυνατότητες και τους περιορισμούς κάθε τύπου ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων.

Ένας δεύτερος περιορισμός αφορά στην εγγύτητα της ερευνήτριας με τους συμμετέχοντες της έρευνας κατά τη διαδικασία εξοικείωσής τους με το πλαίσιο της ΝΕΤ και των ΚΕΖ (φάση 1 της έρευνας) αλλά και κατά τη διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης των ΚΕΖ διδακτικών τους σεναρίων (φάση 2 της έρευνας). Μια κριτική που δέχεται ο συμμετοχικός ρόλος του ερευνητή στη διαδικασία διεξαγωγής της έρευνας αφορά στη πιθανή μεροληψία του λόγω του βαθμού εγγύτητας που προκύπτει (πχ. Cohen et al., 2007). Ωστόσο, η τριγωνοποίηση των δεδομένων, η σχετικά μεγάλη χρονική διάρκεια της έρευνας και η συνεξέταση μέρους των δεδομένων με έμπειρους ερευνητές θεωρούμε ότι συνέβαλαν στην καταγραφή των πραγματικών προθέσεων των φοιτητών σχετικά με τη διδασκαλία και μάθηση στα πλαίσια της ΚΕΖ προσέγγιση στα μαθήματα των ΦΕ.

10.4. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η συγκεκριμένη έρευνα φανέρωσε τους τύπους διδακτικών σεναρίων που αναπτύσσουν μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τη διαπραγμάτευση των ΚΕΖ που εγείρονται από αντικείμενα έρευνας αιχμής όπως είναι αυτό της ΝΕΤ. Ωστόσο, οδήγησε σε κάποια νέα ερωτήματα που χρειάζεται να απαντηθούν σε μελλοντικές έρευνες.

Αρχικά, θα ήταν ενδιαφέρον να εξεταστούν οι παράγοντες εκείνοι που οδηγούν στην διαμόρφωση των συγκεκριμένων τύπων ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων από τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Τέτοιοι παράγοντες μπορεί να σχετίζονται αφενός με τους προσωπικούς πόρους των μελλοντικών εκπαιδευτικών όπως είναι η γνώση επιστημονικού περιεχομένου, οι αντιλήψεις τους για τη διδασκαλία και τη μάθηση στις ΦΕ, οι επιστημολογικές τους αντιλήψεις και αφετέρου με παράγοντες που σχετίζονται με το πλαίσιο μέσα στο οποίο δρουν για να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν τα ΚΕΖ διδακτικά τους σενάρια. Η μελέτη αυτών των παραγόντων ήταν πέρα από τους στόχους της παρούσας διατριβής η οποία εστίαζε στην ανάδειξη των μοτίβων στα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια που αναπτύσσουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί. Ωστόσο, η μελέτη των παραγόντων που καθορίζουν αυτά τα μοτίβα, θα ήταν χρήσιμο να διερευνηθεί συστηματικά σε μελλοντικές έρευνες.

Επιπλέον, δεδομένου ότι η διαπραγμάτευση ΚΕΖ εξαρτάται από το αντικείμενο που βρίσκεται υπό διαπραγμάτευση, θα ήταν ενδιαφέρον να εξεταστούν οι τύποι διδακτικών σεναρίων που αναπτύσσουν μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για άλλα επιστημονικά αντικείμενα που βρίσκονται στην αιχμή της έρευνας, πέρα από το αντικείμενο της ΝΕΤ όπως είναι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η πανδημία Covid – 19 κοκ.

Επιπρόσθετα, ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα είχε η μελέτη της εφαρμογής των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων σε συνθήκες πραγματικής τάξης ώστε να διερευνηθεί αφενός ο τρόπος με τον οποίο οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί υλοποιούν τις διδακτικές πρακτικές που προτίθεται να αξιοποιήσουν σύμφωνα με τα σχέδια μαθήματος που διαμορφώνουν και αφετέρου να διερευνηθούν τα αποτελέσματα στη μάθηση των μαθητών ανάλογα τον τύπο ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων. Στην παρούσα έρευνα τα διδακτικά σενάρια εφαρμόστηκαν με μαθητές από τους εκπαιδευτικούς της εκάστοτε τάξης και όχι από τους φοιτητές που τα ανέπτυξαν καθώς η επικέντρωση της έρευνας αφορούσε στον σχεδιασμό του υλικού. Η εφαρμογή συνέβαλε στο να διαμορφώσουν οι συμμετέχοντες φοιτητές μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα σχετικά με τα ΚΕΖ διδακτικά σενάρια που ανέπτυξαν ώστε να μπορέσουν να αναστοχαστούν πάνω στις επιλογές τους. Επιπλέον, δεν συλλέχθηκαν δεδομένα από τους μαθητές.

Επιπλέον, ενδιαφέρον θα είχε η μελέτη της ανάπτυξης της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου των μελλοντικών εκπαιδευτικών σχετικά με τη ΚΕΖ προσέγγιση στη διδασκαλία μέσα από τη διαδικασία σχεδιασμού διδακτικών σεναρίων για τα ΚΕΖ που απορρέουν από επιστήμες και τεχνολογίες αιχμής.

Τέλος, προτείνεται η διεξαγωγή της έρευνας με εν ενεργεία εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης καθώς η εμπειρία τους στη διδακτική πράξη πιθανά να οδηγήσει στη διαμόρφωση διαφορετικών τύπων διδακτικών σεναρίων για την διαπραγμάτευση ΚΕΖ που εγείρονται από αντικείμενα έρευνας αιχμής.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Acar, O., Turkmen, L., & Roychoudhury, A. (2010). Student difficulties in socio-scientific argumentation and decision-making research findings: Crossing the borders of two research lines. *International Journal of Science Education*, 32(9), 1191-1206.
- Aivelo, T., & Uitto, A. (2019). Teachers' choice of content and consideration of controversial and sensitive issues in teaching of secondary school genetics. *International Journal of Science Education*, 41(18), 2716-2735.
- Akbulut, H. I., & Demir, O. (2020). Science Teachers' Views of Socio Scientific Issues. *International Journal of Progressive Education*, 16(1), 237-256.
- Albe, V. (2008a). Students' positions and considerations of scientific evidence about a controversial socioscientific issue. *Science & Education*, 17(8), 805-827.
- Albe, V. (2008b). When scientific knowledge, daily life experience, epistemological and social considerations intersect: Students' argumentation in group discussions on a socio-scientific issue. *Research in Science Education*, 38(1), 67-90.
- Albe, V., & Pedretti, E. (2013). Introduction to the Special Issue on Courting Controversy: Socioscientific Issues and School Science and Technology/Introduction au numéro spécial sur rechercher la controverse: les questions socio-scientifiques dans les cours de sciences et de technologie à l'école. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 13(4), 303-312.
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518-542.
- Allchin, D. (2012). Toward clarity on whole science and KNOWS. *Science Education*, 96(4), 693-700.
- Amos, R., Knippels, M. C., & Levinson, R. (2020). Socio-scientific inquiry-based learning: Possibilities and challenges for teacher education In M. Evagorou, J.A. Nielsen & J. Dillon (Eds.), *Science Teacher Education for Responsible Citizenship*. Springer, Cham, pp. 41-61
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.
- Balakrishnan, B., Er, P. H., & Visvanathan, P. (2013). Socio-ethical education in nanotechnology engineering programmes: A case study in Malaysia. *Science and engineering ethics*, 19(3), 1341-1355.
- Barakat, N., & Jiao, H. (2010). Proposed strategies for teaching ethics of nanotechnology. *Nanoethics*, 4(3), 221-228.
- Barrett, S. E., & Nieswandt, M. (2010). Teaching about ethics through socioscientific issues in physics and chemistry: Teacher candidates' beliefs. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 47(4), 380-401.

- Barrue, C., & Albe, V. (2013). Citizenship education and socioscientific issues: Implicit concept of citizenship in the curriculum, views of French middle school teachers. *Science & Education*, 22(5), 1089-1114.
- Bayram-Jacobs, D., Henze, I., Evagorou, M., Shwartz, Y., Aschim, E. L., Alcaraz-Dominguez, S., ... & Dagan, E. (2019). Science teachers' pedagogical content knowledge development during enactment of socioscientific curriculum materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(9), 1207-1233.
- Bell, R. L. (2008). *Teaching the nature of science through process skills: Activities for grades 3-8*. Allyn & Bacon.
- Bell, R. L., Matkins, J. J., & Gansneder, B. M. (2011). Impacts of contextual and explicit instruction on preservice elementary teachers' understandings of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(4), 414-436.
- Bencze, J. L., & Sperling, E. R. (2012). Student teachers as advocates for student-led research-informed socioscientific activism. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 12(1), 62-85.
- Bencze, L., Pouliot, C., Pedretti, E., Simonneaux, L., Simonneaux, J., & Zeidler, D. (2020). SAQ, SSI and STSE education: defending and extending “science-in-context”. *Cultural Studies of Science Education*, 1-27.
- Bencze, L., Sperling, E., & Carter, L. (2012). Students' research-informed socio-scientific activism: Re/visions for a sustainable future. *Research in Science Education*, 42(1), 129-148.
- Benedict-Chambers, A., Kademian, S. M., Davis, E. A., & Palincsar, A. S. (2017). Guiding students towards sensemaking: teacher questions focused on integrating scientific practices with science content. *International Journal of Science Education*, 39(15), 1977-2001.
- Besley, J. C., Kramer, V. L., & Priest, S. H. (2008). Expert opinion on nanotechnology: risks, benefits, and regulation. *Journal of nanoparticle research*, 10(4), 549-558.
- Bhushan, B. (2016). Introduction to nanotechnology: History, status, and importance of nanoscience and nanotechnology education. In K. Winkelmann, & B. Bhushan (Eds), *Global Perspectives of Nanoscience and Engineering Education* (pp. 1-31). Springer, Cham.
- Bhushan, B., Luo, D., Schricker, S. R., Sigmund, W., & Zauscher, S. (2014). *Handbook of nanomaterials properties*. Berlin Heidelberg: Springer.
- Blonder, R., & Sakhnini, S. (2012). Teaching two basic nanotechnology concepts in secondary school by using a variety of teaching methods. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(4), 500-516.
- Bloom, B., Englehart, M., Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. New York, NY: Longmans, Green
- Borgerding, L. A., & Dagistan, M. (2018). Preservice science teachers' concerns and approaches for teaching socioscientific and controversial issues. *Journal of Science Teacher Education*, 29(4), 283-306

- Bossér, U., Lundin, M., Lindahl, M., & Linder, C. (2015). Challenges Faced by Teachers Implementing Socio-Scientific Issues as Core Elements in Their Classroom Practices. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 3(2), 159-176.
- Bryan, L. A., Magana, A. J., & Sederberg, D. (2015). Published research on precollege students' and teachers' nanoscale science, engineering, and technology learning. *Nanotechnology Reviews*, 4, 7-32
- Bryce, T., & Gray, D. (2004). Tough acts to follow: the challenges to science teachers presented by biotechnological progress. *International Journal of Science Education*, 26(6), 717-733.
- Burek, K., & Zeidler, D. L. (2015). Seeing the forest for the trees! Conservation and activism through socioscientific issues. In M. Muller. & D. Tippins. (Eds.), *EcoJustice, citizen science and youth activism*, Springer, Cham, pp. 425-441.
- Burmeister, M., & Eilks, I. (2012). An example of learning about plastics and their evaluation as a contribution to Education for Sustainable Development in secondary school chemistry teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 93-102..
- Burri, R. V., & Bellucci, S. (2008). Public perception of nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, 10(3), 387-391.
- Bybee, R. W. (2009). *The BSCS 5E instructional model and 21st century skills*. Washington, DC: National Academies Board on Science Education.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Colorado Springs: BSCS.
- Chang, H. Y., Liang, J. C., & Tsai, C. C. (2020). Students' context-specific epistemic justifications, prior knowledge, engagement, and socioscientific reasoning in a mobile augmented reality learning environment. *Journal of Science Education and Technology*, 29(3), 399-408.
- Chen, L., & Xiao, S. (2021). Perceptions, challenges and coping strategies of science teachers in teaching socioscientific issues: A systematic review. *Educational Research Review*, 32, 100377.
- Chin, C. (2007). Teacher questioning in science classrooms: Approaches that stimulate productive thinking. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 44(6), 815-843.
- Chin, C., & Osborne, J. (2010). Students' questions and discursive interaction: Their impact on argumentation during collaborative group discussions in science. *Journal of research in Science Teaching*, 47(7), 883-908.
- Chin, C., & Osborne, J. (2010). Supporting argumentation through students' questions: Case studies in science classrooms. *The Journal of the Learning Sciences*, 19(2), 230-284.
- Christensen, C. K. (2011). Young adults' accounts of scientific knowledge when responding to a television news report of contested science. *International Journal of Science Education, Part B*, 1(2), 115-145.

