

Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία (RRI) στην Εκπαίδευση: Υλοποίηση και Αρχική Αποτίμηση μιας Εξ Αποστάσεως Επιμόρφωσης Εκπαιδευτικών Προσχολικής Εκπαίδευσης

Αλκίνοος Ζουρμπάκης¹, Πανδώρα Δορούκα¹, Σταμάτιος Παπαδάκης¹, Μιχαήλ
Καλογιαννάκης¹

¹ Πανεπιστήμιο Κρήτης, Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης
alkiszzz@gmail.com, pandora.dorouka@gmail.com, strapadakis@gmail.com,
mkalogian@edc.uoc.gr

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια η τεχνολογική εξέλιξη, η καινοτομία και η έρευνα έχουν επιδοθεί σε ένα «αγώνα δρόμου» προκειμένου να αντιμετωπίσουν τα μεγάλα, παγκόσμια και ουμανιστικά προβλήματα του 21^{ου} αιώνα. Η έρευνα της σύνδεσης της επιστημονικής κοινότητας με την κοινωνία στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης έκανε τα πρώτα της βήματα στις αρχές του 21^{ου} αιώνα, φτάνοντας σήμερα με την έννοια της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (ΥΕΚ) από τον αγγλικό όρο RRI (Responsible Research and Innovation), η οποία κατέχει ιδιαίτερα σημαντική θέση, σύμφωνα με την ευρωπαϊκή επιτροπή, στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα Έρευνας και Καινοτομίας της περιόδου 2014-2020. Η υπεύθυνη έρευνα και καινοτομία έχει ως κεντρικό ρόλο το σχεδιασμό μιας ανοιχτής σε όλους και βιώσιμης μεθόδου έρευνας και καινοτομίας σταθμίζοντας τις προσδοκίες και επιφυλάξεις όλων των κοινωνικών, επιστημονικών, πολιτικών και επιχειρηματικών φορέων. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η βασική ιδέα, το πλαίσιο της ΥΕΚ και οι δραστηριότητες που στοχεύει η ενσωμάτωσή της μέσω μιας μικρής κλίμακας εξ αποστάσεως επιμόρφωσης εκπαιδευτικών προσχολικής εκπαίδευσης και της κατανόησης των εννοιολογικών διαστάσεων της, καθώς και πώς αυτές εφαρμόζονται κατά την υλοποίηση της.

Λέξεις κλειδιά: Υπεύθυνη έρευνα και Καινοτομία, Επιμόρφωση Εκπαιδευτικών, Εκπαίδευση STEAM

1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια η τεχνολογική εξέλιξη, η καινοτομία και η έρευνα έχουν επιδοθεί σε ένα «αγώνα δρόμου» προκειμένου να αντιμετωπίσουν τα μεγάλα, παγκόσμια και ουμανιστικά προβλήματα του 21^{ου} αιώνα. Κατανοώντας ότι τα προβλήματα και η αντιμετώπισή τους δεν αφορούν αποκλειστικά τους επιστήμονες και τις κυβερνήσεις, την τελευταία δεκαετία, ιδιαίτερα στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.), άρχισαν να διερευνώνται τα πλαίσια, οι διαδικασίες και τα αποτελέσματα της

έρευνας και καινοτομίας σε συνάρτηση με τις ανάγκες και τις αξίες του κοινωνικού γίνεσθαι αναδιαμορφώνοντας τη σχέση μεταξύ τους (Jirotko et al., 2017; Thapa, Iakovleva & Foss, 2019). Αναπτύχθηκε, δηλαδή, η ιδέα της ανοιχτής και ειλικρινούς αλληλεπίδρασης μεταξύ όλων των φορέων της καινοτομίας και κοινωνίας προσδοκώντας την αμοιβαία ανταπόκριση στις ανάγκες του άλλου με σκοπό «την (ηθική) αποδοχή, τη βιωσιμότητα και την κοινωνική σκοπιμότητα της διαδικασίας της καινοτομίας και των εμπορεύσιμων προϊόντων της» (von Schomberg, 2013; Thapa, Iakovleva & Foss, 2019). Η έρευνα της σύνδεσης της επιστημονικής κοινότητας και της κοινωνίας στα πλαίσια της Ε.Ε. έκανε τα πρώτα της βήματα στις αρχές του 21ου αιώνα, φτάνοντας σήμερα με την έννοια της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (RRI, Responsible Research and Innovation) η οποία κατέχει ιδιαίτερα σημαντική θέση, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα Έρευνας και Καινοτομίας της περιόδου 2014-2020, Horizon 2020 (Buhner & Wroblewski, 2019). Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (European Commission, 2017), η Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία (YEK) έχει ως κεντρικό ρόλο τον σχεδιασμό μιας ανοιχτής σε όλους βιώσιμης μεθόδου έρευνας και καινοτομίας σταθμίζοντας τις προσδοκίες και τις επιφυλάξεις όλων των κοινωνικών, επιστημονικών, πολιτικών και επιχειρηματικών φορέων. Η YEK αποτελεί μια προσπάθεια αλληλοκατανόησης, σύνδεσης και εύρεσης κοινών αποδεκτών λύσεων μεταξύ της κοινωνίας, της επιστήμης και των διαφορετικών φορέων που σχετίζονται με την διαδικασία της έρευνας και της καινοτομίας (Sutcliffe, 2011). Τα κεντρικά ζητήματα της εν λόγω διαδικασίας πραγματεύονται θέματα κοινωνικό-επιστημονικής συμμετοχικότητας, βιωσιμότητας, εκτίμησης και επιπτώσεων, ειλικρίνειας, (ηθικής) αποδοχής, διαφάνειας, ευθύνης και λογοδοσίας (Sutcliffe, 2011; Burget, Bardone & Pedaste, 2017). Τα τελευταία χρόνια, στα πλαίσια προγραμμάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές προσπάθειες προκειμένου να ενταχθούν έννοιες και ζητήματα της YEK με αντικείμενα αιχμής, όπως η νανοτεχνολογία (Horizon 2020). Τα προγράμματα αυτά, όπως το IRRESISTIBLE & PARRISE (Mandrikas, Michailidi & Stavrou, 2019), περιορίστηκαν μόνο στο δημοτικό σχολείο και στο σύνολο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Ωστόσο, ο καθοριστικός ρόλος των εκπαιδευτικών στην διδασκαλία, τα διάφορα προβλήματα των εκπαιδευτικών που σχετίζονται με την ενσωμάτωση της YEK στην εκπαίδευση, όπως η ύπαρξη υποστηρικτικού υλικού (de Vocht, Laherto & Parchmann, 2017), αναδεικνύουν την ανάγκη επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών προσχολικής εκπαίδευσης σε θέματα και ζητήματα της YEK. Πιο συγκεκριμένα, ο γενικός στόχος της επιμόρφωσης ήταν η εξοικείωση των εκπαιδευτικών με την διεπιστημονική προσέγγιση αντικειμένων έρευνας αιχμής, η δημιουργία προβληματισμού γύρω από τις κοινωνικές προεκτάσεις των εφαρμογών των αντικειμένων αυτών, η αξιοποίηση τεχνολογικών και ψηφιακών μέσων σε διεπιστημονικές προσεγγίσεις και η ανάπτυξη διδακτικού υλικού. Επιπλέον, διερευνήθηκαν οι απόψεις και το είδος του υποστηρικτικού υλικού το οποίο χρειάζονται οι εκπαιδευτικοί προκειμένου να μπορέσουν να εντάξουν πτυχές της YEK στην εκπαιδευτική διαδικασία.

