



Πανεπιστήμιο
Κύπρου

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ

**ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΜΕ ΕΠΙΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΤΗΝ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ STEAM**

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΙΑΚΩΒΟΥ

2021



**Πανεπιστήμιο
Κύπρου**

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ

**ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΜΕ ΕΠΙΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΤΗΝ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ STEAM**

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΙΑΚΩΒΟΥ

**Διπλωματική εργασία η οποία υποβλήθηκε προς απόκτηση
μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στο Πανεπιστήμιο Κύπρου**

Δεκέμβριος, 2021

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΙΑΚΩΒΟΥ

ΣΕΛΙΔΑ ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑΣ

Όνομα φοιτητή/φοιτήτριας: Κωνσταντίνα Ιακώβου

Τίτλος Διπλωματικής εργασίας: Επισκόπηση της Επιστημονικής Βιβλιογραφίας με
Επικέντρωση στην Ολοκληρωμένη Εκπαίδευση STEAM

*Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο των σπουδών για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στο **Τμήμα Επιστημών στις Αγωγές και εγκρίθηκε στις 17 Δεκεμβρίου 2021 από τα μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής.***

Εξεταστική Επιτροπή:

Ερευνητικός Σύμβουλος:

Δρ. Ζαχαρίας Ζαχαρία, Καθηγητής (Πρόεδρος)

Μέλος Επιτροπής:

Δρ. Κωνσταντίνος Κορφιάτης, Αναπληρωτής Καθηγητής

Μέλος Επιτροπής:

Δρ. Ελένη Λοΐζου, Καθηγήτρια

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία υποβάλλεται προς συμπλήρωση των απαιτήσεων για απονομή Μεταπτυχιακού Τίτλου του Πανεπιστημίου Κύπρου. Είναι προϊόν πρωτότυπης εργασίας αποκλειστικά δικής μου, εκτός των περιπτώσεων που ρητώς αναφέρονται μέσω βιβλιογραφικών αναφορών, σημειώσεων ή και άλλων δηλώσεων.

..... Ονοματεπώνυμο

..... Υπογραφή

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζει μια επισκόπηση της διεθνούς επιστημονικής βιβλιογραφίας με επικέντρωση στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM με σκοπό να διερευνήσει τις επιλογές που μπορεί να έχουν στη διάθεσή τους τα ενδιαφερόμενα μέρη (εκπαιδευτικοί δημοτικής και μέσης εκπαίδευσης, Υπουργείο Παιδείας, Βιομηχανικοί Εταίροι) ώστε να διεκπεραιώσουν μεσο-μακροπρόθεσμα μια επιτυχημένη μετάβαση από τη σημερινή κατάσταση στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM. Επιλέξαμε και αναλύσαμε 27 δημοσιεύσεις της τελευταίας τριετίας (2019-2021). Παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα της ανάλυσης με τη μορφή μιας προσαρμοσμένης Ανάλυσης Ερεισμάτων, Αδυναμιών, Ευκαιριών και Απειλών που αναδεικνύει ενδο-ομαδικά και διομαδικά στοιχεία που είτε ευνοούν είτε δυσχεραίνουν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM. Αξιοποιώντας την ίδια ανάλυση ως εργαλείο λήψης αποφάσεων, συζητάμε τα κυριότερα αποτελέσματά μας προτείνοντας συγκεκριμένες εισηγήσεις για την προώθηση της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM.

Λέξεις-κλειδιά: ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM, ενσωμάτωση STEAM

ABSTRACT

This dissertation presents a review of the international scientific literature focusing on integrated STEAM education to explore stakeholder options (options available for primary and secondary education teachers, Ministry of Education, Industrial partners) for a successful transition from the current state to integrated STEAM education in the mid- to long-term. We selected and analyzed 27 articles published in the last three years (2019-2021). We present the results of an adapted Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats Analysis, which reveals ingroup and inter-group aspect which can either promote or hinder integrated STEAM education. Exploiting the same analysis as a decision-making tool, we discuss the main findings formulating specific recommendations for facilitating the transition towards integrated STEAM education.

Keywords: integrated STEAM education; STEAM integration; STEAM-integrated

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ολοκλήρωση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας υλοποιήθηκε με την υποστήριξη ενός αριθμού ατόμων στους οποίους θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου.

Επιθυμώ να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους καθηγητές της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής, τους Δρ. Ζαχαρία Χ. Ζαχαρία, Δρ. Κωνσταντίνο Κορφιάτη και την Δρ. Ελένη Λοΐζου για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας και ιδιαίτερος τον πρώτο εξ' αυτών για την πολύτιμη βοήθειά του. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιστημονικό συνεργάτη Δρ. Τάσο Χοβαρδά για την άπειρη βοήθειά του, καθώς και για τις καίριες υποδείξεις του, ώστε να γίνει η εργασία όσο το δυνατόν αρτιότερη. Επίσης, ευχαριστώ όλους όσοι συνέβαλαν με χρήσιμες πληροφορίες και ανατροφοδότηση για τη βελτίωση της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, επιθυμώ να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς όλους τους καθηγητές του Μεταπτυχιακού Προγράμματος: «Μάστερ στις Φυσικές Επιστήμες και το Περιβάλλον με κατεύθυνση Φυσικές Επιστήμες», για το υπέροχο γνωσιακό ταξίδι και τις εμπειρίες κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στην οικογένειά μου για την αδιάκοπη στήριξη που μου παρέχουν. Πάνω απ' όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον σύζυγό μου για τη συνεχή συμπαράστασή του καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησής μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα, στον οποίο αφιερώνω την παρούσα εργασία.

Κωνσταντίνα Ιακώβου,

Δεκέμβριος, 2021

Αφιέρωση

Στον σύζυγό μου

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΙΑΚΩΒΟΥ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	5
<i>Συλλογή δεδομένων.....</i>	<i>5</i>
<i>Ανάλυση δεδομένων.....</i>	<i>6</i>
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	8
Ερείσματα - Ενδο-ομαδικά στοιχεία που ευνοούν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM.....	8
Αδυναμίες - Ενδο-ομαδικά στοιχεία που δυσχεραίνουν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM.....	11
Ευκαιρίες - Διομαδικά στοιχεία που ευνοούν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM.....	14
Απειλές - Διομαδικά στοιχεία που δυσχεραίνουν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	22
Εκπαίδευση και κατάρτιση εκπαιδευτικών στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM.....	22
Μαθηματικά και ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM.....	25
Προσαρμογές στο αναλυτικό πρόγραμμα και τα ωρολόγια προγράμματα για την προώθηση της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM.....	26
Συνεργασία μεταξύ των εκπαιδευτικών για την προώθηση της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM.....	27
Βιβλιογραφία.....	29
Παράρτημα.....	34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ

Εισαγωγή

Το αρκτικόλεξο STEM περιλαμβάνει τα γνωστικά πεδία των φυσικών επιστημών (science), της τεχνολογίας (technology), της μηχανικής (engineering) και των μαθηματικών (mathematics) και σηματοδοτεί την ανάγκη για ενιαία αναφορά σε όλα αυτά τα πεδία (Stroud et al., 2019). Προτάθηκε για πρώτη φορά στις αρχές του 1990 από το Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής με τη μορφή τότε του αρκτικόλεξου SMET, το οποίο για φωνητικούς λόγους άλλαξε σε STEM (Chu et al., 2019). Από την εισαγωγή της στα εκπαιδευτικά συστήματα ως και σήμερα, η εκπαίδευση STEM αποσκοπεί στην καλλιέργεια γνώσεων και δεξιοτήτων που κρίνονται απαραίτητες στην αγορά εργασίας για την αντιμετώπιση σημαντικών προκλήσεων στις σύγχρονες κοινωνίες, αλλά και στην ενίσχυση του ενδιαφέροντος και των κινήτρων των εκπαιδευομένων στα γνωστικά πεδία STEM που παρουσιάζουν μια σχετική κάμψη (Tasiopoulou et al., 2020). Πρόσφατα, το ακρωνύμιο STEM έχει επεκταθεί για να συμπεριλάβει το γράμμα «Α» (STEAM), που άλλοτε αντιπροσωπεύει τις τέχνες (art), ως ανάδειξη της σημασίας της δημιουργικότητας στην εκπαίδευση STEAM, και άλλοτε παρουσιάζεται ως η πλέον περιεκτική αναφορά σε όλα τα υπόλοιπα γνωστικά αντικείμενα (all), υπογραμμίζοντας και ενισχύοντας ακόμη περισσότερο τη διαθεματικότητα και διεπιστημονικότητα του όρου. Στο σημείο αυτό οφείλουμε να σημειώσουμε ότι οι φυσικές επιστήμες (science) που αντιστοιχούν στο πρώτο γράμμα του αρκτικόλεξου STEAM αποτελούν και αυτές μια διαθεματική και διεπιστημονική περιοχή, αφού προκύπτουν από τη συμπερίληψη όλων των φυσικών επιστημών (Αστρονομία, Βιολογία, Γεωεπιστήμες, Φυσική, Χημεία) σε ένα γνωστικό πεδίο.

Μέχρι και σήμερα στα σχολεία της δημοτικής και της μέσης εκπαίδευσης, τα γνωστικά πεδία STEAM διδάσκονται διακριτά σε ξεχωριστές διδακτικές περιόδους. Στη μέση εκπαίδευση, ειδικότερα, τα γνωστικά αυτά πεδία διδάσκονται από διαφορετικούς εκπαιδευτικούς με εξειδίκευση σε ένα συγκεκριμένο αντικείμενο σπουδών. Η υφιστάμενη μερικότητα και αποσπασματικότητα στη διδασκαλία των STEAM δεν εξυπηρετεί την καλλιέργεια των ζητούμενων δεξιοτήτων που έχουν αναφερθεί. Για τον λόγο αυτό, την τελευταία δεκαετία έχουν αναληφθεί πρωτοβουλίες για ουσιαστική ενσωμάτωση των γνωστικών πεδίων STEAM στην εκπαίδευση. Με τον όρο «ενσωμάτωση» (STEAM integration) εννοούμε τη διεπιστημονική προσέγγιση της διδασκαλίας, δηλαδή τον συνδυασμό δύο ή περισσότερων γνωστικών πεδίων στον παιδαγωγικό σχεδιασμό και τις εκπαιδευτικές παρεμβάσεις/εφαρμογές (Moore et al., 2014; Tasiopoulou et al., 2020). Ένα από τα συγκριτικά πλεονεκτήματα μιας τέτοιας προσέγγισης που ενσωματώνει περισσότερα από ένα

γνωστικά πεδία STEAM σε μια εκπαιδευτική παρέμβαση (εναλλακτικά: ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM - integrated STEAM education) είναι η έμφαση στην επίλυση αυθεντικών ερωτημάτων και προκλήσεων που αναδεικνύουν τη συνθετότητα των σχετικών προβλημάτων (Thibaut et al., 2019). Λαμβάνοντας ως δεδομένο ότι τα προβλήματα που καλούνται να αντιμετωπίσουν σε παγκόσμιο επίπεδο όλες οι κοινωνίες σήμερα απαιτούν μια προσέγγιση διεπιστημονική, η ενσωμάτωση των γνωστικών πεδίων STEAM σε μια ενιαία παιδαγωγική προσέγγιση, μέσα από την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM, καθίσταται αναγκαία.

Όπως ορίζεται από το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής, η ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM εστιάζει σε σύνθετα φαινόμενα και απαιτεί από τους/τις εκπαιδευόμενους/ες την αξιοποίηση γνώσεων και δεξιοτήτων από διαφορετικές γνωστικές περιοχές (Wang et al., 2020). Επιπλέον, προωθεί την κριτική σκέψη (Aydin, 2020). Η ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM επιτρέπει στους μαθητές να αποκτήσουν γνώσεις και δεξιότητες απαραίτητες για την μελλοντική τους απασχόληση και σταδιοδρομία. Στην Αυστραλία, για παράδειγμα, οι μαθητές/τριες με τις απαιτούμενες δεξιότητες STEAM αναμένεται να αποκτήσουν απόλυτη προτεραιότητα στην αγορά εργασίας εφόσον ανταποκρίνονται στις σχετικές, επείγουσες ανάγκες της οικονομίας και κοινωνίας (Zhou et al., 2020). Κρίσιμη είναι στην περίπτωση αυτή η ικανότητα επίλυσης προβλημάτων που καθορίζει τη ζήτηση για εργατικό δυναμικό με δεξιότητες STEAM (Zhou et al., 2020). Μια ακόμη κρίσιμη δεξιότητα που εξασφαλίζει στους/τις εκπαιδευόμενους/ες ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην αγορά εργασίας είναι η καινοτομία (Liao, 2019). Για όλους τους παραπάνω λόγους, η ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM θεωρείται προϋπόθεση για την βελτίωση της ανταγωνιστικότητας μιας χώρας (Chu et al., 2019). Οι ίδιοι λόγοι αναδεικνύουν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM και ως ένα από τα πλέον βασικά εργαλεία για την υλοποίηση των Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης (Sustainable Development Goals) (Tasiopoulou et al., 2020).

Παρά την ευρεία αποδοχή της ανάγκης για ενσωμάτωση των επιμέρους γνωστικών πεδίων STEAM στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM, οι διαθέσιμες προσεγγίσεις στη διεπιστημονική διδασκαλία STEAM δεν κρίνονται ικανοποιητικές για να εξασφαλίσουν μια περιεκτική και εμπειριστατωμένη θεωρητική και μεθοδολογική βάση (Aguilera et al., 2021). Την ίδια στιγμή, η εισαγωγή της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM εξαρτάται από τις σχετικές στάσεις των εκπαιδευτικών (Thibaut et al., 2019), ενώ συσσωρεύει για τους/τις εκπαιδευτικούς της δημοτικής και μέσης εκπαίδευσης υψηλές απαιτήσεις (Hovardas., 2020). Ένα πιθανότατο πρόβλημα εδώ ενδέχεται να είναι η χαμηλή προσλαμβανόμενη αυτο-αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών, δηλαδή, η αντίληψη που έχουν για το κατά πόσο οι ίδιοι θα καταφέρουν να ανταποκριθούν στις υψηλές απαιτήσεις της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM (Kelley et al.,

2020). Αν η προσλαμβανόμενη αυτο-αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών, όπως ορίστηκε, επηρεάζεται αρνητικά από την έλλειψη κατάλληλου υποστηρικτικού υλικού και επαγγελματικής κατάρτισης, τότε τα αρνητικά αυτά αποτελέσματα αναμένεται να επηρεάσουν τόσο την πραγματική εισαγωγή της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM στις σχολικές μονάδες όσο και τις αντίστοιχες επιδόσεις των μαθητών. Με δεδομένο ότι η ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM εμπλέκει μια σειρά από ενδιαφερόμενα μέρη/κοινωνικούς εταίρους (stakeholders), η κατανόηση των στάσεων και των προσδοκιών των εταίρων αυτών μπορεί να βοηθήσει στην αποτελεσματικότερη ένταξη της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM στα σχολεία. Επιπρόσθετα, η κατανόηση των τοποθετήσεων των ενδιαφερόμενων μερών (εκπαιδευτικοί, θεσμικοί φορείς, όπως τα Υπουργεία Παιδείας, βιομηχανικοί εταίροι) μπορεί ακόμη να βελτιώσει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των εταίρων. Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι υπάρχουν θετικές στάσεις και προθέσεις από τους εκπαιδευτικούς ως προς την υιοθέτηση της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM, αλλά η τρέχουσα σχολική πρακτική και η απαιτούμενη θεσμική μεταρρύθμιση εξακολουθούν να υστερούν έναντι των καταγεγραμμένων κοινωνικών αναγκών για την προώθηση της διεπιστημονικότητας και την απρόσκοπτη ένταξη της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM (Hovardas et.al, 2020).

Ο σκοπός της παρούσας βιβλιογραφικής έρευνας είναι η διερεύνηση των επιλογών που μπορούν να έχουν τα ενδιαφερόμενα μέρη/οι κοινωνικοί εταίροι (εκπαιδευτικοί δημοτικής και μέσης εκπαίδευσης, θεσμικοί φορείς όπως το Υπουργείο Παιδείας, βιομηχανικοί εταίροι) ώστε να διεκπεραιώσουν μεσο-μακροπρόθεσμα μια επιτυχημένη μετάβαση από τη σημερινή κατάσταση στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM. Τα επιμέρους ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας είναι τα εξής:

1. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά των ενδιαφερόμενων μερών που ευνοούν τη συγκεκριμένη μετάβαση;
2. Ποια είναι τα σημαντικότερα εμπόδια σήμερα που δυσχεραίνουν τη συγκεκριμένη μετάβαση;
3. Υπό ποιους όρους είναι εφικτή η συνεργασία των ενδιαφερομένων μερών προκειμένου να διεκπεραιωθεί η συγκεκριμένη μετάβαση;

Τα αποτελέσματα της έρευνας θα παρουσιαστούν με τη μορφή μιας κατάλληλα προσαρμοσμένης Ανάλυσης Ερεισμάτων, Αδυναμιών, Ευκαιριών και Απειλών (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats Analysis - SWOT), στις ακόλουθες ενότητες: Ερείσματα (ενδο-ομαδικά στοιχεία, δηλαδή στοιχεία εσωτερικά για κάθε ενδιαφερόμενο μέρος, που ευνοούν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM), Αδυναμίες (ενδο-ομαδικά στοιχεία που δυσχεραίνουν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM), Ευκαιρίες (διομαδικά στοιχεία, δηλαδή στοιχεία που

αφορούν στην αλληλεπίδραση μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών, τα οποία ευνοούν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM), Απειλές (διομαδικά στοιχεία που δυσχεραίνουν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM). Η συνεισφορά της παρούσας εργασίας έγκειται στο γεγονός ότι θα προσδιορίσει τα σημεία εκείνα στα οποία θα πρέπει να επικεντρωθούν τα ενδιαφερόμενα μέρη, για να προωθήσουν την ένταξη της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM.

