

ΕΡΕΥΝΑ ΑΙΧΜΗΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

CUTTING-EDGE SCIENCE AND SOCIOSCIENTIFIC ISSUES IN SCIENCE EDUCATION

Αιμιλία Μιχαηλίδη
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
Πανεπιστήμιο Κρήτης
amichailidi@edc.uoc.gr

Δημήτρης Σταύρου
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
Πανεπιστήμιο Κρήτης
dstavrou@edc.uoc.gr

Περίληψη

Στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος IRRESISTIBLE, πέντε εκπαιδευτικοί σε συνεργασία με Μουσεία Επιστημών, Ερευνητικά Κέντρα και ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών ανέπτυξαν μια διδακτική ενότητα Νανοτεχνολογίας. Σε επόμενη φάση οι εκπαιδευτικοί αυτοί έδρασαν ως πολλαπλασιαστές και επιμόρφωσαν εντός κοινοτήτων μάθησης 32 συναδέλφους τους στην εφαρμογή της ενότητας που ανέπτυξαν και άλλων δύο ανάλογων ενότητων. Στο τέλος κάθε φάσης οι εμπλεκόμενοι μαθητές κλήθηκαν να αναπτύξουν εκθέματα σχετικά με την ενότητα που παρακολούθησαν. Στην παρούσα εργασία διερευνούμε τις δυνατότητες και δυσκολίες που παρουσιάζονται κατά την ανάπτυξη και ευρύτερης κλίμακας εφαρμογή ενότητων σύγχρονων επιστημονικών αντικειμένων από εκπαιδευτικούς στα πλαίσια κοινοτήτων μάθησης και κατά την ανάπτυξη διαδραστικών εκθεμάτων από μαθητές σχετικά με σύγχρονα επιστημονικά αντικείμενα.

Λέξεις κλειδιά

Νανοτεχνολογία, Υπεύθυνη έρευνα και καινοτομία, Κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα, Άτυπες μορφές μάθησης, Εκπαίδευση εκπαιδευτικών.

Abstract

In the context of the EU project IRRESISTIBLE, five teachers in cooperation with science museums, research centers and researchers of Science Education developed a Nanotechnology module. In the next phase those teachers acted as multipliers and trained within learning communities, thirty two colleagues in the implementation of the module they developed and two other respective modules. At the end of each phase the participating students were called to develop exhibits according to the topic they had been taught. In

this paper we investigate the possibilities and difficulties that arise during the development and wider-scale implementation of modules on cutting-edge and during the development of student-made exhibits on current scientific issues.

Key words

Nanotechnology, Responsible research and innovation, Socioscientific issues, Informal learning, Teacher training.

0. Εισαγωγή

Η ένταξη της επιστήμης και τεχνολογίας αιχμής στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) έχει δείχθει ερευνητικά πως ωφελεί ιδιαίτερα την ίδια την εκπαιδευτική διαδικασία, καθώς εξοικειώνει τους μαθητές με τις επιστημονικές διεργασίες και τους βοηθά να βαθύνουν την κατανόηση της φύσης της επιστήμης (Kolst, 2001). Πιο συγκεκριμένα, η διδασκαλία σύγχρονων επιστημονικών αντικειμένων παρέχει στους εκπαιδευτικούς την ευκαιρία να μηήσουν τα παιδιά στον επιστημονικό τρόπο σκέψης. Επίσης παρέχει τη δυνατότητα να βιώσουν οι μαθητές την εμπειρία της επιστήμης εν τη γενέσει της, αντί της «έτοιμης» άκαμπτης επιστήμης που συνήθως διδάσκονται, και να εξερευνήσουν συναρπαστικά, πραγματικά παραδείγματα επιστημονικών εφαρμογών, καθιστώντας το μάθημα πιο ελκυστικό και ενδιαφέρον (Schank et al., 2007).

Γύρω από την τρέχουσα έρευνα υπάρχουν επίσης ερωτήματα που είναι ακόμα ανοιχτά και στα οποία η επιστημονική κοινότητα δεν έχει καταλήξει σε ομόφωνα αποδεκτές απαντήσεις. Το γεγονός αυτό μπορεί να εμπλέξει τους μαθητές σε συζητήσεις γύρω από το πώς παράγεται η επιστημονική γνώση αλλά και για τα όρια και τους περιορισμούς της επιστημονικής έρευνας (Schank, et al., 2009). Η ύπαρξη δε επιστημονικής διχογνωμίας και στις κοινωνικές, οικονομικές και πολιτικές διαστάσεις των ζητημάτων αυτών, τους δίνει ακόμα περισσότερες δυνατότητες παιδαγωγικής αξιοποίησης.

Σύμφυτη με τη διδασκαλία αντικειμένων σύγχρονης έρευνας είναι η διαπραγμάτευση στην τάξη και κοινωνικοεπιστημονικών ζητημάτων. Τα κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα είναι αμφιλεγόμενα κοινωνικά ζητήματα με εννοιολογικές ή/και διαδικαστικές συνδέσεις με την επιστήμη (Sadler, 2004). Αποτελούν προβληματικές καταστάσεις που έχουν πολλαπλές λύσεις, οι οποίες διαμορφώνονται από επιστημονικές αρχές, θεωρίες και δεδομένα, αλλά δεν μπορούν να καθοριστούν πλήρως από επιστημονικές εκτιμήσεις καθώς εμπλέκουν συγχρόνως μια ποικιλία κοινωνικών παραγόντων – πολιτικούς, οικονομικούς, ηθικούς κ.ά. (Sadler, 2011).

Η στροφή της διδακτικής των ΦΕ προς τα κοινωνικοεπιστημονικά θέματα έχει βασιστεί σε παρόμοιες παλαιότερες προσεγγίσεις όπως αυτή της σύνδεσης *Επιστήμης-Τεχνολογίας-Κοινωνίας* και βρίσκεται σε διαρκή εξέλιξη. Η πιο σύγχρονη τάση αφορά στην αξιοποίηση των διαστάσεων της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (ΥΕΚ) ως πλαισίου διαπραγμάτευσης των κοινωνικοεπιστημονικών θεμάτων (Blonder et al., 2016).

Η ΥΕΚ είναι μια διαδραστική διαδικασία που αποσκοπεί α) στην ενίσχυση της θέσης κοινωνικών, ηθικών και περιβαλλοντικών ζητημάτων στη διαδικασία της έρευνας και β) στη δημιουργία μιας κοινής αντίληψης για το ποια είναι η ορθή στάση και πρακτική όλων των εμπλεκόμενων φορέων ενώπιον της οικοδόμησης της εμπιστοσύνης του κοινού στη διαδικασία και τα προϊόντα της καινοτομίας (Sutcliffe, 2011). Η ΥΕΚ αποτελείται από 6 άξονες:

- *Την Ενεργό Εμπλοκή* όλων των κοινωνικών φορέων (ερευνητών, βιομηχανίας, πολιτικών και κοινωνίας) και την από κοινού συμμετοχή τους στη διαδικασία της έρευνας και της καινοτομίας.
- *Την Ισότητα Φύλων* στην επιστημονική έρευνα, για την αντιμετώπιση της υποαντιπροσώπησης των γυναικών στην έρευνα.
- *Την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες* για να εξοπλιστούν οι πολίτες και οι μελλοντικοί ερευνητές με την απαραίτητη γνώση και τα εργαλεία για να μπορούν να συμμετέχουν πλήρως και να αναλαμβάνουν ευθύνη στη διαδικασία της έρευνας και της καινοτομίας.
- *Την Ελεύθερη Πρόσβαση* των πολιτών στα αποτελέσματα ερευνών για την επίτευξη της απαραίτητης διαύγειας και την ευρύτερη χρήση των επιστημονικών αποτελεσμάτων από όλους τους κοινωνικούς φορείς.
- *Την Ηθική Δεοντολογία* που πρέπει να διέπει την επιστημονική έρευνα και καινοτομία.
- *Την Ορθή Διακυβέρνηση* ώστε να αποτρέπονται οι επιβλαβείς και ανήθικες διαστάσεις της καινοτομίας και της έρευνας (European Commission, 2012).

Στα πλαίσια της προσέγγισης αυτής μπορεί να ενταχθεί και η στόχευση αρκετών ευρωπαϊκών προγραμμάτων να εισαχθεί στη διδασκαλία των ΦΕ η έννοια της ΥΕΚ. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε την εφαρμογή στην Ελλάδα του Ευρωπαϊκού Προγράμματος IRRESISTIBLE (<http://www.irresistible-project.eu>) που είχε ως στόχο την προώθηση της ενεργού συμμετοχής εκπαιδευτικών και μαθητών στη διαδικασία της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας, μέσα από την εκπαίδευση εκπαιδευτικών και την ανάπτυξη διδακτικού υλικού αξιοποιώντας θέματα έρευνας αιχμής.