2. Η Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία: βασικά στοιχεία

Η YEK δεν αποτελεί την πρώτη προσπάθεια σύνδεσης και ανάδειξης κοινωνικών ζητημάτων με την επιστήμη και την τεχνολογία. Παρουσιάζει κάποια κοινά χαρακτηριστικά με παλαιότερα προγράμματα, όπως για παράδειγμα το SST (social shaping of technology) (Grundwald, 2011), διαφοροποιείται ωστόσο σε επιμέρους τομείς εισάγοντας εναλλακτικές προοπτικές σχετικά με την επιστήμη, την έρευνα και την καινοτομία. Αρχικά, η YEK καταπιάνεται όχι μόνο με την τεχνολογία, αλλά και με τις διαδικασίες που οδηγούν σε αυτήν, δηλαδή την έρευνα και την καινοτομία, εστιάζοντας περισσότερο στις δυνατότητές τους, τις προοπτικές τους και την ενίσχυση αυτών σε σχέση με τις αξίες, τις ανάγκες και τις προσδοκίες της κοινωνίας (Owen, Macnaghten & Stilgoe, 2012). Επίσης, ενσωματώνει και πραγματοποιείται την καθιέρωση ενός συγκεκριμένου πλαισίου κατά την διαδικασία χάραξης πολιτικής σχετικά με την έρευνα και την καινοτομία η οποία βασίζεται στον προβληματισμό, την πρόληψη και τη διαβούλευση μεταξύ όλων των σχετικών φορέων (Owen, Macnaghten & Stilgoe, 2012). Επιπλέον, εισάγεται η έννοια της συλλογικής υπευθυνότητας όπου μέσω διαδικασιών, όπως δημόσιων διαβουλεύσεων, η ευθύνη μεταφέρεται από ένα άτομο ή φορέα στο σύνολο, εφόσον εφαρμόζονται τα πλαίσια της ειλικρίνειας και διαφάνειας (Baumann, et al., 2019).

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2013), η YEK αποτελείται από έξι βασικούς άξονες που αντιστοιχούν σε καθιερωμένους τομείς ερευνητικής πολιτικής:

- i. **Εμπλοκή:** Η ενεργός και από κοινού συμμετοχή όλων των κοινωνικών φορέων στην διαδικασία της έρευνας και καινοτομίας αναδεικνύοντας τις κοινές αξίες και αρχές με βάση τις οποίες θα συνεργαστούν και θα αναπτύξουν κοινώς αποδεκτές πρακτικές και πλαίσια με στόχο την αντιμετώπιση των κοινωνικών προβλημάτων.
- ii. **Φυλετική ισότητα:** Η αντιμετώπιση της υπό-αντιπροσώπευσης των γυναικών στους τομείς της επιστήμης και της έρευνας, αυξάνοντας τη συμμετοχή τους στα ιεραρχικά επίπεδα και μειώνοντας τα πιθανά εμπόδια που συναντούν κατά τη σταδιοδρομία τους.
- iii. **Ελεύθερη πρόσβαση:** Οι διαδικασίες και τα αποτελέσματα της έρευνας και καινοτομίας πρέπει να είναι ξεκάθαρες και εύκολα προσβάσιμες σε όλους, ενισχύοντας έτσι το πλαίσιο της ειλικρίνειας και της διαφάνειας.
- iv. **Ηθική δεοντολογία:** Οι κοινές αξίες που έχουμε υιοθετήσει ως κοινωνίας θα πρέπει να γίνονται σεβαστές στα πλαίσια της έρευνας και καινοτομίας. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται η αποδοχή, αλλά και η υψηλή ποιότητα των αποτελεσμάτων.
- v. **Διακυβέρνηση:** Οι πολιτικοί φορείς οφείλουν να διασφαλίζουν την αποτροπή τυχών επιβλαβών ή ηθικά ανεπίτρεπτων εξελίξεων στα πλαίσια της έρευνας και καινοτομίας.

- vi. Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες: ενίσχυση της εκπαιδευτικής διαδικασίας προκειμένου να διαμορφώσει τη νέα γενιά των επιστημόνων και ερευνητών, ενισχύοντας παράλληλα την συμμετοχή όλων των φορέων στην διαδικασία της έρευνας και καινοτομίας. Δίδεται έμφαση στην παροχή της απαραίτητης και σχετικής γνώσης σχετικά με τις δυνατότητες, τα αποτελέσματα και τις συνέπειες των επιλογών τους, τη συσχέτιση των επιλογών τους με βάση της κοινές αξίες και αρχές και το σχεδιασμό και την ανάπτυξη διαδικασιών έρευνας και καινοτόμων προϊόντων που ανταποκρίνονται σε αυτά τα πρότυπα.

2.1 Οι Διαστάσεις της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας

Προκειμένου να κατανοήσουμε τη βασική ιδέα, το πλαίσιο της YEK και τις δραστηριότητες που στοχεύει η ενσωμάτωσή της είναι σημαντικό αρχικά να προσδιορίσουμε τις εννοιολογικές διαστάσεις της και πώς αυτές εφαρμόζονται κατά την υλοποίησής της (Stilgoe, Owen & Macnaghten, 2013). Λαμβάνοντας υπόψη τον ορισμό της YEK, αλλά και τις έννοιες που εμφανίζονται να συσχετίζονται σε δημόσιους διαλόγους με την YEK (Stilgoe, Owen & Macnaghten, 2013) έχουμε τέσσερις συνιστώσες: την αυτογνωσία, την ανταπόκριση, τη συμμετοχικότητα και την πρόληψη.

- Η πρόληψη σχετίζεται με την εκτίμηση διαφόρων πιθανών αποτελεσμάτων, είτε κοινωνικών είτε περιβαλλοντικών, υιοθετώντας νέες προοπτικές και μεθόδους κατά την διαδικασία της έρευνας και καινοτομίας (Stirling, 2010).
- Η συμμετοχικότητα αφορά στην κατανόηση της επιστήμης όχι μόνο με την κοινωνία, αλλά και για την κοινωνία εμπλέκοντας διάφορους φορείς της κοινωνίας στις διαδικασίες της έρευνας και καινοτομίας (Asveld & van Dam-Mieras, 2017).
- Η αυτογνωσία πραγματεύεται τις αξίες και πεποιθήσεις των ερευνητών κατά το συλλογισμό των ενεργειών, των δεσμεύσεων και των παραδοχών τους στην διαδικασία της έρευνας και καινοτομίας (Zwart, Landeweerd & van Rooij, 2014).
- Η ανταπόκριση αφορά στη δυνατότητα ειλικρίνειας, διαφάνειας και ελεύθερης πρόσβασης στα επιστημονικά αποτελέσματα, καθώς και στη δυνατότητα αναπροσαρμογής των διαδικασιών, όταν αυτές έρχονται σε σύγκρουση με τις ανάγκες και αξίες της κοινωνίας (Zwart, Landeweerd & van Rooij, 2014).