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΙΑΚΩΒΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Συλλογή δεδομένων

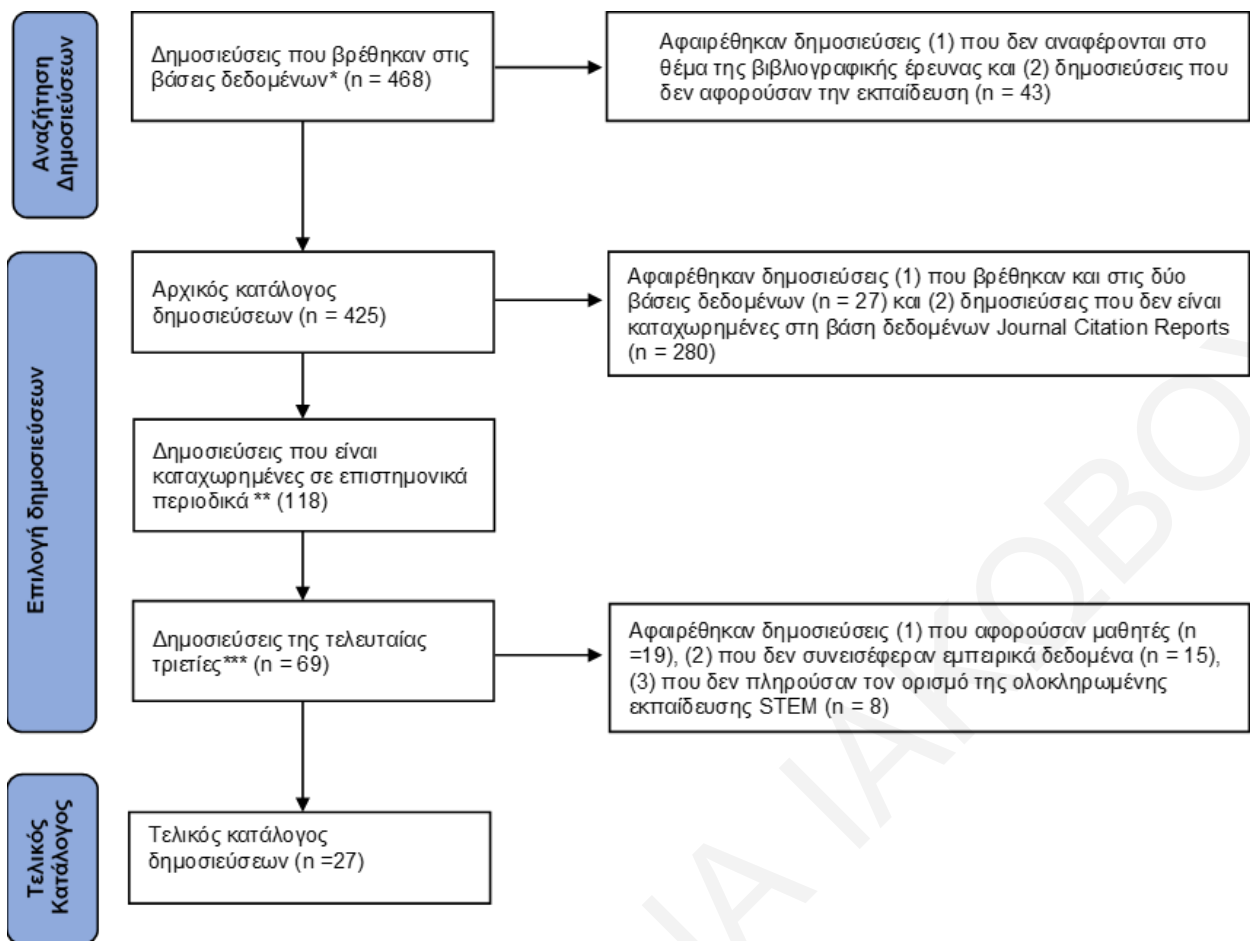
Αναζητήθηκαν επιστημονικές δημοσιεύσεις (επιστημονικά ερευνητικά άρθρα, επισκοπήσεις βιβλιογραφίας και άρθρα σχολιασμού) στην Αγγλική γλώσσα, μεταξύ των ετών 2010 και 2021, σε δύο διαφορετικές βάσεις δεδομένων: ERIC (<https://eric.ed.gov/>) και SCOPUS (<https://www.scopus.com/home.uri>). Οι λέξεις-κλειδιά της αναζήτησης ήταν “integrated STEM/STEAM” ή “STEM/STEAM integration” ή “STEM/STEAM-integrated” στον τίτλο του άρθρου. Στη συνέχεια, αφαιρέθηκαν όλα τα άρθρα που δεν αναφέρονται στο θέμα της έρευνας (π.χ., άρθρα με επικέντρωση σε βλαστικά κύτταρα – stem cells) και όσα δεν αφορούσαν την εκπαίδευση. Δημιουργήθηκε, με τον τρόπο αυτό, ένας αρχικός κατάλογος 425 άρθρων. Ακολούθως, εντοπίστηκαν οι δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά που είναι καταχωρημένα στη βάση δεδομένων Journal Citation Reports (<https://jcr.clarivate.com/jcr/home>). Μετά την αφαίρεση των δημοσιεύσεων που δεν συμπεριλαμβάνονταν σε περιοδικά στην βάση δεδομένων που αναφέρθηκε, ο αρχικός κατάλογος μειώθηκε σε 118 δημοσιεύσεις. Από αυτές, επιλέχθηκαν οι δημοσιεύσεις της τελευταίας τριετίας (2019-2021) που είναι 69. Αυτές εξετάστηκαν με βάση τα ακόλουθα κριτήρια:

1. Οι δημοσιεύσεις πρέπει να περιλαμβάνουν σαφές περιεχόμενο που να παραπέμπει στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM, όπως έχει οριστεί στο πλαίσιο της παρούσας βιβλιογραφικής έρευνας.
2. Οι δημοσιεύσεις πρέπει να περιλαμβάνουν εμπειρικά δεδομένα (είτε ποιοτικά, είτε ποσοτικά, ή να παρουσιάζουν δεδομένα μετα-ανάλυσης).
3. Οι δημοσιεύσεις πρέπει να αναφέρονται στα ακόλουθα ενδιαφερόμενα μέρη (stakeholders): Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, Υπουργεία (ή εξαρτώμενοι από Υπουργεία φορείς και οργανισμοί, όπως Παιδαγωγικά Ινστιτούτα) ενδιαφερόμενα μέρη του ιδιωτικού τομέα (π.χ., εταιρείες που παράγουν εκπαιδευτικό υλικό για ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM).

Όσες δημοσιεύσεις δεν πληρούσαν τα τρία αυτά κριτήρια δεν περιλήφθηκαν στο στάδιο ανάλυσης των δεδομένων. Συνολικά, αναλύσαμε 27 δημοσιεύσεις της τριετίας 2019-2021 με βάση τα κριτήρια αναζήτησης και τα κριτήρια τελικής επιλογής που αναφέρθηκαν (οι δημοσιεύσεις αυτές δίνονται στη βιβλιογραφία με αστερίσκο). Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται όλα τα στάδια που ακολουθήσαμε για τη συλλογή των δεδομένων.

Ανάλυση δεδομένων

Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήσαμε ένα σύστημα κωδικοποίησης στηριγμένο σε μια τροποποιημένη εκδοχή της Ανάλυσης SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats – Ερείσματα, Αδυναμίες, Ευκαιρίες, Απειλές). Συγκεκριμένα, καταγράψαμε για τέσσερα διαφορετικά ενδιαφερόμενα μέρη (Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, Υπουργεία ή εξαρτώμενοι από Υπουργεία φορείς και οργανισμοί, βιομηχανικοί εταίροι, π.χ., εταιρείες που παράγουν εκπαιδευτικό υλικό για ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM) ενδο-ομαδικά (στοιχεία εσωτερικά για κάθε ενδιαφερόμενο μέρος) και διο-μαδικά στοιχεία (στοιχεία που αναφέρονται σε αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών) τα οποία βρήκαμε στις δημοσιεύσεις που αναλύσαμε είτε να ευνοούν είτε να δυσχεραίνουν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM. Τα ενδιαφερόμενα μέρη δόθηκαν σε διαφορετικές στήλες, ενώ τα προωθητικά και ανασταλτικά στοιχεία δόθηκαν σε διαφορετικές γραμμές του Πίνακα SWOT (Παράρτημα). Μια δεύτερη κωδικοποίηση των καταχωρήσεων έγινε με βάση το περιεχόμενό τους και δίνεται με κεφαλαία γράμματα σε κάθε καταχώρηση στο Παράρτημα. Ένας έλεγχος εγκυρότητας και των δύο κωδικοποιήσεων για ένα ποσοστό 10% του συνόλου των δεδομένων (σύμπτωση στα αποτελέσματα της κωδικοποίησης ως προς την Ανάλυση SWOT μεταξύ της συγγραφέως και ενός έμπειρου ερευνητή εξειδικευμένου σε ποιοτική ανάλυση δεδομένων) έδειξε ότι ο δείκτης αξιοπιστίας της ανάλυσης ξεπέρασε και στις δύο περιπτώσεις το 85% (inter-rater reliability index, Cohen's Kappa).



* Επιστημονικές δημοσιεύσεις (επιστημονικά ερευνητικά άρθρα, επισκοπήσεις βιβλιογραφίας και άρθρα σχολιασμού) στην Αγγλική γλώσσα, μεταξύ των ετών 2010 και 2021, σε δύο διαφορετικές βάσεις δεδομένων: ERIC (<https://eric.ed.gov/>) και SCOPUS (<https://www.scopus.com/home.uri>).

** Δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά που είναι καταχωρημένα στη βάση δεδομένων JCR -Journal Citation Reports

*** Επιλέχθηκαν για ανάλυση οι δημοσιεύσεις της τελευταίας τριετίας (2019-2021).

Σχήμα 1: Στάδια που ακολουθήθηκαν για την επιλογή των δημοσιεύσεων στη βιβλιογραφική έρευνα. Ο συγκεκριμένος τρόπος παρουσίασης προτάθηκε από τους Page et al. (2021).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Αποτελέσματα

Στο Παράρτημα δίνονται αναλυτικά τα ευρήματα της έρευνας με τη μορφή ενός εκτεταμένου πίνακα Ερεισμάτων, Αδυναμιών, Ευκαιριών και Απειλών (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats - SWOT). Σε διαφορετικές στήλες βρίσκουμε τα ενδιαφερόμενα μέρη στα οποία επικεντρωθήκαμε (εκπαιδευτικοί δημοτικής και μέσης εκπαίδευσης, Υπουργείο Παιδείας, Βιομηχανικοί εταίροι), ενώ σε διαφορετικές γραμμές παρουσιάζονται ενδο-ομαδικά στοιχεία που ευνοούν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM (Ερείσματα – Strengths), ενδο-ομαδικά στοιχεία που δυσχεραίνουν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM (Αδυναμίες – Weaknesses), διομαδικά στοιχεία που ευνοούν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM (Ευκαιρίες – Opportunities) και διομαδικά στοιχεία που δυσχεραίνουν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM (Απειλές – Threats). Διαβάζοντας κανείς μια στήλη από πάνω προς τα κάτω, μπορεί να έχει μια ολοκληρωμένη επισκόπηση για κάθε ενδιαφερόμενο μέρος, ενώ η ανάγνωση μιας γραμμής από τα αριστερά προς τα δεξιά παρέχει μια πλήρη εποπτεία στο ίδιο πεδίο στοιχείων για κάθε ενδιαφερόμενο μέρος (είτε Ερείσματα, είτε Αδυναμίες, είτε Ευκαιρίες, είτε Απειλές). Για κάθε πεδίο, οι καταχωρήσεις περιλαμβάνονται στο Παράρτημα με έναν αύξοντα αριθμό για τον ευκολότερο εντοπισμό τους και έχουν ταξινομηθεί σε κατηγορίες ανάλογα με το περιεχόμενό τους. Κάθε καταχώρηση συνοδεύεται από την επιστημονική αναφορά που την περιλαμβάνει και από τη σχετική κατηγορία όπου έχει ταξινομηθεί.

Ερείσματα - Ενδο-ομαδικά στοιχεία που ευνοούν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM

Στο πεδίο των ερεισμάτων, οι ΣΤΑΣΕΙΣ και ο ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ συγκέντρωσαν ως κατηγορίες των μεγαλύτερο αριθμό καταχωρήσεων (11 και 12, αντίστοιχα). Η κατηγορία ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ περιέλαβε 4 ακόμη καταχωρήσεις.

Θετικές στάσεις απέναντι στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM αναφέρθηκαν τόσο από εκπαιδευτικούς δημοτικής όσο και από εκπαιδευτικούς μέσης εκπαίδευσης. Για τους εκπαιδευτικούς δημοτικής εκπαίδευσης, τα πλεονεκτήματα της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM περιλαμβάνουν αυξημένη δημιουργικότητα, μακροχρόνια μαθησιακά αποτελέσματα, και την ανάπτυξη κριτικής σκέψης (Aydin, 2020, σελ. 19) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, καταχώρηση 1). Σύμφωνα και πάλι με ενδοϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς, η εφαρμογή της εκπαίδευσης STEAM στις πρώτες τάξεις του Δημοτικού προωθεί τη

δημιουργικότητα, την επίλυση προβλημάτων και την καινοτομία (Aydin, 2020, σελ. 21) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, καταχώρηση 2). Η επίλυση προβλημάτων αναφέρθηκε μία ακόμη φορά ως παράδειγμα κατανόησης της διεπιστημονικότητας στην εκπαίδευση STEAM από ενδοϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς δημοτικής εκπαίδευσης (Hourigan et al., 2021 σελ. 15, Yuksel, 2020, σελ. 253) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, καταχώρηση 3 και 4). Επιπρόσθετα, ο χρόνος υπηρεσίας φαίνεται να αυξάνει την ετοιμότητα διδασκαλίας αναφορικά με την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM (Dong et al. 2019 σελ. 30) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, καταχώρηση 5). Μία ακόμη μελέτη έδειξε ότι εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης με περισσότερα από 10 χρόνια υπηρεσίας παρουσίασαν υψηλότερη ετοιμότητα διδασκαλίας συγκριτικά με συναδέλφους τους με λιγότερα από 10 χρόνια υπηρεσίας (Dong et al., 2020, σελ. 8) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, καταχώρηση 6). Σε αντιδιαστολή με τους εκπαιδευτικούς μέσης εκπαίδευσης, οι ενδοϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης έχουν θετικότερες πεποιθήσεις αναφορικά με την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM, έχουν εμπλακεί περισσότερο στην πρακτική εφαρμογή της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM και παρουσίασαν υψηλότερη ετοιμότητα διδασκαλίας αναφορικά με την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM (Dong et al., 2020, σελ. 8) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, καταχώρηση 7). Και για τους εκπαιδευτικούς μέσης εκπαίδευσης, όμως, έχουν καταγραφεί θετικές στάσεις απέναντι στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM, οι οποίες αναφέρονται στην αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών για μάθηση, την προώθηση της διεπιστημονικής σκέψης και την ενίσχυση της ικανότητας επίλυσης προβλημάτων (Dong et al., 2020, σελ. 7) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 10). Η διδακτική εμπειρία φαίνεται και εδώ να αυξάνει την αποδοχή της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM, ειδικά αν η εμπειρία αυτή είναι πολυεπιστημονική και περιλαμβάνει εμπειρία στη διδασκαλία της επιστήμης, της τεχνολογίας και των μαθηματικών (Thibaut et al., 2019, σελ. 1001) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 11). Η διδακτική εμπειρία ακόμη αυξάνει την ετοιμότητα να διδάξει ένας εκπαιδευτικός ένα μάθημα STEAM (Dong et al. 2019, σελ. 30) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 12). Πρέπει να αναφερθεί ότι η εξοικείωση των προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών μέσης εκπαίδευσης με καινοτόμες μεθόδους διδασκαλίας που προωθούν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM, όπως η χρήση του λογισμικού Algodoo, φαίνεται να απομειώνει τις αρχικές τους επιφυλάξεις και να αυξάνει τον βαθμό αποδοχής της καινοτομίας.

Αναφορικά με θέματα παιδαγωγικού σχεδιασμού, σε μια έρευνα με ενδοϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς δημοτικής εκπαίδευσης υπογραμμίστηκε ότι η εκμάθηση των μαθηματικών διευκολύνεται όταν γίνεται μέσα από τις εφαρμογές STEAM (Aydin, 2020, σελ. 17) (Παράρτημα,

Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, καταχώρηση 8) και ότι προάγεται ιδιαίτερα επειδή η ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM εστιάζει σε προβλήματα καθημερινής ζωής (Aydin, 2020, σελ. 17) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, καταχώρηση 9). Αντίστοιχη έμφαση στην ενασχόληση με προβλήματα καθημερινής ζωής δόθηκε και από εκπαιδευτικούς μέσης εκπαίδευσης, χωρίς επικέντρωση στα μαθηματικά, αυτή τη φορά, αλλά με αναφορά στις σχετικές προκλήσεις που θα κληθούν να αντιμετωπίσουν οι μαθητές ως πολίτες στο μέλλον (Johnston et al., 2019, σελ. 434, Wang et al., 2020, σελ 8) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 14). Πρόσθετα ευρήματα που αφορούν τον παιδαγωγικό σχεδιασμό για εκπαιδευτικούς μέσης εκπαίδευσης περιλαμβάνουν μεθόδους που ενδείκνυνται για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM και έχουν αξιοποιηθεί σχετικά, όπως η μέθοδος project (Gardner & Tillotson 2019, σελ. 1289) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 15) και το παιχνίδι ρόλων (Johnston et al., 2019, σελ. 434, Leung, 2020, σελ 8) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 16). Η μοντελοποίηση είναι μια στρατηγική μάθησης και διδασκαλίας για τη μέση εκπαίδευση που μπορεί να αξιοποιηθεί στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM (Hallström & Schönborn, 2019, σελ. 8) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 17), ενώ η μηχανική έχει προταθεί ως οργανώτρια αρχή για τον παιδαγωγικό σχεδιασμό στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM (Johnston et al., 2019, σελ. 432) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 18). Μια ακόμη στρατηγική που προτείνεται για τον σχεδιασμό ολοκληρωμένων μαθημάτων STEAM στη μέση εκπαίδευση είναι όταν ο εκπαιδευτικός ξεκινά από το γνωστικό πεδίο που γνωρίζει καλύτερα και στη συνέχεια επιχειρεί να διασυνδέσει το πεδίο αυτό με τα υπόλοιπα πεδία STEAM (Brown & Bogiages, 2019, σελ. 124, Ryu et al., 2019, σελ. 501) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 19). Οι αναφορές στον παιδαγωγικό σχεδιασμό περιλαμβάνουν επίσης 1 καταχώρηση που αφορά λήψη αποφάσεων σε θεσμικό επίπεδο (Υπουργείο Παιδείας), όπου τονίζεται η δυνατότητα διεπιστημονικής διασύνδεσης μαθημάτων μέσα από μια αντίστοιχη προσαρμογή του σχολικού προγράμματος σπουδών (Leung 2020, σελ. 9) (Παράρτημα, Υπουργείο Παιδείας, καταχώρηση 24) και 3 καταχωρήσεις για τους βιομηχανικούς εταίρους που αναφέρονται στην εκπαιδευτική ρομποτική. Συγκεκριμένα, ο προγραμματισμός μέσα από την εκπαιδευτική ρομποτική ευνοεί την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM στον βαθμό που επιτρέπει τη διατύπωση και επίλυση προβλημάτων που σχετίζονται με την καθημερινή ζωή (Çetin & Demircan, 2020, σελ. 1331) (Παράρτημα, Βιομηχανικοί εταίροι, καταχώρηση 25). Επίσης, ο προγραμματισμός μέσα από την εκπαιδευτική ρομποτική προσφέρεται για την αποτελεσματική εμπλοκή των μαθητών με την μηχανική και την τεχνολογία (Çetin & Demircan, 2020, σελ. 1331) (Παράρτημα, Βιομηχανικοί εταίροι, καταχώρηση 26), ειδικά σε μικρές ηλικίες (Çetin & Demircan, 2020, σελ. 1332) (Παράρτημα, Βιομηχανικοί εταίροι, καταχώρηση 27).