1. Περιγραφή του προγράμματος

Στο πρόγραμμα IRRESISTIBLE συμμετείχαν συνολικά 12 Πανεπιστήμια και 2 μουσεία/κέντρα επιστημών από 10 χώρες: Ολλανδία, Φινλανδία, Γερμανία, Ελλάδα, Ισραήλ, Ιταλία, Πολωνία, Πορτογαλία, Ρουμανία, Τουρκία. Από την Ελλάδα, συμμετείχαν ως εταίροι το Πανεπιστήμιο Κρήτης και το Ίδρυμα Ευγενίδου.

Κάθε χώρα κλήθηκε να αναπτύξει και να εφαρμόσει πιλοτικά διδακτικές ενότητες που να θίγουν κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα από τη σκοπιά ενός διαφορετικού σύγχρονου ερευνητικού θέματος σε κάθε περίπτωση. Το αποτέλεσμα ήταν η ανάπτυξη 13 ενοτήτων γύρω από ένα ευρύ φάσμα σύγχρονων θεμάτων (βλ. Πίνακα 1). Επιπλέον κοινά χαρακτηριστικά των ενοτήτων ήταν ότι αυτές:

- προήγαν τη διερευνητική μάθηση βασιζόμενες στο μοντέλο των 6E επέκταση του μοντέλου διερευνητικής μάθησης 5E του Bybee (Bybee et al., 2006).
- ενέπλεκαν τους μαθητές στην ανάπτυξη διαδραστικών επιστημονικών εκθεμάτων, ως μέσα για την επικοινωνία της νεοαποκτηθείσας γνώσης τους.
- αξιοποιούσαν εργαλεία web2.0.

Πίνακας 1: Διδακτικές ενότητες που αναπτύχθηκαν στο πρόγραμμα IRRESISTIBLE

	Χώρα	Διδακτική ενότητα
1	Ολλανδία	-Υδατάνθρακες στο μητρικό γάλα
2	Ισραήλ	-Φωτοβολταϊκά στοιχεία περοβσκίτη
3	Γερμανία	-Υπεράκτια αιολική ενέργεια -Πλαστικά: Όλεθρος των ωκεανών
4	Τουρκία	-Νανοτεχνολογία και Υγεία
5	Πορτογαλία	-Γεωμηχανική: Έλεγχος του κλίματος; -Αξιολόγηση της υγείας της Γης μέσω των πολιτικών περιοχών
6	Ιταλία	-Νανοτεχνολογία στην Πληροφορία -Νανοτεχνολογία για τη μετατροπή της Ηλιακής Ενέργειας
7	Φινλανδία	-Κλιματική αλλαγή: Επιπτώσεις και προσαρμογή
8	Ελλάδα	-Εφαρμογές της Νανοεπιστήμης & της Νανοτεχνολογίας
9	Πολωνία	-Οι καταλυτικές ιδιότητες των νανοϋλικών
10	Ρουμανία	-Ειδικά νανοϋλικά

1.1. Η διάρθρωση του προγράμματος

Το πρόγραμμα διαρθρώθηκε σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση, σε κάθε μία από τις δέκα συμμετέχουσες χώρες, διαμορφώθηκε μια Κοινότητα Μάθησης που ανέπτυξε μία διδακτική ενότητα. Αυτές οι κοινότητες αποτελούνταν από 5 τουλάχιστον εν ενεργεία εκπαιδευτικούς, ειδικούς από μουσεία και κέντρα επιστημών, καθώς και πανεπιστημιακούς και ερευνητές τόσο της διδακτικής των ΦΕ όσο και από το αντίστοιχο επιστημονικό πεδίο. Το υλικό που αναπτύχθηκε εφαρμόστηκε πιλοτικά από τους συμμετέχοντες εκπαιδευτικούς στις τάξεις τους και στο τέλος της εφαρμογής οι μαθητές κατασκεύασαν εκθέματα σχετικά με το εκάστοτε θέμα και τις εμπλεκόμενες πτυχές της ΥΕΚ.

Σε μια δεύτερη φάση καθένας από τους εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν στην Κοινότητα Μάθησης της πρώτης φάσης, λειτουργώντας πολλαπλασιαστικά, εκπαίδευσε στα πλαίσια νέων κοινοτήτων μάθησης συναδέλφους του εκπαιδευτικούς στην εφαρμογή του διδακτικού υλικού που είχε αναπτυχθεί στην πρώτη φάση, από την ίδια αλλά και από άλλες χώρες. Μετά την ολοκλήρωση της εφαρμογής των ενότητων στις τάξεις, δημιουργήθηκαν εκ νέου εκθέσεις με τις δημιουργίες των μαθητών. Τα καλύτερα μαθητικά εκθέματα από όλες τις συμμετέχουσες χώρες παρουσιάστηκαν σε μια κοινή έκθεση στα πλαίσια της Βραδιάς του Ερευνητή στο Κίελο.

1.2. Η ερευνητική διάσταση του IRRESISTIBLE

Στόχος του ευρωπαϊκού προγράμματος IRRESISTIBLE ήταν η ανάπτυξη διδακτικού υλικού σχετικά με πτυχές της ΥΕΚ στο πλαίσιο αντικειμένων της σύγχρονης επιστημονικής έρευνας. Στην παρούσα εργασία εστιάζουμε στον τρόπο με τον οποίο εν ενεργεία εκπαιδευτικοί αναπτύσσουν και εφαρμόζουν διδακτικές ενότητες σύγχρονων επιστημονικών αντικειμένων με κοινωνικοεπιστημονικές διαστάσεις στα πλαίσια κοινοτήτων μάθησης, αλλά και στον τρόπο με τον οποίο μαθητές επικοινωνούν τις γνώσεις τους μέσω διαδραστικών εκθεμάτων. Συγκεκριμένα τα ερευνητικά μας ερωτήματα είναι:

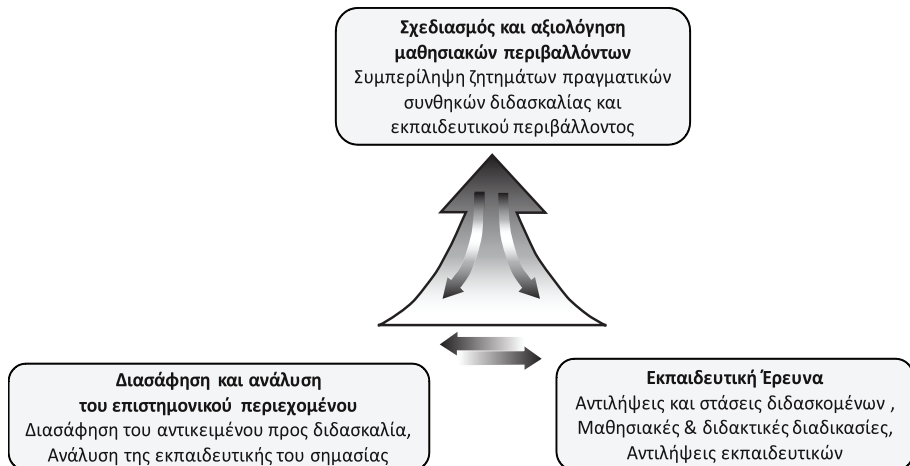
- α) Ποιες δυνατότητες και δυσκολίες παρουσιάζονται κατά την ανάπτυξη μιας διδακτικής ενότητας Νανοτεχνολογίας και θεμάτων ΥΕΚ από εν ενεργεία εκπαιδευτικούς;
- β) Ποιες δυνατότητες και δυσκολίες παρουσιάζονται κατά την ευρύτερης κλίμακας εφαρμογή ενότητων σύγχρονων επιστημονικών αντικειμένων με κοινωνικοεπιστημονικές διαστάσεις από εν ενεργεία εκπαιδευτικούς;
- γ) Ποιες όψεις του επιστημονικού περιεχομένου επιλέγουν οι μαθητές να επικοινωνήσουν μέσω επιστημονικών εκθεμάτων;