Οι παραπάνω διαστάσεις της YEK συνεισφέρουν προκειμένου να αναδειχθεί το κεντρικό στοιχείο της που την διακρίνει από τα προηγούμενα προγράμματα, αυτό της υπευθυνότητας (Timmermans, 2017). Η έννοια της υπευθυνότητας αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο της διδασκαλίας STEAM στην Ευρώπη τα τελευταία χρόνια, με έννοιες όπως η αειφορία και η βιωσιμότητα, οι οποίες έχουν ενταχθεί στα πλαίσια της YEK (European Commission, 2016), και εμπλέκονται ολοένα και περισσότερο

(Laherto, et al., 2018; Freire, et al., 2016). Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2013), η ΥΕΚ πραγματεύεται τα όρια της ατομικής ευθύνης εισάγοντας παράλληλα τα πλαίσια και τις προϋποθέσεις της συλλογικής ευθύνης ως απαραίτητο στοιχείο της σύγχρονης και μελλοντικής έρευνας και καινοτομίας. Η έννοια λοιπόν της υπεύθυνης έρευνας και καινοτομίας στην ΥΕΚ θεσμοθετείται πάνω στην ανάδειξη των κοινωνικών αναγκών, αξιών και της συλλογικής ευθύνης.

3. Η σημασία της εισαγωγής αρχών Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας στην μαθησιακή διαδικασία

Η συμμετοχή των παιδιών και των εκπαιδευτικών στον προβληματισμό που σχετίζεται με τον ρόλο της έρευνας και της καινοτομίας ενθαρρύνει τη βιώσιμη αλληλεπίδραση μεταξύ των σχολείων, των ερευνητών, της βιομηχανίας και των οργανώσεων της κοινωνίας των πολιτών, τόσο στο πλαίσιο της τυπικής, όσο και της μη τυπικής μάθησης (Grindal et al., 2019). Η ενσωμάτωση των αρχών της υπεύθυνης έρευνας και καινοτομίας στις δραστηριότητες διδασκαλίας και μάθησης υποστηρίζει την πολυεπιστημονικότητα και την ισχυρότερη εμπλοκή των παιδιών, καθώς και την καλλιέργεια της κριτικής τους σκέψης και των δεξιοτήτων συνεργατικής μάθησης (Flipse & Bayram-Jacobs, 2016). Τους προετοιμάζει επίσης να κάνουν ορθές επιλογές για το μέλλον της κοινωνίας που ζουν. Επιπλέον, η ανταπόκριση και η προσαρμογή στην αλλαγή, δύο βασικές διαστάσεις της υπεύθυνης έρευνας και καινοτομίας, μπορούν να θεωρηθούν ως θεμελιώδεις δεξιότητες για τα παιδιά στο πλαίσιο της «προπαρασκευής» τους για την αυξανόμενη πολυπλοκότητα του κόσμου (Δορούκα, Παπαδάκης & Καλογιαννάκης, 2019).

Εισαγωγικά μαθήματα γύρω από μία ή περισσότερες αρχές της υπεύθυνης έρευνας και καινοτομίας, όπως η ένταξη και η ποικιλομορφία, μπορούν αναμφισβήτητα να ενσωματωθούν σε ένα εναρκτήριο επίπεδο στις δραστηριότητες που πραγματοποιούνται στη σχολική τάξη. Ειδικότερα, στο πλαίσιο των ομαδικών δραστηριοτήτων που εμπίπτουν στο σχολικό πρόγραμμα, υπάρχουν αρκετά στοιχεία εκπαιδευτικού ενδιαφέροντος που θα μπορούσαν να διερευνηθούν, όπως ζητήματα κριτικού αναστοχασμού σχετικά με τις διαδικασίες που ακολουθεί η ομάδα, τις παραδοχές της, τις αξίες κλπ., καθώς και τα τελικά αποτελέσματα των προσπαθειών της, προτρέποντας τους μαθητές να κάνουν τις απαραίτητες αλλαγές στα σχέδια και τις μεθόδους τους με σκοπό την καλύτερη αποτελεσματικότητά τους.

Επιπρόσθετα, ο συνεργατικός σχεδιασμός και η μάθηση στις σχολικές δραστηριότητες, ιδίως με τη συμμετοχή πολλαπλών ενδιαφερομένων, ενθαρρύνουν την ανάπτυξη ενταξιακών και ανοικτών προοπτικών σε νέους μαθητές, ενώ παράλληλα βελτιώνουν τις ευκαιρίες για τους ίδιους ως προς την κατανόηση του «εκτός του σχολείου κόσμου».

Συνεπώς, οι καινοτόμες επιστημονικές παιδαγωγικές μέθοδοι, όπως η βασισμένη στην έρευνα μάθηση, οι σχολικές εργασίες που η δομή τους μοιάζει με αυτή της

έρευνας και οι προβληματισμοί σε βασικά κοινωνικό-επιστημονικά θέματα και ηθικές, νομικές και κοινωνικές πτυχές, υποστηρίζουν την εισαγωγή των αρχών Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας στο σχολείο.

4. Η σχέση της εκπαίδευσης STEAM με τις αρχές της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας

Αρκετές προσπάθειες έχουν υλοποιηθεί τα τελευταία χρόνια, ιδιαίτερα στην Ευρώπη, προκειμένου η YEK να ενταχθεί στο αναλυτικό πρόγραμμα των σχολείων. Όπως φαίνεται από τους τομείς ερευνητικής πολιτικής της Ευρωπαϊκής επιτροπής (2013) αλλά και από σχετικά προγράμματα του Horizon 2020 (Couso et al., 2017), η YEK συνδέεται απευθείας με διάφορες πτυχές της εκπαίδευσης STEAM. Η εκπαίδευση STEAM σχετίζεται με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής, της Τέχνης και των Μαθηματικών στο πλαίσιο μιας διεπιστημονικής προσέγγισης της διδασκαλίας και της μάθησης (Barak & Assal, 2018). Είναι καθοριστικής σημασίας η ενθάρρυνση των παιδιών να εμπλακούν σε δραστηριότητες που θα τους βοηθήσουν να κατανοήσουν καλύτερα τις επιστήμες και την καινοτομία, καθώς και τις σχέσεις που έχουν τόσο οι επιστήμες, όσο και η καινοτομία με τις διαφορετικές πτυχές της κοινωνίας. Συνεπώς, η ενσωμάτωση αρχών της YEK στην εκπαίδευση STEAM είναι ιδιαίτερα σημαντική, τόσο για τη στενή σχέση της YEK με της θεματικές STEAM, όσο και εξαιτίας του ότι παρέχει τις απαραίτητες γνώσεις και δεξιότητες για να προτρέψει τα παιδιά της σύγχρονης σχολικής πραγματικότητας να γίνουν οι ενεργοί πολίτες του αύριο, όπως αυτό διαμορφώνεται από τη σημερινή κοινωνία της γνώσης (Dorouka, Papadakis & Kalogiannakis, 2020a)· οι οποίοι θα μπορούν να κατανοούν τις επιστημονικές έννοιες και μεθόδους, αλλά και να περιεργάζονται τις κοινωνικές και ηθικές διαστάσεις αυτών, παίρνοντας ταυτόχρονα μέρος στις επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις (Heras & Ruiz-Mallen, 2017). Συνεισφέρει, δηλαδή, στην εισαγωγή και ανάδειξη κοινωνικό-επιστημονικών θεμάτων στην εκπαίδευση STEAM.