Το πεδίο των ερεισμάτων ολοκληρώνεται με καταχωρήσεις σχετικές με τη συνεργασία εκπαιδευτικών, οι οποίες όλες αναφέρονται στη μέση εκπαίδευση. Ειδικότερα, η συνεργασία μεταξύ εκπαιδευτικών διαφορετικών αντικειμένων STEAM προωθηθεί τη διεπιστημονικότητα στη διδασκαλία STEAM (Wang et al., 2020, σελ. 6) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 20) και συμβάλλει καθοριστικά στη δημιουργία μιας σχετικής κοινότητας πρακτικής (Leung, 2020, σελ. 8) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 21), ενώ η υποστήριξη από συναδέλφους είναι καθοριστική για την ενίσχυση της συμμετοχής των εκπαιδευτικών στη διδασκαλία STEAM (Dong et al., 2019 σελ. 30) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 22). Η διεπιστημονική συνεργασία για τη διδασκαλία STEAM μπορεί να διεκπεραιωθεί είτε όταν οι ενδοϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί αναλαμβάνουν ο καθένας και η καθεμιά τον δικό του/της ρόλο σε διαφορετικές αίθουσες στο πλαίσιο του καθημερινού σχολικού προγράμματος είτε σε χρόνο εκτός του καθημερινού σχολικού προγράμματος (Wang et al., 2020, σελ 7) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 22).

Αδυναμίες - Ενδο-ομαδικά στοιχεία που δυσχεραίνουν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM

Πέρα από τα ερείσματα που αναλύθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, διαπιστώνονται αδυναμίες που δυσχεραίνουν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM και αφορούν κυρίως τις ΣΤΑΣΕΙΣ των εκπαιδευτικών μέσης εκπαίδευσης (10 καταχωρήσεις). Δευτερευόντως, οι αδυναμίες αναφέρονται σε ΕΛΛΕΙΨΗ ΓΝΩΣΕΩΝ/ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ των εκπαιδευτικών τόσο της δημοτικής όσο της μέσης εκπαίδευσης (4 καταχωρήσεις, συνολικά), στις ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ που υπάρχουν για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM, στις οποίες πρέπει να ανταποκριθούν οι εκπαιδευτικοί και των δύο βαθμίδων (3 καταχωρήσεις, συνολικά), και σε ανεπαρκές ΥΛΙΚΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (3 καταχωρήσεις). Σημειώθηκαν, ακόμη, θέματα ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ, μεταξύ των εκπαιδευτικών μέσης εκπαίδευσης (2 καταχωρήσεις), ενώ υπήρξε και μία καταχώρηση για τον ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ.

Ως προς τις στάσεις που έχουν καταγραφεί στη διεθνή βιβλιογραφία, και σε σύγκριση με τους ενδοϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς δημοτικής εκπαίδευσης, οι ενδοϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης έχουν αρνητικότερες στάσεις απέναντι στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM, εμπλέκονται λιγότερο στην πρακτική εφαρμογή της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM συγκριτικά με τους εκπαιδευτικούς δημοτικής εκπαίδευσης και παρουσίασαν χαμηλότερη ετοιμότητα διδασκαλίας στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM συγκριτικά με τους

εκπαιδευτικούς δημοτικής εκπαίδευσης (Dong et al., 2020, σελ 8) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 31). Ένας από τους λόγους για τους οποίους οι ενδοϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί είναι επιφυλακτικοί να εμπλακούν σε εφαρμογές STEAM είναι η διαπίστωση οι εφαρμογές αυτές ενδέχεται να αυξήσουν την απόσταση ανάμεσα σε μαθητές με σχετικά υψηλότερη επίδοση και εκείνους με σχετικά χαμηλότερη επίδοση (Gale et al., 2020 σελ. 14) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 32). Μια ακόμη σχετική επιφύλαξη εκφράστηκε από προϊσταμένους στις σχετικές διευθύνσεις εκπαίδευσης, που παραμένουν εξαιρετικά επιφυλακτικοί ως προς το αν τα προγράμματα της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM μπορούν να βελτιώσουν τις επιδόσεις των μαθητών/τριών (Balgobal, 2020, σελ. 771, 772) (Παράρτημα, Υπουργείο Παιδείας, καταχώρηση 49). Επιστρέφοντας στους εκπαιδευτικούς μέσης εκπαίδευσης, πολλές στάσεις καταγράφηκαν για καθηγητές μαθηματικών. Συγκεκριμένα, προϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί των μαθηματικών θεώρησαν ότι η ενσωμάτωση STEAM συνδέεται με τις φυσικές επιστήμες και όχι με τα μαθηματικά (Yuksel, 2020, σελ. 252) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 33), ενώ ενδοϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί με αντικείμενο τα μαθηματικά αναφέρθηκε ότι υστερούν ως προς την ετοιμότητα και πρόθεση εμπλοκής στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM σε σύγκριση με τους συναδέλφους τους που διδάσκουν φυσικές επιστήμες (Yuksel, 2020, σελ. 253) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 34). Είναι ενδεικτικό ότι ενδοϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί στα μαθηματικά δεν μπόρεσαν να δώσουν παραδείγματα για τα μαθηματικά στην ενσωμάτωση STEAM (Yuksel, 2020, σελ. 253) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 35). Την ίδια στιγμή, όσο αυξάνεται η εκπαιδευτική προϋπηρεσία για τους εκπαιδευτικούς που διδάσκουν μαθηματικά, τόσο αρνητικότερες είναι οι στάσεις τους απέναντι σε σύγχρονες μεθόδους διδασκαλίας που προωθούνται μέσα από την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM, όπως η διερώτηση και η συνεργατική μάθηση (Thibaut et al., 2019, σελ. 1000) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 36). Ακόμη, αναφέρθηκε ότι ενδοϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί με κατεύθυνση στα μαθηματικά ή την επιστήμη δεν είχαν την αυτοπεποίθηση να εμπλέξουν τους μαθητές/τριές τους σε διαδικασίες μηχανικού σχεδιασμού (Gale et al., 2020 σελ. 14) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 37). Από την άλλη πλευρά, ενδοϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί χωρίς εμπειρία στη διδασκαλία των μαθηματικών ή της επιστήμης επικεντρώνονταν στα πεδία αυτά πολύ λιγότερο κατά τη διάρκεια εκπαιδευτικών παρεμβάσεων, σε σύγκριση με εκπαιδευτικούς που είχαν σχετική εμπειρία (Gale et al., 2020 σελ. 14) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 38). Μια τελευταία καταχώρηση στην κατηγορία των στάσεων αφορά καθηγητές μηχανικής τεχνολογίας, οι οποίοι δεν έδειξαν αντίστοιχη ετοιμότητα για την υποστήριξη της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM, μετά από ένα πρόγραμμα επαγγελματικής κατάρτισης, σε σύγκριση με τους εκπαιδευτικούς των φυσικών επιστημών που παρακολούθησαν το

ίδιο πρόγραμμα (Kelley et al., 2020, σελ.9) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 39).

Στην κατηγορία των αδυναμιών καταγράφηκαν, επίσης, μια σειρά από ελλείψεις γνώσεων ή δεξιοτήτων που δυσχεραίνουν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM. Για παράδειγμα, οι ενδοϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί στο δημοτικό σχολείο μπορεί να γνωρίζουν τις ενδεδειγμένες μαθησιακές προσεγγίσεις, μεθόδους και τεχνικές για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM, αλλά αδυνατούν να τις προσαρμόσουν σε συγκεκριμένες εφαρμογές (Aydin, 2020, σελ. 21) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, καταχώρηση 28). Για τους εκπαιδευτικούς μέσης εκπαίδευσης σημειώθηκε ότι τείνουν να επικεντρώνονται πολύ περισσότερο στο δικό τους γνωστικό αντικείμενο με το οποίο είναι περισσότερο εξοικειωμένοι και υστερούν στην ενσωμάτωση άλλων γνωστικών πεδίων STEAM (Brown & Bogiages, 2019, σελ.124) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 40). Και για τις δύο βαθμίδες, υπογραμμίστηκε ότι η ανεπαρκής γνώση των εκπαιδευτικών για τα γνωστικά πεδία STEAM έχει ως αποτέλεσμα να μην μπορούν να διασυνδέσουν αποτελεσματικά τα πεδία αυτά (Dong et al., 2020, σελ 7) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, καταχώρηση 29 και Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 41).

Μια ακόμη κατηγορία στην ενότητα των αδυναμιών περιλαμβάνει απαιτήσεις που για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM φαίνεται είναι ιδιαίτερα αυξημένες. Για παράδειγμα, οι εφαρμογές STEAM περιλαμβάνουν πολλαπλές απαιτήσεις για τους εκπαιδευτικούς, όπως η χρήση τεχνολογίας και η ανάγκη εξοικείωσης με τη μηχανική, οι οποίες δυσχεραίνουν την εμπλοκή των εκπαιδευτικών (Dong et al., 2020, σελ 7) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, καταχώρηση 30 και Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 42). Για τους εκπαιδευτικούς μέσης εκπαίδευσης επισημάνθηκε, ακόμη, ότι οφείλουν να ετοιμάσουν αρκετό συμπληρωματικό υποστηρικτικό υλικό για τους μαθητές τους προκειμένου να ολοκληρωθεί ο παιδαγωγικός σχεδιασμός για μια εφαρμογή STEAM (Gale et al., 2020 σελ. 43) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 40).

Εντοπίστηκαν δύο ακόμη καταχωρήσεις για τους εκπαιδευτικούς μέσης εκπαίδευσης που αυτή τη φορά αφορούν την μεταξύ τους συνεργασία. Σύμφωνα, λοιπόν, με εκπαιδευτικούς μέσης εκπαίδευσης, η ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM δεν είναι εφικτή χωρίς την κατάλληλη υποστήριξη από τους συναδέλφους εκπαιδευτικούς (Balgobal, 2020, σελ. 771) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 44), ενώ η συνεργασία με συναδέλφους του ίδιου γνωστικού αντικείμενου δεν προωθεί την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM (Wang et al., 2020, σελ 6) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 45).

Τρεις καταχωρήσεις επικεντρώθηκαν στην έλλειψη κατάλληλου υλικού αναφοράς για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM. Η μία από αυτές αφορά τα μαθηματικά, τα οποία συνήθως ενσωματώνονται στις εφαρμογές ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM ως εργαλείο ανάλυσης δεδομένων, χωρίς να προωθούν τον μαθηματικό συλλογισμό. Στην περίπτωση αυτή, υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω έρευνα για τη φύση και συνεισφορά των μαθηματικών στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM (Roehrig et al., 2021, σελ. 16) (Παράρτημα, Υπουργείο Παιδείας, καταχώρηση 46). Οι άλλες δύο καταχωρήσεις που εστιάζουν σε υλικό αναφοράς αφορούν την αξιολόγηση. Συγκεκριμένα, η αναντιστοιχία των εφαρμογών STEAM με τις παραδοσιακές μεθόδους αξιολόγησης δυσχεραίνουν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM (Dong et al., 2020, σελ 7) (Παράρτημα, Υπουργείο Παιδείας, καταχώρηση 47), ενώ, την ίδια στιγμή, δεν υπάρχουν επαρκή παραδείγματα εργαλείων αξιολόγησης για εφαρμογές STEAM (Aydin, 2020, σελ. 16) (Παράρτημα, Υπουργείο Παιδείας, καταχώρηση 48).

Η τελευταία καταχώρηση στην ενότητα των αδυναμιών αναφέρεται στον παιδαγωγικό σχεδιασμό και, πιο συγκεκριμένα, στην ελλιπή διασύνδεση της μη τυπικής εκπαίδευσης με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών: Όταν η γνώση που αποκτάται από μαθήματα STEAM μέσω μη τυπικής εκπαίδευσης εκτός της σχολικής τάξης δε συνδέεται με το πρόγραμμα σπουδών, τότε η γνώση αυτή δεν αποκτά σαφή αξία χρήσης και στον πραγματικό κόσμο, δηλαδή την πραγματική ζωή (Leung, 2020, σελ. 9) (Παράρτημα, Βιομηχανικοί εταίροι, καταχώρηση 50).

Ευκαιρίες - Διομαδικά στοιχεία που ευνοούν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM

Στην ενότητα των ευκαιριών, κυρίαρχη κατηγορία ήταν η ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ των εκπαιδευτικών (18 καταχωρήσεις). Ακολούθησαν σε συχνότητα ζητήματα ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ (6 καταχωρήσεις), θέματα ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ (3 καταχωρήσεις) μεταξύ εκπαιδευτικών, καθώς και περιπτώσεις ΥΛΙΚΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (3 καταχωρήσεις).

Μια σειρά από δημοσιεύσεις αναφέρθηκαν στα θετικά αποτελέσματα προγραμμάτων κατάρτισης εκπαιδευτικών για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM. Συγκεκριμένα, σημειώθηκε ότι οι διαθέσιμες ευκαιρίες επαγγελματικής κατάρτισης τόσο των εκπαιδευτικών δημοτικής εκπαίδευσης όσο και των εκπαιδευτικών μέσης εκπαίδευσης τους δίνουν τη δυνατότητα να διερευνήσουν τρόπους ενσωμάτωσης των STEAM στο αναλυτικό πρόγραμμα και προωθούν την παιδαγωγική γνώση περιεχομένου για τα STEAM (Margot & Kettler, 2019, σελ.14) Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, καταχώρηση 51 και Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 56). Σημειώθηκε, ακόμη, ότι η κατάλληλη προετοιμασία των εκπαιδευτικών

δημοτικής εκπαίδευσης είναι κομβικής σημασίας για την επίτευξη των αναμενόμενων αποτελεσμάτων της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM, ιδιαίτερα ως προς την ανάπτυξη από τους μαθητές της δημιουργικότητας, της ικανότητας επίλυσης προβλημάτων και της καινοτομίας (Aydin, 2020, σελ. 19) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, καταχώρηση 52). Ιδιαίτερα ενθαρρυντική είναι η διαπίστωση ότι οι νεοεισερχόμενοι εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης επιθυμούν να βελτιώσουν τις γνώσεις και δεξιότητές τους αναφορικά με τα γνωστικά πεδία STEAM ώστε να επέλθουν οι απαραίτητες αλλαγές στην εκπαίδευση που θα φέρουν τα επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα (Hourigan et al., 2021 σελ. 13) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, καταχώρηση 53). Σύμφωνα με τους εκπαιδευτικούς μέσης εκπαίδευσης, η συνεχιζόμενη εκπαίδευση και η επαγγελματική τους κατάρτιση θα πρέπει να επικεντρωθεί στη γνώση περιεχομένου και τις διδακτικές εμπειρίες στα γνωστικά πεδία STEAM, ώστε να ενισχυθεί η ικανότητα τους να υποστηρίξουν με επιτυχία την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM στα σχολεία (Margot & Kettler, 2019, σελ.14) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 57). Δύο ακόμη ενθαρρυντικά ευρήματα είναι ότι η συνεχιζόμενη κατάρτιση των εκπαιδευτικών μέσης εκπαίδευσης συνδέεται με θετικότερες στάσεις απέναντι στη διδασκαλία για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM (Thibaut et al., 2019, σελ. 1001) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 58) και ότι η συνεχιζόμενη κατάρτιση των εκπαιδευτικών βρέθηκε να ευνοεί την αυτο-αποτελεσματικότητα των καθηγητών φυσικών επιστημών, δηλαδή την ετοιμότητα και αυτοπεποίθησή τους να διδάξουν ολοκληρωμένα μαθήματα STEAM (Kelly et al., 2020, σελ.9) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 59).