2. Μεθοδολογία

2.1. Μεθοδολογικό πλαίσιο

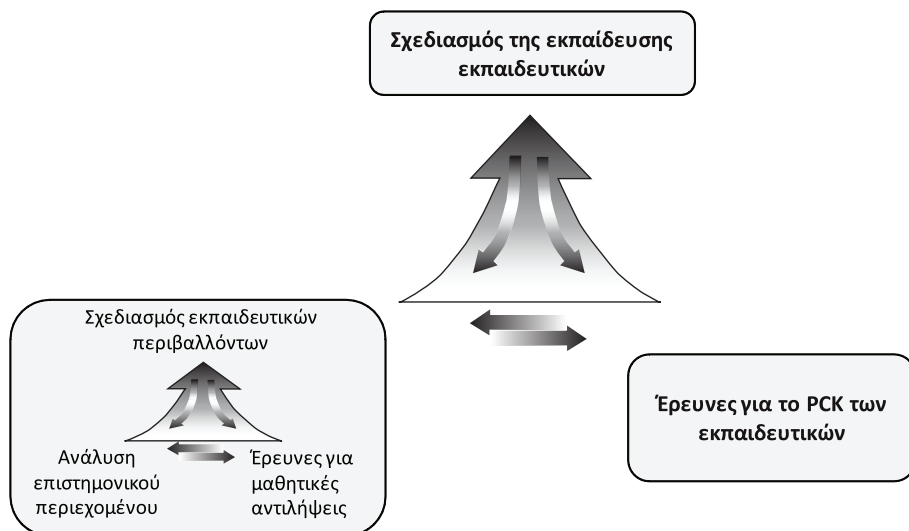
Μεθοδολογικό πλαίσιο της έρευνας αποτελεί το Μοντέλο της Διδακτικής Αναδόμησης (Model of Educational Reconstruction, Duit et al., 2012, βλ. Εικόνα 1). Το μοντέλο αυτό παρέχει μια αντίληψη της έρευνας σχετικά με τη διδακτική των ΦΕ που σχετίζεται με τη βελτίωση της διδακτικής πράξης, αλλά και με την ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων. Έτσι αξιοποιήθηκε ιδιαίτερα κατά την φάση της ανάπτυξης της διδακτικής ενότητας της Νανοτεχνολογίας, στην 1^η φάση του προγράμματος.

Εικόνα 1: Το Μοντέλο Διδακτικής Αναδόμησης (Duit et al., 2012)



Το Μοντέλο Διδακτικής Αναδόμησης προσαρμόστηκε από τους van Dijk & Kat-tmann (2007) για την σχεδίαση εκπαιδευτικών περιβαλλόντων για την εκπαίδευση εκπαιδευτικών (βλ. Εικόνα 2). Το προσαρμοσμένο αυτό μοντέλο αξιοποιήθηκε κατά τη δεύτερη φάση του προγράμματος, όπου στόχος ήταν η επιμόρφωση εκπαιδευτικών για να εφαρμόσουν έτοιμες διδακτικές ενότητες στις τάξεις τους.

Εικόνα 2: Το μοντέλο Διδακτικής Αναδόμησης για την Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών (van Dijk & Kattmann, 2007)



2.2. Συμμετέχοντες

Στην εφαρμογή του προγράμματος στην Ελλάδα συνολικά συμμετείχαν τριάντα επτά εν ενεργεία εκπαιδευτικοί, τρεις ερευνητές της διδακτικής των ΦΕ από το Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης (ΠΤΔΕ) του Πανεπιστημίου Κρήτης, τρεις ειδικοί της επικοινωνίας της επιστήμης από το Ίδρυμα Ευγενίδου (ΙΕ) και το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας του Πανεπιστημίου Κρήτης (ΜΦΙΚ) και δύο ερευνητές του πεδίου της Νανοτεχνολογίας από το Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας (ΙΤΕ).

Στην 1^η φάση του IRRESISTIBLE συμμετείχαν πέντε εκπαιδευτικοί και ενενήντα πέντε μαθητές, στους οποίους δίδαξαν οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί την ενότητα που ανέπτυξαν. Την ομάδα των εκπαιδευτικών αποτελούσαν: ένας εκπαιδευτικός Πρωτοβάθμιας και τέσσερις εκπαιδευτικοί Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (δύο φυσικοί και δύο χημικοί), που δραστηριοποιούνταν σε Αθήνα, Ηράκλειο και Ρέθυμνο..

Στην 2^η φάση του IRRESISTIBLE συμμετείχαν επιπλέον τριάντα δύο εκπαιδευτικοί: έντεκα εκπαιδευτικοί Πρωτοβάθμιας και είκοσι ένας Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (δέκα χημικοί, εννιά φυσικοί και δύο βιολόγοι) που υπηρετούσαν σε μεγάλο εύρος τύπων σχολείων σε Αθήνα, Ηράκλειο και Ρέθυμνο. Οι εκπαιδευτικοί αυτοί δίδαξαν στις τάξεις τους ενότητες του IRRESISTIBLE σε περίπου 550 μαθητές όλων των βαθμίδων.

2.3. Η εφαρμογή του *IRRESISTIBLE* στην Ελλάδα – 1η φάση

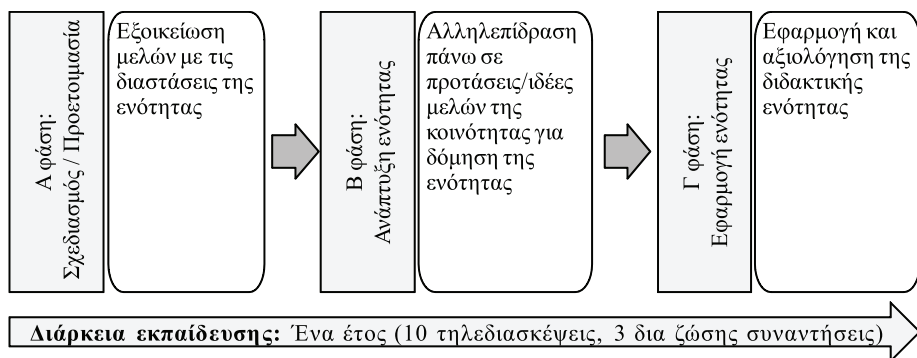
2.3.1. Η ανάπτυξη της ενότητας

Στην πρώτη φάση υλοποίησης του προγράμματος στην Ελλάδα δημιουργήθηκε μια Κοινότητα Μάθησης στο πλαίσιο της οποίας αναπτύχθηκε μια διδακτική ενότητα σε θέματα Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας (NE-T) για την προώθηση της ενεργού συμμετοχής των μαθητών στη διαδικασία της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (Σγουρός & Σταύρου, 2015). Σε αυτή την Κοινότητα Μάθησης συμμετείχαν:

- πέντε εν ενεργεία εκπαιδευτικοί
- δύο ερευνητές της Διδακτικής ΦΕ από το Πανεπιστήμιο Κρήτης,
- δύο ερευνητές της NE-T από το ΙΤΕ,
- ένας εκπρόσωπος από το ΜΦΙΚ και
- δύο εκπρόσωποι από το ΙΕ

Ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες του προγράμματος, πραγματοποιήθηκαν τόσο εξ αποστάσεως όσο και δια ζώσης συναντήσεις των μελών. Το ετήσιας διάρκειας πρόγραμμα εκπαίδευσης, χωρίστηκε μεθοδολογικά σε τρεις διαδοχικές φάσεις (βλ. Εικόνα 3).

Εικόνα 3: Οι τρεις φάσεις προγράμματος εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών



Α' φάση: Σε μια πρώτη σειρά έξι τηλεδιασκέψεων τα μέλη της ομάδας διαπραγματεύτηκαν θεματικές που άπτονταν της διδακτικής ενότητας όπως:

- α) το επιστημονικό περιεχόμενο της NE-T,
- β) η ανασκόπηση ερευνών για την διδασκαλία και την μάθηση της NE-T,

- γ) η διδασκαλία ΦΕ με διερεύνηση,
- δ) οι διαστάσεις της ΥΕΚ,
- ε) η ανάπτυξη διαδραστικών εκθεμάτων
- στ) η χρήση εργαλείων web 2.0 στην διδασκαλία.

Στην συνέχεια, σε μια δια ζώσης συνάντηση διάρκειας τριών ημερών, τα μέλη είχαν την ευκαιρία να ξεναγηθούν σε χώρους διεξαγωγής έρευνας αιχμής (ΙΤΕ), σε χώρους με εκθέματα επιστήμης (ΜΦΙΚ) αλλά και να έρθουν σε επαφή με διδακτικό υλικό της Νανοτεχνολογίας που είχε αναπτυχθεί στο ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Β' φάση: Σε μία δεύτερη σειρά τεσσάρων τηλεδιασκέψεων, τα μέλη της κοινότητας κατέθεσαν τις απόψεις και τις προτάσεις τους για την δόμηση του βασικού κορμού της διδακτικής ενότητας. Το επόμενο βήμα, ήταν να αναπτύξουν οι εκπαιδευτικοί μια πρώτη ολοκληρωμένη έκδοση της διδακτικής ενότητας, κατάλληλα προσαρμοσμένη στην βαθμίδα τους. Η αναπτυχθείσα ενότητα παρουσιάστηκε στα υπόλοιπα μέλη σε μια νέα δια ζώσης συνάντηση διάρκειας δύο ημερών. Σκοπός της αλληλεπίδρασης ήταν η από κοινού διαμόρφωση μιας ενότητας με ενιαία δομή, αλλά με ευελιξία στην επιλογή του κατάλληλου για την βαθμίδα που απευθύνεται διδακτικού υλικού.