Η εισαγωγή της YEK σε τομείς της εκπαίδευσης STEAM και στο αναλυτικό πρόγραμμα γενικότερα, αποτελεί ένα από τα βασικά θέματα έρευνας, με ελάχιστες όμως έρευνες να έχουν πραγματοποιηθεί (Mandrikas, Michailidi & Stavrou, 2019). Με βάση τη σχετική βιβλιογραφία και ερευνητικά προγράμματα, στα πλαίσια του Horizon 2020 (προγράμματα IRRESISTIBLE & PARRISE) η YEK εισάγεται με εκπαιδευτικές δραστηριότητες που βασίζονται στην επιστημονική διερεύνηση στα πλαίσια της τυπικής, άτυπης και μη τυπικής εκπαίδευσης (Gorghiu, Anghel & Ion, 2015). Σε μεγάλο βαθμό υιοθετήθηκε ένας έμμεσος τρόπος ενσωμάτωσης της YEK, δηλαδή ένταξη της YEK στα ευρύτερα πλαίσια εννοιών, χωρίς όμως άμεση και ευθεία αναφορά των εννοιών και διαστάσεων της (Gorghiu, Anghel & Ion, 2015; Mandrikas, Michailidi, & Stavrou, 2019).

4.1 Η σύνδεση της διδασκαλίας της Νανοτεχνολογίας με την Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία στην εκπαίδευση

Η επικέντρωση της προσοχής διάφορων μελετητών στη διεπιστημονική εκπαιδευτική προσέγγιση STEAM, κατά τους Jones et al. (2013), οδηγεί σε συζητήσεις που σχετίζονται με την ενσωμάτωση της Νανο-Επιστήμης και νανο-Τεχνολογίας (N-ET) στα σχολικά προγράμματα Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η N-ET αποτελεί ένα νέο επιστημονικό πεδίο έρευνας και ανάπτυξης το οποίο έχει παρουσιάσει ραγδαία εξέλιξη παγκοσμίως τις τελευταίες δύο δεκαετίες (Dorouka, Papadakis & Kalogiannakis, 2020b). Στο εν λόγω πεδίο συνδυάζονται γνώσεις από διάφορα επιστημονικά πεδία, όπως των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής, της Τέχνης και των Μαθηματικών. Για αυτόν τον λόγο πολλοί ερευνητές όπως οι Jones et al. (2013) και Lin et al. (2015), εστιάζουν στην κατανόηση της N-ET ως ένα πραγματικό διεπιστημονικό πεδίο που μπορεί να ενισχύσει τις αντιλήψεις των παιδιών για τη διασύνδεση της φύσης με διαφορετικούς τομείς της γνώσης, όπως τις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική, την Τέχνη και τα Μαθηματικά (STEAM).

Με άλλα λόγια ο μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης που βασίζεται στην N-ET είναι ζωτικής σημασίας για τα παιδιά (Dorouka, Papadakis & Kalogiannakis, 2020b; Mandrikas, Michailidi & Stavrou, 2019) εξαιτίας της διεπιστημονικής της φύσης, καθώς και των αξιοσημείωτων εφαρμογών της (Stevens, et al., 2009). Το γεγονός ότι αποτελεί μια τεχνολογία αιχμής καθιστά μεγάλο το ενδεχόμενο να συμβάλει στην ανάπτυξη ενός μαθησιακού περιβάλλοντος που θα έχει νόημα και σημασία για τα παιδιά, δηλαδή θα σχετίζεται με τις προηγούμενες εμπειρίες τους και τα προσωπικά τους βιώματα και θα τους εντείνει το ενδιαφέρον ώστε να στρέφονται προς αυτήν την κατεύθυνση στο επίπεδο του επαγγελματικού τους προσανατολισμού (Σπύρτου κ.α., 2018). Κατά συνέπεια, η προσέγγιση της N-ET στην εκπαίδευση παιδιών (Σπύρτου κ.α., 2018) μπορεί να ενθαρρύνει τους μαθητές να ενασχοληθούν με θεμελιώδη στοιχεία της και να τους προτρέψει να εργαστούν μελλοντικά ως επαγγελματίες στον εν λόγω χώρο (Dorouka, Papadakis & Kalogiannakis, 2020b).

Το πλαίσιο της YEK (Owen, Macnaghten & Stilgoe, 2012) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διαπραγμάτευση των κοινωνικών επιπτώσεων της N-ET θεωρώντας ότι η ενσωμάτωση τέτοιων θεμάτων στα σχολικά προγράμματα σπουδών μπορεί να είναι χρήσιμη για την κοινωνική και ηθική ανάπτυξη των μαθητών (Sgouros & Stavrou, 2019). Τα παιδιά στο πλαίσιο της προσέγγισης βασικών εννοιών N-ET μπορούν να προβληματιστούν σε θέματα που αφορούν σε αρχές της YEK και να εισαχθούν στην κατανόησή τους. Η Νανοτεχνολογία με άλλα λόγια μπορεί να είναι ζωτικής σημασίας για την υλοποίηση του πλαισίου αρχών της YEK (Sgouros & Stavrou, 2019).

Τα σύγχρονα επιστημονικά θέματα, όπως είναι αυτό της N-ET, είναι εγγενώς διφορούμενα και περιλαμβάνουν ζητήματα που συνήθως έχουν μια αμφιλεγόμενη διάσταση και υποκινούν συζητήσεις για τις κοινωνικές τους συνέπειες (Levinson,

2006). Επομένως, τα θέματα αυτά αποτελούν ένα κατάλληλο πλαίσιο για τη διαπραγμάτευση κοινωνικών επιστημών στα μαθήματα Φυσικών Επιστημών (Sgouros & Stavrou, 2019). Η ενσωμάτωση των κοινωνικοοικονομικών θεμάτων στα σχολικά μαθήματα επιστήμης μέσω σύγχρονων επιστημονικών μεθόδων αναδεικνύει ότι αυξάνει την κινητικότητα και το ενδιαφέρον των παιδιών για την επιστήμη, καθιστώντας το περιεχόμενό τους σχετικό με την καθημερινότητά τους, καθώς και την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων των παιδιών σχετικά με τα κοινωνικά διλήμματα που συνδέονται με επιστημονικές και τεχνολογικές καινοτομίες (Blonder, Zemler & Rosenfeld, 2016; Sgouros & Stavrou, 2019).

Κατά συνέπεια, η εισαγωγή της ΥΕΚ στην εκπαίδευση Φυσικών Επιστημών τείνει να μειώνει την απόσταση μεταξύ επιστήμης και κοινωνίας και να συμβάλλει στη διαμόρφωση ενεργών και κριτικών πολιτών. Για αυτόν τον λόγο, είναι μείζονος σημασίας η επιλογή θεμάτων αιχμής στη συζήτηση περί των αρχών της ΥΕΚ, ώστε να εξαλειφθεί ο αντίκτυπος των ζητημάτων των ειδικών χαρακτηριστικών της Ν-ΕΤ.