- Christenson, N., & Chang Rundgren, S. N. (2015). A framework for teachers' assessment of socio-scientific argumentation: An example using the GMO issue. *Journal of Biological Education*, 49(2), 204-212.
- Christenson, N., Chang Rundgren, S. N., & Höglund, H. O. (2012). Using the SEE-SEP model to analyze upper secondary students' use of supporting reasons in arguing socioscientific issues. *Journal of Science Education and Technology*, 21(3), 342-352.
- Cobb, M. and Macoubrie, J. (2004) "Public Perceptions about Nanotechnology: Risks, Benefits, and Trust," *Journal of Nanoparticle Research: An Interdisciplinary Forum for Nanoscale Science and Technology* 6(4), 395–405
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education* (6th ed.). Routledge/Taylor & Francis Group.
- Cohen, R., Zafrani, E., & Yarden, A. (2020). Science teachers as proponents of socio-scientific inquiry-based learning: From professional development to classroom enactment. In M. Evagorou, J.A. Nielsen & J. Dillon (Eds.), *Science Teacher Education for Responsible Citizenship*. Springer, Cham, pp. 117-132.
- Dawson, V. M., & Venville, G. (2010). Teaching strategies for developing students' argumentation skills about socioscientific issues in high school genetics. *Research in Science Education*, 40(2), 133-148.
- Dawson, V., & Carson, K. (2020). Introducing argumentation about climate change socioscientific issues in a disadvantaged school. *Research in Science Education*, 50(3), 863-883.
- Day, S. P., & Bryce, T. G. (2011). Does the discussion of socio-scientific issues require a paradigm shift in science teachers' thinking?. *International Journal of Science Education*, 33(12), 1675-1702.
- Delgado, C., Stevens, S. Y., Shin, N., & Krajcik, J. (2015). A middle school instructional unit for size and scale contextualized in nanotechnology. *Nanotechnology Reviews*, 4(1), 51-69.
- Dillon, J., & Avraamidou, L. (2020). Towards a viable response to COVID-19 from the science education community. *Journal for Activist Science and Technology Education*, 11(2), 1-6
- Dolan, T. J., & Zeidler, D. L. (2009). Speed Kills (Or Does It?). *Science and Children*, 47(3), 20.
- Dolan, T. J., Nichols, B. H., & Zeidler, D. L. (2009). Using socioscientific issues in primary classrooms. *Journal of Elementary Science Education*, 21(3), 1-12.
- Dorouka, P., Papadakis, S., & Kalogiannakis, M. (2021). Nanotechnology and mobile learning: perspectives and opportunities in young children's education. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 13(3), 237-252.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science* (1st ed.). Buckingham: Open University Press

- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – A framework for improving teaching and learning science. In D. Jorde & J. Dillon (Eds.), *The World of Science Education: Science Education Research and Practice in Europe* (pp.13-37). Rotterdam: Sense Publishers.
- Dunlop, L., & Veneu, F. (2019). Controversies in science. *Science & Education*, 28(6), 689-710.
- Duschl, R. (2000). Making the nature of science explicit. In R. Millar, J. Leach, & J. Osborne (Eds.), *Improving science education: The contribution of research* Buckingham: Open University Press, pp. 187–206.
- Eastwood, J. L., Sadler, T. D., Zeidler, D. L., Lewis, A., Amiri, L., & Applebaum, S. (2012). Contextualizing nature of science instruction in socioscientific issues. *International Journal of Science Education*, 34(15), 2289-2315.
- Ekborg, M., Ottander, C., Silfver, E., & Simon, S. (2013). Teachers' experience of working with socio-scientific issues: A large scale and in depth study. *Research in Science Education*, 43(2), 599-617.
- Ekli, E., & Şahin, N. (2010). Science teachers and teacher candidates' basic knowledge, opinions and risk perceptions about nanotechnology. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 2667-2670.
- Emery, K., Harlow, D., Whitmer, A., & Gaines, S. (2017). Compelling evidence: An influence on middle school students' accounts that may impact decision-making about socioscientific issues. *Environmental Education Research*, 23(8), 1115-1129.
- Erdogan, I., & Campbell, T. (2008). Teacher questioning and interaction patterns in classrooms facilitated with differing levels of constructivist teaching practices. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1891-1914.
- Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing the nature of science for science education*. Springer, Dordrecht.
- Erduran, S., & Kaya, E. (2019). *Transforming teacher education through the epistemic core of chemistry*. Springer International Publishing.
- Eş, H., & Öztürk, N. (2021). An Activity for transferring the multidimensional structure of SSI to middle school science courses: I discover myself in the decision-making process with SEE-STEP!. *Research in Science Education*, 51(3), 889-910.
- Espeja, A. G., & Couso, D. (2015). Socio-scientific issues (SSI) in initial training of primary school teachers: Pre-service teachers' conceptualization of SSI and appreciation of the value of teaching SSI. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 196, 80-88.
- Espeja, A. G., & Couso, D. (2020). Introducing Model-Based Instruction for SSI Teaching in Primary Pre-service Teacher Education. In M. Evagorou, J.A. Nielsen & J. Dillon (Eds.), *Science Teacher Education for Responsible Citizenship* (pp. 153-171). Springer, Cham.

European Commission (2012). *Responsible Research and Innovation - Europe's ability to respond to societal challenges*. Retrieved from https://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_rri/KI0214595ENC.pdf

Evagorou, M. (2011). Discussing a socioscientific issue in a primary school classroom: The case of using a technology-supported environment in formal and nonformal settings. In Sadler, T. (Eds.), *Socio-scientific issues in the classroom*. Springer, Dordrecht, pp. 133-159

Evagorou, M., & Dillon, J. (2020). Introduction: socio-scientific issues as promoting responsible citizenship and the relevance of science. In M. Evagorou, J.A. Nielsen & J. Dillon (Eds.), *Science Teacher Education for Responsible Citizenship*. Springer, Cham, pp. 1-11.

Evagorou, M., & Mauriz, B. P. (2017). Engaging elementary school pre-service teachers in modeling a socioscientific issue as a way to help them appreciate the social aspects of science. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(2), 113-123.

Evagorou, M., & Osborne, J. (2013). Exploring young students' collaborative argumentation within a socioscientific issue. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(2), 209-237.

Fages, V., & Albe, V. (2015). Social issues in nanoscience and nanotechnology master's degrees: the socio-political stakes of curricular choices. *Cultural Studies of Science Education*, 10(2), 419-435.

Fensham, P. J. (2014). Scepticism and trust: Two counterpoint essentials in science education for complex socio-scientific issues. *Cultural Studies of Science Education*, 9(3), 649-661.

Forbes, C. T., & Davis, E. A. (2008). Exploring preservice elementary teachers' critique and adaptation of science curriculum materials in respect to socioscientific issues. *Science & Education*, 17(8), 829-854. doi: 10.1007/s11191-007-9080-z

Friedrichsen, P. J., Ke, L., Sadler, T. D., & Zangori, L. (2021). Enacting co-designed socio-scientific issues-based curriculum units: A case of secondary science teacher learning. *Journal of Science Teacher Education*, 32(1), 85-106.

Friedrichsen, P. J., Sadler, T. D., & Zangori, L. (2020). Supporting Teachers in the Design and Enactment of Socio-Scientific Issue-Based Teaching in the USA. In M. Evagorou, J.A. Nielsen & J. Dillon (Eds.), *Science Teacher Education for Responsible Citizenship* (pp. 85-99). Springer, Cham.

Friedrichsen, P., Sadler, T., Graham, K., & Brown, P. (2016). Design of a socio-scientific issue curriculum unit: Antibiotic resistance, natural selection, and modeling. *International Journal of Designs for Learning*, 7(1), 1-18

Furman, M., Taylor, I., Luzuriaga, M., & Podestá, M. E. (2020). Getting ready to work with socio-scientific issues in the classroom: A study with argentine teachers. In M. Evagorou, J.A. Nielsen & J. Dillon (Eds.), *Science Teacher Education for Responsible Citizenship*. Springer, Cham, pp. 133-151.

- Gardner, G. E., & Jones, M. G. (2014). Exploring Pre-Service Teachers' Perceptions of the Risks of Emergent Technologies: Implications for Teaching and Learning. *Journal of Nano Education*, 6(1), 39-49.
- Gardner, G. E., Jones, M. G., Albe, V., Blonder, R., Laherto, A., Macher, D., & Paechter, M. (2016). Factors influencing postsecondary STEM students' views of the public communication of an emergent technology: A cross-national study from five universities. *Research in Science Education*, 47(5), 1011-1029.
- Gardner, G., Jones, G., Taylor, A., Forrester, J., & Robertson, L. (2010). Students' risk perceptions of nanotechnology applications: implications for science education. *International Journal of Science Education*, 32(14), 1951-1969.
- Genel, A., & Topçu, M. S. (2016). Turkish preservice science teachers' socioscientific issues-based teaching practices in middle school science classrooms. *Research in science & Technological education*, 34(1), 105-123
- Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK summit. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*, London: Routledge Press, pp. 28–42.
- Gray, D. S., & Bryce, T. (2006). Socio-scientific issues in science education: implications for the professional development of teachers. *Cambridge Journal of Education*, 36(2), 171-192.
- Hancock, T. S., Friedrichsen, P. J., Kinslow, A. T., & Sadler, T. D. (2019). Selecting socio-scientific issues for teaching. *Science & Education*, 28(6), 639-667.
- Han-Tosunoglu, C., & Lederman, N. G. (2021). Developing an instrument to assess pedagogical content knowledge for biological socioscientific issues. *Teaching and Teacher Education*, 97, 103217.
- Herman B.C., Sadler T.D., Zeidler D.L., Newton M.H. (2018). A Socioscientific Issues Approach to Environmental Education. In Reis G., Scott J. (eds) *International Perspectives on the Theory and Practice of Environmental Education: A Reader. Environmental Discourses in Science Education*, vol 3. Springer, Cham, pp 145 -161
- Hingant, B., & Albe, V. (2010). Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: A review of literature. *Studies in Science Education*, 46 (2), 121-152
- Hodson, D. (2010). Science education as a call to action. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 10(3), 197-206.
- Hodson, D. (2013). Don't be nervous, don't be flustered, don't be scared. Be prepared. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 13(4), 313-331.
- Hofstein, A., Eilks, I., & Bybee, R. (2011). Societal issues and their importance for contemporary science education—A pedagogical justification and the state-of-the-art in Israel, Germany, and the USA. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(6), 1459-1483