Ιδιαίτερα αυξημένες φαίνεται να είναι οι δυνατότητες υποστήριξης της κατάρτισης των εκπαιδευτικών από τους θεσμικούς φορείς. Για την περίπτωση των προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών, για παράδειγμα, έχει βρεθεί ότι οι υποστηρικτικές διεργασίες που παρέχονται σε εκπαιδευτικά προγράμματα επικέντρωση στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM για την επίλυση ενός προβλήματος (π.χ., σημειώσεις για τον διαμοιρασμό ιδεών, το προβληματισμό και την αναθεώρηση ιδεών), μέσω μιας διαδικτυακής πλατφόρμας, ευνόησαν την παραγωγική εργασία των συμμετεχόντων (Hong et al., 2019 σελ. 70-71) (Παράρτημα, Υπουργείο Παιδείας, καταχώρηση 66). Πιο λεπτομερείς στρατηγικές υποστήριξης προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών στον παιδαγωγικό σχεδιασμό για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM περιλαμβάνουν είτε προκαθορισμένες ερωτήσεις (static scaffolding), όπου αυξάνεται ο βαθμός δόμησης της υποστήριξης, είτε υποστήριξη που διαφοροποιείται κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού (adaptive scaffolding) και παρέχεται από έναν εκπαιδευτή με στόχο την ενίσχυση αναστοχαστικών δεξιοτήτων (Wu et.al., 2019, σελ. 2274-2277) (Παράρτημα, Υπουργείο Παιδείας, καταχώρηση 67). Η παιδαγωγική γνώση περιεχομένου (Pedagogical Content Knowledge) είναι ένας ακόμη στόχος των προγραμμάτων

εκπαίδευσης και κατάρτισης προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία. Για την ανάπτυξη της παιδαγωγικής γνώσης περιεχομένου και της ικανότητας σχεδιασμού διεπιστημονικών μαθημάτων στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM έχουν αναπτυχθεί πρότυπα κατάρτισης προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών, όπως το πρότυπο LESMeR (Learn, Experience, Study with Mentors, and Reflect on development), (Aydin-Gunbatar et al., 2020, σελ. 1073) (Παράρτημα, Υπουργείο Παιδείας, καταχώρηση 68). Η ενίσχυση της παιδαγωγικής γνώσης περιεχομένου σε προγράμματα κατάρτισης συμβάλλει αποτελεσματικά στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM εμπλουτίζοντας το διδακτικό ρεπερτόριο των εκπαιδευτικών (Aydin-Gunbatar et al., 2020, σελ. 1065) (Παράρτημα, Υπουργείο Παιδείας, καταχώρηση 69) και δίνει τη δυνατότητα στους προϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς να επεκταθούν πέρα από την επιστήμη και τα μαθηματικά, για να συμπεριλάβουν προβλήματα που αφορούν τη μηχανική ή και την τεχνολογία στα μαθήματά τους, σχεδιάζοντας και αξιολογώντας ένα ολοκληρωμένο μάθημα STEAM (Aydin-Gunbatar et al., 2020, σελ. 1065, 1072) (Παράρτημα, Υπουργείο Παιδείας, καταχώρηση 70). Ένα αντίστοιχο πλαίσιο ανάπτυξης εγγραμματοσμού STEAM έχει προταθεί και για την κατάρτιση ενδοϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών μέσης εκπαίδευσης, το οποίο δίνει την ευκαιρία στους εκπαιδευτικούς να διερευνήσουν τη δυνατότητα χρήσης του αντικειμένου τους ως μέσο για μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση (Falloon et.al., 2020, σελ 377) (Παράρτημα, Υπουργείο Παιδείας, καταχώρηση 71).

Μια δεύτερη ενότητα στρατηγικών κατάρτισης περιλαμβάνει συνεργασία εκπαιδευτικών με ειδικούς συμβούλους ή δικτύωσεις εκπαιδευτικών. Συγκεκριμένα, έχει υπογραμμιστεί ότι η καθοδήγηση προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών από έναν σύμβουλο (ειδικό επιστήμονα με διδακτορική διατριβή που αναλαμβάνει τον ρόλο του μέντορα) μπορεί να ενισχύσει την παιδαγωγική γνώση περιεχομένου και την ικανότητα παιδαγωγικού σχεδιασμού των συμμετεχόντων για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM (Aydin-Gunbatar et al., 2020, σελ. 1073) (Παράρτημα, Υπουργείο Παιδείας, καταχώρηση 72). Σε μια αντίστοιχη αναφορά για ενδοϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς τονίζεται ότι η ανάληψη του ρόλου του συμβούλου από εκπαιδευτικούς με διοικητικά καθήκοντα μπορεί να συνδράμει καθοριστικά στην προώθηση της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM, υπό την προϋπόθεση ότι ο σύμβουλος ενθαρρύνει την καινοτομία (Balgobal, 2020, σελ. 774) (Παράρτημα, Υπουργείο Παιδείας, καταχώρηση 73). Πέρα από τη συνεργασία εκπαιδευτικών με περισσότερο έμπειρους ή καταρτισμένους/ες συναδέλφους, υπάρχουν παραδείγματα δικτύωσης εκπαιδευτικών που ανέδειξαν σημαντικές δυνατότητες εμπλουτισμού του διδακτικού ρεπερτορίου για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM (Johnston, et al., 2020., σελ. 1401, 1409, 1410, 1411) (Παράρτημα, Υπουργείο Παιδείας, καταχώρηση 74). Στην περίπτωση αυτή, ιδιαίτερα επωφελής φαίνεται να είναι η συνεργασία καθηγητών

διαφορετικών γνωστικών αντικειμένων σε προγράμματα κατάρτισης, ειδικά όταν αυτά επικεντρώνονται στη διασύνδεση διαφορετικών πεδίων STEAM μέσω της εμβάθυνσης της σχετικής γνώσης περιεχομένου των συμμετεχόντων (Brown & Bogiages, 2019, σελ. 117-118) (Παράρτημα, Υπουργείο Παιδείας, καταχώρηση 75). Μάλιστα, έχουν διερευνηθεί σχετικά μοντέλα διεπιστημονικής συνεργασίας για την επαγγελματική κατάρτιση εκπαιδευτικών, τα οποία αναφέρονται τόσο στον χρόνο του σχολικού ωραρίου όσο και σε χρόνο εκτός του σχολικού ωραρίου (Wang et al., 2020, σελ. 6) (Παράρτημα, Υπουργείο Παιδείας, καταχώρηση 76). Σχετικές με τα προηγούμενα είναι στο σημείο αυτό τρεις αναφορές που σημειώνουν θέματα συνεργασίας μεταξύ εκπαιδευτικών. Συγκεκριμένα, η προσμέτρηση του χρόνου προετοιμασίας για συνδιδασκαλία στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM, για τον προσδιορισμό του συνολικού φόρτου εργασίας των εκπαιδευτικών, θα διευκόλυνε τη διάχυση και εμπέδωση των σχετικών εγχειρημάτων τόσο στη δημοτική όσο και στη μέση εκπαίδευση (Margot & Kettler, 2019, σελ.14) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, καταχώρηση 55, και Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 65). Ακόμη, η διεύθυνση των σχολικών μονάδων μπορεί να διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στη διάδοση της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM επιτρέποντας την προσαρμογή του σχολικού προγράμματος ώστε να καταστεί εφικτή η συνεργασία μεταξύ εκπαιδευτικών διαφορετικού αντικειμένου για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση πιλοτικών μαθημάτων (Leung, 2020, σελ 8-9) (Παράρτημα, Υπουργείο Παιδείας, καταχώρηση 77).

Αναφορικά με τον παιδαγωγικό σχεδιασμό, σημειώθηκε ότι το αναλυτικό πρόγραμμα μπορεί να προσαρμοστεί κατάλληλα ώστε συμπεριλάβει τεχνικές διαμορφωτικής αξιολόγησης για την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM, γεγονός που είναι ζητούμενο τόσο στη δημοτική, όσο και στη μέση εκπαίδευση (Margot & Kettler, 2019, σελ.14) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, καταχώρηση 54, και Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 60). Μια σειρά από καταχωρήσεις ανέδειξαν σημαντικές ευκαιρίες προώθησης της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM μέσω του παιδαγωγικού σχεδιασμού για τη μέση εκπαίδευση. Σημειώθηκε, για παράδειγμα, ότι εκπαιδευτικά προγράμματα STEAM πέραν του σχολικού ωραρίου, τα οποία λαμβάνουν χώρα σε απογευματινό χρόνο, παρέχουν κατά τους εκπαιδευτικούς έναν φυσικό χώρο μάθησης, για παράδειγμα, μια λέσχη υδροπονικής, όπου οι μαθητές μπορούν να εργαστούν ομαδικά αξιοποιώντας τις έννοιες περιεχομένου που έχουν διδαχθεί στο σχολικό ωράριο για να επιλύσουν πραγματικά προβλήματα (Wang et al., 2020, σελ 9) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 61). Στην περίπτωση αυτή, οι ενδοϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί πιστεύουν ότι τα εκπαιδευτικά προγράμματα STEAM που διεξάγονται πέρα από το σχολικό ωράριο πρέπει να υλοποιούνται στην ίδια τάξη με τους ίδιους μαθητές (Wang et al., 2020, σελ 12) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης,

καταχώρηση 62). Σημειώθηκε, ακόμη, ότι στο πλαίσιο των δυνατοτήτων που παρέχονται για παιδαγωγικό σχεδιασμό και εφαρμογές στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM, υπάρχει σημαντικό περιθώριο προσαρμογών που επιτρέπουν τη βέλτιστη αξιοποίηση του διαθέσιμου χρόνου (Gardner & Tillotson, 2020, σελ 1901) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 63). Μια τελευταία καταχώρηση για τον παιδαγωγικό σχεδιασμό εστιάστηκε στη σχεδιαστική σκέψη, η οποία μπορεί να τοποθετηθεί στο επίκεντρο μιας στρατηγικής προσέγγισης για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM (Juskeviciene et al., 2020, σελ.223) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 64).

Τρεις αναφορές στην ενότητα των ευκαιριών επικεντρώθηκαν σε θέματα υλικού αναφοράς. Σχετικά με τα διαθέσιμα προϊόντα ρομποτικής, υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι προϊόντων που μπορούν να αξιοποιηθούν σε εκπαιδευτικές παρεμβάσεις μηχανικής και τεχνολογίας για μαθητές μικρής ηλικίας: (1) Τα προγραμματιζόμενα παιχνίδια που δεν απαιτούν κατασκευή από τους μαθητές αλλά τους δίνουν τη δυνατότητα να προχωρήσουν απευθείας σε προγραμματισμό και (2) τα ρομποτικά κιτ, που δίνουν την ευκαιρία στους μαθητές πρώτα να κατασκευάσουν ένα ρομπότ και στη συνέχεια να το προγραμματίσουν (Çetin & Demircan, 2020, σελ 1331) (Παράρτημα, Βιομηχανικοί εταίροι, καταχώρηση 78). Προγράμματα σπουδών βασισμένα σε ρομποτικά κιτ, όπως τα TangibleK και KIBO, προσφέρουν ευκαιρίες στους μαθητές να κατανοήσουν την τεχνολογία και να εμπλακούν σε μηχανικές διαδικασίες εστιάζοντας σε προβλήματα που πηγάζουν από την καθημερινή ζωή και αξιοποιώντας διεπιστημονικές δεξιότητες και γνώσεις που διασυνδέουν την πραγματική ζωή με τη μαθησιακή διαδικασία (Çetin & Demircan, 2020, σελ. 1331-1332) (Παράρτημα, Βιομηχανικοί εταίροι, καταχώρηση 79). Υπογραμμίστηκε, τέλος, ότι ο συνδυασμός των δραστηριοτήτων που προσφέρονται σε μαθησιακά περιβάλλοντα κατάλληλα για ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM, όπως το FabLab, με την πληροφορική, επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς να υποστηρίξουν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM, ειδικά θέτουν στο επίκεντρο της διδασκαλίας τους πραγματικά προβλήματα και προωθούν την προβληματο-κεντρική μάθηση (Juskeviciene et al., 2020, σελ.225).

Απειλές - Διομαδικά στοιχεία που δυσχεραίνουν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM

Στην ενότητα των απειλών, οι καταχωρήσεις ταξινομήθηκαν κυρίως στις κατηγορίες των ΕΛΛΕΙΨΕΩΝ ΓΝΩΣΕΩΝ/ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ και των ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ (10 και 7 καταχωρήσεις, αντίστοιχα), ενώ υπήρξαν και τρεις αναφορές στην κατηγορία της ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ.

Σχετικά με την έλλειψη γνώσεων/δεξιοτήτων, για τους εκπαιδευτικούς δημοτικής εκπαίδευσης διαπιστώνεται ανεπαρκής γνώση περιεχομένου στα αντικείμενα STEAM, λόγω της

έλλειψης κατάλληλου επιστημονικού υπόβαθρου και της δομής των προγραμμάτων σπουδών στην πανεπιστημιακή εκπαίδευση (Aydin, 2020, σελ. 20) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, καταχώρηση 81). Με βάση την προηγούμενη αναφορά, δεν πρέπει να εκπλήσσει ότι δεν υπάρχουν πολλοί νεοεισερχόμενοι εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης που να κατανοούν τη σημασία της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM (Hourigan et al., 2021, σελ. 12) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, καταχώρηση 82). Σύμφωνα με έναν σχετικό προβληματισμό που εμπλέκει και τους βιομηχανικούς εταίρους, οι εκπαιδευτικοί στη δημοτική εκπαίδευση δεν έχουν την απαραίτητη γνώση και εμπειρία για να υποστηρίξουν εκπαιδευτικές παρεμβάσεις βασισμένες σε προϊόντα ρομποτικής, τα οποία ενδείκνυνται για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM στον βαθμό που να μπορούν να συγκεράσουν τον προγραμματισμό, την τεχνολογία, τη μηχανική και τις κατάλληλες παιδαγωγικές μεθόδους σε τέτοια μαθησιακά περιβάλλοντα (Çetin & Demircan, 2020, σελ. 1332) (Παράρτημα, Βιομηχανικοί εταίροι, καταχώρηση 100). Μια επόμενη ομάδα αναφορών για ελλείψεις γνώσεων/αδυναμιών εστιάστηκε στα μαθηματικά. Συγκεκριμένα, σημειώθηκε ότι τα σχέδια μαθημάτων των εκπαιδευτικών της δημοτικής εκπαίδευσης περιλαμβάνουν τα μαθηματικά μόνο ως βασικές αριθμητικές πράξεις (πρόσθεση, αφαίρεση, κτλ.) και όχι ως διαδικασίες μαθηματικής σκέψης, όπως σχεδίαση πινάκων και γραφημάτων ή ανάλυση των μαθηματικών αποτελεσμάτων (Aydin, 2020, σελ. 17) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, καταχώρηση 83). Ανάλογες παρατηρήσεις έγιναν και μετά από επαγγελματική κατάρτιση ενδοϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών δημοτικής εκπαίδευσης, όπου η ανάλυση προγραμμάτων σπουδών για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM που αναπτύχθηκαν έδειξε ότι τα μαθηματικά ενσωματώθηκαν ως εργαλείο για την υλοποίηση μαθησιακών στόχων άλλων γνωστικών πεδίων, όπως οι φυσικές επιστήμες και η μηχανική, και όχι για την προώθηση μαθησιακών στόχων στο γνωστικό πεδίο των μαθηματικών (Roehrig et al., 2019, σελ. 15) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης, καταχώρηση 84). Ελλείψεις γνώσεων και δεξιοτήτων με αναφορά στο γνωστικό πεδίο των μαθηματικών εντοπίστηκαν και για εκπαιδευτικούς μέσης εκπαίδευσης. Σε μια σχετική έρευνα υπογραμμίστηκε, για παράδειγμα, ότι σημαντικό ποσοστό των προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών των μαθηματικών (53.2%) δεν ήταν σε θέση να δώσουν συγκεκριμένα παραδείγματα σχετικά με την ενσωμάτωση STEAM (Yuksel, 2020, σελ. 251) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 85). Την ίδια στιγμή, βρέθηκε ότι οι ενδοϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί με αντικείμενο τα μαθηματικά υστέρησαν ως προς τις γνώσεις και δεξιότητες για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM σε σύγκριση με τους συναδέλφους τους που διδάσκουν φυσικές επιστήμες (Yuksel, 2020, σελ. 253) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 86). Από την άλλη πλευρά, η αξιοποίηση των μαθηματικών σε εφαρμογές ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM είναι μερική και περιορισμένη, κυρίως επειδή οι καθηγητές που δεν είναι μαθηματικοί δεν συμπεριλαμβάνουν

στη στοχοθεσία και τον σχεδιασμό τους τον μαθηματικό συλλογισμό και τη μοντελοποίηση (Ryu et al., 2019, σελ. 505) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 87). Αντίστοιχα, υπογραμμίστηκε ότι η έλλειψη μαθηματικών γνώσεων από τους καθηγητές των φυσικών επιστημών επηρεάζει τις εφαρμογές της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM (Johnston et al., 2020., σελ. 1408) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 88). Σύμφωνα με μια τελευταία αναφορά στην κατηγορία των ελλείψεων γνώσεων/δεξιοτήτων, προϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί φυσικών επιστημών δήλωσαν ότι θα μπορούσαν να αξιοποιήσουν την εκπαίδευση STEAM ως μια πρόσθετη δραστηριότητα αλλά όχι ως μια ολοκληρωμένη προσέγγιση (Yuksel, 2020, σελ. 252) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 89).

Αρκετές καταχωρήσεις αναφέρονται στις απαιτήσεις της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM. Αυτές σχετίζονται, ενδεικτικά, με τον χρόνο που πρέπει να επενδυθεί στον σχεδιασμό ενός μαθήματος ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM συγκριτικά με τον χρόνο που απαιτεί ο σχεδιασμός ενός μαθήματος σε μεμονωμένα πεδία STEAM (Ryu et al., 2019, σελ. 504) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 90) και με τον φόρτο εργασίας των εκπαιδευτικών που αποτελεί σημαντικό αντικίνητρο για την εφαρμογή των ολοκληρωμένων μαθημάτων STEAM (Ryu et al., 2019, σελ. 504) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 91). Ο ανασχετικός ρόλος των παραπάνω απαιτήσεων έχει επισημανθεί τόσο από προϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς όσο και από ενδοϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς σε προγράμματα κατάρτισης (Ryu et al., 2019, σελ. 504) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 92). Άλλες απαιτήσεις της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM που έχουν υπογραμμιστεί στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν να κάνουν με το ανελαστικό σχολικό πρόγραμμα που μειώνει τα κίνητρα των εκπαιδευτικών για την εφαρμογή ολοκληρωμένων μαθημάτων STEAM (Ryu et al., 2019, σελ. 504) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 95). Ειδικότερα, αναφέρθηκε ότι ο αυστηρός τρόπος που δομείται η καθημερινή σχολική πρακτική με βάση το ωρολόγιο πρόγραμμα δεν αφήνει πολλά περιθώρια για να δοκιμαστεί η ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM στις σχολικές μονάδες, αφού οι σχετικές εκπαιδευτικές παρεμβάσεις είναι χρονοβόρες και πρέπει να διαρκέσουν για περισσότερες από μία περιόδους (Ryu et al., 2019, σελ. 504) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 96). Οι δυσκολίες αυτές δεν είναι εύκολο να αντιμετωπιστούν αν δεν τροποποιηθεί κατάλληλα το αναλυτικό πρόγραμμα (Aydin, 2020, σελ. 18) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 97). Μία ακόμη μορφή απαιτήσεων είναι και οι οικονομικοί πόροι που απαιτούνται για την υποστήριξη της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM ώστε να προσαρμοστούν κατάλληλα και να αναβαθμιστούν οι προσφερόμενες εκπαιδευτικές υπηρεσίες (Balgobal, 2020, σελ. 771) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 98).