Γ' φάση: Οι εκπαιδευτικοί σε αυτή την φάση εφάρμοσαν την αναπτυχθείσα ενότητα σε συνθήκες πραγματικής τάξης. Μετά την ολοκλήρωση της εφαρμογής, σε μια τρίτη δια ζώσης συνάντηση διάρκειας δύο ημερών, μοιράστηκαν με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας την εμπειρία και την ανατροφοδότηση που έλαβαν από την αλληλεπίδραση των μαθητών τους με την διδακτική ενότητα. Τελικό εξαγόμενο από την διαδικασία αξιολόγησης της ενότητας ήταν η ανάδειξη νέων προτάσεων και ιδεών για την αναδόμηση της, με γνώμονα την ενίσχυση της κατανόησης των μαθητών.

2.3.2. Η ανάπτυξη των εκθεμάτων στην 1^η φάση

Στα πλαίσια της εφαρμοζόμενης ενότητας οι μαθητές κλήθηκαν με την καθοδήγηση των εκπαιδευτικών τους να αναπτύξουν εκθέματα για να επικοινωνήσουν τη γνώση που απέκτησαν κατά τη διάρκεια της εφαρμογής της ενότητας στο ευρύ κοινό (Alexopoulos et al., 2016). Την υποστήριξη εκπαιδευτικών και μαθητών όσον αφορά την διαδικασία σχεδιασμού εκθεμάτων ανέλαβαν η Διαδραστική Έκθεση Επιστήμης και Τεχνολογίας του ΙΕ, το ΜΦΙΚ και το ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Κατά την φάση της ανάπτυξης των εκθεμάτων από τους μαθητές, πέρα από την συνεχή επαφή των εκπαιδευτικών με τους ειδικούς, πραγματοποιήθηκαν και επισκέψεις (δια ζώσης ή μέσω τηλεδιάσκεψης) ειδικευμένου προσωπικού από το ΙΕ στις σχολικές τάξεις. Σε αυτές τις επισκέψεις παρουσιάστηκαν στους μαθητές αρχές σχεδιασμού και ενδεικτικά σενάρια εκθεμάτων. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικα-

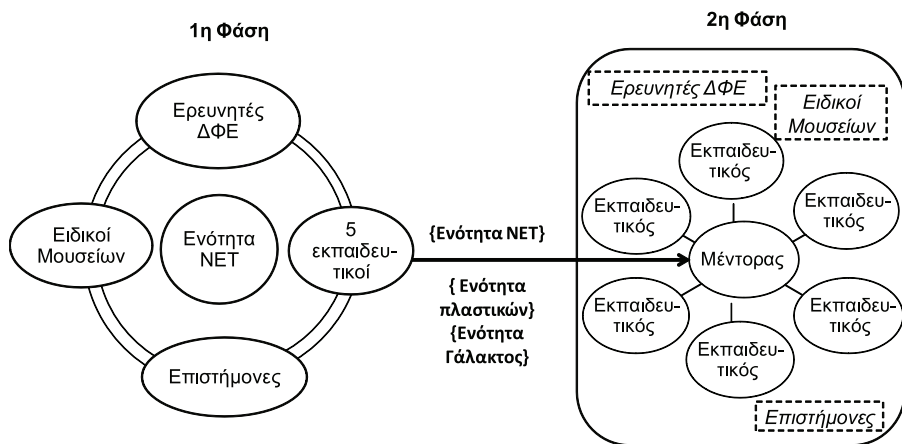
σίας ανάπτυξης των εκθεμάτων, η κάθε ομάδα παρουσίασε το έκθεμά της στις υπόλοιπες αλλά και στο γενικό κοινό σε έκθεση που διοργανώθηκε ταυτόχρονα στους χώρους του ΙΕ (σχολεία της Αθήνας) και του ΜΦΙΚ (σχολεία της Κρήτης). Κατά την διάρκεια της εκδήλωσης οι μαθητές της Αθήνας παρουσίασαν τα εκθέματά τους σε αυτούς της Κρήτης και αντίστροφα, μέσω διαδικτυακής κάμερας.

2.4. Η εφαρμογή του IRRESISTIBLE στην Ελλάδα – 2^η φάση

2.4.1. Η εφαρμογή των ενότητων

Στη 2^η φάση του προγράμματος λειτούργησαν πέντε νέες Κοινότητες Μάθησης. Οι πέντε εκπαιδευτικοί, που συμμετείχαν στην 1^η φάση του προγράμματος (στο εξής 'μέντορες'), έδρασαν ως πολλαπλασιαστές και εκπαίδευσαν στα πλαίσια κοινοτήτων μάθησης άλλους τριάντα δύο εκπαιδευτικούς (πέντε έως δέκα έκαστος) στην εφαρμογή τριών ενότητων πάνω σε αντικείμενα έρευνας αιχμής (βλ. Εικόνα 4).

Εικόνα 4: Η Αλληλεπίδραση της 1^{ης} και της 2^{ης} φάσης εφαρμογής του IRRESISTIBLE



Οι τρεις ενότητες στις οποίες επιμορφώθηκαν και εφάρμοσαν οι εκπαιδευτικοί ήταν οι:

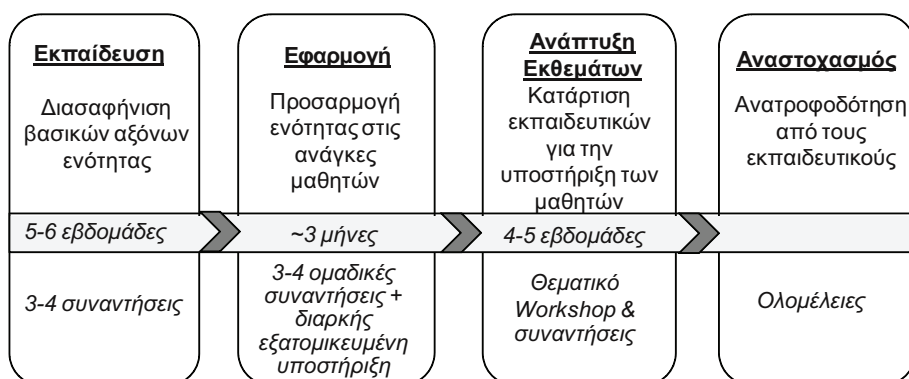
- *Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας*, που αναπτύχθηκε από την ελληνική ομάδα με τη συμμετοχή και των μεντόρων,
- *Γλαστικά στους Ωκεανούς*, που αναπτύχθηκε από τους Γερμανούς εταίρους και
- *Μητρικό γάλα για μια υγιή ανάπτυξη*, που αναπτύχθηκε από του Ολλανδούς εταίρους.

Στη δεύτερη αυτή φάση, η ενότητα της Νανοτεχνολογίας εφαρμόστηκε σε όλες τις βαθμίδες, η ενότητα των Πλαστικών σε τάξεις του Δημοτικού και του Γυμνασίου και η ενότητα του Μητρικού Γάλακτος σε τάξεις Γυμνασίου και Λυκείου.

Η διαδικασία της επιμόρφωσης συνολικά διήρκεσε 9 μήνες και ξεκίνησε με μια αναγκτήρια ολομέλεια στη διάρκεια της οποίας παρουσιάστηκαν οι βασικές αρχές του προγράμματος αλλά και τα κύρια σημεία των τριών διδακτικών ενότητων. Στη συνέχεια συγκροτήθηκαν οι κοινότητες μάθησης οι οποίες για τους επόμενους μήνες συναντώνταν τακτικά δια ζώσης ή/και μέσω τηλεδιασκέψεων. Η πορεία διεξαγωγής των συναντήσεων αυτών, που παρουσιάζεται στην εικόνα 5, είχε ως εξής:

- Στις πρώτες 2-3 συναντήσεις, που διεξήχθησαν πριν την εφαρμογή των ενότητων στην τάξη, μελετήθηκε σε βάθος το υλικό των ενότητων από πλευράς επιστημονικού περιεχομένου, διδακτικής αξιοποίησης (βάσει της διερευνητικής μάθησης) και ανάδειξης πτυχών της ΥΕΚ.

Εικόνα 5: Διαδικασία εκπαίδευσης εκπαιδευτικών 2^{ης} φάσης



- Στις επόμενες συναντήσεις, που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της εφαρμογής των ενότητων στις τάξεις, οι μέντορες παρείχαν την υποστήριξή τους στους εκπαιδευτικούς συζητώντας μαζί τους τις δυσκολίες που ανέκυπταν, βοηθώντας τους στην προσαρμογή των ενότητων στις ανάγκες των μαθητών τους, διευκολύνοντάς τους με την εξεύρεση υλικών και συμβουλευοντάς τους επί της διαχείρισης συγκεκριμένων δραστηριοτήτων.
- Προς το τέλος της εφαρμογής των ενότητων, πραγματοποιήθηκε μια ημερίδα για τους εκπαιδευτικούς ώστε να μπορέσουν να υποστηρίξουν τους μαθητές τους κατά την διαδικασία ανάπτυξης διαδραστικών εκθεμάτων.