- Hutchinson, K., Bodner, G. M., & Bryan, L. (2011). Middle-and high-school students' interest in nanoscale science and engineering topics and phenomena. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(1), Article 4.
- Irmak, M. (2020). Socioscientific Reasoning Competencies and Nature of Science Conceptions of Undergraduate Students from Different Faculties. *Science Education International*, 31(1), 65-73.
- Jimenez-Aleixandre, M. P. (2002). Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1171-1190.
- Jones, M. G., Blonder, R., Gardner, G. E., Albe, V., Falvo, M., & Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and nanoscale science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*, 35(9), 1490-1512.
- Jones, M. G., Gardner, G. E., Falvo, M., & Taylor, A. (2015). Precollege nanotechnology education: a different kind of thinking. *Nanotechnology Reviews*, 4(1), 117-127.
- Kahn, S., & Zeidler, D. L. (2019). A conceptual analysis of perspective taking in support of socioscientific reasoning. *Science & Education*, 28(6), 605-638.
- Kara, Y. (2012). Pre-service biology teachers' perceptions on the instruction of socio-scientific issues in the curriculum. *European Journal of Teacher Education*, 35(1), 111-129.
- Karahan, E., & Roehrig, G. (2017). Secondary school students' understanding of science and their socioscientific reasoning. *Research in Science Education*, 47(4), 755-782.
- Karahan, E., & Roehrig, G. H. (2019). Case studies of science teachers designing socioscientific issues-based instruction. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(1), 71-89.
- Karisan, D. & Zeidler, D.L. (2017). Contextualization of nature of science within the socioscientific issues framework: A review of research. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(2), 139-152.
- Khishfe, R. (2012a). Nature of science and decision-making. *International Journal of Science Education*, 34(1), 67-100.
- Khishfe, R. (2012b). Relationship between nature of science understandings and argumentation skills: A role for counterargument and contextual factors. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(4), 489-514.
- Khishfe, R. (2014). Explicit nature of science and argumentation instruction in the context of socioscientific issues: An effect on student learning and transfer. *International Journal of Science Education*, 36(6), 974-1016.
- Khishfe, R. (2017). Consistency of nature of science views across scientific and socio-scientific contexts. *International Journal of Science Education*, 39(4), 403-432.
- Khishfe, R., & Lederman, N. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395-418.

- Khishfe, R., Alshaya, F. S., BouJaoude, S., Mansour, N., & Alrudiyan, K. I. (2017). Students' understandings of nature of science and their arguments in the context of four socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 39(3), 299-334.
- Kilinc, A., Kelly, T., Eroglu, B., Demiral, U., Kartal, T., Sonmez, A., & Demirbag, M. (2017). Stickers to facts, imposers, democracy advocators, and committed impartialists: Preservice science teachers' beliefs about teacher's roles in socioscientific discourses. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(2), 195-213
- Kinsky, M., & Zeidler, D. (2021). Elementary preservice teachers' challenges in designing and implementing socioscientific issues-based lessons. *Journal of Science Teacher Education*, 32(3), 350-372.
- Kinslow, A. T., Sadler, T. D., & Nguyen, H. T. (2019). Socio-scientific reasoning and environmental literacy in a field-based ecology class. *Environmental Education Research*, 25(3), 388-410.
- Kokolaki, A. & Stavrou, D. (2019). Pre-service Primary Teacher Training On Responsible Research and Innovation Framework. In Levrini, O. & Tasquier, G. (Eds.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2019 Conference*, p.p 899 – 906.
- Kolstø, S. (2001a). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85(3), pp. 291-310.
- Kolstø, S. D. (2001b). 'To trust or not to trust,...'-pupils' ways of judging information encountered in a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 23(9), 877-901.
- Kolstø, S. D. (2006). Patterns in students' argumentation confronted with a risk-focused socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 28(14), 1689-1716.
- Komorek, M., & Kattmann, U. (2008). The model of educational reconstruction. In Mikelskis-Seifert, S., Ringelband, U., & Brückmann, M., (Eds.), *Four decades of research in science education – From curriculum development to quality improvement*. Münster, Germany: Waxmann, pp. 171–188
- Kumar, N., & Kumbhat, S. (2016). *Essentials in Nanoscience and Nanotechnology*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Laherto, A. (2010). An analysis of the educational significance of nanoscience and nanotechnology in scientific and technological literacy. *Science Education International*, 21(3), 160-175
- Laherto, A. (2012). *Nanoscience education for scientific literacy: opportunities and challenges in secondary school and in out- of -school settings*. Academic dissertation.
- Lederman N., Abd-El-Khalick F. (1998) Avoiding De-Natured Science: Activities that Promote Understandings of the Nature of Science. In McComas W.F. (Eds), *The Nature of Science in Science Education*. *Science & Technology Education*, vol 5. Springer, Dordrecht.

- Lee, C. J., Scheufele, D. A., & Lewenstein, B. V. (2005). Public attitudes toward emerging technologies: Examining the interactive effects of cognitions and affect on public attitudes toward nanotechnology. *Science communication*, 27(2), 240-267.
- Lee, H., & Witz, K. G. (2009). Science teachers' inspiration for teaching socio-scientific issues: Disconnection with reform efforts. *International Journal of Science Education*, 31(7), 931-960.
- Lee, H., & Yang, J. E. (2017). Science teachers taking their first steps toward teaching socioscientific issues through collaborative action research. *Research in Science Education*, 49(1), 51-71.
- Lee, H., Abd-El-Khalick, F., & Choi, K. (2006). Korean science teachers' perceptions of the introduction of socio-scientific issues into the science curriculum. *Canadian Journal of Math, Science & Technology Education*, 6(2), 97-117.
- Leung, J. S. C. (2021). Shifting the teaching beliefs of preservice science teachers about socioscientific issues in a teacher education course. *International journal of science and mathematics education*, 1-24.
- Leung, J. S., Wong, K. L., & Chan, K. K. (2020). Pre-service secondary science teachers' beliefs about teaching socio-scientific issues. In M. Evagorou, J.A. Nielsen & J. Dillon (Eds.), *Science Teacher Education for Responsible Citizenship* (pp. 21-39). Springer, Cham.
- Levinson, R., & PARRISE Consortium. (2017). Socio-scientific inquiry-based learning: Taking off from STEPWISE. In L. Bencze (Eds.), *Science and technology education promoting wellbeing for individuals, societies and environments*. Springer, Cham, pp. 477-502
- Levinson, R., & Turner, S. (2001). *Valuable lessons: Engaging with the social context of science in schools*. The Wellcome Trust.
- Levrini, O., Tasquier, G., Branchetti, L., & Barelli, E. (2019). Developing future-scaffolding skills through science education. *International Journal of Science Education*, 41(18), 2647-2674.
- Lewenstein, B. V. (2006). What counts as a 'social and ethical issue' in nanotechnology?. *Nanotechnology challenges: Implications for philosophy, ethics and society*, 201-216.
- Lewis, J., & Kattmann, U. (2004). Traits, genes, particles and information: re-visiting students' understandings of genetics. *International Journal of Science Education*, 26(2), 195-206.
- Lewis, J., & Leach, J. (2006). Discussion of socio-scientific issues: The role of science knowledge. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1267-1287
- Liu, S., & Roehrig, G. (2019). Exploring science teachers' argumentation and personal epistemology about global climate change. *Research in Science Education*, 49(1), 173-189.
- Macalalag, A. Z., Johnson, J., & Lai, M. (2020). How do we do this: learning how to teach socioscientific issues. *Cultural Studies of Science Education*, 15(2), 389-413.
- Macoubrie, J. (2006). Nanotechnology: public concerns, reasoning and trust in government. *Public Understanding of Science*, 15(2), 221-241.

- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In Gess-Newsome J. & Lederman N.G. (Eds.). *Examining pedagogical content knowledge*, Dordrecht: Springer, pp. 95-132
- Mandrikas, A., Michailidi, E., & Stavrou, D. (2019). Teaching nanotechnology in primary education. *Research in Science & Technological Education*, 38(4), 377-395.
- Mandrikas, A., Michailidi, E., & Stavrou, D. (2021). In-service teachers' needs and mentor's practices in applying a teaching-learning sequence on nanotechnology and plastics in primary education. *Journal of Science Education and Technology*, 30(5), 630-641.
- Manou, L., Spyrtou, A., Hatzikraniotis, E., & Kariotoglou, P. (2018). Content transformation for experimental teaching nanoscale science and engineering to primary teachers. *Journal of Physics: Conference Series*, 1076, 1-10.
- Manou, L., Spyrtou, A., Hatzikraniotis, E., & Kariotoglou, P. (2021). What does "Nanoscience-Nanotechnology" mean to primary school teachers?. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1-22.
- Marks, R., & Eilks, I. (2009). Promoting Scientific Literacy Using a Sociocritical and Problem-Oriented Approach to Chemistry Teaching: Concept, Examples, Experiences. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(3), 231-245.
- Matkins, J. J., & Bell, R. L. (2007). Awakening the scientist inside: Global climate change and the nature of science in an elementary science methods course. *Journal of Science Teacher Education*, 18(2), 137-163.
- Mayring P., (2015), Qualitative Content Analysis: Theoretical Background and Procedures. In A. Bikner-Ahsbabs, C. Knipping, & N. Presmeg (Eds.), *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education*, Dordrecht: Springer, pp. 365-380
- Metaxas, I., Michailidi, E., Stavrou, D., & Pavlidis, I. V. (2021). Educational reconstruction of size-depended-properties in nanotechnology for teaching in tertiary education. *Chemistry Teacher International*, 3(4), 413-422.
- Michailidi, E., & Stavrou, D. (2022). Supporting the implementation of a nanotechnology teaching-learning sequence through post-induction science teacher mentoring. *International Journal of Science Education*, 1-27.
- Minken, Z., Clarke, A., Marco-Bujosa, L., & Rulli, C. (2021). Development of teachers' pedagogical content knowledge during lesson planning of socioscientific issues. *International Journal of Technology in Education*, 4(2), 113 – 165.
- Morin, O., Simonneaux, L., & Tytler, R. (2017). Engaging with socially acute questions: Development and validation of an interactional reasoning framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(7), 825-851.
- Murty, B. S., Shankar, P., Raj, B., Rath, B. B., & Murday, J. (2013). *Textbook of nanoscience and nanotechnology*. Berlin: Springer Science & Business Media.
- National Research Council (NRC) (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.