4.2 Προβλήματα στην διδασκαλία του Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας

Παρόλο που έχουν πραγματοποιηθεί προσπάθειες ενσωμάτωσης της ΥΕΚ στην εκπαίδευση, ακόμα και με τη χρήση κινήτρων προς τους εκπαιδευτικούς (Laherto et al., 2018), η επίτευξή τους αποτελεί ένα περίπλοκο ζήτημα, καθώς διάφορα ζητήματα εγείρονται τα οποία σχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με τους εκπαιδευτικούς (de Vocht & Laherto, 2017). Οι εκπαιδευτικοί εμφανίζουν πολλές φορές έλλειψη προθυμίας σε επίπεδο ενσωμάτωσης διδακτικών αρχών της ΥΕΚ, καθώς θεωρούν ότι είναι ένα ιδιαίτερο απαιτητικό πλαίσιο, είναι δευτερευούσης σημασίας και αμφισβητούν τη δυνατότητά τους να την εντάξουν στην εκπαιδευτική διαδικασία (de Vocht, Laherto & Parchmann, 2017; Mejlgaard, et al., 2019). Μεγάλο ρόλο σε αυτό παίζει και η έλλειψη υποστηρικτικού υλικού, καθώς η έρευνα για την ΥΕΚ έχει μικρό χρονικό διάστημα, με αποτέλεσμα την ύπαρξη ελάχιστου υποστηρικτικού υλικού (de Vocht, Laherto & Parchmann, 2017). Επιπλέον, η διδασκαλία της ΥΕΚ στην τριτοβάθμια εκπαίδευση έχει μικρή προτεραιότητα, καθώς θεματικές που σχετίζονται με κοινωνικό- ηθικές αξίες περνούν σε δεύτερη μοίρα και πολλές φορές απειλούνται με μείωση χρηματοδότησης (Mejlgaard, et al., 2019).

5. Επιμόρφωση Εκπαιδευτικών Προσχολικής Εκπαίδευσης

Στις μέρες μας, και στις δύσκολες συνθήκες που βιώνουμε με την πρωτόγνωρη υγειονομική κρίση του 21^{ου} αιώνα, είναι επιτακτική ανάγκη οι εκπαιδευτικοί να δομήσουν υπολογιστικά μαθησιακά περιβάλλοντα με πλούσια νοήματα, πολλαπλές αναπαραστάσεις της πραγματικότητας, πρόσβαση σε επιπρόσθετες πηγές και συμμετοχή σε δίκτυο κοινοτήτων μάθησης και επιμόρφωσης. Η μέθοδος της εξ Αποστάσεως Εκπαίδευσης επιλέγεται όλο και πιο συχνά παγκοσμίως για να εξυπηρετήσει τον επιβεβλημένο χαρακτήρα της δια βίου μάθησης που απαιτεί η σύγχρονη εποχή (Lionarakis, 2008).

Τόσο η επιστήμη όσο και η τεχνολογία εξελίσσονται με ραγδαίους ρυθμούς αναδεικνύοντας την ανάγκη προσαρμογής της εκπαίδευσης σε νέες συνθήκες (Voogt & Roblin, 2012). Η ανάγκη σύνδεσης των τρεχουσών επιστημονικών, τεχνολογικών και κοινωνικών εξελίξεων και ζητημάτων με την εκπαίδευση (π.χ. νανοτεχνολογία, εικονική πραγματικότητα κλπ.) αλλά και η χρήση τεχνολογικών μέσων για την ενίσχυση της εκπαιδευτικής διαδικασίας (π.χ. ρομπότ, ταμπλετών, γυαλιά εικονικής πραγματικότητας, κλπ.) γίνεται όλο και πιο εμφανής τα τελευταία χρόνια. Οι εκπαιδευτικοί οι οποίοι έχουν έναν από τους κεντρικούς ρόλους της εκπαιδευτικής διαδικασίας, ιδιαίτερα στην διδασκαλία Φυσικών Επιστημών, εμφανίζονται συχνά να έχουν έλλειψη γνώσεων στο περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών, στα παιδαγωγικά σχετικά με τις Φυσικές Επιστήμες, σε πρακτικές διερευνητικής μάθησης, αυτοπεποίθησης και αποτελεσματικότητάς κάτι που προέρχεται από την ελλιπή εκπαίδευση στο προπτυχιακό επίπεδο (pre-service teacher preparation) (Lewis, et al., 2014).

6. Μεθοδολογία

Με βάση τα παραπάνω, διοργανώθηκε μια μικρής κλίμακας πιλοτικού χαρακτήρα επιμορφωτική δράση με τίτλο «Σύγχρονα Ζητήματα Επιστήμης και Τεχνολογίας» από το εργαστήριο Πληροφορικής στην Εκπαίδευση και Διδακτικής των Φ.Ε του Παιδαγωγικού τμήματος Προσχολικής Εκπαίδευσης και το εργαστήριο Διδακτικής Θετικών Επιστημών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης σε συνεργασία με το Περιφερειακό Κέντρο Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού Κρήτης, η οποία απευθυνόταν σε εν ενεργεία εκπαιδευτικούς των τριών βαθμίδων εκπαίδευσης. Ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να μελετήσουμε κατά πόσο οι εκπαιδευτικοί προσχολικής εκπαίδευσης μετά από μια επιμόρφωση πάνω στην έννοια και τις πτυχές της YEK μπόρεσαν να κατανοήσουν και εν συνεχεία να εντάξουν αποτελεσματικά αρχές της YEK στην εκπαιδευτική διδασκαλία αναπτύσσοντας διδακτικό υλικό, αλλά και να εξακριβωθούν οι απόψεις τους. Στην συγκεκριμένη έρευνα ακολουθήθηκε μια ποιοτική προσέγγιση χρησιμοποιώντας ποιοτικές μεθόδους ανάλυσης περιεχομένου λόγω του μικρού δείγματος, αλλά και της πιλοτικής διερευνητικής προσέγγισης που ακολουθήθηκε (Mayring, 2015). Οι εργασίες των εκπαιδευτικών προσχολικής εκπαίδευσης υποβλήθηκαν σε Ανάλυση Περιεχομένου και Θεματική Ανάλυση μέσω ανοιχτής, αξονικής και επιλεκτικής κωδικοποίησης (Strauss & Corbin, 1998) και αναζητήθηκαν στοιχεία τα οποία υποδείκνυαν την επιτυχή κατανόηση των βασικών εννοιών της YEK, τα οποία είχαμε επεξεργαστεί κατά τη διάρκεια των τηλεδιασκέψεων.

Παρόλο που μέσα από τη βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετές μέθοδοι διδασκαλίας οι οποίες συμβαδίζουν και έχουν χρησιμοποιηθεί στην διδασκαλία της YEK, όπως η διερευνητική μέθοδος (inquiry-based learning), η φύση των επιστημών (Nature of Science), η κοινωνικό-επιστημονική προσέγγιση (Socio-scientific issues) (Burget, 2019), επιλέχθηκε η μέθοδος η οποία είχε ακολουθηθεί και στα προγράμματα

IRRESISTIBLE & PARRISE, η διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας (Alina & Gorghiu, 2017).

6.1 Δείγμα

Το δείγμα της έρευνας αποτελείται από όλους τους εν ενεργεία εκπαιδευτικούς προσχολικής εκπαίδευσης οι οποίοι είχαν δηλώσει και είχαν γίνει αποδεκτοί να συμμετάσχουν σε αυτήν την επιμόρφωση. Συνολικά, οι εκπαιδευτικοί προσχολικής εκπαίδευσης οι οποίοι συμμετείχαν στο πρόγραμμα είναι 7. Στην τηλεδιάσκεψη για την ανάπτυξη της θεματικής της ΥΕΚ συμμετείχαν 4 άτομα από τα 7, από τα οποία όμως, το 1 δεν συμμετείχε σε όλη την τηλεδιάσκεψη. Για αυτό το λόγο, εστίασαμε στα αποτελέσματα μόνο των 3 ατόμων που πήραν μέρος.

6.2 Πορεία επιμόρφωσης

Οι επιμορφώσεις, πραγματοποιήθηκαν ως επί το πλείστον μέσω τηλεδιασκέψεων με τη χρήση της πλατφόρμας e-class, της Σχολής Επιστημών Αγωγής του Πανεπιστημίου Κρήτης στον παρακάτω σύνδεσμο: <http://creset.edc.uoc.gr/courses/>. Πιο συγκεκριμένα, η πλατφόρμα e-class παρείχε τη δυνατότητα σύγχρονων τηλεσυναντήσεων μέσω της πλατφόρμας BigBlueButton, αλλά και τη δυνατότητα μελέτης αναρτημένου υλικού σχετικά με το θέμα της επιμόρφωσης, την παρουσίαση, καθώς και την παράδοση του εκπαιδευτικού υλικού που στη συνέχεια ανέπτυξαν.

Αναλυτικότερα, η έρευνα βασίστηκε σε 2 φάσεις. Την πρώτη φάση αποτέλεσε η διαδικασία της τηλεσυνάντησης, όπου οι εκπαιδευτικοί επιμορφώθηκαν και ταυτόχρονα εξέφρασαν τις απόψεις τους πάνω σε πτυχές της ΥΕΚ, αλλά και επέδειξαν τον βαθμό ετοιμότητάς τους ως προς την ένταξη της ΥΕΚ στη διδακτική διαδικασία. Κατά τη δεύτερη φάση έγινε η παράδοση των διδακτικών σεναρίων από τους εκπαιδευτικούς και η ανάλυση τους.

Κατά την διάρκεια των τηλεσυναντήσεων οι επιμορφούμενοι καλούνταν να πραγματοποιήσουν κάποιες ερωτήσεις με σκοπό τόσο την παιδαγωγική ανάδειξη της έννοιας της ΥΕΚ, όσο και την ανάδειξη του βαθμού κατανόησης της εκάστοτε θεματικής ενότητας της ΥΕΚ. Στους εκπαιδευτικούς δίνονταν μία ιστοσελίδα (padlet) όπου μπορούσαν να αναπτύξουν και να αναρτήσουν τις απαντήσεις τους. Οι βασικές ερωτήσεις οι οποίες περιείχονταν και αποτέλεσαν θέμα συζήτησης ήταν:

- i. Είναι σημαντική η συνεργασία μεταξύ κοινωνίας και ερευνητικής κοινότητας;
- ii. Μπορείτε να προτείνετε μια δραστηριότητα που έχει σκοπό τα παιδιά να κατανοήσουν τους τομείς δράσεις της ΥΕΚ;
- iii. Μπορείτε να προτείνετε μία δραστηριότητα και να εντάξετε σε αυτήν κάποια έννοια σχετική με την ΥΕΚ;

- iv. Θα μπορούσε το θέμα της νανοτεχνολογία να ενθαρρύνει την έναρξη ενός γόνιμου διαλόγου παιδιών-εκπαιδευτικού σχετικά με τα κοινωνικά διλήμματα;

Οι εκπαιδευτικοί ανέπτυσαν τις απόψεις τους, οι οποίες στη συνέχεια συζητιούνταν, προκειμένου να γίνει καλύτερα αντιληπτός ο βαθμός που έχουν κατανοήσει τις εκάστοτε έννοιες, καθώς και ο βαθμός της ετοιμότητάς τους ως προς την παιδαγωγική αξιοποίηση τους στη διδασκαλία.

6.3 Αποτελέσματα έρευνας

Η ανάλυση των απόψεων, που καταγράφηκαν στην ιστοσελίδα (padlet) κατά την διάρκεια της τηλεσυνάντησης, δείχνει ότι οι εκπαιδευτικοί κατανόησαν τη σημασία της συνεργασίας μεταξύ κοινωνίας και ερευνητικής κοινότητας συσχετίζοντας την και με τη σημερινή πραγματικότητα (Ερώτηση 1). Παράλληλα, οι εκπαιδευτικοί φάνηκε να ακολουθούν μια διερευνητική πορεία στον τρόπο παρουσίασης των δραστηριοτήτων που προτείνουν, ενώ ταυτόχρονα χρησιμοποιούν και άλλες διδακτικές στρατηγικές, όπως παιχνίδια ρόλων, ντιμπέιτ κλπ. (Ερώτηση 1 και 2). Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί φάνηκε να μην δυσκολεύονται να εντάξουν θέματα αντικειμένων αιχμής, όπως η νανοτεχνολογία, κρατώντας θετική στάση και εκφράζοντας διάφορες ιδέες σχετικά με τη σύνδεσή τους (Ερώτηση 4).

Όσον αφορά την ανάλυση των διδακτικών σεναρίων, όλοι οι εκπαιδευτικοί εφάρμοσαν διερευνητικές μεθόδους διδασκαλίας, ενώ παράλληλα αξιοποιούσαν ποικίλες διδακτικές τεχνικές προκειμένου να αναδείξουν διάφορες συνιστώσες της ΥΕΚ, όπως προβληματικές καταστάσεις, παιχνίδια ρόλων, ιδεοθύελλα και ντιμπέιτ, προωθώντας ταυτόχρονα την ενεργό συμμετοχή των μαθητών και αυξάνοντας τα κίνητρα τους. Παράλληλα, όλοι οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποίησαν καταστάσεις της καθημερινότητας, όπως υγεία και περιβάλλον θεωρώντας ότι με αυτόν τον τρόπο θα διεγείρουν το ενδιαφέρον των μαθητών. Επίσης, η στοχοθεσία των διδακτικών σεναρίων, αλλά και οι δραστηριότητες που χρησιμοποίησαν εναρμονίζονταν πλήρως με τους στόχους του ΥΕΚ. Παρόλο που όλοι οι εκπαιδευτικοί περιέλαβαν στην εκπαιδευτική διαδικασία κάποιο τεχνολογικό μέσο, η χρήση του περιορίστηκε κυρίως στην παρουσίαση βίντεο και εικόνων, με εξαίρεση ενός εκπαιδευτικού ο οποίος έκανε χρήση εκπαιδευτικών εφαρμογών.

7. Συμπεράσματα

Η εξ αποστάσεως επιμόρφωση των εκπαιδευτικών αποτελεί μία ιδιαίτερα απαιτητική διαδικασία η οποία γίνεται ακόμα δυσκολότερη σε περιόδους όπως η εποχή της υγειονομικής κρίσης που βιώνουμε λόγω του COVID-19. Επιπρόσθετα, η ανάπτυξη θεματικών όπως η ΥΕΚ και η σύνδεσή της με τη νανοτεχνολογία για την προσχολική εκπαίδευση στην επιμόρφωση των εκπαιδευτικών αποτελούν μία επιμορφωτική πρόκληση. Όπως έγινε αντιληπτό από την ανάλυση των απόψεων των εκπαιδευτικών,

το ΥΕΚ φαίνεται ότι αποτελεί κάτι που αξίζει τον κόπο να διδαχτεί και θεωρείται ιδιαίτερα ενδιαφέρον για τους ίδιους (de Vocht, Laherto & Parchmann, 2017), ενώ παράλληλα οι εκπαιδευτικοί έχουν τη δυνατότητα να το συνδυάσουν με διδακτικές στρατηγικές που γνωρίζουν και χρησιμοποιούν ήδη στη διδασκαλία τους. Ακόμα, σύμφωνα με την ανάλυση περιεχομένου των διδακτικών σεναρίων, οι εκπαιδευτικοί φάνηκε να ακολουθούν διερευνητικές μεθόδους διδασκαλίας συνδέοντας τις εκάστοτε θεματικές με την καθημερινότητα των μαθητών. Επίσης, οι εκπαιδευτικοί εναρμόνισαν τόσο τους στόχους της εκπαιδευτικής διαδικασίας, όσο και τις δραστηριότητες με τους στόχους του ΥΕΚ, υποδεικνύοντας ότι ήταν σε θέση να κατανοήσουν σε ικανοποιητικό βαθμό την έννοια και τις πτυχές της ΥΕΚ εντάσσοντας τις ικανοποιητικά στη διδασκαλία (Hesjedal et al., 2020). Συνοψίζοντας, αν και τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας είναι ιδιαίτερα σημαντικά υπάρχει ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης και μεγαλύτερου δείγματος προκειμένου να υποστηριχτούν με μεγαλύτερη βεβαιότητα τα ευρήματά μας. Μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα προοπτική ανοίγεται με την υλοποίηση της ενότητας της ΥΕΚ στην τάξη του νηπιαγωγείου και στον επανασχεδιασμό του επόμενου κύκλου της επιμόρφωσης.

Αναφορές

- Alina, A. G., & Gorghiu, G. (2017). Considering Responsible Research and Innovation in Science Education teaching Approaches at Primary Level. *International Journal of Teaching and Education*, 5(1), 1-12.
- Asveld, L., & van Dam-Mieras, R. (2017). Introduction: Responsible Research and Innovation for Sustainability. In L. Asveld, R. van Dam-Mieras, T. Swierstra, S. Lavrijssen, K. Linse, & J. van den Hoven (Eds.), *Responsible Innovation 3* (pp. 1–6). Cham, Switzerland: Springer.
- Barak, M., & Assal, M. (2018). Robotics and STEM learning: students' achievements in assignments according to the P3 Task Taxonomy-practice, problem solving, and projects. *International Journal of Technology and Design Education*, 28(1), 121-144.
- Baumann, M. F., Brändle, C., Coenen, C., & Zimmer-Merkle, S. (2019). Taking responsibility: A responsible research and innovation (RRI) perspective on insurance issues of semi-autonomous driving. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 124, 557-572.
- 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(4), 1145-1155.
- Buhrer, S., & Wroblewski, A. (2019). The practice and perceptions of RRI-A gender perspective, *Evaluation and Program Planning*, 77(101717), 1-10.

- Burget, M., Bardone, E., & Pedaste, M. (2017). Definitions and Conceptual Dimensions of Responsible Research and Innovation: A Literature Review. *Science and Engineering Ethics*, 23(1), 1–19.
- Burget, M. (2019). *Making sense of responsible research and innovation in science education*. Tartu University, Estonia. Retrieved from: <https://dspace.ut.ee/handle/10062/65479>
- Couso, D., Simarro, C., Perelló, J., & Bonhoure, I. (2017). *10 Ideas To Include the RRI Perspective in Stem Education*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1303805>
- de Vocht, M., & Laherto, A. (2017). Profiling Teachers Based on Their Professional Attitudes towards Teaching Responsible Research and Innovation. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 5(3), 271–284.
- de Vocht, M., Laherto, A., & Parchmann, I. (2017). Exploring teachers' concerns about bringing Responsible Research and Innovation to European science classrooms. *Journal of Science Teacher Education*, 28(4), 326-346.
- Dorouka, P., Papadakis, S., & Kalogiannakis, M. (2020a). Tablets and apps for promoting robotics, mathematics, STEM education and literacy in early childhood education. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 14(2), 255-274.
- Dorouka, P., Papadakis, St., & Kalogiannakis, M. (2020b). Nanotechnology and Mobile Learning: Perspectives and Opportunities in Young Children's Education, *International Journal of Technology Enhanced Learning, (IJTEL)*, <https://www.inderscience.com/info/ingeneral/forthcoming.php?jcode=ijtel>
- Egeland, C., Forsberg, E. M., & Maximova-Mentzoni, T. (2019). RRI: Implementation as Learning. *Journal of Responsible Innovation*, 6(3), 375–380.
- European Commission. (2013). *Options for Strengthening Responsible Research and Innovation*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Commission. (2016). C-ITS Platform. Final report. Available online: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/doc/c-its-platform-final-report-january-2016.pdf>
- European Commission. (2017). Responsible Research and Innovation. Accessed: https://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_rri/KI0214595ENC.pdf
- Flipse, S. M., & Bayram-Jacobs, D. (2016). RRI Bridges Science Education and Communication: The Innovator's Perspective. In *Science and Technology Education and Communication* (pp. 147-162). Brill Sense.