- Μετά και την ολοκλήρωση της παρουσίασης των εκθεμάτων από τους μαθητές, πραγματοποιήθηκε μία καταληκτική ολομέλεια όπου οι εκπαιδευτικοί παρουσίασαν τις εμπειρίες τους από το πρόγραμμα εστιάζοντας στη συνεργασία τους με τα μέλη των κοινοτήτων μάθησης, στις δυσκολίες που αντιμετώπισαν και στον τρόπο που η επιμόρφωση παρώθησε την προσωπική και επαγγελματική τους εξέλιξη.

2.4.2. Η ανάπτυξη των εκθεμάτων στη 2^η φάση

Αναπόσπαστο κομμάτι και των 3 διδακτικών ενοτήτων ήταν η ανάπτυξη επιστημονικών εκθεμάτων από τους μαθητές ως μέσο επικοινωνίας των γνώσεων που απέκτησαν. Σε αντίθεση με την 1^η φάση όπου η συμμετοχή των ειδικών της επικοινωνίας της επιστήμης στην διαδικασία σχεδιασμού και κατασκευής των εκθεμάτων ήταν πολύ ενεργή, στη 2^η φάση, λόγω του μεγάλου αριθμού σχολείων που συμμετείχαν κάτι τέτοιο δεν ήταν εφικτό. Για το λόγο αυτό ήταν αναγκαία η επαρκής κατάρτιση των εκπαιδευτικών ώστε να αναλάβουν καθοδηγητικό ρόλο σε αυτή τη διαδικασία. Για αυτό το σκοπό οργανώθηκαν δύο ημερίδες (μία στο ΙΕ για τους εκπαιδευτικούς της Αθήνας και μία στο ΜΦΙΚ για τους εκπαιδευτικούς της Κρήτης) όπου παρουσιάστηκαν στους εκπαιδευτικούς αρχές σχεδιασμού και ενδεικτικά σενάρια εκθεμάτων και υπήρξε εκτενής συζήτηση και προτάσεις για βελτίωση επί των προσχεδίων των μαθητών.

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας ανάπτυξης των εκθεμάτων, οργανώθηκαν δύο εκθέσεις στους χώρους του ΙΕ και του ΜΦΙΚ όπου φιλοξενήθηκαν τα εκθέματα των μαθητών της Αθήνας και της Κρήτης αντίστοιχα. Στη διάρκεια των εκθέσεων οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να παρουσιάσουν τα εκθέματά τους στο ευρύ κοινό, αλλά και να αλληλεπιδράσουν με τα εκθέματα άλλων ομάδων.

2.5. Συλλογή Δεδομένων

Και στις δύο φάσεις του προγράμματος έγινε πολυδιάστατη συλλογή δεδομένων. Ειδικότερα, πραγματοποιήθηκε βιντεοσκόπηση/μαγνητοσκόπηση των τηλεδιασκέψεων και των δια ζώσης συναντήσεων, δόθηκαν ανοιχτά ερωτηματολόγια για τις αντιλήψεις και ανάγκες των εκπαιδευτικών σε σχέση με τις διαστάσεις του προγράμματος (επιστημονικό περιεχόμενο, ΥΕΚ, επικοινωνία της επιστήμης μέσω εκθεμάτων), ερωτηματολόγια σχετικά με τις τροποποιήσεις που πραγματοποίησαν στο διδακτικό υλικό αλλά και ημιδομημένες συνεντεύξεις αναφορικά με την δομή και την λειτουργία των κοινοτήτων μάθησης.

Σε ό,τι αφορά στα εκθέματα των μαθητών, στην 1^η φάση εκτός από την ανάλυσή τους, διεξήχθησαν και ομαδικές συνεντεύξεις επικεντρωμένες στον τρόπο εργασίας των μαθητών κατά την ανάπτυξη των εκθεμάτων, ενώ στη 2^η φάση αξιοποιήθηκαν εκτός από τα εκθέματα και ανοιχτά ερωτηματολόγια προς τους μαθητές.

3. Αποτελέσματα

3.1. Κοινότητα Μάθησης 1ης φάσης: Ανάπτυξη ενότητας

Στόχος της κοινότητας μάθησης που δημιουργήθηκε κατά την 1^η φάση του προγράμματος ήταν η ανάπτυξη μιας διδακτικής ενότητας σε ένα θέμα σύγχρονης έρευνας όπως αυτό της Νανοτεχνολογίας και η ενσωμάτωση όψεων της ΥΕΚ. Στην προσπάθεια για επίτευξη του απαιτητικού αυτού στόχου οι πέντε εκπαιδευτικοί έφεραν στην κοινότητα τις γνώσεις και την εμπειρία τους από την εκπαιδευτική πράξη σχετικά με ζητήματα διδασκαλίας και μάθησης της επιστήμης. Η αλληλεπίδραση όμως και με τα υπόλοιπα μέλη της κοινότητας μάθησης υπήρξε σημαντική, γεγονός που αποτυπώνεται και στο τελικό εξαγόμενο, την διδακτική ενότητα.

Η ενότητα που αναπτύχθηκε εκτεινόταν σε 7 δίωρες συναντήσεις και περιείχε προτεινόμενες προσαρμογές αλλά και εναλλακτικές δραστηριότητες ανάλογα με την ηλικία ή το γνωστικό επίπεδο των μαθητών, γι' αυτό και απευθυνόταν σε μαθητές 11-17 ετών. Η τελική δομή της ενότητας ήταν η ακόλουθη:

Μάθημα 1. Εισαγωγή

Μάθημα 2. Επίσκεψη στο Μουσείο Επιστημών (ΙΕ)

Μαθήματα 3 & 4. Εφαρμογές της Νανοεπιστήμης: Αυτοκαθαριζόμενα υλικά

- Πόσο μικρό είναι το νάνο;
- Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος

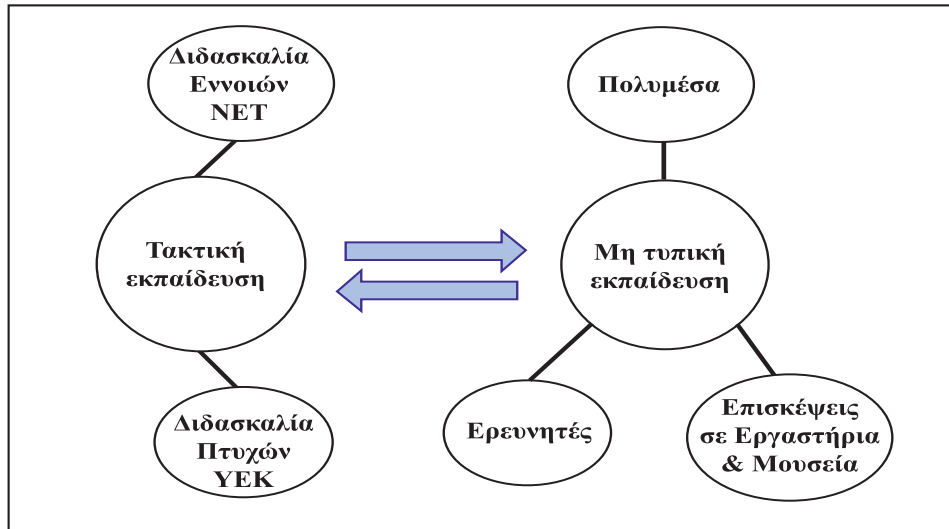
Μάθημα 5. Θέματα Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας

- Μελέτη άρθρων εφημερίδων
- Συζήτηση με ειδικούς στα σχολεία και στο ερευνητικό κέντρο

Μάθημα 6. Επίσκεψη στο ερευνητικό κέντρο (ΙΤΕ)

Μάθημα 7. Κατασκευή εκθεμάτων

Όπως φαίνεται και από τη δομή της ενότητας, οι εκπαιδευτικοί αξιοποίησαν στο μέγιστο και συμπεριέλαβαν στην ενότητα την αλληλεπίδραση των μαθητών τους με χώρους μη τυπικής μάθησης. Έτσι η ενότητα ενσωματώνει ισορροπημένα στοιχεία τόσο της τυπικής (πρακτικές δραστηριότητες για τη διερεύνηση όψεων της νανοτεχνολογίας και των κινδύνων της) όσο και της μη τυπικής εκπαίδευσης (επισκέψεις σε κέντρα επιστημών και εργαστήρια για να γνωρίσουν καινοτόμες εφαρμογές και να συζητήσουν με τους επιστήμονες για ζητήματα ΥΕΚ), όπως φαίνεται στην εικόνα 6.

Εικόνα 6: Αλληλεπίδραση τυπικής και μη τυπικής εκπαίδευσης στην ενότητα NE-T

Επίσης, στην προσπάθειά τους αυτή, οι εκπαιδευτικοί αναζήτησαν την αδιάλειπτη και πολυδιάστατη αλληλεπίδραση μεταξύ των μελών της κοινότητας. Αν και οι ανησυχίες, τα προαπαιτούμενα και οι προκλήσεις που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι εκπαιδευτικοί διαφοροποιούνται ανάλογα με την φάση στην οποία βρίσκεται η ανάπτυξη της ενότητας, παραμένει επιτακτική η ανάγκη για συνεχή και στοχευμένη αλληλεπίδραση με τα υπόλοιπα μέλη της κοινότητας. Συγκεκριμένα από τους ερευνητές της διδακτικής των ΦΕ αναζήτησαν υποστήριξη σε ζητήματα που άπτονταν της διδασκαλίας της νανοτεχνολογίας όπως ιδέες και αντιλήψεις μαθητών για το νέο αυτό αντικείμενο, διδακτικό υλικό και τρόπους αναπαράστασης του περιεχομένου. Την ανατροφοδότηση που έλαβαν την αξιοποίησαν δημιουργικά, αναπτύσσοντας διερευνητικές διδασκαλίες προσαρμοσμένες στη βαθμίδα και τις ανάγκες των μαθητών τους. Τέλος, άντλησαν πολύτιμη ανατροφοδότηση και από τους συναδέλφους που αφορούσε κυρίως πρακτικά ζητήματα που άπτονταν της ανάπτυξης και εφαρμογής της ενότητας.

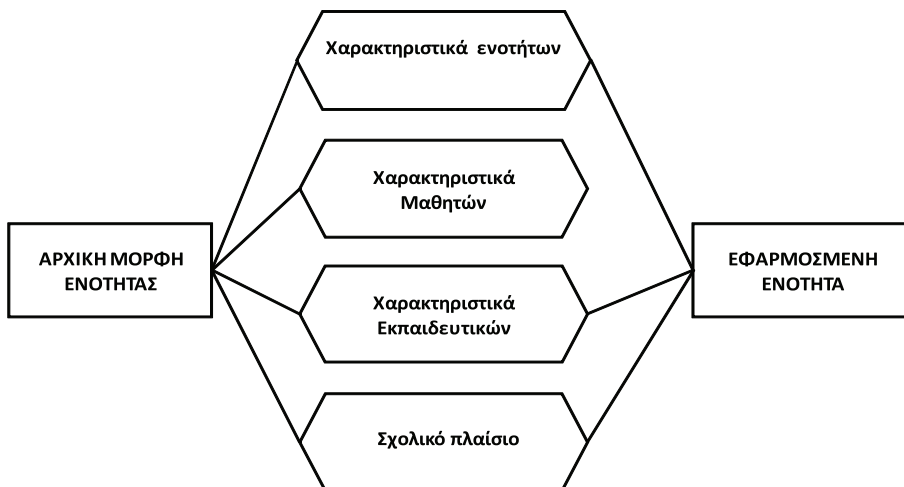
3.2. Κοινότητα Μάθησης 2ης φάσης: Εφαρμογή ενοτήτων

Στη Β' φάση του προγράμματος, στόχος των 5 κοινοτήτων μάθησης που δημιουργήθηκαν ήταν η επιμόρφωση και η ευρύτερης κλίμακας εφαρμογή της ενότητας που αναπτύχθηκε στην 1^η φάση και άλλων 2 ενοτήτων παρόμοιου προσανατολισμού. Η εμπειρία των μεντόρων τόσο από τη διαδικασία επιμόρφωσης που πέρασαν οι ίδιοι όσο και από την προηγούμενη εφαρμογή της μιας εκ των τριών ενοτήτων είχε ιδιαίτερη βαρύτητα και σηματοδότησε και την δεύτερη φάση.

Για την κάλυψη των αναγκών των εκπαιδευτικών, που αφορούσαν κυρίως το επισημονικό περιεχόμενο των ενότητων, την ενσωμάτωση πτυχών της ΥΕΚ και την ανάπτυξη των εκθεμάτων οι μέντορες υιοθέτησαν μια ευρεία γκάμα παρεμβάσεων (συμβουλές διαχείρισης δραστηριοτήτων, επίδειξη πειραμάτων, συμβουλές διαχείρισης ΥΕΚ κ.ά.). Οι παρεμβάσεις τους ήταν πολύ συχνότερες στην ενότητα της ναυτεχνολογίας την οποία οι ίδιοι είχαν αναπτύξει και εφαρμόσει κατά την προηγούμενη φάση του προγράμματος έναντι των άλλων ενότητων. Ωστόσο, η υποστήριξη που παρείχαν στους εκπαιδευτικούς σχετικά με την ενσωμάτωση πτυχών της ΥΕΚ στη διδασκαλία τους και την ανάπτυξη των εκθεμάτων έγινε με ομοιόμορφο τρόπο και φάνηκε πως δεν επηρεάστηκε από την ενότητα.

Οι επιμορφούμενοι εκπαιδευτικοί από την πλευρά τους εμφάνισαν υψηλό βαθμό οικειοποίησης των ενότητων καθώς προέβησαν σε ποικίλες προσαρμογές του διδακτικού υλικού. Οι πρώτες τροποποιήσεις συναποφασίστηκαν στα πλαίσια των κοινοτήτων μάθησης και αφορούσαν κυρίως στην προσαρμογή των ενότητων στο γνωστικό επίπεδο μαθητών μικρότερης ηλικίας από την προτεινόμενη και στην προσθήκη στοιχείων που προωθούσαν την αλληλεπίδραση των μαθητών με ειδικούς από ερευνητικά και επιστημονικά κέντρα σχετικών με το αντικείμενο κάθε ενότητας. Μετά την έναρξη της εφαρμογής στις τάξεις προχώρησαν σε μικρότερης κλίμακας προσαρμογές, οι οποίες σχετίζονταν κυρίως με τον τρόπο που αλληλεπιδρούσαν οι μαθητές με το υλικό (Μιχαηλίδη & Σταύρου, 2016).

Εικόνα 7: Παράγοντες βάσει των οποίων πραγματοποιήθηκαν οι τροποποιήσεις στις ενότητες



Οι ενότητες οι οποίες κατέληξαν να διδαχθούν στην τάξη, ως εξαγόμενα της παραπάνω διαδικασίας, είχαν σημαντικές διαφοροποιήσεις από τις αρχικές, ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης παραγόντων που αφορούν στα χαρακτηριστικά του διδακτικού υλικού (όπως η συνάφεια με το Αναλυτικό Πρόγραμμα, η έκταση της ενότητας, η πληρότητα και η δομή του διδακτικού υλικού), τα χαρακτηριστικά του εκάστοτε εκπαιδευτικού (όπως οι γνώσεις και τα ενδιαφέροντά τους, η Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου, η εμπειρία τους και η προθυμία τους για εισαγωγή καινοτομιών) και σε εξωτερικούς παράγοντες του πλαισίου εφαρμογής (χρόνος, υποδομές) όπως φαίνεται στην εικόνα 7.

3.3. Ανάπτυξη εκθεμάτων

3.3.1. Εκθέματα 1^{ης} φάσης

Από τη διαδικασία ανάπτυξης των εκθεμάτων στην 1^η φάση του προγράμματος προέκυψαν συνολικά 16 εκθέματα (βλ. Εικόνα 8) τα οποία κάλυπταν ένα ευρύ φάσμα θεματικών περιεχομένων που σχετίζονται με τη Νανοτεχνολογία και την ΥΕΚ και χαρακτηρίζονταν από ποικιλία τρόπων επικοινωνίας των περιεχομένων αυτών (Alexoroulos et al., 2016).

Εικόνα 8: Παραδείγματα μαθητικών εκθεμάτων



Σχετικά με την επικοινωνία βασικών εννοιών της Νανοτεχνολογίας (βλ. Πίνακα 2), στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, οι μαθητές φάνηκε να εστιάζουν κυρίως στην διάταξη αντικειμένων σε κλίμακες και σε γενικές πληροφορίες σχετικά με τη νανοτεχνολογία. Αντίστοιχα, στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, οι μαθητές εστιάζουν κυρίως στις εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας και πιο συγκεκριμένα στη νανοϊατρική, τα υδροφόβα υλικά και άλλες καινοτόμες εφαρμογές (ferrofluids κ.ά.) χρησιμοποιώντας τους ως θελγητρο για τους επισκέπτες ώστε να γνωρίσουν πτυχές της Νανοεπιστήμης και της ΥΕΚ.