Μια τελευταία κατηγορία αναφορών στην ενότητα των απειλών περιλαμβάνει θέματα συνεργασίας μεταξύ εκπαιδευτικών μέσης εκπαίδευσης. Για παράδειγμα, η έλλειψη ικανού χρόνου για συνεργασία μεταξύ των εκπαιδευτικών συνιστά ένα από τα κύρια εμπόδια για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM (Wang et al., 2020, σελ 9) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 93). Την ίδια στιγμή, έχει υποστηριχθεί ότι η διεπιστημονική συνεργασία εκπαιδευτικών για εφαρμογές στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM σε χρόνο πέρα από το σχολικό ωράριο δεν μπορεί να είναι αποτελεσματική αν δεν συνοδεύεται από διδασκαλία στην ίδια τάξη και με τους ίδιους μαθητές που συμμετέχουν στο σχολικό ωράριο (Wang et al., 2020, σελ 12) (Παράρτημα, Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης, καταχώρηση 94). Τέλος, η συνεργασία των εκπαιδευτικών για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM δεν είναι εφικτή χωρίς την κατάλληλη υποστήριξη από τη διεύθυνση των σχολικών μονάδων (Balgobal, 2020, σελ. 771) (Παράρτημα, Υπουργείο Παιδείας, καταχώρηση 99).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Εκπαίδευση και κατάρτιση εκπαιδευτικών στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM

Τόσο οι εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης όσο και εκείνοι της μέσης εκπαίδευσης αναγνώρισαν τα πλεονεκτήματα της εκπαίδευσης STEAM που περιλαμβάνουν αυξημένη δημιουργικότητα, μακροχρόνια μαθησιακά αποτελέσματα, την ανάπτυξη κριτικής σκέψης και την επίλυση προβλημάτων (Hovardas, 2020, σελ. 19, 21, Dong et al., 2020, σελ. 7, Yuksel, 2020, σελ. 253, Hourigan et al., 2021 σελ. 15). Άλλα ενδο-ομαδικά στοιχεία για τους εκπαιδευτικούς που ευνοούν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM είναι ότι η αυτο-αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας STEAM και η ετοιμότητα για διδασκαλία STEAM αυξάνεται με την εμπειρία των εκπαιδευτικών δημοτικής και μέσης εκπαίδευσης στη διδασκαλία STEAM (Dong et al. 2019 σελ. 30, Dong et al., 2020, σελ. 8). Δύο σχετικά και κρίσιμα ευρήματα είναι ότι εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης με πολυεπιστημονική διδακτική εμπειρία (εμπειρία στην επιστήμη, στην τεχνολογία και στα μαθηματικά) αναμένεται να αποδέχονται περισσότερο την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM (Thibaut et al., 2019, σελ. 1001) αλλά και ότι η εξοικείωση των προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών με καινοτόμες μεθόδους διδασκαλίας που προωθούν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM φαίνεται να απομειώνει τις αρχικές τους επιφυλάξεις και να αυξάνει τον βαθμό αποδοχής της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM (Burcu et.al., 2019, σελ.164). Τα δύο τελευταία ευρήματα δείχνουν προς σαφείς κατευθύνσεις για την οργάνωση σχετικών προγραμμάτων κατάρτισης, τα οποία οφείλουν να προωθούν την πολυεπιστημονική διδακτική εμπειρία και τις καινοτόμες μεθόδους και στρατηγικές διδασκαλίας που εφαρμόζονται στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM, όπως η ενασχόληση των μαθητών με πραγματικά προβλήματα (Johnston et al., 2019, σελ. 434, Wang et al., 2020, σελ 8), η μέθοδος project (Gardner & Tillotson 2019, σελ. 1289), το παιχνίδι ρόλων (Johnston et al., 2019, σελ. 434, Leung, 2020, σελ. 8) και η μοντελοποίηση (Hallström & Schönborn, 2019, σελ. 8).

Τα διαθέσιμα προϊόντα εκπαιδευτικής ρομποτικής είναι ακόμη ένας σημαντικός πόρος που μπορεί να αξιοποιηθεί για την προώθηση της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM (Çetin & Demircan, 2020, σελ. 1331, 1332), όπως και τα τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα (Juskeviciene et al., 2020, σελ.225). Στην περίπτωση των ρομποτικών κιτ πρέπει να αξιοποιηθεί η διαφορά μεταξύ εκείνων που δεν απαιτούν κατασκευή από τους μαθητές αλλά τους δίνουν τη δυνατότητα να προχωρήσουν απευθείας σε προγραμματισμό και εκείνων που δίνουν την ευκαιρία στους μαθητές πρώτα να κατασκευάσουν ένα ρομπότ και στη συνέχεια να το προγραμματίσουν (Çetin & Demircan, 2020, σελ. 1331). Η διαφοροποίηση αυτή επιτρέπει τη στάθμιση εναλλακτικών παιδαγωγικών σεναρίων όπως του μηχανολογικού σχεδιασμού, στην

πρώτη περίπτωση, και της διερώτησης με μοντελοποίηση, στη δεύτερη (Hovardas et al., 2020). Μια ακόμη επισήμανση στο σημείο αυτό, είναι ότι τα σχετικά προγράμματα κατάρτισης πρέπει να περιλαμβάνουν και αλληλεπίδραση εμπειρών ενδοϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών με λιγότερο εμπειρους συναδέλφους ώστε να καταστεί εφικτή μια σχετική διάχυση των καλών πρακτικών.

Μια ιδιαίτερη ανάγκη σε προγράμματα κατάρτισης των εκπαιδευτικών και των δύο βαθμίδων, όπως προέκυψε από τη βιβλιογραφική μας ανασκόπηση, είναι να καταδειχτεί η δυνατότητα διασύνδεσης των γνωστικών πεδίων STEAM (Dong et al., 2020, σελ 7). Στο σημείο αυτό ίσως είναι γόνιμο να αναδειχθεί ένα γνωστικό αντικείμενο STEAM, για παράδειγμα, η μηχανική, το οποίο να αξιοποιηθεί ως οργανώτρια αρχή στον παιδαγωγικό σχεδιασμό στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM (Johnston et al., 2019, σελ. 432). Τόσο στη δημοτική όσο και στη μέση εκπαίδευση, δειγματικές διδασκαλίες μπορούν να δείξουν, ακόμη, πώς καλές πρακτικές, όπως αυτές που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, μπορούν να ενταχθούν σε συγκεκριμένες εκπαιδευτικές παρεμβάσεις (Aydin, 2020, σελ. 21). Για τους εκπαιδευτικούς δημοτικής εκπαίδευσης, πιο συγκεκριμένα, η βιβλιογραφική μας ανασκόπηση ανέδειξε την ανάγκη δειγματικών διδασκαλιών με προϊόντα ρομποτικής που αναφέρονται και στις πρώτες τάξεις του δημοτικού σχολείου (Çetin & Demircan, 2020, σελ. 1332). Μια ευρύτερη και αρκετά πιο απαιτητική ανάγκη αφορά την αναμόρφωση των προγραμμάτων σπουδών στην πανεπιστημιακή εκπαίδευση για τους εκπαιδευτικούς δημοτικής εκπαίδευσης ώστε να καλυφθεί το έλλειμα που εντοπίστηκε στην παιδαγωγική γνώση περιεχομένου για τα γνωστικά πεδία STEAM (Margot & Kettler, 2019, σελ.14, Aydin, 2020, σελ. 20).

Για τους εκπαιδευτικούς μέσης εκπαίδευσης, οι δειγματικές διδασκαλίες πρέπει να αναδεικνύουν πώς ξεκινώντας από τι δικό τους γνωστικό αντικείμενο ο καθένας/η καθεμία, μπορούν να ενσωματώσουν άλλα γνωστικά πεδία (Brown & Bogiages, 2019, σελ.124, Ryu et al., 2019, σελ. 501), διαδικασία η οποία ενδεχομένως πρέπει να ξεκινά από το στάδιο επιλογής των μαθησιακών στόχων με συγκεκριμένη αναφορά σε Δείκτες Επιτυχίας και Δείκτες Επάρκειας. Αυτό σημαίνει ότι οι δειγματικές διδασκαλίες πρέπει να συνοδεύονται από λεπτομερή αναφορά στον παιδαγωγικό σχεδιασμό που έχει προηγηθεί. Επιπρόσθετα, οι δειγματικές διδασκαλίες πρέπει να δείχνουν, σε μια διαβάθμιση αυξανόμενης πολυπλοκότητας, τη δυνατότητα αξιοποίησης της μηχανικής και της τεχνολογίας (Dong et al., 2020, σελ 7) αλλά και τον τρόπο επιλογής και κατάλληλης διαμόρφωσης του απαραίτητου υποστηρικτικού υλικού για τους μαθητές/τριες (Gale et al., 2020 σελ. 13). Επιστρέφοντας στην ανάγκη πλαισίωσης των δειγματικών διδασκαλιών από τον σχετικό παιδαγωγικό σχεδιασμό που πρέπει να έχει προηγηθεί, τα σχετικά παραδείγματα οφείλουν να είναι εξειδικευμένα σε επίπεδο συγκεκριμένων αλληλουχιών μαθησιακών δραστηριοτήτων,

ώστε η ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM να εμπεδώνεται ως δόκιμη στρατηγική επιλογή και όχι ως επιλεκτική ενσωμάτωση μεμονωμένων δραστηριοτήτων μόνο σε έναν παραδοσιακό και ελλιπή τρόπο διδασκαλίας (Yuksel, 2020, σελ. 252). Ένα ακόμη κρίσιμο στοιχείο που πρέπει να συμπεριλάβουν τα προγράμματα κατάρτισης, και το οποίο μας παραπέμπει και πάλι στους Δείκτες Επιτυχίας και Επάρκειας που αναφέρθηκαν προηγουμένως, είναι η ανάγκη ανάπτυξης μεθόδων και εργαλείων αξιολόγησης για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM (Aydin, 2020, σελ. 16, Dong et al., 2020, σελ 7). Εδώ υπάρχει η δυνατότητα επικέντρωσης στα μαθησιακά προϊόντα, στα απτά αποτελέσματα, δηλαδή, των μαθησιακών δραστηριοτήτων που κατασκευάζουν οι μαθητές κατά τη διάρκεια μαθησιακών δραστηριοτήτων, και τα οποία μπορούν να αποθηκευτούν και να ανακληθούν για σκοπούς αξιολόγησης (Hovardas, 2016a).

Ένα ιδιαίτερα ενθαρρυντικό εύρημα, το οποίο πρέπει να αξιοποιηθεί για την οργάνωση μελλοντικών προγραμμάτων κατάρτισης εκπαιδευτικών για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM, είναι οι θετικές εμπειρίες που έχουν διαπιστωθεί από τη βιβλιογραφική μας έρευνα μετά από συμμετοχή εκπαιδευτικών και των δύο εκπαιδευτικών βαθμίδων σε τέτοια προγράμματα (Margot & Kettler, 2019, σελ.14, Hourigan et al., 2021 σελ. 13). Πρέπει να υπογραμμίσουμε ακόμη, ότι η συνεχιζόμενη κατάρτιση των εκπαιδευτικών μέσης εκπαίδευσης αυξάνει τις θετικές στάσεις απέναντι στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM (Thibaut et al., 2019, σελ. 1001) και ευνοεί την αυτο-αποτελεσματικότητα των καθηγητών φυσικών επιστημών, δηλαδή την ετοιμότητα και αυτοπεποίθησή τους να διδάξουν ολοκληρωμένα μαθήματα STEAM (Kelly et al., 2020, σελ.9). Οι θετικές στάσεις και εμπειρίες αυτές αναμένεται να ενισχυθούν ακόμη περισσότερο, αν τα προγράμματα κατάρτισης συμπεριλάβουν πρόσθετα στοιχεία τα οποία αναδείχθηκαν από τη βιβλιογραφική μας έρευνα, όπως επικέντρωση στο γνωστικό αντικείμενο κάθε εκπαιδευτικού για την προώθηση της ενσωμάτωσης STEAM (Falloon et.al., 2020, σελ 377), στην παιδαγωγική γνώση περιεχομένου των γνωστικών αντικειμένων STEAM (Aydin-Gunbatar et al., 2020, σελ. 1065, 1073) και σε υποστηρικτικές διεργασίες κατά την ενός προβλήματος (Hong et al., 2019 σελ. 70-71, Wu et.al., 2019, σελ. 2274-2277). Δύο ακόμη εποικοδομητικές προσθήκες είναι ο ρόλος συμβούλου (μέντορα) που μπορούν να διαδραματίσουν εμπειρότεροι εκπαιδευτικοί με ακαδημαϊκή εμπειρία (Aydin-Gunbatar et al., 2020, σελ. 1073) ή επιφορτισμένοι/ες με διοικητικά καθήκοντα (Balgobal, 2020, σελ. 774) αλλά και η δικτύωση των ίδιων των εκπαιδευτικών που αναμένεται να εμπλουτίσει το διδακτικό τους ρεπερτόριο (Brown & Bogiages, 2019, σελ. 117-118, Johnston, et al., 2020., σελ. 1401, 1409-1411).

Μαθηματικά και ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM

Μια ιδιαίτερη θεματική ενότητα στη βιβλιογραφική ανασκόπηση περιλαμβάνει μια σειρά αναφορών για το γνωστικό πεδίο των μαθηματικών. Συγκεκριμένα, για τους εκπαιδευτικούς δημοτικής εκπαίδευσης προκύπτει μια αντιφατική κατάσταση, όπου οι εκπαιδευτικοί από τη μία πλευρά αναγνωρίζουν τις δυνατότητες που υπάρχουν για τη διδασκαλία και τη μάθηση στα μαθηματικά μέσα από την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM, ειδικά όταν αυτή επικεντρώνεται σε προβλήματα καθημερινής ζωής (Aydin, 2020, σελ. 17), από την άλλη όμως φαίνεται να περιλαμβάνουν τα μαθηματικά στον σχεδιασμό τους ως βασικές αριθμητικές πράξεις μόνο, κυρίως για την εξυπηρέτηση μαθησιακών στόχων σε άλλα γνωστικά πεδία STEAM, χωρίς να αποσκοπούν στην καλλιέργεια μαθηματικής σκέψης (Roehrig et al., 2019, σελ. 15, Aydin, 2020, σελ. 17).

Για τους εκπαιδευτικούς μέσης εκπαίδευσης διαπιστώθηκαν αντίστοιχες ελλείψεις αλλά και στάσεις που δυσχεραίνουν την αποτελεσματική ένταξη των μαθηματικών στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM. Ήδη ως προϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί, οι μέλλοντες καθηγητές μαθηματικών προκύπτει ότι αδυνατούν να δώσουν συγκεκριμένα παραδείγματα σχετικά με την ενσωμάτωση STEAM (Yuksel, 2020, σελ. 251), ενώ οι ενδοϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί με αντικείμενο τα μαθηματικά βρέθηκε να υστερούν ως προς τις γνώσεις και δεξιότητες για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM σε σύγκριση με τους συναδέλφους τους που διδάσκουν φυσικές επιστήμες (Yuksel, 2020, σελ. 253). Σχετικές όμως ελλείψεις διαπιστώνονται για τα μαθηματικά και σε καθηγητές άλλων γνωστικών αντικειμένων. Για παράδειγμα, η αξιοποίηση των μαθηματικών σε εφαρμογές ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM βρέθηκε να είναι μερική και περιορισμένη, κυρίως επειδή οι καθηγητές που δεν είναι μαθηματικοί δεν συμπεριλαμβάνουν στη στοχοθεσία και τον σχεδιασμό τους τον μαθηματικό συλλογισμό και τη μοντελοποίηση (Ryu et al., 2019, σελ. 505), γεγονός που επηρεάζει καθοριστικά τις εφαρμογές της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM (Johnston et al., 2020., σελ. 1408).

Οι ελλείψεις αυτές στους εκπαιδευτικούς μέσης εκπαίδευσης φαίνεται να συνοδεύονται και από αντίστοιχες στάσεις που αναδεικνύουν μια σχετικά αποστασιοποίηση των καθηγητών μαθηματικών από την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM. Για παράδειγμα, οι προϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί των μαθηματικών βρέθηκε να θεωρούν ότι η ενσωμάτωση STEAM συνδέεται με τις φυσικές επιστήμες και όχι με τα μαθηματικά (Yuksel, 2020, σελ. 252), ενώ οι ενδοϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί με αντικείμενο τα μαθηματικά βρέθηκε να υστερούν ως προς την ετοιμότητα και πρόθεση εμπλοκής στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM σε σύγκριση με τους συναδέλφους τους που διδάσκουν φυσικές επιστήμες (Yuksel, 2020, σελ. 253). Ένα ακόμη σχετικό και χαρακτηριστικό εύρημα είναι ότι οι αρνητικές στάσεις των καθηγητών μαθηματικών απέναντι σε

σύγχρονες μεθόδους διδασκαλίας που προωθούνται μέσα από την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM, όπως η διερώτηση και η συνεργατική μάθηση, βρέθηκε να αυξάνονται με την εκπαιδευτική τους προϋπηρεσία (Thibaut et al., 2019, σελ. 1000). Όλα αυτά τα ευρήματα φαίνεται να επαυξάνουν την ανάγκη για πρόσθετη έρευνα για τη φύση και συνεισφορά των μαθηματικών στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM (Roehrig et al., 2021, σελ. 16).