- Nerlich, B., Clarke, D. D., & Ulph, F. (2007). Risks and benefits of nanotechnology: How young adults perceive possible advances in nanomedicine compared with conventional treatments. *Health, Risk & Society*, 9(2), 159-171.
- Nicolaou, C. T., Korfiatis, K., Evagorou, M., & Constantinou, C. (2009). Development of decision-making skills and environmental concern through computer-based, scaffolded learning activities. *Environmental Education Research*, 15(1), 39-54.
- Niebert, K., & Gropengiesser, H. (2013). The model of educational reconstruction: A framework for the design of theory-based content specific interventions. The example of climate change. *Educational design research—Part B: Illustrative cases*, 511-531.
- Nielsen, J. A. (2020). Teachers and socioscientific issues—An overview of recent empirical research. In M. Evagorou, J.A. Nielsen & J. Dillon (Eds.), *Science Teacher Education for Responsible Citizenship*. Springer, Cham, pp 13-20.
- Nielsen, J. A., Evagorou, M., & Dillon, J. (2020). New Perspectives for Addressing Socioscientific Issues in Teacher Education. In M. Evagorou, J.A. Nielsen & J. Dillon (Eds.), *Science Teacher Education for Responsible Citizenship*. Springer, Cham, pp. 193-199.
- Oliveira, A. W. (2010). Improving teacher questioning in science inquiry discussions through professional development. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 47(4), 422-453.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of research in science teaching*, 41(10), 994-1020.
- Oulton, C., Day, V., Dillon*, J., & Grace, M. (2004). Controversial issues-teachers' attitudes and practices in the context of citizenship education. *Oxford Review of Education*, 30(4), 489-507
- Owens, D. C., Herman, B. C., Oertli, R. T., Lannin, A. A., & Sadler, T. D. (2019). Secondary science and mathematics teachers' environmental issues engagement through socioscientific reasoning. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education: Special Issue on Enhancing Environmental Literacy in K-12 Science Classrooms*, 15(6), 1.
- Owens, D. C., Sadler, T. D., & Friedrichsen, P. (2019). Teaching practices for enactment of socio-scientific issues instruction: An instrumental case study of an experienced biology teacher. *Research in Science Education*, 1-24.
- Pedersen, J. E., & Totten, S. (2001). Beliefs of science teachers toward the teaching of science/technological/social issues: are we addressing national standards?. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 21(5), 376-393.
- Pedretti, E. (1999). Decision making and STS education: Exploring scientific knowledge and social responsibility in schools and science centers through an issues-based approach. *School Science and Mathematics*, 99(4), 174-181.
- Pedretti, E. G., Bencze, L., Hewitt, J., Romkey, L., & Jivraj, A. (2008). Promoting issues-based STSE perspectives in science teacher education: Problems of identity and ideology. *Science & Education*, 17(8), 941-960.

- Pedretti, E., & Nazir, J. (2011). Currents in STSE education: Mapping a complex field, 40 years on. *Science education*, 95(4)
- Peikos, G., Spyrtou, A., Pnevmatikos, D., & Papadopoulou, P. (2020). Nanoscale science and technology education: primary school students' preconceptions of the lotus effect and the concept of size. *Research in Science & Technological Education*, 1-18.
- Presley, M. L., Sickel, A. J., Muslu, N., Merle-Johnson, D., Witzig, S. B., Izci, K., & Sadler, T. D. (2013). A framework for socio-scientific issues based education. *Science Educator*, 22(1), 26-32.
- Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science education and citizenship: Teaching socioscientific issues*. Buckingham, UK: Open University Press
- Reis, P., & Galvão, C. (2004). The impact of socio-scientific controversies in Portuguese natural science teachers' conceptions and practices. *Research in Science Education*, 34(2), 153-171.
- Remillard, J. T. (1999). Curriculum materials in mathematics education reform: A framework for examining teachers' curriculum development. *Curriculum Inquiry*, 29(3), 315-342.
- Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/science literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 729–780
- Romine, W. L., Sadler, T. D., & Kinslow, A. T. (2017). Assessment of scientific literacy: Development and validation of the Quantitative Assessment of Socio-Scientific Reasoning (QuASSR). *Journal of Research in Science Teaching*, 54(2), 274-295.
- Romine, W. L., Sadler, T. D., Dauer, J. M., & Kinslow, A. (2020). Measurement of socio-scientific reasoning (SSR) and exploration of SSR as a progression of competencies. *International Journal of Science Education*, 42(18), 2981-3002.
- Rundgren, S. N. C., & Rundgren, C. J. (2010). SEE-SEP: From a separate to a holistic view of socioscientific issues. In *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11 (1), 1-24.
- Ryder, J., & Leach, J. (2000). Interpreting experimental data: The views of upper secondary school and university science students. *International Journal of Science Education*, 22(10), 1069–1084
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536.
- Sadler, T. D., & Fowler, S. R. (2006). A threshold model of content knowledge transfer for socioscientific argumentation. *Science Education*, 90(6), 986-1004.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 42(1), 112-138.

- Sadler, T. D., Amirshokoochi, A., Kazempour, M., & Allspaw, K. M. (2006). Socioscience and ethics in science classrooms: Teacher perspectives and strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 353-376.
- Sadler, T. D., Barab, S. A., & Scott, B. (2007). What do students gain by engaging in socioscientific inquiry?. *Research in Science Education*, 37(4), 371-391.
- Sadler, T. D., Chambers, F. W., & Zeidler, D. L. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, 26(4), 387-409.
- Sadler, T. D., Foulk, J. A., & Friedrichsen, P. J. (2017). Evolution of a model for socio-scientific issue teaching and learning. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(2), 75-87.
- Sadler, T. D., Friedrichsen, P., & Zangori, L. (2019). A framework for teaching for socio-scientific issue and model based learning (SIMBL). *Education and Borders*, 9(25), 8-26.
- Sadler, T. D., Romine, W. L., & Topçu, M. S. (2016). Learning science content through socio-scientific issues-based instruction: A multi-level assessment study. *International Journal of Science Education*, 38(10), 1622-1635.
- Sahin, N., & Ekli, E. (2013). Nanotechnology awareness, opinions and risk perceptions among middle school students. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(4), 867-881.
- Sakhnini, S., & Blonder, R. (2015). Essential concepts of nanoscale science and technology for high school students based on a Delphi study by the expert community. *International Journal of Science Education*, 37(11), 1699-1738.
- Sakhnini, S., & Blonder, R. (2016). Nanotechnology applications as a context for teaching the essential concepts of NST. *International Journal of Science Education*, 38(3), 521-538.
- Sakhnini, S., & Blonder, R. (2018). Insertion points of the essential nanoscale science and technology (NST) concepts in the Israeli middle school science and technology curriculum. *Nanotechnology Reviews*, 7(5), 373-391.
- Sandler, R. (2009). *Nanotechnology: The Social and Ethical Issues*. Technical Report. Woodrow Wilson International Center for Scholars, Project on Emerging Technologies.
- Saunders, K. J., & Rennie, L. J. (2013). A pedagogical model for ethical inquiry into socioscientific issues in science. *Research in Science Education*, 43(1), 253-274.
- Schank, P., Wise, A., Stanford, T., & Rosenquist, A. (2009). *Can high school students learn nanoscience? An evaluation of the viability and impact of the Nanosense curriculum*. SRI International.
- Schummer, J. (2007). Identifying ethical issues of nanotechnologies. In H. Have (Eds), *Nanotechnologies, ethics and politics*, (pp.79-98). Ethics series, UNESCO Publishing
- Sengupta, A., & Sarkar, C. K. (2015). *Introduction to nano: basics to nanoscience and nanotechnology*. Berlin: Springer.

- Sgouros, G., & Stavrou, D. (2019). Teachers' professional development in Nanoscience and nanotechnology in the context of a Community of Learners. *International Journal of Science Education, 41*, 2070-2093.
- Sgouros, G., & Stavrou, D. (2019). Teachers' training in developing nanoscience and nanotechnology teaching modules in the context of a community of learners. In McLoughlin, E., Finlayson, O., Erduran, S., Childs, P. (Eds.). *Bridging Research and Practice in Science Education. Contributions from Science Education Research*, vol 6. Springer, Cham., pp. 339-356
- Shepardson, D. P., & Pizzini, E. L. (1991). Questioning levels of junior high school science textbooks and their implications for learning textual information. *Science Education, 75*(6), 673–682
- Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International journal of science education, 28*(2-3), 235-260.
- Simonneaux, J., & Simonneaux, L. (2012). Educational configurations for teaching environmental socioscientific issues within the perspective of sustainability. *Research in Science Education, 42*(1), 75-94.
- Simonneaux, L. (2001). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education, 23*(9), 903-927.
- Simonneaux, L. (2014a). From promoting the techno-sciences to activism—A variety of objectives involved in the teaching of SSIs. In Bencze, L. & Alsop, S. (Eds.). *Activist science and technology education*. Springer, Dordrecht, pp. 99-111.
- Simonneaux, L. (2014b). Questions socialement vives and socio-scientific issues: New trends of research to meet the training needs of postmodern society. In Bruguière, C., Tiberghien, A. & Clément., P. (Eds.). *Topics and trends in current science education*, Springer, Dordrecht, pp. 37-54
- Simonneaux, L., & Simonneaux, J. (2009). Students' socio-scientific reasoning on controversies from the viewpoint of education for sustainable development. *Cultural studies of science Education, 4*(3), 657-687.
- Simonneaux, L., Panissal, N., & Brossais, E. (2011). Students' perception of risk about nanotechnology after an SAQ teaching strategy. *International Journal of Science Education, 35*(14), 2376-2406.
- Smart, J. B., & Marshall, J. C. (2013). Interactions between classroom discourse, teacher questioning, and student cognitive engagement in middle school science. *Journal of Science Teacher Education, 24*(2), 249-267.
- Spyrtou, A., Manou, L., & Peikos, G. (2021). Educational Significance of Nanoscience–Nanotechnology: Primary School Teachers' and Students' Voices after a Training Program. *Education Sciences, 11*(11), 724.

- Spyrtou, A., Manou, L., Peikos, G., & Zachou, P. (2019). Facilitating Primary Student Teachers' Development of Critical Thinking Through a Nanotechnology Module. In A. D. Tsitouridou M.(Eds), *Technology and Innovation in Learning, Teaching and Education*, (pp. 137-152). Springer, Cham
- Stake, R. E. (2013). *Multiple case study analysis*. Guilford press.
- Stavrou, D. (2014). Pre-service primary and science teachers' conceptions about the emergence of novel properties at the nanoscale. In *E-book proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research for evidence-based teaching and coherence in learning*. Nicosia, Cyprus.
- Stavrou, D., & Duit, R. (2014). Teaching and learning the interplay between chance and determinism in nonlinear systems. *International Journal of Science Education*, 36(3), 506-530.
- Stavrou, D., Michailidi, E., & Sgouros, G. (2018). Development and dissemination of a teaching learning sequence on nanoscience and nanotechnology in a context of communities of learners. *Chemistry Education Research and Practice*, 19, 1065- 1080.
- Stevens, S. Y., Sutherland, L. M., & Krajcik, J. S. (2009). *The big ideas of nanoscale science and engineering*. Arlington, VA.: NSTA press.
- Swarat S., Light G., Park E. J. and Drane D. (2011), A typology of undergraduate students' conceptions of size and scale: Identifying and characterizing conceptual variation. *Journal of Research in Science Teaching*, 48, 512–533.
- Swarat, S., Light, G., Park, E. J., & Drane, D. (2009). Unpacking Student Conceptions of Surface Area to Volume Ratio in the Nanoscience Context: An Empirical Application of the Construct-Centered Design Framework. *Proceedings of the Research in Engineering Education Symposium*, (pp. 273-279). Palm Cove, QLD.
- Sweeney, A. E. (2006). Social and ethical dimensions of nanoscale science and engineering research. *Science and Engineering Ethics*, 12(3), 435-464.
- Taylor, A. & Jones, G. (2009). Proportional Reasoning Ability and Concepts of Scale: Surface area to volume relationships in science. *International Journal of Science Education*, 31 (9), 1231–1247.
- Thomm, E., Barzilai, S., & Bromme, R. (2017). Why do experts disagree? The role of conflict topics and epistemic perspectives in conflict explanations. *Learning and Instruction*, 52, 15-26.
- Tidemand & Nielsen (2017). The role of socioscientific issues in biology teaching: from the perspective of teachers. *International Journal of Science Education*, 39 (1), 44-61. doi: 10.1080/09500693.2016.1264644
- Topcu, M. S., Sadler, T. D., & Yilmaz-Tuzun, O. (2010). Preservice science teachers' informal reasoning about socioscientific issues: The influence of issue context. *International Journal of Science Education*, 32(18), 2475-2495.

- Trybula, W., Fazarro, D., Hanks, C., & Tate, J. (2016). Nanotechnology Safety Education. . In K. Winkelmann, & B. Bhushan (Eds), *Global Perspectives of Nanoscience and Engineering Education* (pp. 223-235). Springer, Cham.
- Van Dijk, E. M., & Kattmann, U. (2007). A research model for the study of science teachers' PCK and improving teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 23(6), 885-897.
- Van Driel, J. H., Bulte, A. M., & Verloop, N. (2007). The relationships between teachers' general beliefs about teaching and learning and their domain specific curricular beliefs. *Learning and instruction*, 17(2), 156-171.
- Vázquez-Alonso, Á., Aponte, A., Manassero-Mas, M. A., & Montesano, M. (2016). A teaching–learning sequence on a socio-scientific issue: analysis and evaluation of its implementation in the classroom. *International Journal of Science Education*, 38(11), 1727-1746.
- Venville, G. J., & Dawson, V. M. (2010). The impact of a classroom intervention on grade 10 students' argumentation skills, informal reasoning, and conceptual understanding of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(8), 952-977.
- Walker, K. A., & Zeidler, D. L. (2007). Promoting discourse about socioscientific issues through scaffolded inquiry. *International journal of science education*, 29(11), 1387-1410.
- Wan, Y., & Bi, H. (2020). What major “socio-scientific topics” should the science curriculum focused on? A Delphi study of the expert community in China. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(1), 61-77.
- Whittington, K., & Tekkumru-Kisa, M. (2020). Pre-service science teachers as curriculum designers: Learning opportunities afforded in task selection. *Journal of Science Teacher Education*, 31(5), 537-555.
- Wu, Y. T., & Tsai, C. C. (2007). High school students' informal reasoning on a socio-scientific issue: Qualitative and quantitative analyses. *International Journal of Science Education*, 29(9), 1163-1187.
- Yin, R. K. (2012). Case study methods. In H. Cooper, P. M. Camic, D. L. Long, A. T. Panter, D. Rindskopf, & K. J. Sher (Eds.), *APA handbook of research methods in psychology, Vol. 2. Research designs: Quantitative, qualitative, neuropsychological, and biological*,. American Psychological Association, pp. 141–155
- Zangori, L., Foulk, J., Sadler, T. D., & Peel, A. (2018). Exploring elementary teachers' perceptions and characterizations of model-oriented issue-based teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 29(7), 555-577.
- Zangori, L., Peel, A., Kinslow, A., Friedrichsen, P., & Sadler, T. D. (2017). Student development of model-based reasoning about carbon cycling and climate change in a socio-scientific issues unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(10), 1249-1273.
- Zeidler, D. L., & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of elementary science education*, 21(2), 49-58.

- Zeidler, D. L., Herman, B. C., & Sadler, T. D. (2019). New directions in socioscientific issues research. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 1-9.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377.
- Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A., & Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science education*, 86(3), 343-367.
- Zeidler, D.L., Keefer, M. (2003). The Role of Moral Reasoning and the Status of Socioscientific Issues in Science Education. In Zeidler, D.L. (Eds.). *The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education*. Science & Technology Education Library, vol 19. Springer, Dordrecht, pp. 7 – 38
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 39(1), 35-62.
- Κοκολάκη, Α. & Σταύρου, Δ. (2019). Κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα: Ένα πλαίσιο εκπαίδευσης μελλοντικών εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Στο Α. Σπύρτου, Π. Παπαδοπούλου, Α. Ζουπίδης, Γ. Μαλανδράκης, & Π. Καριώτογλου, (Επιμ.) *Πρακτικά 11^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Φλώρινα*, σσ. 435-442
- Μάνου (2019). *Ανάπτυξη και αξιολόγηση διδακτικών μαθησιακών σειρών για την εκπαίδευση εκπαιδευτικών στη νανοτεχνολογία*. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Διδακτορική διατριβή
- Μιχαηλίδη, Ε (2013). *Ανάπτυξη και Αξιολόγηση Διδακτικής Μαθησιακής Σειράς για τη Νανοτεχνολογία στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση*. Πανεπιστήμιο Κρήτης, Πτυχιακή εργασία

Παράρτημα Ι: Τελική ημι – δομημένη συνέντευξη προ – έρευνας

ΔΟΜΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗΣ

Ερωτήσεις

Εισαγωγή

1. Θα εμπλουτίζατε το μάθημα των Φυσικών Επιστημών με κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα; Αν ναι, γιατί;
2. Πώς σας φάνηκε η όλη διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης της διδασκαλίας σας;
3. Πώς σκεφτήκατε / εργαστήκατε για να διαμορφώσετε τη διδασκαλία σας;

Διευκρινίσεις επί της διδασκαλίας

4. Γιατί εστιάσατε στις συγκεκριμένες διαστάσεις επιστημονικού περιεχομένου;
5. Γιατί εστιάσατε στις συγκεκριμένες κοινωνικές πτυχές;
6. Ποιος είναι ο στόχος κάθε δραστηριότητας που αναπτύξατε;
7. Θεωρείτε ότι το διδακτικό σας υλικό συνέβαλε στην υλοποίηση αυτών των στόχων;
Αν ναι με ποιον τρόπο; / Αν όχι γιατί;

Δυσκολίες

8. Τι δυσκολίες συναντήσατε ως προς την κατανόηση των κοινωνικών πτυχών της επιστήμης που συζητήσαμε κατά τη διάρκεια του σεμιναρίου;
9. Τι δυσκολίες συναντήσατε κατά την ενσωμάτωση αυτών των πτυχών στο υλικό σας;

Παράρτημα II: Κατηγοριοποίηση του περιεχομένου των δραστηριοτήτων της προ – έρευνας

ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΤΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΤΗΣ ΠΡΟ - ΕΡΕΥΝΑΣ		
Κατηγορίες	Κριτήρια	Παραδείγματα
Επιστημονικό περιεχόμενο	- Αναφορά σε φαινόμενα, έννοιες, αρχές που σχετίζονται με το επιστημονικό αντικείμενο των πλαστικών και μικροπλαστικών	- <i>Ας θυμηθούμε! Τι είναι τα πολυμερή; Μάκρο-μόρια, δηλαδή μια μακριά αλυσίδα επαναλαμβανόμενων μορίων τα οποία ονομάζονται μονομερή.</i> - <i>Βιοπλαστικά ονομάζουμε τα βιοδιασπώμενα πλαστικά των οποίων τα συστατικά προέρχονται εξ ολοκλήρου από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.</i>
Κοινωνικές πτυχές	- Αναφορά σε κοινωνικές πτυχές όπως περιβάλλον, οικονομία, ανθρώπινη υγεία, πολιτική - Αναφορά σε απόψεις φορέων	- <i>Εμείς βλέπουμε τη διαφορά, οι χελώνες όχι! Οι μέδουσες μοιάζουν πολύ με «χαμένες» πλαστικές σακούλες στη θάλασσα. Οι θηρευτές τους, οι θαλάσσιες δηλαδή χελώνες, συχνά μπερδεύονται. Όταν καταναλώσουν μια πλαστική σακούλα αναμένοντας ένα τρυφερό γεύμα, κινδυνεύουν να πάθουν ασφυξία.</i> <i>α. Ποιες συνέπειες λοιπόν διακρίνετε για τη θαλάσσια ζωή από την αλόγιστη ρίψη πλαστικών στις ακτές;</i> <i>β. Σώστε τη χελώνα από τη λάθος τροφή!</i> - <i>Βουλευτής: Μετά την απόφαση να χρεώνονται οι πλαστικές σακούλες, ώστε να μειωθεί η χρήση τους, το επόμενο βήμα μας θα είναι η ψήφιση νόμου για να καταργηθούν τα πλαστικά καλαμάκια.</i>

Παράρτημα III: Κατηγοριοποίηση της στοχοθεσίας των δραστηριοτήτων της προ – έρευνας

ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΣΤΟΧΟΘΕΣΙΑΣ ΤΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΤΗΣ ΠΡΟ - ΕΡΕΥΝΑΣ		
Κατηγορίες	Κριτήρια	Παραδείγματα
Γνώση επιστημονικού περιεχομένου	- Στόχος δραστηριότητας προσανατολισμένος στην εκμάθηση ή αξιολόγηση διαστάσεων επιστημονικού περιεχομένου	- Να μάθουν οι μαθητές τι είναι τα πλαστικά από χημικής άποψης και να καταλάβουν διαφορά του μικροπλαστικού από το μακροπλαστικό. - Στόχος αυτής της δραστηριότητας είναι κατανοήσουν πληρέστερα το ζήτημα των πλαστικών και της επιρροής τους στον άνθρωπο, ρωτώντας ειδικούς, οι οποίοι θα τους πληροφορήσουν αναλυτικότερα για το θέμα.
Δεξιότητες επιχειρηματολογίας	- Στόχος δραστηριότητας προσανατολισμένος στην καλλιέργεια των δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας και λήψης απόφασης των μαθητών	- Να εξοικειωθούν οι μαθητές με την τοποθέτηση τους σε αμφιλεγόμενα ζητήματα. - Να μάθουν οι μαθητές να εντοπίζουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα σε ζητήματα με κοινωνικές προεκτάσεις και να τα συνυπολογίζουν πριν πάρουν θέση.
Δεξιότητες ΚΕΖ συλλογιστικής	- Στόχος δραστηριότητας προσανατολισμένος στην αναγνώριση ή/και ανάλυση των ποικίλων οπτικών – απόψεων - Στόχος δραστηριότητας προσανατολισμένος στον έλεγχο της εγκυρότητας των πηγών	- Να αναπτύξουν οι μαθητές μας πρωτοβουλίες και κριτική σκέψη ώστε να ελέγχουν τις πηγές που επιλέγουν να χρησιμοποιούν. - Στόχος είναι να αναδειχθεί ο ρόλος του κάθε φορέα, μέσα από τα επιχειρήματά του, στο ζήτημα της χρήσης πλαστικών.