Πίνακας 2: Κατάταξη εκθεμάτων ανά θεματικό περιεχόμενο

Επιστημονικό περιεχόμενο εκθεμάτων	Δημοτικό	Γυμνάσιο	Λύκειο	Σύνολο
Υπερυδροφόβα υλικά/ Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος	1	1	1	3
Νανοϊατρική	-	2	1	3
Άλλες νανοεφαρμογές (ferrofluid φωτοκαταλυτικά υλικά)	-	1	1	2
Μέγεθος και Κλίμακα	3	-	-	3
Γενικές γνώσεις Νανοτεχνολογίας	3	1	-	4
Νανοδομές	-	-	1	1

Αναφορικά με την επικοινωνία πτυχών της ΥΕΚ (βλ. Πίνακα 3) αναδεικνύεται πως οι πτυχές που οι μαθητές κατάφεραν με μεγαλύτερη ευκολία να ενσωματώσουν στα εκθέματά τους ήταν η εκπαίδευση στις ΦΕ και δευτερευόντως η ενεργός εμπλοκή του κοινού σε επιστημονικά θέματα, ενώ δυσκολεύτηκαν στη διαχείριση εννοιών όπως η ισότητα φύλων και η ορθή διακυβέρνηση.

Πίνακας 3: Κατάταξη εκθεμάτων ανά πτυχή ΥΕΚ που θίγουν

Πτυχές ΥΕΚ	Δημοτικό	Γυμνάσιο	Λύκειο	Σύνολο
Ενεργός Εμπλοκή	1	2	3	6
Εκπαίδευση στις ΦΕ	6	5	4	15
Ισότητα Φύλων	-	2	1	3
Ηθική Δεοντολογία	-	3	1	4
Ελεύθερη Πρόσβαση	-	3	1	4
Ορθή Διακυβέρνηση	-	2	-	2

Όπως προέκυψε από τις συνεντεύξεις μαθητών και εκπαιδευτικών αλλά και από τις παρατηρήσεις πεδίου του εξειδικευμένου προσωπικού σε όλες τις φάσεις ανάπτυξης των εκθεμάτων, τα τελικά εκθέματα των μαθητών ήταν αποτέλεσμα επίδρασης σε αυτούς μιας σειράς παραγόντων σε ό,τι αφορά στην επιλογή τόσο του περιεχομένου όσο και του τύπου του εκθέματος. Συγκεκριμένα, πρωτεύοντα ρόλο στις επιλογές των μαθητών έπαιξαν τα προσωπικά τους ενδιαφέροντα, οι κατευθύνσεις που δόθηκαν από τους εκπαιδευτικούς ή και το βάρος που έδωσαν οι τελευταίοι σε συγκεκριμένες όψεις της Νανοτεχνολογίας και της ΥΕΚ στη διάρκεια των μαθημάτων και η επιδίωξη των μαθητών να επιτύχουν τον βέλτιστο βαθμό εμπλοκής των επισκεπτών. Δευτερευόντως, οι επιλογές τους φαίνεται ότι επηρεάστηκαν από τα εκθέματα με τα οποία αλληλεπέδρασαν κατά την επίσκεψη τους στο ΙΕ, τη σημασία του περιεχομένου των εκθεμάτων για την κοινωνία ευρύτερα (πχ χρήση εφαρμογών Νανοτεχνολογίας στην αντιμετώπιση ασθενειών), αλλά και από τις τεχνικές δυσκολίες που προέκυψαν στην πορεία κατασκευής των εκθεμάτων τους.

3.3.2. Εκθέματα 2ης φάσης

Κατά την 2^η φάση του προγράμματος IRRESISTIBLE αναπτύχθηκαν συνολικά 39 εκθέματα σχετικά με τα επιστημονικά αντικείμενα των τριών διδακτικών ενότητων που υλοποιήθηκαν. Συγκεκριμένα, κατασκευάστηκαν 18 εκθέματα σχετικά με τη Νανοτεχνολογία, 13 εκθέματα σχετικά με τα Πλαστικά στους ωκεανούς, και 8 εκθέματα για το Μητρικό γάλα.

Από την ανάλυση των εκθεμάτων προκύπτει ότι αν και στην πλειονότητα των εκθεμάτων προεξάρχουσα θέση κατείχε το εκάστοτε επιστημονικό περιεχόμενο, οι μαθητές κατάφεραν να ενσωματώσουν σχεδόν σε όλα τα εκθέματα και ζητήματα που αφορούσαν πτυχές της ΥΕΚ (βλ.Πίνακα 4).

Συγκριτικά δε και με τα αποτελέσματα της 1^{ης} φάσης γίνεται εμφανές ότι ορισμένες πτυχές της ΥΕΚ παραμένουν δυσκολότερες στη διαπραγμάτευση έναντι άλλων, ενώ κάθε επιστημονικό αντικείμενο αποτελεί πρόσφορο πεδίο ανάδειξης και διαπραγμάτευσης διαφορετικών πτυχών της ΥΕΚ.

Πίνακας 4: Πτυχές της ΥΕΚ στα εκθέματα των μαθητών ανά ενότητα

Πτυχές ΥΕΚ	Νανοτεχνολογία	Μητρικό Γάλα	Μικροπλαστικά
Ενεργός Εμπλοκή	8	1	5
Εκπαίδευση στις ΦΕ	4	2	2
Ισότητα Φύλων	4	1	1
Ηθική Δεοντολογία	11	3	3
Ελεύθερη Πρόσβαση	4	0	0
Ορθή Διακυβέρνηση	4	2	0

Από τα ερωτηματολόγια μαθητών και εκπαιδευτικών διαφαίνεται ότι στη διαδικασία ανάπτυξης των εκθεμάτων οι μαθητές αναζήτησαν αυτόνομα πληροφορίες από διάφορες πηγές (διαδίκτυο, βιβλία κ.ά.). Ο εκπαιδευτικός σε αυτή τη διαδικασία είχε κυρίως επικουρικό και συντονιστικό ρόλο, φροντίζοντας να βρίσκει λύσεις κυρίως σε πρακτικά ζητήματα. Τέλος, σημαντική υπήρξε και σε αυτή την φάση η επιρροή των μαθητών από την αλληλεπίδραση με χώρους μη τυπικής μάθησης τόσο για τον καθορισμό του περιεχομένου των εκθεμάτων (ερευνητικά κέντρα) όσο και της μορφής τους (ΙΕ).

4. Συμπεράσματα

Η πολυδιάστατη δομή της κοινότητας μάθησης στην 1^η φάση, με τη συμμετοχή εκπαιδευτικών και ειδικών από διάφορους τομείς, συνέθεσε ένα ιδιαίτερο υποστηρικτικό πλαίσιο εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών για την ανάπτυξη και στην συνέχεια την ευρύτερη εφαρμογή διδακτικών ενοτήτων σύγχρονων επιστημονικών αντικειμένων με κοινωνικοεπιστημονικές διαστάσεις. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, οι εκπαιδευτικοί κατάφεραν να συνθέσουν αρμονικά στοιχεία τυπικής και μη τυπικής εκπαίδευσης τα οποία ενσωμάτωσαν στη διδασκαλία τους και τη διδακτική ενότητα που ανέπτυξαν.

Οι κοινότητες μάθησης όμως αποτέλεσαν και πολύ λειτουργικό περιβάλλον και κατά την προσπάθεια 'ανοίγματος' της εφαρμογής των ενοτήτων αυτών σε περισσότερους εκπαιδευτικούς, όπως φάνηκε στη 2^η φάση του προγράμματος. Στα πλαίσια των κοινοτήτων οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί υποστηρίχθηκαν κυρίως από τους μέντορες τους στην προσπάθειά τους να αξιοποιήσουν δημιουργικά το παρεχόμενο υλικό, έτσι ώστε να μπορέσει να εφαρμοστεί σε ποικίλα σχολικά πλαίσια.

Αναφορικά με τα εκθέματα, τόσο από τη σκοπιά των μαθητών όσο και από αυτή των εκπαιδευτικών, αναδείχθηκαν σε ένα εξαιρετικό μέσο για την επικοινωνία της επιστημονικής γνώσης των μαθητών. Η ανάπτυξη των εκθεμάτων παρείχε στους μαθητές τη δυνατότητα να πάρουν πρωτοβουλίες, να συνεργαστούν, να εμπλουτίσουν περαιτέρω τις γνώσεις τους, να εμβαθύνουν και να προβληματιστούν, προκειμένου να δώσουν μορφή στη δική τους οπτική γύρω από τις πτυχές της ΥΕΚ και το εκάστοτε επιστημονικό αντικείμενο.

Ευχαριστίες

Το πρόγραμμα IRRESISTIBLE χρηματοδοτήθηκε από το 7^ο πρόγραμμα-πλαίσιο της Ε.Ε. (FP7 2007-2013) με αριθμό 612367.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε:

- **τους εκπαιδευτικούς της 1^{ης} φάσης που συμμετείχαν και στην 2^η φάση του προγράμματος ως εκπαιδευτές - μέντορες:** Βελέντζα Αθανάσιο (Εκπαιδευτικός Δ.Ε. - Φυσικός / Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Αμπελοκήπων), Δημητριάδη Κυριακή (Εκπαιδευτικός στο Πειραματικό Γυμνάσιο Ρεθύμνου / Φυσικός), Μανδρίκα Αχιλλέα (Εκπαιδευτικός Π.Ε. / Σχολικός Σύμβουλος 56^{ης} Περιφέρειας Δημοτικής Εκπαίδευσης Αττικής), Μαργαρίτη Αντώνιο (Εκπαιδευτικός στο Πειραματικό Λύκειο Ηρακλείου Κρήτης / Χημικός), Σάλτα Αικατερίνη (Εκπαιδευτικός στο 2^ο Πειραματικό Λύκειο Αθηνών / Χημικός).

- **τους εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν στην 2^η φάση τους προγράμματος:** Βίγη Γιάννη (Εκπαιδευτικός στο 1^ο Επαγγελματικό Λύκειο Ρεθύμνου / Φυσικός), Γιαννακουδάκη Κέλλυ (Εκπαιδευτικός στο Γυμνάσιο Θραψανού Ηρακλείου Κρήτης / Φυσικός), Γκιώνη Κώστα (Εκπαιδευτικός στο 3^ο Δημοτικό Σχολείο Βούλας), Δημόπουλο Βασίλη (Εκπαιδευτικός στο Λύκειο Ψυχικού – Κολλέγιο Αθηνών / Φυσικός), Ελευθερίου Μαρία (Εκπαιδευτικός στο Γενικό Λύκειο Τζερμιάδων Λασιθίου / Φυσικός), Ευαγγελοπούλου Αγγελική (Εκπαιδευτικός στο 2^ο Γενικό Λύκειο Χαϊδαρίου / Χημικός), Ευαγγελοπούλου Αναστασία (Εκπαιδευτικός στο 7^ο Λύκειο Ηλιούπολης / Φυσικός), Κακάση Σοφία (Εκπαιδευτικός στο Δημοτικό Σχολείο Βουλιαγμένης), Καλπίδου Τούλα (Εκπαιδευτικός στο 2^ο Δημοτικό Σχολείο Βούλας), Καμπούρη Αναστασία (Εκπαιδευτικός στο 57^ο Γυμνάσιο Αθηνών / Βιολόγος), Καράμπελα Σωτηρία (Εκπαιδευτικός στο 57^ο Γυμνάσιο Αθηνών / Χημικός), Καρατζόγλου Ρένα (Εκπαιδευτικός στα Εκπαιδευτήρια Γείτονα), Καραχάλιου Ιωάννα (Εκπαιδευτικός στο 3^ο Γενικό Λύκειο Κορωπίου / Χημικός), Κορδώνια Μιχάλη (Εκπαιδευτικός στο Δημοτικό Σχολείο Βουλιαγμένης), Κουφάκη Αφροδίτη (Εκπαιδευτικός στο 2^ο Δημοτικό Σχολείο Βούλας), Κωνσταντογιάννη Μαρία (Εκπαιδευτικός στο 7^ο Γυμνάσιο Ηλιούπολης / Χημικός), Λαζάρη Βάσω (Εκπαιδευτικός στο 4^ο Δημοτικό Σχολείο Βούλας), Λυκούση Παρασκευή (Εκπαιδευτικός στο 13^ο Γυμνάσιο Αθηνών / Φυσικός), Μάντζιο Χρήστο (Εκπαιδευτικός στο Πειραματικό Γυμνάσιο Ρεθύμνου / Χημικός), Μελανίτου Ελένη (Εκπαιδευτικός στο ιδιωτικό Γυμνάσιο Αμαρουσίου «Ελληνική Παιδεία» / Χημικός), Μηλιώνη Μαρία (Εκπαιδευτικός στο 2^ο Δημοτικό Σχολείο Βούλας), Μπάκου Αλεξάνδρα (Εκπαιδευτικός στο Πειραματικό Γυμνάσιο Ηρακλείου Κρήτης / Χημικός), Μπέρτσο Αντώνη (Εκπαιδευτικός στο 4^ο Γυμνάσιο Ζωγράφου / Βιολόγος), Πανοπούλου Μαρία (Εκπαιδευτικός στο 3^ο Γενικό Λύκειο Ηρακλείου Κρήτης / Χημικός), Παπακώστα Βιβή (Εκπαιδευτικός στο 1^ο Δημοτικό Σχολείο Βάρης), Σδρολία Φωτεινή (Εκπαιδευτικός στο 4^ο Δημοτικό Σχολείο Βούλας), Σιφνιώτη Πανδώρα (Εκπαιδευτικός στα Εκπαιδευτήρια Κωστέα-Γείτονα / Χημικός Μηχανικός), Στεφανίδου Κωνσταντίνη (Εκπαιδευτικός στο 63^ο Γενικό Λύκειο Αθηνών / Φυσικός), Χαλκιαδάκη Κώστα (Εκπαιδευτικός στο 3^Α Γενικό Λύκειο Ρεθύμνου / Φυσικός), Χαρίτο Κωνσταντίνο (Εκπαιδευτικός στο Πρότυπο Γενικό Λύκειο Αναβρύτων / Χημικός), Χατζησάββα Γιώργο (Εκπαιδευτικός στο Πειραματικό Λύκειο Ηρακλείου Κρήτης / Φυσικός), Χατζιδάκη Γιάννη (Εκπαιδευτικός στο Γενικό Λύκειο Αλικαρνασσού / Χημικός).

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

- Μιχαηλίδη, Α., Σταύρου, Δ. (2016) Εφαρμογή ενοτήτων έρευνας αιχμής από εν ενεργεία εκπαιδευτικούς. Στο Σκουμιός, Μ. & Σκουμπουρδή, Χ. (Επιμ). *Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις;»*, 635-644, Εργαστήριο Μαθησιακής Τεχνολογίας και Διδακτικής Μηχανικής του Τ.Ε.Π.Α.Ε.Σ. και Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Ανακτήθηκε 20 Οκτωβρίου 2017 από <http://ltee.aegean.gr/sekpy/2016/files/proceedings.pdf>
- Σγουρός Γ., Σταύρου Δ. (2015) Εκπαίδευση εκπαιδευτικών στην ανάπτυξη διδακτικών ενοτήτων ναυοτεχνολογίας στο πλαίσιο μιας Κοινότητας Μάθησης. Στο Ψύλλος, Δ., Μολοχιδης, Αν. & Καλλέρη, Μ (Επιμ). *Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές*, 47-52. Ανακτήθηκε 20 Οκτωβρίου 2017 από <http://synedrioenephet-2015.web.auth.gr>

Ξενόγλωσση

- Alexopoulos, I., Michailidi, E., Sgouros, G. Kalaitzidaki, M. & Stavrou, D. (2016) RRI and Nanotechnology: Developing a teaching Module and Exhibits for Primary and Secondary Students. In J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto & K. Hahl (Eds.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2015 Conference. Science education research: Engaging learners for a sustainable future*, Part/Strand 8: Scientific Literacy & socioscientific issues (co-ed. Jan Alexis Nielsen & Miriam Ossevoort), (pp. 1160 - 1166). Helsinki, Finland: University of Helsinki. ISBN 978-951-51-1541-6
- Blonder, R., Zemler, E. & Rosenfeld, S. (2016) The story of lead: a context for learning about responsible research and innovation (RRI) in the chemistry classroom. *Chemistry Education Research and Practice*, 17, 1145-1155
- 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, CO: BSCS, 5, 88-98.
- 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*, 13-37. Rotterdam: Sense Publishers.

- European Commission (2012) *Responsible Research and Innovation - Europe's ability to respond to societal challenges*. Ανακτήθηκε 30 Οκτωβρίου 2017 από https://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_rri/KI0214595ENC.pdf
- Kolstø, S. (2001) Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85(3), pp. 291-310.
- Sadler, T. D. (2004) Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536.
- Sadler, T. D. (2011) Situating socio-scientific issues in classrooms as a means of achieving goals of science education. In TD Sadler (Ed), *Socio-scientific Issues in the Classroom: Teaching, Learning and Research*, 1-10, Springer Netherlands
- Schank, P., Krajcik, J. & Yunker, M. (2007) Can nanoscience be a catalyst for education reform? In F. Allhoff, P. Lin, J. Moor & J. Weckert (Eds.), *Nanoethics: The ethical and social implications of nanotechnology*, 277-289. Hoboken, NJ: Wiley Publishing.
- 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*. Menlo Park, CA: SRI International.
- Sutcliffe, H. (2011) *A report on responsible research and innovation*. Brussels: Matter. Ανακτήθηκε 30 Οκτωβρίου 2017 από http://ec.europa.eu/research/scienc society/ document_library / pdf_06/rri-report-hilary-sutcliffe_en.pdf
- 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