Προσαρμογές στο αναλυτικό πρόγραμμα και τα ωρολόγια προγράμματα για την προώθηση της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM

Μια κρίσιμη θεματική ενότητα για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM σύμφωνα με τη βιβλιογραφική μας ανασκόπηση αφορά μια σειρά από απαραίτητες προσαρμογές τόσο στο αναλυτικό πρόγραμμα όσο και στα ωρολόγια προγράμματα για την προώθηση της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM και εμπλέκει κυρίως τους θεσμικούς φορείς και τους εκπαιδευτικούς μέσης εκπαίδευσης. Μια πρώτη επισήμανση στην ενότητα αυτή είναι η διευκόλυνση της διασύνδεσης των γνωστικών πεδίων STEAM, και μέσω αυτής, του παιδαγωγικού σχεδιασμού, που θα επιτρέψει μια κατάλληλη προσαρμογή του σχολικού προγράμματος σπουδών (Leung 2020, σελ. 9). Εδώ θα έπρεπε να αναζητηθούν, σε μια πρώτη, πιλοτική φάση, όλες εκείνες οι μικρές κλίμακας αλλαγές που θα κατακτούσαν εφικτές παιδαγωγικές παρεμβάσεις για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM. Για παράδειγμα, η διευθέτηση των διδακτικών περιόδων για τα γνωστικά αντικείμενα STEAM σε συνέχεια, η μία μετά την άλλη, στον ημερήσιο χρόνο λειτουργίας του σχολείου θα επέτρεπε την υλοποίηση παιδαγωγικών παρεμβάσεων οι οποίες στην περίπτωση της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM σχεδιάζονται για περισσότερες από μία διδακτικές περιόδους. Προς την κατεύθυνση αυτή έχει υπογραμμιστεί ότι υπάρχει σημαντικό περιθώριο προσαρμογών που επιτρέπουν τη βέλτιστη αξιοποίηση του διαθέσιμου χρόνου (Gardner & Tillotson, 2020, σελ 1901) και, επομένως, όλες αυτές οι πιθανές προσαρμογές πρέπει να εντοπιστούν και να επιχειρηθούν. Επιπλέον, μπορούν να αναζητηθούν ευκαιρίες υλοποίησης εκπαιδευτικών προγραμμάτων πέραν του σχολικού ωραρίου, ειδικά όταν υπάρχει η δυνατότητα συνέργειας των προγραμμάτων αυτών με τον σχολικό χρόνο και εμπλοκής των ίδιων μαθητών στις ίδιες τάξεις (Wang et al., 2020, σελ. 9, 12). Δύο, ακόμη, σχετικά κενά στον παιδαγωγικό σχεδιασμό που πρέπει να καλυφθούν άμεσα έχουν να κάνουν το πρώτο με τη διαμορφωτική αξιολόγηση, η οποία πρέπει να συμπεριληφθεί με συγκεκριμένες οδηγίες στο αναλυτικό πρόγραμμα (Margot & Kettler, 2019, σελ.14), και το δεύτερο με τη διασύνδεση της μη τυπικής εκπαίδευσης με το πρόγραμμα σπουδών (Leung, 2020, σελ. 9).

Πολλές φορές έχει επισημανθεί στη διεθνή βιβλιογραφία η ανάγκη εξοικονόμησης χρόνου ή ανακατανομής του διαθέσιμου χρόνου για επένδυση στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM. Η ανάγκη αυτή αναφέρεται κατεξοχήν στον παιδαγωγικό σχεδιασμό, τη συνεργασία των εκπαιδευτικών για να σχεδιάσουν εκπαιδευτικές παρεμβάσεις και τον συνολικό φόρτο εργασίας των εκπαιδευτικών αλλά και στην υλοποίηση των παρεμβάσεων αυτών, η οποία στο σημερινό ανελαστικό σχολικό πρόγραμμα μοιάζει ανέφικτη (Ryu et al., 2019, σελ. 504, Aydın, 2020, σελ. 18). Αναφέρθηκε ήδη στην προηγούμενη παράγραφο η ανάγκη εξοικονόμησης χρόνου για περισσότερες από μία διδακτικές περιόδους ώστε να καταστεί εφικτή η υλοποίηση εκπαιδευτικών παρεμβάσεων. Προς την ίδια κατεύθυνση θα μπορούσε να συνδράμει η υπέρβαση των στεγανών μεταξύ των διαφορετικών γνωστικών αντικειμένων στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM, με σεβασμό στη διαφορετική επιστημολογική διάρθρωση των πεδίων αλλά και με επίγνωση των σύγχρονων απαιτήσεων για την ανάπτυξη των σκοπούμενων δεξιοτήτων από τους/τις εκπαιδευόμενους/ες.

Συνεργασία μεταξύ των εκπαιδευτικών για την προώθηση της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM

Η συνεργασία μεταξύ των εκπαιδευτικών για την προώθηση της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM είναι η τελευταία θεματική ενότητα που προέκυψε από τη βιβλιογραφική αναζήτηση. Η θεματική αυτή περιορίστηκε κατά κύριο λόγο στους εκπαιδευτικούς μέσης εκπαίδευσης, όπου η μέχρι σήμερα συσσωρευμένη εμπειρία δείχνει ότι η μεταξύ τους συνεργασία μπορεί να ενισχύσει τη συμμετοχή τους στη διδασκαλία STEAM ((Balgobal, 2020, σελ. 771, Dong et al., 2019 σελ. 30) και να συμβάλει καθοριστικά στη δημιουργία μιας σχετικής κοινότητας πρακτικής (Leung, 2020, σελ. 8). Πρέπει στο σημείο αυτό να σημειώσουμε ότι η εμπέδωση κλίματος συνεργασίας μέσα από κοινότητες πρακτικής αναμένεται να έχει πολλαπλασιαστικά οφέλη για την προώθηση της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM και να καταλύσει θετικά τη διάχυση σχετικών καλών πρακτικών (Hovardas, 2016b).

Δύο προϋποθέσεις για την πραγμάτωση αυτών των θετικών αποτελεσμάτων είναι η συνεργασία να περιλαμβάνει εκπαιδευτικούς διαφορετικών ειδικοτήτων STEAM (Wang et al., 2020, σελ. 6) και να μπορεί να απευθύνεται σε παιδαγωγικό σχεδιασμό και εφαρμογές τόσο στο πλαίσιο του καθημερινού σχολικού προγράμματος είτε σε χρόνο εκτός του καθημερινού σχολικού προγράμματος (Wang et al., 2020, σελ. 7). Εδώ αξίζει να σημειώσουμε ότι η αξιοποίηση χρόνου

εκτός σχολικού προγράμματος αναμένεται να κινητοποιήσει τους εκπαιδευτικούς ώστε να αναλάβουν την ιδιοκτησία των σχετικών εφαρμογών (Wang et al., 2020 σελ. 14). Ωστόσο, η υφιστάμενη εμπειρία δείχνει ότι τέτοιες παρεμβάσεις είναι αποτελεσματικές μόνο στον βαθμό που περιλαμβάνουν διδασκαλία στην ίδια τάξη και με τους ίδιους μαθητές που συμμετέχουν στο σχολικό ωράριο (Wang et al., 2020, σελ 12).

Πέρα από τα ενδο-ομαδικά στοιχεία που αναφέρθηκαν, προωθητική για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM είναι και η υποστήριξη των εκπαιδευτικών από τις διευθύνσεις των σχολικών τους μονάδων. Στην περίπτωση αυτή, κρίσιμη είναι η δυνατότητα κατάλληλης προσαρμογής του σχολικού προγράμματος ώστε να καταστεί εφικτή η συνεργασία μεταξύ εκπαιδευτικών διαφορετικού αντικειμένου για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση πιλοτικών μαθημάτων (Leung, 2020, σελ. 8-9) αλλά και η προσμέτρηση του χρόνου προετοιμασίας για συνδιδασκαλία στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEAM, για τον προσδιορισμό του συνολικού φόρτου εργασίας των εκπαιδευτικών (Margot & Kettler, 2019, σελ.14).

Βιβλιογραφία

Aguilera, D., Lupiáñez., Vílchez-González J. M., & Perales-Palacios F.J. (2021). In search of a long-awaited consensus on disciplinary integration in STEM education. *Mathematics*, 9, 597. <https://doi.org/10.3390/math9060597>

*Aydin, G., (2020). Prerequisites for elementary school teachers before practicing STEM education with students: A case study *. *Eurasian Journal of Educational Research*.

*Aydin, G. S, Betul E. K., & Elif S. O. (2020). Pre-service chemistry teachers' pedagogical content knowledge for integrated STEM development with LESMeR model. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(4), 1063-1082. <https://doi.org/10.1039/D0RP00074D>

*Balgopal, M. (2020). STEM teacher agency: A case study of initiating and implementing curricular reform. *Science Education*, 104(4). <https://doi.org/10.1002/sce.21578>

*Brown, R. E., & Bogiages, C. A. (2019). Professional development through STEM integration: How early career math and science teachers respond to experiencing integrated stem tasks. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(1), 111–128. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9863-x>

*Burcu, A., Fikriye, K. Z., & Gonca K. (2019). Using stem applications for supporting integrated teaching knowledge Of pre-service science teachers. *Journal of Baltic Science Education*, 18(2), 158-170. <https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.158>

*Çetin, M., & Demircan, H. Ö. (2020). Empowering technology and engineering for STEM education through programming robots: A systematic literature review. *Early Child Development and Care*, 190(9), 1323–1335. <https://doi.org/10.1080/03004430.2018.1534844>

Chu, H. E., Martin, S. N. & Park, J. A. (2019). Theoretical framework for developing an intercultural STEAM program for Australian and Korean students to enhance science teaching and learning. *International Journal of Science and Mathematics Education* 17, 1251–1266. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9922-y>

*Dong, Y., Xu, C., Song, X., Fu, Q., Chai, C., & Huang, Y. (2019). Exploring the effects of contextual factors on in-service teachers' engagement in STEM teaching. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 28(1), 25-34. <https://doi.org/10.1007/s40299-018-0407-0>

*Dong, Y., Wang, J., Yang, Y., & Kurup, P. M. (2020). Understanding intrinsic challenges to Stem instructional practices for Chinese teachers based on their beliefs and knowledge base. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00245-0>

*Falloon, G., Hatzigianni, M., Bower, M., Forbes, A., & Stevenson, M. (2020). Understanding K-12 STEM education: a framework for developing STEM literacy. *Journal of Science Education and Technology*, 29(3), 369-385. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09823-x>

*Gale, J., Alemdar, M., Lingle, J., & Newton, S. (2020). Exploring critical components of an integrated STEM curriculum: An application of the innovation implementation framework. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1-17. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-0204-1>

*Gardner, M., & Tillotson, J. W. (2019). Interpreting integrated STEM: Sustaining pedagogical innovation within a public middle school context. *International Journal of Science and Mathematics Education* 17, 1283–1300. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9927-6>

*Gardner, M., & A, Tillotson, J. W. (2020). Explorations of an integrated STEM middle school classroom: Understanding spatial and temporal possibilities for collective teaching, *International Journal of Science Education*. 42(11), 1895-1914 <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1794078>

*Hallström, J. and Schönborn, K. (2019). Models and modelling for authentic STEM education: reinforcing the argument. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0178-z>

*Hong, H., Lin, P., Chen, B., & Chen, N. (2019). Integrated STEM learning in an idea-centered knowledge-building environment. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 28(1), 63–76. <https://doi.org/10.1007/s40299-018-0409-y>

*Hourigan, M., O'Dwyer, A., Leavy, A., & Corry, E. (2021). Integrated STEM – A step too far in primary education contexts? *Irish Educational Studies*. 1-26. <https://doi.org/10.1080/03323315.2021.1899027>

Hovardas, T. (2016a). A learning progression should address regression: Insights from developing non-linear reasoning in ecology. *Journal of Research in Science Teaching*, 53, 1447-1470. <https://doi.org/10.1002/tea.21330>.

Hovardas, T. (2016b). Primary school teachers and outdoor education: Varying levels of teacher leadership in informal networks of peers. *The Journal of Environmental Education*, 47, 237-254. <https://doi.org/10.1080/00958964.2015.1113155>.

Hovardas, T., Xenofontos, N., Xenofontos, N., & Zacharia, Z. C. (2020). Stakeholder responses to core aspects of integrated STEM education: Instrument development and pilot study. *Open Journal of IUL University*, 1(2), 6-25.

Hovardas, T., Xenofontos, N., Irakleous, M., Pavlou, Y., Kouti, G., & Zacharia, Z. C. (2020). Deliverable D3.4: Specifications for learning scenarios and instructional approaches. Project GINOBOT: Development of a new expandable robot along with an ecosystem of products that can support STEM education. *Research Promotion Foundation, RPF Proposal Number INNOVATE/0719/0098*.

*Johnson, C. A., Akarsu, M., Moore, T. J., & Guzey, S. S. (2019). Engineering as the integrator: A case study of one middle school science teacher's talk. *The Journal of Engineering Education*, 108, 418–440. <https://doi.org/10.1002/jee.20286>

*Johnston, J., Walshe, G., & Ríordáin, M. (2020). Supporting key aspects of practice in making mathematics explicit in science lessons. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(7), 1399–1417. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-10016-1>

*Juškevičienė, A., Dagienė, V., & Dolgopolas, V. (2020). Integrated activities in STEM environment: Methodology and implementation practice. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 209–228. DOI: 10.1002/cae.22324

*Kelley, T. R., Knowles, J. G., & Holland, J.D. (2020). Increasing high school teacher's self-efficacy for integrated STEM instruction through a collaborative community of practice. *International Journal of STEM Education*, 7, 1-14. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00211-w>

Liao, C. (2019). Creating a STEAM Map: A Content Analysis of Visual Art Practices in STEAM Education. At: Khine, M. & S., Areepattamannil, S. (Ed.). STEAM Education. Theory and Practice. 37-52. Switzerland, Springer Nature.

*Leung, A. (2020). Boundary crossing pedagogy in STEM education. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00212-9> -

*Margot, K., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>

Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A., & Stohlmann, M. S. (2014). A framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 4(1), 1-13. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1069>

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, 71. doi: 10.1136/bmj.n71.

*Roehrig, G., Dare, E., Ring-Whalen, E., & Wieselmann, J. (2021). Understanding coherence and integration in integrated STEM curriculum. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 1-21. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00259-8>

*Ryu, M., Mentzer, N., & Knobloch, N. (2019). Preservice teachers' experiences of STEM integration: Challenges and implications for integrated STEM teacher preparation. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(3), 493–512. <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9440-9>

Stroud, A., & Baines, L. (2019). Inquiry, investigative processes, art, and writing in STEAM. At: Khine, M. & S., Areepattamannil, S. (Ed.), *STEAM Education. Theory and Practice*. 1-18. Switzerland, Springer Nature.

Tasiopoulou, E., Myrtsioti, E., Niewint Gori, J., Xenofontos, N., Hovardas, T., Cinganotto, L., Anichini, G., Garista, P., & Gras-Velazquez, A. (2020). STE(A)M IT Integrated STEM teaching State of Play. *European Schoolnet*.

*Thibaut, L. K. (2019). Teachers' Attitudes toward teaching integrated STEM: The impact of personal background characteristics and school context. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17 (5), 987–1007. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9898-7>

*Wang, HH., Charoenmuang, M., & Knobloch, N.A. et al. (2020). Defining interdisciplinary collaboration based on high school teachers' beliefs and practices of STEM integration using a complex designed system. *International Journal of STEM Education* 7(3), 1-17. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0201-4>

*Wu, B., Hu, Y., & Wang, M. (2019). Scaffolding design thinking in online STEM preservice teacher training. *British Journal of Educational Technology*, 50(5), 2271-2287. DOI:10.1111/bjet.12873

Yuksel, T., Delen, I., & Ilhan, A, S. (2020). In-service and pre-service teachers' views about STEM integration and robotics applications. *Eurasian Journal of Educational Research*, 90, 243-268. DOI: 10.14689/ejer.2020.90.13

Zhou, D., Gomez, R., & Wright, N. *et al.* (2020). A design-led conceptual framework for developing school integrated STEM programs: the Australian context. *International Journal of Technology and Design Education*. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09619-5>