<p>Θετικές στάσεις ως προς το περιβάλλον</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Στόχος δραστηριότητας προσανατολισμένος στην ευαισθητοποίηση των μαθητών γύρω από περιβαλλοντικά ζητήματα - Στόχος δραστηριότητας προσανατολισμένος στη διατύπωση ή/και προβολή προτάσεων - λύσεων στο περιβαλλοντικό πρόβλημα 	<ul style="list-style-type: none"> - Στόχος είναι οι μαθητές να προτείνουν λύσεις σχετικά με το θέμα των πλαστικών και την ανθρώπινη υγεία και να φανερωθεί η ανάγκη ενημέρωσης και σεβασμού στον άνθρωπο και το περιβάλλον - Να καταλάβουν οι μαθητές τους κινδύνους από χρήση των πλαστικών και να ευαισθητοποιηθούν σχετικά με τη χρήση πλαστικών στην καθημερινή τους ζωή.
--	---	--

Παράρτημα IV: Περιεχόμενα του υλικού προς μελέτη κατά την Φάση Α της κυρίως εμπειρικής έρευνας

ΥΛΙΚΟ ΠΡΟΣ ΜΕΛΕΤΗ	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ
<p>ΝΑΝΟΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΕ</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Εισαγωγή 2. Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας 3. Κοινωνικές – Ηθικές προεκτάσεις της Νανοτεχνολογίας 4. Η εκπαιδευτική αξία της Νανοτεχνολογίας 5. Προβλήματα ένταξης της νανοτεχνολογίας στην εκπαίδευση 6. Αντιλήψεις μαθητών για τη Νανοτεχνολογία 7. Βιβλιογραφία
<p>ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΖΗΤΗΜΑΤΩΝ</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Εισαγωγή 2. Ορισμός ΚΕΖ 3. Έρευνα αιχμής και ΚΕΖ 4. Κοινωνικές πτυχές της επιστήμης 5. Βιβλιογραφία
<p>ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΕ</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ΚΕΖ και επιστημονικός γραμματισμός 2. Αξία διαπραγμάτευσης ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ 3. Διδακτικές πρακτικές 4. Πλαίσιο δόμησης ΚΕΖ διδασκαλιών 5. Βιβλιογραφία
<p>ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΤΙΣ ΦΕ</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Εισαγωγή 2. Μάθηση μέσω διερεύνησης 3. Βιβλιογραφία

Παράρτημα V: Αρχική συνέντευξη κυρίως εμπειρικής έρευνας

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Σε ένα ιστολόγιο (blog), που αφορούσε στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής υπήρχαν οι παρακάτω δύο απόψεις σχετικά με την αιτία του φαινομένου:

A. Η υπερθέρμανση του πλανήτη αποτελεί ένα σημαντικό περιβαλλοντικό ζήτημα με το οποίο έρχεται αντιμέτωπη η παγκόσμια κοινότητα. Σύμφωνα με μια μερίδα επιστημόνων, οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως είναι η καύση ορυκτών καυσίμων (πχ. κάρβουνο, πετρέλαιο κλπ.), έχουν αυξήσει σε μεγάλο βαθμό τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Αυτά τα αέρια «παγιδεύουν» την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία αυξάνει την θερμοκρασία της γης προκαλώντας έτσι σταδιακά σοβαρή περιβαλλοντική καταστροφή.

B. Σύμφωνα με άλλη άποψη που ακούγεται στην επιστημονική κοινότητα, η επίδραση της ανθρώπινης δραστηριότητας είναι ασήμαντη, δεδομένου ότι η αύξηση της γήινης θερμοκρασίας είναι φυσιολογική εξέλιξη του κλίματος της γης όπως αποδεικνύουν οι αλλαγές της θερμοκρασίας από το την εποχή των παγετώνων μέχρι πιο θερμές περιόδους. Αυτή η μερίδα επιστημόνων ανησυχεί ότι οι προτεινόμενες «λύσεις» για την υπερθέρμανση του πλανήτη θα έχουν καταστροφικές συνέπειες στην παγκόσμια οικονομία.

Στο ίδιο ιστολόγιο υπήρχε αναρτημένο υλικό που «πάρθηκε» από μια ερευνητική ομάδα σχετικά με το κλίμα του Πανεπιστημίου East Anglia της Βρετανίας. Ανάμεσα στα έγγραφα του υλικού υπήρχε ένα email, στο οποίο ο κλιματολόγος Phil Jones, ηγετικό μέλος της Διεθνούς Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC), αναφερόταν σε ένα τέχνασμα που χρησιμοποίησε σε γραφήματα ερευνών του για να περιορίσει τις κριτικές κατά τη δημοσίευση σε επιστημονικά περιοδικά.

Η δημοσίευση αυτού του υλικού προκάλεσε ποικίλα σχόλια και συζητήσεις στο ιστολόγιο από σκεπτικιστές που το είδαν ως απόδειξη των επαναλαμβανόμενων ισχυρισμών τους για απάτη, συμπαιγνία και συνωμοσία στην επιστήμη του κλίματος ενώ άλλοι ισχυρίστηκαν ότι οι επιστήμονες δεν δρουν με αυτόν τον τρόπο, επισημαίνοντας ότι το αναρτημένο υλικό είναι πιθανότατα το ίδιο μια απάτη.

ΔΟΜΗ ΑΡΧΙΚΗΣ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗΣ

Ερωτήσεις

Αμφιλεγόμενα ζητήματα στη διδασκαλία ΦΕ

1. Τι διαπραγματεύεται το κείμενο που διαβάσατε;
2. Αναγνωρίζετε κάποιες αντικρουόμενες απόψεις; Ποιες είναι αυτές;
3. Θα ενσωματώνετε διαστάσεις της κλιματικής αλλαγής στο μάθημά σας; Αν ναι, γιατί; Αν όχι, γιατί;
4. Αναγνωρίζετε ότι υπάρχουν αντικρουόμενες απόψεις.
Παρόλα αυτά θα το διαπραγματευόσασταν στην τάξη;
5. Πώς θα το διαχειριζόσασταν; Τι θα κάνατε;
6. Τι στόχους θα βάζατε;
7. Πιστεύετε θα συναντούσατε κάποια δυσκολία; Αν ναι, τι δυσκολίες πιστεύετε ότι θα συναντούσατε;
8. Ποιοι παράγοντες/ ποια κριτήρια θα λαμβάνατε υπόψη κατά το σχεδιασμό και υλοποίηση ενός μαθήματος που θα περιείχε αντικρουόμενες πληροφορίες, όπως στην περίπτωση της κλιματικής αλλαγής;
9. Περιγράψτε μου μια ιδέα για διδασκαλία. Πώς θα στήνατε ένα τέτοιο μάθημα για τη διαπραγμάτευση αντικρουόμενων και αμφιλεγόμενων πληροφοριών;

Αντικρουόμενες επιστημονικές απόψεις

10. Πώς, κατά τη γνώμη σας, δικαιολογείται η ύπαρξη αντικρουόμενων απόψεων για ένα επιστημονικό ζήτημα, όπως αυτό της κλιματικής αλλαγής;
11. Τι κατά τη γνώμη σας καθιστά κάτι επιστημονικό;
12. Ποιες κατά τη γνώμη σας είναι οι αρχές / αξίες που διέπουν την επιστήμη;
Υπάρχουν κάποια στοιχεία καταστρατήγησης αυτών των αρχών και αξιών της επιστήμης στο απόσπασμα που διαβάσατε για την κλιματική αλλαγή;
13. Αναγνωρίζετε κάποιες πρακτικές παραγωγής επιστημονικής γνώσης στο κείμενο; Αν ναι ποιες είναι αυτές; Ποιες άλλες επιστημονικές πρακτικές σας έρχονται στο μυαλό;

Παράρτημα VI: Ημι – δομημένη συνέντευξη κυρίως εμπειρικής έρευνας

ΔΟΜΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗΣ

Ερωτήσεις

Αντιλήψεις φοιτητών

1. Η ενσωμάτωση των ΚΕΖ στη διδασκαλία των ΦΕ είναι κάτι σου συμβαδίζει με την δική σας προσωπική προσέγγιση απέναντι στη διδασκαλία; Είναι κάτι που σας εκφράζει;
2. Θεωρείτε ότι η ενσωμάτωση ΚΕΖ μέσα από εφαρμογές της ΝΕΤ είναι κάτι που θα ενίσχυε το ενδιαφέρον και την εμπλοκή των μαθητών στη διδασκαλία σας; Γιατί;
3. Ποια είναι η γνώμη για το θέμα της ΝΕΤ και την αξιοποίησή του στη διδασκαλία;
4. Πώς αισθανθήκατε όταν συναντήσατε τυχόν διαφωνίες μεταξύ των επιστημόνων και αντικρουόμενες πληροφορίες;
5. Με ποια κριτήρια αξιολογήσατε τις γνώσεις – πηγές που αξιοποιήσατε;

Διευκρινίσεις επί του υλικού - Πηγές – Δυσκολίες

6. Ποιος είναι ο στόχος κάθε δραστηριότητας που αναπτύξατε;
7. Τι είδους πηγές αξιοποιείτε στο υλικό σας; Ποιος ο ρόλος αυτών των πηγών;
8. Θεωρείτε ότι μέσα από το υλικό που αναπτύξατε προωθείτε η επιχειρηματολογία των μαθητών; Αν ναι, Με ποιες δραστηριότητες, με ποιον τρόπο και σε ποιο βαθμό;
9. Πώς περιμένετε να ανταποκριθούν οι μαθητές σε κάθε μια δραστηριότητα του υλικού σας;
10. Τι σας δυσκόλεψε κατά τη διαμόρφωση κάθε δραστηριότητας που αναπτύξατε;

Παράρτημα VII: Ημι – δομημένη τελική συνέντευξη κυρίως εμπειρικής έρευνας

ΔΟΜΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗΣ

Ερωτήσεις

Εισαγωγή

1. Πώς σας φάνηκε η εφαρμογή του υλικού; Σας έκανε κάτι εντύπωση;

Ανταπόκριση μαθητών

2. Πώς αξιολογείτε την ανταπόκριση των μαθητών;
3. Η επιχειρηματολογία των μαθητών ήταν σύμφωνη με τις προσδοκίες σας; Τι περιμένατε και πώς αυτοί ανταποκρίθηκαν τελικά;
4. Σε τι διαστάσεις βασίστηκε η επιχειρηματολογία των μαθητών;
5. Ποια στοιχεία του διδακτικού σας υλικού υποστήριξαν την επιχειρηματολογία των μαθητών;
6. Υλοποιήθηκαν κάποιοι από τους στόχους που είχατε θέσει εσείς αρχικά αναφορικά με το διδακτικό σας υλικό;

Προτάσεις για αλλαγές - τροποποιήσεις

7. Θα αλλάζατε κάτι στις δραστηριότητες που αναπτύξατε;
8. Θα προσθέτατε ή θα αφαιρούσατε κάποια δραστηριότητα για να γίνει πιο αποτελεσματικό το υλικό σας;
9. Θα αλλάζατε κάτι στο διδακτικό σας υλικό ώστε να ενισχυθεί η επιχειρηματολογία των μαθητών σας;

Παράρτημα VIII :Κατηγοριοποίηση των θεματικών περιοχών

	Υποκατηγορίες	Κριτήρια	Παραδείγματα <i>(από τα ψηφιακά φύλλα εργασίας των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων)</i>
Επιστήμη	Έννοιες NET	- Αναφορά ή ερώτηση α. για το αντικείμενο της NET, β. για τις βασικές αρχές λειτουργίας μιας εφαρμογής της NET ή/ και γ. για μια από τις μεγάλες ιδέες της NET	- Για να καταλάβετε καλύτερα πόσο μικρό είναι το " νάνο" , φανταστείτε ότι γίνεστε για λίγο 1.000.000.000 φορές μικρότεροι!
	Επιστημονικό αντικείμενο εκτός της NET	- Αναφορά ή ερώτηση σε έννοιες, φαινόμενα, αρχές που σχετίζονται με το ευρύτερο επιστημονικό αντικείμενο του σεναρίου	- Για τον καθαρισμό μιας πετρελαιοκηλίδας υπάρχουν πολλοί τρόποι. Για παράδειγμα α. φράγματα, β. πετρέλαιο –συλλέκτες, γ. σκάφη περισυλλογής και δ. συσκευές εκτόξευσης χημικών διασκορπιστικών.
	Αβεβαιότητες σύγχρονων επιστημονικών αντικειμένων και εφαρμογών	- Αναφορά ή ερώτηση για την α. αβεβαιότητα γύρω από τις εφαρμογές της NET, β. τις αντικρουόμενες απόψεις ερευνητών ή/και γ. τους περιορισμούς της επιστήμης	- Ο τρόπος που μάθαμε σήμερα (εν. η μέθοδος καθαρισμού θαλασσών από πετρελαιοκηλίδες με ferrofluid) είναι ακόμα πειραματικός, δεν έχει εφαρμοστεί πλήρως, ωστόσο δείχνει πολλά υποσχόμενος για το μέλλον.
Κοινωνία	Περιβάλλον	- Αναφορά ή ερώτηση για κάποιο περιβαλλοντικό πρόβλημα στη λύση του οποίου θα μπορούσε να συμβάλει η NET - Αναφορά ή ερώτηση για περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα εφαρμογών - Αναφορά ή ερώτηση για περιβαλλοντικά μειονεκτήματα εφαρμογών - Αναφορά ή ερώτηση για την πιθανή επίδραση εφαρμογών στο περιβάλλον	- Το υλικό αυτό έχει την ικανότητα να αποδομεί τους ρύπους, όταν έρχονται σε επαφή μαζί του, καθαρίζοντας έτσι τον αέρα! - Είναι επίσης σκόπιμο να σταματήσει η ανεξέλεγκτη απελευθέρωση των νανοσωματιδίων στο περιβάλλον μέσω της απόθεσης αποβλήτων και να σκεφτούμε τα ζητήματα της διαχείρισης αλλά και τοξικότητας των αποβλήτων αυτών των υλικών!

			- Ποια μπορεί να είναι η επίδραση της χρήσης των φωτοβολταϊκών τέταρτης γενιάς στο περιβάλλον
	Οικονομία	<ul style="list-style-type: none"> - Αναφορά ή ερώτημα για οικονομικά οφέλη - Αναφορά ή ερώτημα για αυξημένο κόστος - Αναφορά ή ερώτημα για την ανάγκη – αξία χρηματοδότησης ερευνητικών προγραμμάτων - Αναφορά ή ερώτημα για την πιθανή επίδραση εφαρμογών στην οικονομία 	<ul style="list-style-type: none"> - Το όφελος ήταν πολύ μεγάλο και δεν περιοριζόταν μόνο στις 58.000 ευρώ το έτος που εκτιμά πως εξοικονόμησε η Περιφέρεια, καθώς δεν χρειάστηκε να ενισχύσει τον φωτισμό, λόγω της σκοτεινιάς που θα προκαλούσαν οι μαυρισμένοι τοίχοι. - Στόχος της ο συνδυασμός χαμηλού κόστους κατασκευής και υψηλής ενεργειακής απόδοσης. - Τόσο ο ευρωπαϊκός διαστημικός σταθμός, όσο και η NASA, εδώ και πολλά χρόνια έχει χρειαστεί να επενδύσουν οικονομικά σε εφαρμογές της ναυτεχνολογίας. - Με ποιον τρόπο θα μπορούσαν να επηρεάσουν την οικονομία καινοτόμες εφαρμογές όπως αυτή (εν. τα φωτοβολταϊκά 4^{ης} γενιάς);
	Πολιτική	<ul style="list-style-type: none"> - Αναφορά ή ερώτημα για τα υπάρχοντα νομοθετικά πλαίσια ή την ανάγκη θέσπισης νέων - Αναφορά ή ερώτημα για την επίδραση των νομοθετικών πλαισίων στην ερευνητική δραστηριότητα ή/και τη λειτουργία της αγοράς - Αναφορά ή ερώτημα για το ρόλο των κυβερνώντων και των αρχών στη λήψη αποφάσεων 	<ul style="list-style-type: none"> - Κανονισμός έτους 2014 -Τα ναυούλικά αντιμετωπίζονται όπως οποιοδήποτε άλλο χημικό. - Ποια θεωρείτε ότι είναι η επίδραση αυτών των κανονισμών στην λειτουργία των εταιριών που παράγουν προϊόντα ναυτεχνολογίας ευρείας κατανάλωσης; - Ας πάρω τηλέφωνο τον Υπουργό περιβάλλοντος να τον ενημερώσω για το ατύχημα! Θα πρέπει να δράσει άμεσα!
	Υγεία	- Αναφορά ή ερώτημα για κάποια ασθένεια στη λύση της οποίας θα μπορούσε να συμβάλει η NET	- Το 8,7% των ασθενών που καθημερινά νοσηλεύονται στο νοσοκομείο μας εμφανίζουν κάποια νοσοκομειακή λοίμωξη.

		<p>- Αναφορά ή ερώτημα για τα πλεονεκτήματα μιας εφαρμογής στην ανθρώπινη υγεία</p> <p>- Αναφορά ή ερώτημα για τα μειονεκτήματα μιας εφαρμογής στην ανθρώπινη υγεία</p>	<p>- <i>θεμ</i>Ιατρικός εξοπλισμός σχεδιάζεται καθημερινά με αξιοποίηση των νανοσωματιδίων αργύρου με σκοπό την αποφυγή των βακτηριακών λοιμώξεων !</p>
--	--	---	---

Παράρτημα ΙΧ : Κατηγοριοποίηση της στοχοθεσίας των δραστηριοτήτων

Κατηγορίες	Υποκατηγορίες	Κριτήρια	Παραδείγματα (από τα σενάρια διδασκαλίας των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων)
Εξοικείωση με επιστημονικό περιεχόμενο	Εξοικείωση με θεμελιώδεις έννοιες NET	- Αναφορά στην κατανόηση από τους μαθητές α. του μεγέθους και της κλίμακας στη νανοκλίμακα, β. των ιδιοτήτων που εξαρτώνται από το μέγεθος	- Διδακτικός στόχος δραστηριότητας 4: Οι μαθητές να διαπιστώσουν πόσο μικρό είναι το «νάνο».
	Εξοικείωση με εφαρμογές NET	- Εξερεύνηση εφαρμογών της NET μέσω μοντελοποίησης	- Διδακτικός στόχος δραστηριότητας 7: Οι μαθητές να γνωρίσουν εφαρμογές της ιατρικής με νανοσωματίδια αργύρου.
	Εξοικείωση με έννοιες εκτός NET	- Αναφορά στην κατανόηση εννοιών από τους μαθητές σχετικά με την ευρύτερη θεματική του διδακτικού σεναρίου	- Στη δραστηριότητα αυτή τα παιδιά εισάγονται στον τρόπο λειτουργίας των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων και εξοικειώνονται με αυτόν.
Καλλιέργεια πρακτικών ΚΕΖ συλλογιστικής (Socioscientific reasoning practices)	Ανάλυση πολυπλοκότητας ΚΕΖ (SSI – complexity)	- Αναφορά στο να αναγνωρίζουν οι μαθητές την αλληλεξάρτηση τουλάχιστον δύο θεματικών περιοχών γύρω από ένα ΚΕΖ	Βασικός στόχος της δραστηριότητας είναι η ανάδειξη του ρόλου των εφαρμογών της νανοτεχνολογίας στην εξερεύνηση του διαστήματος και η σύνδεση αυτών των εφαρμογών με την οικονομία.
	Ανάλυση ποικίλων οπτικών (Perspective taking)	Αναφορά στο α. να αναγνωρίζουν οι μαθητές πιθανά διαφορετικές απόψεις φορέων σχετικά με ένα ΚΕΖ, β. να καλούνται να αναλύσουν ζητήματα και λύσεις από διαφορετικές οπτικές ή/και γ.	Διδακτικός στόχος δραστηριότητας 10: Οι μαθητές να εκφράσουν τις απόψεις τους αναφορικά με το ρόλο διαφόρων φορέων στην έρευνα, κυκλοφορία και κατανάλωση προϊόντων νανοτεχνολογίας στην καθημερινή ζωή.

		να αναγνωρίζουν τις προκλήσεις των δικών τους προσωπικών θέσεων	
	Αναγνώριση διαρκούς έρευνας (<i>On – going inquiry</i>)	- Αναφορά στο να αναγνωρίζουν οι μαθητές τις αβεβαιότητες γύρω από ένα ΚΕΖ ή/και ότι τα ΚΕΖ υπόκεινται σε διαρκή έρευνα – μελέτη	<i>Διδακτικός στόχος δραστηριότητας 8: Οι μαθητές μας - ερχόμενοι αντιμέτωποι με όσο το δυνατόν περισσότερες αντικρουόμενες απόψεις ερευνητών - να αντιληφθούν πως ακόμα και μεταξύ της επιστημονικής κοινότητας πολλές φορές δεν υπάρχει σύμπνοια γύρω από το ίδιο σύγχρονο ζήτημα λόγω των αβεβαιοτήτων που το συνοδεύουν και ότι ακόμα και οι ίδιοι αδυνατούν να δώσουν μια επισφαλή και ξεκάθαρη άποψη και χρειάζονται περισσότερα δεδομένα.</i>
	Αξιολόγηση πηγών & πληροφοριών (<i>Employ skepticism</i>)	- Αναφορά στο α. να εκφράζουν οι μαθητές προβληματισμό σχετικά με την εγκυρότητα των πληροφοριών ή/και β. να αναγνωρίζουν ενδεχόμενες προκαταλήψεις στις πηγές πληροφόρησης	<i>Διδακτικός στόχος της παρούσας δραστηριότητας είναι οι μαθητές να μπορέσουν να διακρίνουν ένα επιχείρημα από τις εκάστοτε προσωπικές απόψεις χρησιμοποιώντας κριτήρια όπως ή πηγή, ο συγγραφέας κλπ.</i>
Διατύπωση προσωπικής θέσης – Λήψη απόφασης (<i>Positioning – Decision making</i>)		- Αναφορά στο να εκφράζουν οι μαθητές την προσωπική τους θέση – άποψη βασιζόμενοι τόσο σε δεδομένα – στοιχεία όσο και συνυπολογίζοντας τις ποικίλες οπτικές γύρω από ένα ΚΕΖ	<i>Συνυπολογίζοντας τα δεδομένα που έλαβαν από το σύνολο των προηγούμενων δραστηριοτήτων και των διαφορετικών οπτικών που συζήτησαν, να καταλήξουν σε κάποια προσωπικά συμπεράσματα για την</i>

			<i>αξία της νανοτεχνολογίας στην εξερεύνηση του διαστήματος.</i>
--	--	--	--

Παράρτημα X : Κατηγοριοποίηση των διδακτικών πρακτικών

Κατηγορίες	Κριτήρια	Παραδείγματα <i>(από τα σενάρια διδασκαλίας των KEZ διδακτικών σεναρίων)</i>
Παράθεση επιστημονικών πληροφοριών	<ul style="list-style-type: none"> - Προβολή video με επιστημονικές πληροφορίες - Ενσωμάτωση κειμένου ή/ και σχεδιαγράμματος με επιστημονικές πληροφορίες 	<p><i>Οι μαθητές πατούν πάνω στον σύνδεσμο, παρακολουθούν το video και ενημερώνονται για τον τρόπο δράσης των ναυσοσωματιδίων αργύρου.</i></p>
Εμπλοκή με επιστημονικές διαδικασίες	<ul style="list-style-type: none"> - Πειραματικές διαδικασίες - Ερμηνεία μοντελοποιήσεων - Ερμηνεία αναλογιών - Παρατήρηση - Ταξινόμηση 	<p><i>Στο σημείο αυτό, τα παιδιά έχουν φθάσει στη φάση του πειράματος, μέσω του οποίου καλούνται να εξερευνήσουν, να εξηγήσουν, αλλά και να επεξεργαστούν όλα τα δεδομένα που θα συλλέξουν. Σκοπός του πειράματος είναι η λήψη μετρήσεων από τρία (3) διαφορετικά είδη Φωτοβολταϊκών Κυττάρων και η μετέπειτα αξιοποίηση αυτών των αποτελεσμάτων στη λήψη απόφασης σχετικά με το κατάλληλο φωτοβολταϊκό για την εκστρατεία μας.</i></p>
Ανάλυση οφελών – κινδύνων <i>(Cost – benefit analysis)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Ανάλυση θετικών – αρνητικών / πλεονεκτημάτων – μειονεκτημάτων μιας τεχνολογικής εφαρμογής για λήψη απόφασης 	<p><i>Αφού οι μαθητές έχουν προβληματιστεί αναφορικά με την ύπαρξη πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων σε εφαρμογές της ναυοτεχνολογίας της καθημερινής ζωής όπως είναι τα αντηλιακά, καλούνται να απαντήσουν κάποιες ερωτήσεις σχετικά με το αν απαιτείται να αναγράφεται η ύπαρξη ναυοσωματιδίων στις ετικέτες των προϊόντων.</i></p>
Ανάλυση απόψεων ποικίλων φορέων <i>(Stakeholder analysis)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Ανάλυση άρθρων από το διαδίκτυο για αξιολόγηση διαφορετικών απόψεων – επιχειρημάτων - Ανάλυση επιχειρημάτων διαφορετικών φορέων - Ανάλυση ιστορικών γεγονότων με βάση το ρόλο ποικίλων φορέων στην εξέλιξή τους 	<p><i>Με την ανάλυση των άρθρων από το διαδίκτυο οι μαθητές συνειδητοποιούν την ύπαρξη ποικίλων οπτικών αναφορικά με εφαρμογές και προϊόντα της ναυοτεχνολογίας και αξιολογούν τα επιχειρήματα με βάση την πηγή, τον συγγραφέα κλπ.</i></p>

	- Χρήση ερωτημάτων για ανάλυση των λόγων ύπαρξης διαφορετικών απόψεων	
Συζήτηση - Επιχειρηματολογία (<i>Discourse - Argumentation</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Debate για αντίκρουση επιχειρημάτων ή/και διαμόρφωση αντεπιχειρημάτων - Παιχνίδι ρόλων - Χρήση εικόνας, video, πληροφοριών ή/και επιστημονικών δεδομένων και μετρήσεων ως ερεθίσματα για συζήτηση - Χρήση ερωτημάτων προς απάντηση 	<p><i>Οι μαθητές διαβάζουν τις κάρτες κάθε κατηγορίας και επιλέγουν αυτή που τους έκανε μεγαλύτερη εντύπωση. Στη συνέχεια, παρουσιάζουν τις κάρτες που επέλεξαν στα υπόλοιπα μέλη της ομάδας τους και επιχειρηματολογούν υπέρ της επιλογής τους. Έπειτα, ακολουθεί μία συζήτηση γύρω από τα θέματα που έχουν ήδη αναλυθεί στις προηγούμενες δραστηριότητες. Τα παιδιά στη συζήτηση αυτή προσπαθούν να πείσουν τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας να αλλάξουν θέση και να επιλέξουν τη δική τους κάρτα ως την πιο ενδιαφέρουσα μέσα από επιχειρήματα και αντεπιχειρήματα.</i></p>

Παράρτημα XI : Κατηγοριοποίηση του τύπου των ερωτημάτων

Κατηγορίες	Κριτήρια	Παραδείγματα <i>(από τα ψηφιακά φύλλα εργασίας των ΚΕΖ διδακτικών σεναρίων)</i>
Αξιολόγηση <i>(Reasoning)</i>	Όταν οι μαθητές καλούνται να: - Επιχειρηματολογήσουν - Αξιολογήσουν - Κρίνουν - Προτείνουν - Αποφασίσουν - Συνθέσουν στοιχεία και πληροφορίες	- Τελικά, ποιο είδος φωτοβολταϊκού επιλέξατε για την εκστρατεία μας; - Έπειτα από εποικοδομητικό διάλογο με την ομάδα σας σε ποια απόφαση καταλήξατε; Αιτιολογήστε την απάντησή σας! - Θα χρησιμοποιούσατε ποτέ προϊόν της ναυτοτεχνολογίας; Εξηγήστε την απάντησή σας. - Σε εσένα αναθέτεται να επιλέξεις τον τρόπο θα χρησιμοποιήσουμε για τον καθαρισμό της πετρελαιοκηλίδας. Ποιο τρόπο θα πρότεινες; Γιατί;
Επεξήγηση - Ερμηνεία <i>(Explain)</i>	Όταν οι μαθητές καλούνται να: - Εξηγήσουν / διευκρινίσουν - Ερμηνεύσουν - Εφαρμόσουν - Προβλέψουν	- Πως τέτοια εργαλεία συμβάλλουν στην πραγματοποίηση διαστημικών ταξιδιών; - Πιστεύετε ότι το μέγεθος ενός υλικού μπορεί να επηρεάσει τις ιδιότητές του, όπως για παράδειγμα την ταχύτητα καύσης του;
Γνώμη <i>(Opinion)</i>	Όταν οι μαθητές καλούνται να: - Εκφράσουν προσωπική γνώμη, ιδέες - Περιγράψουν προσωπικές εμπειρίες, γεγονότα	- Εμένα μου φαίνονται λίγο αυστηροί οι κανονισμοί αυτοί. Εσείς τι λέτε, είναι αυστηροί ή ελαστικοί; - Θεωρείτε πώς μέσω της αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας θα υπάρξουν προοπτικές για ένα «καθαρό» και ασφαλές μέλλον; - Σας εντυπωσίασε ότι ο άνθρωπος πάτησε πρώτη φορά στο φεγγάρι το 1969;
Ανάκληση <i>(Recalling)</i>	Όταν οι μαθητές καλούνται να: - Αναπαράγουν γνώσεις και πληροφορίες	- Ποιος είναι ο μηχανισμός δράσης των ναυτοσωματιδίων αργύρου; - Ποιες είναι οι συνέπειες μιας πετρελαιοκηλίδας; - Σύμφωνα με το άρθρο, σε ποιες περιπτώσεις έχει εφαρμοστεί η καινοτόμα βαφή;

Δημοσιεύσεις σχετικές με τη διατριβή

Τα αποτελέσματα της διατριβής έχουν συμπεριληφθεί στις παρακάτω εργασίες:

Περιοδικά

Kokolaki, A. & Stavrou, D. (2022, under publication). Pre – Service Primary Teachers Develop Teaching Artifacts on Contemporary Socioscientific Issues. *Journal of Science Teacher Education*

Πρακτικά Διεθνών Συνεδρίων

Kokolaki, A. & Stavrou, D. (2019). Pre-service Primary Teacher Training On Responsible Research and Innovation Framework. In Levrini, O. & Tasquier, G. (Eds.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2019 Conference* (p.p 899 – 906).

Πρακτικά Πανελληνίων Συνεδρίων

Κοκολάκη Α. & Σταύρου, Δ (2021, υπό δημοσίευση). Οι διδακτικές πρακτικές φοιτητών ΠΤΔΕ για τη διαπραγμάτευση κοινωνικοεπιστημονικών ζητημάτων υπό το πρίσμα των επιστημολογικών τους πεποιθήσεων. *Πρακτικά 12ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Αθήνα, 19 – 21 Νοεμβρίου 2021*

Κοκολάκη Α., Νιτυράκης Α., Μιχαηλίδη Α., Ζουρμπάκης Α., Καλογιαννάκης Μ. & Σταύρου Δ. (2020). Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών Προσχολικής και Δημοτικής Εκπαίδευσης στη Διεπιστημονική προσέγγιση σύγχρονων ζητημάτων Επιστήμης και Τεχνολογίας. Στο Κ. Πλακίτση, Ε. Σταμούλης, Ε. Κολοκούρη & Α. Κορνελάκη (Επιμ). *Πρακτικά 11ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση: Χαρτογραφώντας τη νέα εικοσαετία έρευνας και διδακτικής πράξης»* Παν. Ιωαννίνων, 6-8 Νοεμβρίου 2020 (σελ. 581 – 598)

Κοκολάκη Α. & Σταύρου, Δ (2020). Ανάπτυξη διδακτικών ενοτήτων νανοτεχνολογίας με έμφαση στη σχέση επιστήμη – κοινωνία – τεχνολογία από μελλοντικούς εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Στο Α. Μολοχίδης, Ι. Λεύκος & Α. Ζουπίδης (Επιμ). *Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Νέων Ερευνητών Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Θεσσαλονίκη, Διαδικτυακά* (σελ. 45-49)

Κοκολάκη, Α. & Σταύρου, Δ. (2019). Κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα: Ένα πλαίσιο εκπαίδευσης μελλοντικών εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Στο Α. Σπύρτου, Π. Παπαδοπούλου, Α. Ζουπίδης, Γ. Μαλανδράκης, & Π. Καριώτογλου, (Επιμ.) *Πρακτικά 11ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Φλώρινα* (σελ. 435-442)

Γιαννακουδάκη, Κ., Κοκολάκη, Α. & Σταύρου, Δ. (2019). Ανάπτυξη διδακτικού υλικού από μελλοντικούς εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης αξιοποιώντας μία επίσκεψη σε

ερευνητικό κέντρο. Στο Α. Σπύρτου, Π. Παπαδοπούλου, Α. Ζουπίδης, Γ. Μαλανδράκης, & Π. Καριώτογλου, (Επιμ.) *Πρακτικά 11ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Φλώρινα (σελ. 872 – 878)

Κοκολάκη, Α. & Σταύρου, Δ. (2018). Εκπαίδευση εκπαιδευτικών στη διαπραγμάτευση σύγχρονων κοινωνικοεπιστημονικών ζητημάτων στη διδασκαλία φυσικών επιστημών. Στο Ασημόπουλος Στ. (Επιμ.). *Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου Νέων Ερευνητών Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σελ. 31- 34)

Ανακοινώσεις σε Διεθνή Συνέδρια

Kokolaki A. & Stavrou D. (2021). Teaching modules on Socioscientific Issues developed by primary student teachers. *Online ESERA Conference, University Di Minho, Braga, Portugal, 30 August – 3 September 2021*

Kokolaki, A & Stavrou, D. (2020). Pre - service primary teachers design and develop teaching modules on socioscientific issues related to nanotechnology. *Book of Synopses, ESERA Virtual Network, Oxford, 28th June – 4th July, (p.p. 76 – 85)*