- Forsberg, E., Quaglio, G., O’Kane, H., Karapiperis, T., Van Woensel, L., & Arnaldi, S. (2015). Issues and opinions: Assessment of science and technologies: Advising for and with responsibility. *Technology in Society*, 42, 21–27.
- Freire, S., Baptista, M., & Freire, A. (2016). Sustainability and Science Learning: Perceptions from 8th Grade Students Involved with a Role Playing Activity. *Universal Journal of Educational Research*, 4(8), 1757-1763.
- Gorghiu, G., Anghel, G. A., Ion, R. (2015). Students’ Perception Related to Sciences. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 180, 600-605.
- Grindal, T., Silander, M., Gerard, S., Maxon, T., Garcia, E., Hupert, N., Vahey, P., Pasnik, S. (2019). *Early Science and Engineering: The Impact of The Cat in the Hat Knows a Lot About That! on Learning*. New York, NY, & Menlo Park, CA: Education Development Center, Inc., & SRI International.
- Grundwald, A. (2011). *Responsible Innovation: Bringing Together Technology Assessment, Applied Ethics, and STS Research*. Karlsruhe: Karlsruhe Institute of Technology.
- Heras, M., & Ruiz-Mallén, I. (2017). Responsible research and innovation indicators for science education assessment: How to measure the impact? *International Journal of Science Education*, 39(18), 2482–2507.
- Hesjedal, M. B., Åm, H., Sørensen, K. H., & Strand, R. (2020). Transforming Scientists’ Understanding of Science–Society Relations. Stimulating Double-Loop Learning when Teaching RRI. *Science and Engineering Ethics*, 1-21.
- Jones, M. G., Paechter, M., Yen, C. F., Gardner, G., Taylor, A., & Tretter, T. (2013). Teachers’ concepts of spatial scale: An international comparison. *International Journal of Science Education*, 35(14), 2462-2482.
- Jirotko, M., Grimpe, B., Stahl, B., Eden, G., & Hartswood, M. (2017). Responsible research and innovation in the digital age. *Communications of the ACM*, 60(5), 62–68.
- Laherto, A., Kampschulte, L., de Vocht, M., Blonder, R., Akaygun, S., & Apotheker, J. (2018). Contextualizing the EU’s “Responsible Research and Innovation” Policy in Science Education: A Conceptual Comparison with the Nature of Science Concept and Practical Examples. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(6), 2287–2300.
- Levinson, D. F. (2006). The genetics of depression: a review. *Biological psychiatry*, 60(2), 84-92.
- Lewis, E., Dema, O., & Harshbarger, D. (2014). Preparation for practice: Elementary preservice teachers learning and using scientific classroom discourse community instructional strategies. *School Science and Mathematics*, 114(4), 154–165.

- Lin, S. F., Lin, H. S., Lee, L., & Yore, L. D. (2015). Are science comics a good medium for science communication? *The case for public learning of nanotechnology. International Journal of Science Education*, 5(3), 276-294.
- Lionarakis A., (2008). The theory of distance education and its complexity. *European Journal of Open, Distance and E-Learning, EURODL*, 2008(1), Retrieved on 3 April, 2020 from <https://www.eurodl.org/materials/contrib/2008/Lionarakis.htm>
- Mayring, P. (2015). Qualitative content analysis: Theoretical background and procedures. In *Approaches to qualitative research in mathematics education* (pp. 365-380). Springer, Dordrecht.
- Mejlgaard, N., Christensen, M. V., Strand, R., Buljan, I., Carrió, M., Cayetano i Giralt, M., Griessler, E., Lang, A., Marušić, A., Revuelta, G., Rodríguez, G., Saladié, N., & Wuketich, M. (2019). Teaching Responsible Research and Innovation: A Phronetic Perspective. *Science and Engineering Ethics*, 25(2), 597-615.
- Mandrikas, A., Michailidi, E. & Stavrou, D. (2019). Teaching nanotechnology in primary education. *Research in Science & Technological Education*, 1-19, <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1631783>
- Owen, R., Macnaghten, P., & Stilgoe, J. (2012). Responsible research and innovation: From science in society to science for society, with society. *Science and Public Policy*, 39(6), 751–760.
- 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(15), 2070-2093.
- Stevens, S. Y., Sutherland, L. M., & Krajcik, J. S. (2009). *The big ideas of nanoscale science and engineering*. NSTA press.
- Strauss, A., & Corbin, J. (1998). *Basics of qualitative research techniques*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Stilgoe, J., Owen, R., & Macnaghten, P. (2013). Developing a framework for responsible innovation. *Research Policy*, 42(9), 1568-1580.
- Stirling, A. (2010). Keep it complex. *Nature*, 468(7327), 1029-1031.
- Sutcliffe, H. (2011). *A report on Responsible Research & Innovation. MATTER and the European Commission*.
- Thapa, R.-K., Iakovleva, T., & Foss, L. (2019). Responsible research and innovation: a systematic review of the literature and its applications to regional studies. *European Planning Studies*, 27(12), 2470-2490.

- Timmermans, J. (2017). Mapping the RRI Landscape: An Overview of Organisations, Projects, Persons, Areas and Topics. In L. Asveld, R. van Dam-Mieras, T. Swierstra, S. Lavrijssen, K. Linse, & J. van den Hoven (Eds.), *Responsible Innovation 3*, (pp. 21–47). Cham, Switzerland: Springer.
- van der Horst, S. (2018). *Designing a tool to stimulate reflexivity of fundamental scientists using a novel co-design approach*. Delft University of Technology, Netherlands. Retrieved from: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:073cc8a8-27a3-4004-ae65-f4590e3d732e>
- von Schomberg, R. (2013). A vision of responsible research and innovation. In Owen, R., Bessant, J., & Heintz, M. (Eds.), *Responsible Innovation: Managing the Responsible Emergence of Science and Innovation in Society*. (pp. 51-74). London: Wiley.
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44(3), 299-321.
- Wilsdon, J. (2005). Paddling upstream: New currents in European technology assessment. In M. Rodemeyer, D. Sarewitz, & J. Wilsdon (Eds.), *The Future of Technology Assessment* (pp. 22–29). Washington, DC: Woodrow Wilson International Center for Scholars.
- Zwart, H., Landeweerd, L., & van Rooij, A. (2014). Adapt or perish? Assessing the recent shift in the European research funding arena from ‘ELSA’ to ‘RRI.’ *Life Sciences, Society and Policy*, 10(1), 1–19.
- Δορούκα, Π., Παπαδάκης, Στ., & Καλογιαννάκης, Μ. (2019). *Κινητή μάθηση και Νανοτεχνολογία: Δυνατότητες και Προοπτικές στην Εκπαίδευση Παιδιών Προσχολικής και Πρώτης Σχολικής Ηλικίας*. Στο Ν. Αλεξανδρή, Χ. Δουληγέρης, Π. Βλάμος, Ι. Μαυρίδης & Β. Μπελεσιώτης (Επιμ.), *Πρακτικά 11th Conference on Informatics in Education - Η Πληροφορική στην εκπαίδευση (11^h CIE 2019)*, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Αθήνα, 11-13 Οκτωβρίου 2019.
- Σπύρτου, Α., Μάνου, Α., Πέικος, Γ., & Παπαδοπούλου Π. (2018). *Διερευνώντας τα Μυστικά του Νανόκοσμου*, Αθήνα: Gutenberg - Δαρδανός.

Abstract

In recent years, technological development, innovation, and research have engaged in a "road race" to tackle the great, global, and humanistic problems of the 21st century. The research of the connection of the scientific community and society within the European Union took its first steps at the beginning of the 21st century, reaching today with the concept of Responsible Research and Innovation (RRI) which holds a very important position, according to the European Commission, in the European Research and Innovation Program for the period 2014-2020. The Responsible Research and Innovation has as its significant role the design of an open to all and sustainable method of research and innovation weighing the expectations and reservations of all social, scientific, political, and business actors. This paper presents the basic idea, the framework of RRI and the activities aimed at its integration through the understanding of its conceptual dimensions and how they are applied during its implementation.

Keywords: Responsible Research and Innovation, Teacher Training, STEAM Education