Παράρτημα

	Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης	Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης	Υπουργείο Παιδείας	Βιομηχανικοί εταίροι
Ερείσματα (Ενδο-ομαδικά στοιχεία που ευνοούν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM)	1. Τα πλεονεκτήματα της εκπαίδευσης STEM κατά τους εκπαιδευτικούς περιλαμβάνουν αυξημένη δημιουργικότητα, μακροχρόνια μαθησιακά αποτελέσματα, και την ανάπτυξη κριτικής σκέψης (Aydin, 2020, σελ. 19). ΣΤΑΣΕΙΣ	10. Σύμφωνα με τους ενδούπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς, η ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM θα μπορούσε να αυξήσει το ενδιαφέρον των μαθητών για μάθηση, να προωθήσει τη διεπιστημονική σκέψη και να ενισχύσει την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων (Dong et al., 2020, σελ. 7). ΣΤΑΣΕΙΣ	24. Αν το σχολικό πρόγραμμα σπουδών στη μέση εκπαίδευση προσαρμοστεί κατάλληλα, θα επιτρέψει τον παιδαγωγικό σχεδιασμό μέσα από τη διασύνδεση μαθημάτων με τρόπο διεπιστημονικό (Leung 2020, σελ. 9). ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	25. Οι δραστηριότητες προγραμματισμού μέσω της εκπαιδευτικής ρομποτικής ευνοούν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM, μέσα από τη διατύπωση και επίλυση προβλημάτων που σχετίζονται με την καθημερινή ζωή (Çetin & Demircan, 2020, σελ. 1331). ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ
	2. Σύμφωνα με τους ενδούπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς, η εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM στις πρώτες τάξεις του Δημοτικού προωθεί τη δημιουργικότητα, την επίλυση προβλημάτων και την καινοτομία (Aydin, 2020, σελ. 21). ΣΤΑΣΕΙΣ	11. Η πολυεπιστημονική διδακτική εμπειρία (εμπειρία στην επιστήμη, στην τεχνολογία και στα μαθηματικά) συσχετίζεται θετικά με την αποδοχή της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM (Thibaut et al., 2019, σελ. 1001). ΣΤΑΣΕΙΣ		26. Ο προγραμματισμός μέσα από την εκπαιδευτική ρομποτική προσφέρεται για την αποτελεσματική εμπλοκή των μαθητών με την μηχανική και την τεχνολογία (Çetin & Demircan, 2020, σελ. 1331). ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ
	3. Οι έμπειροι εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης κατανοούν τη σημασία της διεπιστημονικότητας στην εκπαίδευση STEM, για παράδειγμα, τη συμβολή της στην επίλυση προβλημάτων (Hourigan et al., 2021 σελ. 15). ΣΤΑΣΕΙΣ	12. Η αυτο-αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας STEM, δηλαδή η ετοιμότητα να διδάξει ο εκπαιδευτικός ένα μάθημα STEM, παρουσίασε τη θετικότερη συσχέτιση με την εμπειρία στη διδασκαλία STEM (Dong et al. 2019 σελ. 30). ΣΤΑΣΕΙΣ		27. Ο προγραμματισμός μέσα από την εκπαιδευτική ρομποτική προσφέρεται για τον παιδαγωγικό σχεδιασμό που αφορά μικρές ηλικίες (Çetin & Demircan, 2020, σελ. 1332). ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ
	4. Ενδούπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί φυσικών επιστημών που διδάσκουν στη δημοτική εκπαίδευση αναγνώρισαν τα πλεονεκτήματα της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM, ειδικά αναφορικά με την ανάπτυξη της δημιουργικότητας των μαθητών και της δυνατότητας επίλυσης προβλημάτων (Yüksel, 2020, σελ. 253). ΣΤΑΣΕΙΣ	13. Η εξοικείωση των προύπηρεσιακών εκπαιδευτικών με καινοτόμες μεθόδους διδασκαλίας που προωθούν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM φαίνεται να απομειώνει τις αρχικές τους επιφυλάξεις και να αυξάνει τον βαθμό αποδοχής της καινοτομίας (Bircu et al., 2019, σελ.164). ΣΤΑΣΕΙΣ		
	5. Η αυτο-αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας STEM, δηλαδή η ετοιμότητα να διδάξει ο εκπαιδευτικός ένα μάθημα STEM, παρουσίασε τη θετικότερη συσχέτιση με την εμπειρία στη διδασκαλία STEM (Dong et al. 2019 σελ. 30). ΣΤΑΣΕΙΣ	14. Η ενασχόληση των μαθητών με πραγματικά προβλήματα στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM είναι σημαντική, γιατί προετοιμάζει τη ζωή μετά το σχολείο, ειδικά όταν οι μαθητές αντιμετωπίζουν πραγματικά προβλήματα που θα συναντήσουν και στην καθημερινότητά τους (Johnston et al., 2019, σελ. 434, Wang et al., 2020, σελ 8). ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ		
	6. Οι ενδούπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης με περισσότερο από 10 χρόνια υπηρεσίας παρουσίασαν υψηλότερη ετοιμότητα διδασκαλίας αναφορικά με την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM σε σύγκριση από τους εκπαιδευτικούς με λιγότερα από 10 χρόνια υπηρεσίας (Dong et al., 2020, σελ. 8). ΣΤΑΣΕΙΣ	15. Η μέθοδος project ενδείκνυται στον παιδαγωγικό σχεδιασμό για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM (Gardner & Tillotson 2019, σελ. 1289). ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ		
	7. Οι ενδούπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης έχουν θετικότερες πεποιθήσεις αναφορικά με την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM, έχουν εμπλακεί περισσότερο στην πρακτική εφαρμογή της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM και παρουσίασαν υψηλότερη ετοιμότητα διδασκαλίας αναφορικά με την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM συγκριτικά με τους εκπαιδευτικούς μέσης εκπαίδευσης (Dong et al., 2020, σελ. 8). ΣΤΑΣΕΙΣ	16. Μέθοδοι διδασκαλίας, όπως το παιχνίδι ρόλων, έχουν αξιοποιηθεί στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM (Johnston et al., 2019, σελ. 434, Leung, 2020, σελ. 8) ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ		
	8. Οι ενδούπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί πιστεύουν ότι η εκμάθηση των μαθηματικών διευκολύνεται όταν γίνεται μέσα από τις εφαρμογές STEM (Aydin, 2020, σελ. 17). ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	17. Η μοντελοποίηση πρέπει να αξιοποιηθεί ως στρατηγική μάθησης και διδασκαλίας για την προώθηση του ενγγραμματολισμού STEM για μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και τη διασύνδεση των γνωστικών πεδίων STEM (Hallström & Schönborn, 2019, σελ. 8). ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ		
	9. Οι ενδούπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί πιστεύουν ότι η εκπαίδευση STEM παρέχει τη δυνατότητα για ουσιαστική κατανόηση των μαθηματικών μέσα από προβλήματα καθημερινής ζωής (Aydin, 2020, σελ. 17). ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	18. Η μηχανική αξιοποιείται ως οργανωτρία αρχή στον παιδαγωγικό σχεδιασμό στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM (Johnston et al., 2019, σελ. 432) ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ		
		19. Μια στρατηγική που βοηθά τον σχεδιασμό ολοκληρωμένων μαθημάτων STEM είναι όταν ο εκπαιδευτικός ξεκινά από το γνωστικό πεδίο που γνωρίζει καλύτερα και στη συνέχεια επιχειρεί να διασυνδέσει το πεδίο αυτό με τα υπόλοιπα πεδία STEM (Brown & Bogiages, 2019, σελ. 124, Ryu et al., 2019, σελ. 501). ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ		
		20. Για να προωθηθεί η διεπιστημονικότητα στη διδασκαλία STEM, πρέπει να έχουμε συνεργασία εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων (Wang et al., 2020, σελ. 6). ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ		
		21. Η συνεργασία μεταξύ εκπαιδευτικών διαφορετικών αντικειμένων STEM συμβάλλει καθοριστικά στη δημιουργία μιας σχετικής κοινότητας πρακτικής (Leung, 2020, σελ. 8). ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ		
		22. Η υποστήριξη από συναδέλφους είναι καθοριστική για την ενίσχυση της συμμετοχής των εκπαιδευτικών στη διδασκαλία STEM (Dong et al., 2019 σελ. 30). ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ		
		23. Η διεπιστημονική συνεργασία για τη διδασκαλία STEM μπορεί να διεκπεραιωθεί είτε όταν οι ενδούπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί αναλαμβάνουν ο καθένας και η καθεμιά τον δικό του/της ρόλο σε διαφορετικές αίθουσες στο πλαίσιο του καθημερινού σχολικού προγράμματος είτε σε χρόνο εκτός του καθημερινού σχολικού προγράμματος (Wang et al., 2020, σελ 7). ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ		

Αδυναμίες (Ενδο-ομαδικά στοιχεία που δυσχεραίνουν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM)	Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης	Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης	Υπουργείο Παιδείας	Βιομηχανικοί εταίροι
	28. Οι ενδοϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί στο δημοτικό σχολείο μπορεί να γνωρίζουν τις ενδεδειγμένες μαθησιακές προσεγγίσεις, μεθόδους και τεχνικές για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM, αλλά αδυνατούν να τις προσαρμόσουν σε συγκεκριμένες εφαρμογές (Aydin, 2020, σελ. 21). ΕΛΛΕΙΨΗ ΓΝΩΣΕΩΝ/ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ	31. Οι ενδοϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης έχουν αρνητικότερες στάσεις απέναντι στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM, εμπλέκονται λιγότερο στην πρακτική εφαρμογή της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM συγκριτικά με τους εκπαιδευτικούς δημοτικής εκπαίδευσης και παρουσίασαν χαμηλότερη ετοιμότητα διδασκαλίας στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM συγκριτικά με τους ενδοϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς δημοτικής εκπαίδευσης (Dong et al., 2020, σελ 8). ΣΤΑΣΕΙΣ	46. Επειδή τα μαθηματικά ενσωματώνονται στις εφαρμογές ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM κυρίως ως εργαλείο ανάλυσης δεδομένων, χωρίς να προωθούν τον μαθηματικό συλλογισμό, υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω έρευνα για τη φύση και συνεισφορά των μαθηματικών στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM (Roehrig et al., 2021, σελ. 16). ΥΛΙΚΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	50. Όταν η γνώση που αποκτάται από μαθήματα STEM μέσω μη τυπικής εκπαίδευσης εκτός της σχολικής τάξης δε συνδέεται με το πρόγραμμα σπουδών, τότε η γνώση αυτή δεν αποκτά σαφή αξία χρήσης και στον πραγματικό κόσμο, δηλαδή την πραγματική ζωή (Leung, 2020, σελ. 9). ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ
	29. Η ανεπαρκής γνώση των εκπαιδευτικών για τα γνωστικά πεδία STEM έχει ως αποτέλεσμα να μην μπορούν να διασυνδέσουν αποτελεσματικά τα πεδία αυτά (Dong et al., 2020, σελ 7). ΕΛΛΕΙΨΗ ΓΝΩΣΕΩΝ/ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ	32. Ένας από τους λόγους για τους οποίους οι ενδοϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί είναι επιφυλακτικοί να εμπλακούν σε εφαρμογές STEM είναι η διαπίστωση οι εφαρμογές αυτές ενδέχεται να αυξήσουν την απόσταση ανάμεσα σε μαθητές με σχετικά υψηλότερη επίδοση και εκείνους με σχετικά χαμηλότερη επίδοση (Gale et al., 2020 σελ. 14). ΣΤΑΣΕΙΣ	47. Η αναντιστοιχία των εφαρμογών STEM με τις παραδοσιακές μεθόδους αξιολόγησης δυσχεραίνουν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM (Dong et al., 2020, σελ 7). ΥΛΙΚΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	
	30. Οι εφαρμογές STEM περιλαμβάνουν πολλαπλές απαιτήσεις για τους εκπαιδευτικούς, όπως η χρήση τεχνολογίας και η ανάγκη εξοικείωσης με τη μηχανική, οι οποίες δυσχεραίνουν την εμπλοκή των εκπαιδευτικών (Dong et al., 2020, σελ 7). ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	33. Οι προϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί των μαθηματικών θεώρησαν ότι η ενσωμάτωση STEM συνδέεται με τις φυσικές επιστήμες και όχι με τα μαθηματικά (Yukseil, 2020, σελ. 252). ΣΤΑΣΕΙΣ	48. Δεν υπάρχουν επαρκή παραδείγματα εργαλείων αξιολόγησης για εφαρμογές STEM (Aydin, 2020, σελ. 16). ΥΛΙΚΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	
		34. Οι ενδοϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί με αντικείμενο τα μαθηματικά υστερούν ως προς την ετοιμότητα και πρόθεση εμπλοκής στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM σε σύγκριση με τους συναδέλφους τους που διδάσκουν φυσικές επιστήμες (Yukseil, 2020, σελ. 253). ΣΤΑΣΕΙΣ	49. Υπάρχουν προϊστάμενοι στις σχετικές διευθύνσεις που παραμένουν εξαιρετικά επιφυλακτικοί ως προς το αν τα προγράμματα της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM μπορούν να βελτιώσουν τις επιδόσεις των μαθητών/τριών (Balgobal, 2020, σελ. 771, 772). ΣΤΑΣΕΙΣ	
		35. Ενδοϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί στα μαθηματικά δεν μπόρεσαν να δώσουν παραδείγματα για τα μαθηματικά στην ενσωμάτωση STEM (Yukseil, 2020, σελ. 253). ΣΤΑΣΕΙΣ		
		36. Όσο αυξάνεται η εκπαιδευτική προϋπηρεσία για τους εκπαιδευτικούς που διδάσκουν μαθηματικά, τόσο αρνητικότερες είναι οι στάσεις τους απέναντι σε σύγχρονες μεθόδους διδασκαλίας που προωθούνται μέσα από την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM, όπως η διερώτηση και η συνεργατική μάθηση (Thibaut et al., 2019, σελ. 1000). ΣΤΑΣΕΙΣ		
		37. Οι ενδοϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί με κατεύθυνση στα μαθηματικά ή την επιστήμη δεν είχαν την αυτοπεποίθηση να εμπλέξουν τους μαθητές/τριές τους σε διαδικασίες μηχανικού σχεδιασμού (Gale et al., 2020 σελ. 14). ΣΤΑΣΕΙΣ		
		38. Οι ενδοϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί χωρίς εμπειρία στη διδασκαλία των μαθηματικών ή της επιστήμης επικεντρώνονταν στα πεδία αυτά πολύ λιγότερο κατά τη διάρκεια εκπαιδευτικών παρεμβάσεων, σε σύγκριση με εκπαιδευτικούς που είχαν σχετική εμπειρία (Gale et al., 2020 σελ. 14). ΣΤΑΣΕΙΣ		
		39. Οι καθηγητές μηχανικής τεχνολογίας δεν έδειξαν αντίστοιχη ετοιμότητα για την υποστήριξη της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM, μετά από ένα πρόγραμμα επαγγελματικής κατάρτισης, σε σύγκριση με τους εκπαιδευτικούς των φυσικών επιστημών που παρακολούθησαν το ίδιο πρόγραμμα (Kelly et al., 2020, σελ.9). ΣΤΑΣΕΙΣ		
		40. Οι εκπαιδευτικοί τείνουν να επικεντρώνονται πολύ περισσότερο στο δικό τους γνωστικό αντικείμενο με το οποίο είναι περισσότερο εξοικειωμένοι και υστερούν στην ενσωμάτωση άλλων γνωστικών πεδίων STEM (Brown & Bogiages, 2019, σελ. 124). ΕΛΛΕΙΨΗ ΓΝΩΣΕΩΝ/ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ		
		41. Η ανεπαρκής γνώση των εκπαιδευτικών για τα γνωστικά πεδία STEM έχει ως αποτέλεσμα να μην μπορούν να διασυνδέσουν αποτελεσματικά τα πεδία αυτά (Dong et al., 2020, σελ 7). ΕΛΛΕΙΨΗ ΓΝΩΣΕΩΝ/ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ		
		42. Οι εφαρμογές STEM περιλαμβάνουν πολλαπλές απαιτήσεις για τους εκπαιδευτικούς, όπως η χρήση τεχνολογίας και η ανάγκη εξοικείωσης με τη μηχανική, οι οποίες δυσχεραίνουν την εμπλοκή των εκπαιδευτικών (Dong et al., 2020, σελ 7). ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ		
		43. Για να ολοκληρωθεί ο παιδαγωγικός σχεδιασμός για μια εφαρμογή STEM, οι εκπαιδευτικοί οφείλουν να ετοιμάσουν αρκετό συμπληρωματικό υποστηρικτικό υλικό για τους μαθητές τους (Gale et al., 2020 σελ. 13). ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ		
		44. Η ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM δεν είναι εφικτή χωρίς την κατάλληλη υποστήριξη από τους συναδέλφους εκπαιδευτικούς (Balgobal, 2020, σελ. 771). ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ		
		45. Σύμφωνα με εκπαιδευτικούς μέσης εκπαίδευσης, η συνεργασία με συναδέλφους του ίδιου γνωστικού αντικείμενου δεν προωθεί την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM (Wang et al., 2020, σελ 6). ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ		

	Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης	Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης	Υπουργείο Παιδείας	Βιομηχανικοί εταιρείς
<p>Ευκαιρίες (Διομαδικά στοιχεία που εννοούν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM)</p>	<p>51. Οι ευκαιρίες επαγγελματικής κατάρτισης των εκπαιδευτικών τους δίνουν τη δυνατότητα να διερευνήσουν τρόπους ενσωμάτωσης των STEM στο αναλυτικό πρόγραμμα και προωθούν την παιδαγωγική γνώση περιχομένου για τα STEM (Margot & Kettler, 2019, σελ.14). ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ</p>	<p>56. Οι ευκαιρίες επαγγελματικής κατάρτισης των εκπαιδευτικών τους δίνουν τη δυνατότητα να διερευνήσουν τρόπους ενσωμάτωσης των STEM στο αναλυτικό πρόγραμμα και προωθούν την παιδαγωγική γνώση περιχομένου για τα STEM (Margot & Kettler, 2019, σελ.14). ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ</p>	<p>66. Σε εκπαιδευτικά προγράμματα για προήγησικούς εκπαιδευτικούς με επικέντρωση στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM, οι υποστηρικτικές διεργασίες που παρέχονται για την επίλυση ενός προβλήματος (π.χ., σημειώσεις για τον διαμοιρασμό ιδεών, το προβληματισμό και την αναθεώρηση ιδεών), μέσω μιας διαδικτυακής πλατφόρμας, ενόησαν την παραγωγική εργασία των συμμετεχόντων (Hong et al., 2019 σελ. 70-71). ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ</p>	<p>78. Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι προϊόντων ρομποτικής που μπορούν να αξιοποιηθούν σε εκπαιδευτικές παρεμβάσεις μηχανικής και τεχνολογίας για μαθητές μικρής ηλικίας: (1) Τα προγραμματισμένα παιχνίδια που δεν απαιτούν κατασκευή από τους μαθητές αλλά τους δίνουν τη δυνατότητα να προχωρήσουν αυθόρμητα σε προγραμματισμό και (2) τα ρομποτικά kit, που δίνουν την ευκαιρία στους μαθητές πρώτα να κατασκευάσουν ένα ρομπότ και στη συνέχεια να το προγραμματίσουν (Çetin & Demircan, 2020, σελ 1331). ΥΛΙΚΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ</p>
	<p>52. Η κατάλληλη προετοιμασία των εκπαιδευτικών δημοτικής εκπαίδευσης είναι κομβικής σημασίας για την επίτευξη των αναμενόμενων αποτελεσμάτων της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM, ιδιαίτερα ως προς την ανάπτυξη από τους μαθητές της δημιουργικότητας, της ικανότητας επίλυσης προβλημάτων και της καινοτομίας (Aydin, 2020, σελ. 19). ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ</p>	<p>57. Οι εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης πιστεύουν ότι η συνεχιζόμενη εκπαίδευση και η επαγγελματική κατάρτιση θα πρέπει να επικεντρωθεί στη γνώση περιχομένου και τις διδακτικές εμπειρίες στα γνωστικά πεδία STEM, ώστε να ενισχυθεί η ικανότητα τους να υποστηρίξουν με επιτυχία την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM στα σχολεία (Margot & Kettler, 2019, σελ.14) ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ</p>	<p>67. Για την υποστήριξη προήγησικών εκπαιδευτικών στον παιδαγωγικό σχεδιασμό για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM, έχουν αναπτυχθεί δύο διαφορετικές διαδικασίες: Η πρώτη περιλαμβάνει προκαθορισμένες ερωτήσεις (static scaffolding), και συνίσταται για την αύξηση του βαθμού δόμησης της υποστήριξης, ενώ η δεύτερη διαφοροποιείται κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού (adaptive scaffolding), παρέχεται από έναν εκπαιδευτή και συνίσταται για την ενίσχυση αναδομητικών δεξιοτήτων (Wu et al., 2019, σελ. 2274-2277). ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ</p>	<p>79. Προγράμματα σπουδών βασισμένα σε ρομποτικά kit, όπως τα TangibleK και KIBO, προσφέρουν ευκαιρίες στους μαθητές να κατανοήσουν την τεχνολογία και να εμπλακούν σε μηχανικές διαδικασίες εστιάζοντας σε προβλήματα που πηγάζουν από την καθημερινή ζωή και αξιοποιώντας διεπιστημονικές δεξιότητες και γνώσεις που διασυνδέουν την πραγματική ζωή με τη μαθησιακή διαδικασία (Çetin & Demircan, 2020, σελ. 1331-1332). ΥΛΙΚΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ</p>
	<p>53. Οι νεοεισερχόμενοι εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης επιθυμούν να βελτιώσουν τις γνώσεις και δεξιότητές τους αναφορικά με τα γνωστικά πεδία STEM ώστε να επέλθουν οι απαραίτητες αλλαγές στην εκπαίδευση που θα φέρουν τα επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα (Hourigan et al., 2021 σελ. 13). ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ</p>	<p>58. Η συνεχιζόμενη κατάρτιση των εκπαιδευτικών μέσης εκπαίδευσης συνδέεται με θετικότερες στάσεις απέναντι στη διδασκαλία για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM (Thibaut et al., 2019, σελ. 1001). ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ</p>	<p>68. Έχουν αναπτυχθεί πρότυπα κατάρτισης προήγησικών εκπαιδευτικών, όπως το πρότυπο LESMeR (Learn, Experience, Study with Mentors, and Reflect on development), τα οποία αποσκοπούν στην ανάπτυξη της παιδαγωγικής γνώσης περιχομένου (Pedagogical Content Knowledge) στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM και της ικανότητας σχεδιασμού διεπιστημονικών μαθημάτων (Aydin-Gunbatar et al., 2020, σελ. 1073). ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ</p>	<p>80. Ο συνδυασμός των δραστηριοτήτων που προσφέρονται σε μαθησιακά περιβάλλοντα κατάλληλα για ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM, όπως το FabLab, με την πληροφορική, επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς να υποστηρίξουν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM, ειδικά όσον αφορά την επίτευξη της διδασκαλίας τους πραγματικά προβλήματα και προωθούν την προβληματο-κεντρική μάθηση (Juskeviciene et al., 2020, σελ.225). ΥΛΙΚΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ</p>
	<p>54. Με τις κατάλληλες προσαρμογές, το αναλυτικό πρόγραμμα μπορεί να περιλάβει τεχνικές διαμορφωτικής αξιολόγησης για την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM (Margot & Kettler, 2019, σελ.14). ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ</p>	<p>59. Η συνεχιζόμενη κατάρτιση των εκπαιδευτικών μέσης εκπαίδευσης βρέθηκε να ευνοεί την αυτο-αποτελεσματικότητα των καθηγητών φυσικών επιστημών, δηλαδή την ετοιμότητα και αυτοπεποίθησή τους να διδάξουν ολοκληρωμένα μαθήματα STEM (Kelly et al., 2020, σελ.9). ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ</p>	<p>69. Η κατάρτιση προήγησικών εκπαιδευτικών που αποσκοπεί στην ενίσχυση της παιδαγωγικής γνώσης περιχομένου (PCK: Pedagogical Content Knowledge) συμβάλλει αποτελεσματικά στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM εμπλουτίζοντας το διδακτικό ρεπερτόριο των εκπαιδευτικών (Aydin-Gunbatar et al., 2020, σελ. 1065). ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ</p>	
	<p>55. Η προσμέτρηση του χρόνου προετοιμασίας για συνδιδασκαλία στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM, για τον προσδιορισμό του συνολικού φόρτου εργασίας των εκπαιδευτικών, θα διευκόλυε τη διάχυση και εμπέδωση των σχετικών εγχειρημάτων (Margot & Kettler, 2019, σελ.14). ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ</p>	<p>60. Με τις κατάλληλες προσαρμογές, το αναλυτικό πρόγραμμα μπορεί να περιλάβει τεχνικές διαμορφωτικής αξιολόγησης για τις γνώσεις και δεξιότητες των μαθητών στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM (Margot & Kettler, 2019, σελ.14). ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ</p>	<p>70. Η παιδαγωγική γνώση περιχομένου συμβάλλει καθοριστικά στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM, επειδή δίνει τη δυνατότητα στους προήγησικούς εκπαιδευτικούς να επεκταθούν πέρα από την επιστήμη και τα μαθηματικά, για να συμπεριλάβουν προβλήματα που αφορούν τη μηχανική ή και την τεχνολογία στα μαθήματά τους, σχεδιάζοντας και αξιολογώντας ένα ολοκληρωμένο μάθημα STEM (Aydin-Gunbatar et al., 2020, σελ. 1065, 1072). ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ</p>	
		<p>61. Εκπαιδευτικά προγράμματα STEM πέραν του σχολικού ωραρίου, τα οποία λαμβάνουν χώρα σε απογευματινό χρόνο, παρέχουν κατά τους εκπαιδευτικούς έναν φυσικό χώρο μάθησης, για παράδειγμα, μια λέσχη υδροπονικής, όπου οι μαθητές μπορούν να εργαστούν ομαδικά αξιοποιώντας τις έννοιες περιχομένου που έχουν διδαχθεί στο σχολικό ωράριο για να επιλύσουν πραγματικά προβλήματα (Wang et al., 2020, σελ 9). ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ</p>	<p>71. Έχει προταθεί ένα πλαίσιο ανάπτυξης εγγραμματισμού STEM που δίνει την ευκαιρία στους εκπαιδευτικούς μέσης εκπαίδευσης να διερευνήσουν τη δυνατότητα χρήσης του αντικειμένου τους ως μέσο για μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση (Fallson et al., 2020, σελ 377). ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ</p>	
		<p>62. Οι ενδοήγησικοί εκπαιδευτικοί πιστεύουν ότι τα εκπαιδευτικά προγράμματα STEM που διεξάγονται πέρα από το σχολικό ωράριο πρέπει να υλοποιούνται στην ίδια τάξη με τους ίδιους μαθητές (Wang et al., 2020, σελ 12). ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ</p>	<p>72. Η καθοδόνιση προήγησικών εκπαιδευτικών από έναν σύμβουλο (ειδικό επιστήμονα με PhD που αναλαμβάνει τον ρόλο του μέντορα) μπορεί να ενισχύσει την παιδαγωγική γνώση περιχομένου και την ικανότητα παιδαγωγικού σχεδιασμού των συμμετεχόντων για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM (Aydin-Gunbatar et al., 2020, σελ. 1073). ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ</p>	
		<p>63. Στο πλαίσιο των δυνατοτήτων που παρέχονται για παιδαγωγικό σχεδιασμό και εφαρμογές στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM, υπάρχει σημαντικό περιθώριο προσαρμογών που επιτρέπουν τη βέλτιστη αξιοποίηση του διαθέσιμου χρόνου (Gardner & Tillotson, 2020, σελ 1901). ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ</p>	<p>73. Η ανάληψη του ρόλου του συμβούλου από εκπαιδευτικούς με διοικητικά καθήκοντα μπορεί να συνδράμει καθοριστικά στην επαγγελματική κατάρτιση εκπαιδευτικών για την προώθηση της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM, υπό την προϋπόθεση ότι ο σύμβουλος ενθαρρύνει την καινοτομία (Balgobal, 2020, σελ. 774). ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ</p>	
		<p>64. Η σχεδιαστική σκέψη μπορεί να τοποθετηθεί στο επίκεντρο μιας στρατηγικής προσέγγισης για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM (Juskeviciene et al., 2020, σελ.223). ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ</p>	<p>74. Πρωτοβουλίες κατάρτισης βασισμένες σε δικτύωση εκπαιδευτικών έχουν αναδείξει σημαντικές δυνατότητες εμπλουτισμού του διδακτικού ρεπερτορίου για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM (Johnston, et al., 2020., σελ. 1401, 1409, 1410, 1411). ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ</p>	
		<p>65. Η προσμέτρηση του χρόνου προετοιμασίας για συνδιδασκαλία στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM, για τον προσδιορισμό του συνολικού φόρτου εργασίας των εκπαιδευτικών, θα διευκόλυε τη διάχυση και εμπέδωση των σχετικών εγχειρημάτων (Margot & Kettler, 2019, σελ.14). ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ</p>	<p>75. Κρίσιμη συμβολή στην προώθηση της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM έχουν σχετικά προγράμματα κατάρτισης που περιλαμβάνουν τη συνεργασία καθηγητών διαφορετικών γνωστικών αντικειμένων, ειδικά όταν αυτά επικεντρώνονται στη διασύνδεση διαφορετικών πεδίων STEM μέσω της εμπάθυνας της σχετικής γνώσης περιχομένου των συμμετεχόντων (Brown & Bogiages, 2019, σελ. 117-118). ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ</p>	
			<p>76. Υπάρχουν μοντέλα διεπιστημονικής συνεργασίας που μπορούν να αξιοποιηθούν στην επαγγελματική κατάρτιση των εκπαιδευτικών και τα οποία αναφέρονται τόσο στον χρόνο του σχολικού ωραρίου όσο και σε χρόνο εκτός του σχολικού ωραρίου(Wang et al., 2020, σελ. 6). ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ</p>	
			<p>77. Η διεύθυνση των σχολικών μονάδων μπορεί να διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στη διάδοση της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM επιτρέποντας την προσαρμογή του σχολικού προγράμματος ώστε να καταστεί εφικτή η συνεργασία μεταξύ εκπαιδευτικών διαφορετικού αντικειμένου για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση πλοτικών μαθημάτων (Leung, 2020, σελ 8-9). ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ</p>	

	Εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης	Εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης	Υπουργείο Παιδείας	Βιομηχανικοί εταίροι
Απειλές (Διομαδικά στοιχεία που δυσχεραίνουν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM)	81. Για τους εκπαιδευτικούς δημοτικής εκπαίδευσης διαπιστώνεται ανεπαρκής γνώση περιεχομένου στα αντικείμενα STEM, λόγω της έλλειψης κατάλληλου επιστημονικού υπόβαθρου και της δομής των προγραμμάτων σπουδών στην πανεπιστημιακή εκπαίδευση (Aydin, 2020, σελ. 20). ΕΛΛΕΙΨΗ ΓΝΩΣΕΩΝ/ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ	85. Σημαντικό ποσοστό των προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών των μαθηματικών (53.2%) δεν ήταν σε θέση να δώσουν συγκεκριμένα παραδείγματα σχετικά με την ενσωμάτωση STEM (YukseI, 2020, σελ. 251). ΕΛΛΕΙΨΗ ΓΝΩΣΕΩΝ/ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ	95. Το ανελαστικό σχολικό πρόγραμμα μειώνει τα κίνητρα των εκπαιδευτικών για την εφαρμογή ολοκληρωμένων μαθημάτων STEM (Ryu et al., 2019, σελ. 504). ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	100. Οι εκπαιδευτικοί στη δημοτική εκπαίδευση δεν έχουν την απαραίτητη γνώση και εμπειρία για να υποστηρίξουν εκπαιδευτικές παρεμβάσεις βασισμένες σε προϊόντα ρομποτικής, τα οποία ενδεκνυνται για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM στον βαθμό που να μπορούν να συγκεράσουν τον προγραμματισμό, την τεχνολογία, τη μηχανική και τις κατάλληλες παιδαγωγικές μεθόδους σε τέτοια μαθησιακά περιβάλλοντα (Çetin & Demircan, 2020, σελ. 1332). ΕΛΛΕΙΨΗ ΓΝΩΣΕΩΝ/ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ
	82. Δεν υπάρχουν πολλοί νεοεισερχόμενοι εκπαιδευτικοί δημοτικής εκπαίδευσης που να κατανοούν τη δοκιμη εκδοχή της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM (Hourigan et al., 2021, σελ. 12). ΕΛΛΕΙΨΗ ΓΝΩΣΕΩΝ/ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ	86. Οι ενδούπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί με αντικείμενο τα μαθηματικά υστερούν ως προς τις γνώσεις και δεξιότητες για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM σε σύγκριση με τους συναδέλφους τους που διδάσκουν φυσικές επιστήμες (YukseI, 2020, σελ. 253). ΕΛΛΕΙΨΗ ΓΝΩΣΕΩΝ/ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ	96. Ο αυστηρός τρόπος που δομείται η καθημερινή σχολική πρακτική με βάση το ωρολόγιο πρόγραμμα δεν αφήνει πολλά περιθώρια για να δοκιμασθεί η ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM στις σχολικές μονάδες, αφού οι σχετικές εκπαιδευτικές παρεμβάσεις είναι χρονόβδρες και πρέπει να διαρκέσουν για περισσότερες από μία περιόδους (Ryu et al., 2019, σελ. 504). ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	
	83. Τα σχέδια μαθημάτων των εκπαιδευτικών της δημοτικής εκπαίδευσης περιλαμβάνουν τα μαθηματικά μόνο ως βασικές αριθμητικές πράξεις (πρόσθεση, αφαίρεση, κτλ.) και όχι ως διαδικασίες μαθηματικής σκέψης, όπως σχεδίαση πινάκων και γραφημάτων ή ανάλυση των μαθηματικών αποτελεσμάτων (Aydin, 2020, σελ. 17). ΕΛΛΕΙΨΗ ΓΝΩΣΕΩΝ/ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ	87. Η αξιοποίηση των μαθηματικών σε εφαρμογές ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM είναι μερική και περιορισμένη, κυρίως επειδή οι καθηγητές που δεν είναι μαθηματικοί δεν συμπεριλαμβάνουν στη στοχοθεσία και τον σχεδιασμό τους τον μαθηματικό συλλογισμό και τη μοντελοποίηση (Ryu et al., 2019, σελ. 505). ΕΛΛΕΙΨΗ ΓΝΩΣΕΩΝ/ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ	97. Υπάρχουν σημαντικές δυσκολίες που αφορούν την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM, όπως είναι οι χρονικοί περιορισμοί και η ανάγκη τροποποίησης του αναλυτικού προγράμματος (Aydin, 2020, σελ. 18). ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	
	84. Η ανάλυση προγραμμάτων σπουδών για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM που προέκυψαν από επαγγελματική κατάρτιση ενδούπηρεσιακών εκπαιδευτικών δημοτικής εκπαίδευσης έδειξε ότι τα μαθηματικά ενσωματώθηκαν ως εργαλείο για την υλοποίηση μαθησιακών στόχων άλλων γνωστικών πεδίων, όπως οι φυσικές επιστήμες και η μηχανική, και όχι για την προώθηση μαθησιακών στόχων στο γνωστικό πεδίο των μαθηματικών (Roehrig et al., 2019, σελ.15) ΕΛΛΕΙΨΗ ΓΝΩΣΕΩΝ/ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ	88. Η έλλειψη μαθηματικών γνώσεων από τους καθηγητές των φυσικών επιστημών επηρεάζει τις εφαρμογές της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM (Johnston et al., 2020, σελ. 1408). ΕΛΛΕΙΨΗ ΓΝΩΣΕΩΝ/ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ	98. Για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM απαιτούνται πρόσθετοι οικονομικοί πόροι με στόχο την προσαρμογή και αναβάθμιση των προσφερόμενων εκπαιδευτικών υπηρεσιών (Balgobal, 2020, σελ. 771). ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	
		89. Προϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί φυσικών επιστημών δήλωσαν ότι θα μπορούσαν να αξιοποιήσουν την εκπαίδευση STEM ως μια πρόσθετη δραστηριότητα αλλά όχι ως μια ολοκληρωμένη προσέγγιση (YukseI, 2020, σελ. 252). ΕΛΛΕΙΨΗ ΓΝΩΣΕΩΝ/ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ	99. Η συνεργασία των εκπαιδευτικών για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM δεν είναι εφικτή χωρίς την κατάλληλη υποστήριξη από τη διεύθυνση των σχολικών μονάδων (Balgobal, 2020, σελ. 771). ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ	
		90. Ο σχεδιασμός ενός μαθήματος ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM είναι περισσότερο χρονοβόρος από εκείνον που επενδύεται σε μεμονωμένα πεδία STEM (Ryu et al., 2019, σελ. 504). ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ		
		91. Ο φόρτος εργασίας των εκπαιδευτικών αποτελεί σημαντικό αντκίνητρο για την εφαρμογή των ολοκληρωμένων μαθημάτων STEM (Ryu et al., 2019, σελ. 504). ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ		
		92. Η ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM έχει χαρακτηριστεί ως εξαιρετικά δύσκολη από προϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς και ενδούπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς σε προγράμματα κατάρτισης λόγω των σχετικών χρονικών απαιτήσεων τόσο σε επίπεδο παιδαγωγικού σχεδιασμού όσο και σε επίπεδο εφαρμογών (Ryu et al., 2019, σελ. 504). ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ		
		93. Η έλλειψη ικανού χρόνου για συνεργασία μεταξύ των εκπαιδευτικών συνιστά ένα από τα κύρια εμπόδια για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM (Wang et al., 2020, σελ 9). ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ		
		94. Η διεπιστημονική συνεργασία εκπαιδευτικών για εφαρμογές στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM σε χρόνο πέρα από το σχολικό ωράριο δεν μπορεί να είναι αποτελεσματική αν δεν συνοδεύεται από διδασκαλία στην ίδια τάξη και με τους ίδιους μαθητές που συμμετέχουν στο σχολικό ωράριο (Wang et al., 2020, σελ 12). ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ		